Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Hoogheemraadschap van Rijnland
T.a.v. T. van Urk
Archimedesweg 1
2333 CM LEIDEN

DATUM	29 september 2014
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0242540
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	026 373 15 55
E-MAIL	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	15

BETREFT Aanvraag watervergunning - Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk - Zuidelijke Ringvaart)

Geachte heer Van Urk,

Hierbij ontvangt u een aanvraag voor watervergunning in het kader van artikel 6.5 Waterwet ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk - Zuidelijke Ringvaart). Om dit deel van de verbinding mogelijk te maken, is het noodzakelijk om de volgende activiteiten uit te voeren:

- Bouwen 380 kV masten 113 t/m 162
- Bouwen 380 kV/150 kV opstijgpunten, inclusief landschappelijke inpassing:
  - OSP 380 kV – mast 153 en 154
  - OSP 380 kV/150 kV – mast 123
  - OSP 150 kV – mast YMM74
- Verwijderen 150 kV masten:
  - masten 46 t/m 73
- Aanleggen 380 kV/150 kV kabelverbinding
- Bouwen tijdelijke 150 kV masten YMM74 en 123 -124
- Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen
- Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken

Deze aanvraag voor een watervergunning ziet op onderstaande waterkundige aspecten:

Waterstaatswerken of beschermingszone gebruiken:

- Overige activiteiten - in/op of nabij - waterkering
- Overige activiteiten - in/op of nabij - oppervlaktewaterlichaam activiteiten uitvoeren
- Overige activiteiten - in/op of nabij - oppervlaktewaterlichaam graven/dempen
- Overige activiteiten - kabels en leidingen
- Overige activiteiten - dam/duiker aanleg/wijzigen/verwijderen
- Overige activiteiten - brug aanleggen/wijzigen/verwijderen

- Overige activiteiten - versnelde afvoer regenwater door verhard oppervlak

Water in de bodem brengen of er aan onttrekken:

- Bouwputbemaling

Water brengen in of onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam:

- Water brengen in een oppervlaktewaterlichaam in beheer bij een waterschap

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 6.5 Waterwet is op grond van artikel 20c 2 Elektriciteitswet door de minister bepaald dat omwille van stroomlijning en versnelling de rijkscoördinatieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing is (artikel 3.35). Hierbij is de Minister van Economische Zaken de aangewezen minister voor de coördinatie.

In verband daarmee heeft de minister van Economische Zaken mij gevraagd het volgende op te nemen in deze aanvraag:

1. Ingevolge de rijkscoördinatieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan de Minister van Economische Zaken.
2. TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.
3. U wordt verzocht om het ontwerpbesluit en later ook het definitieve besluit aan de minister van Economische Zaken te verzenden. Deze zal het besluit doorzenden naar TenneT.

De volgende bijlagen maken onderdeel uit van deze aanvraag:

0. Aanvraagformulier watervergunning

1. Algemene gegevens project Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk - Zuidelijke Ringvaart)

1a – Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk - Zuidelijke Ringvaart)
1b – Kadastrale kaarten
1c – Beïnvloedingsberekening

2. Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

2a – Constructietekeningen en berekeningen masten
2b – Lengteprofielen
2c – Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties
2d – Constructietekeningen en berekeningen opstijgpunten
2e – Gegevens werkzaamheden in waterkeringen
2f – Gegevens amoveren 150 kV verbinding
2g – Constructietekeningen en berekeningen kabelverbinding
2h – Gegevens tijdelijke bruggen
2i – Jukkenplan nieuwbouw

2j – Gegevens tijdelijke 150 kV verbinding
2k – Tekeningen werkterreinen en werkwegen

3. Water in de bodem brengen of eraan onttrekken
3a – Gegevens bemaling

Een volledig overzicht van de vergunningsgegevens vindt u ook in het bijgevoegde bijlagenoverzicht.

Een overzicht van de aanpassingen uitgevoerd door TenneT tussen conceptaanvraag en definitieve aanvraag Watervergunning, vindt u in het bijgevoegde overzicht.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoeken wij u op korte termijn contact met ons op te nemen (zie aanhef brief voor contactgegevens). Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met dhr. M.C. Bernardina van Bureau Energieprojecten, telefoon 070 379 6530.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

J. (Jaap) ter Haar
Clustermanager

GE1001DD UN1008

Overzicht bijlagen

Bijlage	Naam – kenmerk – revisiedatum
1a	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk - Zuidelijke Ringvaart) VKT 5.0, d.d. 12-02-2014
1b	Kadastrale kaarten (blad 1 t/m 13 van 13) VKT 5.0, d.d. 11-02-2014
1c	Beïnvloedingsberekening (TE121000-R06 AM)
2a1	Constructietekeningen masten Mastenlijst W2H400+15 W2S400+24 W2E350 W2S350+5 W2E400 W2H400+5 W2H400A+5 W2S400A+10 W2H400A+10 W2H400+10 W2S400+5 W4H400ZA+10 W2S400+22,5 W4S400Z+5 W4H400Z+5 W4S400Z+14
2a2	Constructieberekeningen masten W2H400+15 W2S400+24 W2E350 W2S350+5 W2E400 W2H400+5 W2H400A+5 W2S400A+10 W2H400A+10 W2H400+10 W2S400+5 W4H400ZA+10

GE1001DD.UN1008

	W2S400+22,5 W4S400Z+5 W4H400Z+5 W4S400Z+14
2b	Lengteprofielen Kenmerk: 30813059-50-13 VKT5.0 blad 5 t/m 10 van 11
2c	Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties Mastfundatie type A t/m F (R3N-TEK-0019 t/m 23) Constructieberekening mastfundatie (R3N-OWR-003 t/m 008)
2d	Constructietekeningen en berekeningen opstijgpunten Constructieberekening fundaties OSPs (R3N-OWR-0034) Inrichting OSP bij mast 153 (R3N-TEK-0040) Inrichting OSP bij mast 154 (R3N-TEK-0039) Inrichting OSP bij mast 123 (R3N-TEK-0041) Inrichting OSP bij mast X74 (R3N-TEK-0083) Veldhuisje OSP 153 en 154 (R3N-TEK-0084) Ontwerprapport zettingen OSPs (R3N-OWR-0011) Ontwerpberekening mast 74 (R3N-OWR-0036)
2e	Gegevens werkzaamheden in waterkeringen Tekeningen waterkeringen (blad 1 t/m 8 van 8) VKT 5.0, d.d. 11-02-2014 Situatie Mast 161 en 162 (R3N-TEK-0024) Stabiliteitsberekening damwand in waterkering (R3N-OWR-0009) Stabiliteit waterkeringen ter plaatse van diverse ontgravingen (R3N-OWR-0045) Berekening grondkering mast 148 (R3N-OWR-0038) Grondkering mast 148 (R3N-TEK-0085) Duiker ter plaatse van mast 148 (R3N-MEM-0016) Duikerverbinding nabij mast 148 (R3N-TEK-0183) Situatie bij mast 124 (R3N-TEK-0118) Dijkkruising nabij mast 128 (R3N-TEK-0164) Situatie bij mast 129 (R3N-TEK-0119) Situatie bij mast 134 (R3N-TEK-0120) Situatie bij mast 145 (R3N-TEK-0121) Situatie bij mast 152 (R3N-TEK-0122)
2f	Gegevens amoveren 150 kV verbinding Uitvoeringsplan amoveren (R3N-OWR-0013)

GE1001DD.UN1008

2g	Constructietekeningen en berekeningen kabelverbinding Werkplan open ontgraving perceel 2 (R3N-OWR-0014) Ontwerprapport zettingen kabeltracé perceel 2 (R3N-OWR-0017) Boorplan - HDD05 Provinciale weg (R3N-OWR-0018) Boorplan - HDD07 Rijpwetering (R3N-OWR-0019) Boorplan - HDD0.1 A4/HSL/Does (R3N-OWR-0020) Boorplan - HDD0.2 Ruige Kade (Gasunie) (R3N-OWR-0021) Boorplan - HDD0.3 Ruige Kade (Leidingstraat) (R3N-OWR-0022) Boorplan - HDD11/12 Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan (R3N-OWR-0023) Boorplan - HDD13 Vierheemskinderenweg (R3N-OWR-0024) Boorplan - HDD14 Kruising Kanaal (R3N-OWR-0025) Boorplan - HDD15 Westeinde (R3N-OWR-0026) HDD05a Provinciale weg (R3N-TEK-45) HDD05b Provinciale weg (R3N-TEK-68) HDD05c Provinciale weg (R3N-TEK-69) HDD05d Provinciale weg (R3N-TEK-70) HDD07a Rijpwetering (R3N-TEK-46) HDD07b Rijpwetering (R3N-TEK-71) HDD07c Rijpwetering (R3N-TEK-72) HDD07d Rijpwetering (R3N-TEK-73) HDD0.1a A4/HSL/Does (R3N-TEK-47) HDD0.1b A4/HSL/Does (R3N-TEK-74) HDD0.2a Ruige Kade (Gasunie) (R3N-TEK-48) HDD0.2b Ruige Kade (Gasunie) (R3N-TEK-75) HDD0.3a Ruige Kade (Leidingstraat)(R3N-TEK-49) HDD0.3b Ruige Kade (Leidingstraat) (R3N-TEK-76) HDD11/12a Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan (R3N-TEK-50) HDD11/12b Jaagpad / Rijndijk / Spoorbaan (R3N-TEK-77) HDD13a Vierheemskinderenweg (R3N-TEK-51) HDD13b Vierheemskinderenweg (R3N-TEK-78) HDD14a Kruising Kanaal (R3N-TEK-52) HDD14b Kruising Kanaal (R3N-TEK-79) HDD15a Westeinde (R3N-TEK-53) HDD15b Westeinde (R3N-TEK-80) Standaard detail HDD Fit for Cooling (R3N-TEK-0054) Standaard detail HDD Eindstuk (R3N-TEK-0055) Doorsnede kabeltrace 150 kV (R3N-TEK-0056) Doorsnede kabeltracé 380 kV (R3N-TEK-0057) Typical doorsnede kruising kabels&leidingen (R3N-TEK-0060) Typical uitvoering moffen 150 kV (R3N-TEK-0061)

	Typical uitvoering moffen 380 kV (R3N-TEK-0062) Typical kabeltracé slootkruising (R3N-TEK0063) Typicals werkstrookindeling ondergrondse tracés (R3N-TEK-0139) Doorsneden kabeltracé 150kV ter hoogte van permanente weg L61 (R3N-TEK-0112) Omleggen bestaand tracé ter plaatse van mast 124 (R3N-TEK-0117)
2h	Gegevens tijdelijke bruggen Tekening tijdelijke brug (R3N-TEK-0172) Tijdelijke brug over watergang langs Vierheemskinderenweg (R3N-TEK-0144)
2i	Jukkenplan nieuwbouw (R3N-OWR-0037)
2j	Gegevens tijdelijke 150 kV verbinding Ontwerp omleiding M74 (R3N-OWR-0051) Ontwerp omleiding M54 en M53 (R3N-OWR-0050) Berekening magnetische veldsterkte omleiding M53 en M54 (R3N-OWR-0052) Controle berekeningen M52 en M55 (R3N-OWR-0054) Controle berekeningen M73 en M75 (R3N-OWR-0055) Tijdelijke mast YMM74 (R3N-TEK-0182) Portaal omleiding YMM53-YMM54 grondkabel (R3N-TEK-0184)
2k	Tekeningen werkterreinen en werkwegen Overzichtstekening (R3N-TEK-0001 t/m R3N-TEK-0012 en R3N-TEK-0123) Opbouw bouwwegen (R3N-TEK-0029) Kruising tijdelijke bouwweg met watergang 1-4 m d.m.v. schottenbaan (R3N-TEK-0030) Kruising tijdelijke bouwweg met watergang 1-4 m d.m.v. dam en duiker (R3N-TEK-0031 Kruising tijdelijke bouwweg met kabels en/of leidingen, d.m.v. schottenbaan(R3N-TEK-0032) Aansluiting bouwweg op bestaande weg (R3N-TEK-0033) Aansluiting bouwweg op bestaande weg met aansluitend fietspad (R3N-TEK-0034) Kruising tijdelijke bouwweg met watergang 4-10 m, brug met damwand (R3N-TEK-0035) Kruising tijdelijke bouwweg met watergang 4-10 m, brug liggers met damwand (R3N-TEK-0036) Ontwerprapport zettingen permanente toegangswegen (R3N-OWR-0010) Situatie kruising primaire watergang nabij mastlocatie 139 (R3N-TEK-0101) Situatie kruising primaire watergang nabij mastlocatie 126 (R3N-TEK-0102) Permanente toegangsweg OSP 4 (R3N-TEK-0094) Permanente toegangsweg OSP 5 (R3N-TEK-0095) Permanente toegangsweg OSP YMM74 (R3N-TEK-0096) Permanente toegangsweg OSP 123 (R3N-TEK-0097)
3a	Gegevens bemaling Bemalingsadvies (R3N-OWR-0039) Slootkruisingen (R3N-OWR-0042)

QE100100 UN1008

	Aanvullende beschouwing kwel HDD (R3N-OWR-0060)
	Geotechnisch basisrapport (R3N-OWR-0043)
	Geotechnisch lengteprofiel (R3N-TEK-0116)
	Lozingsplan (R3N-TEK-0128 t/m R3N-TEK-0131)
	Advies MER-beoordeling Rijnland Nr.14.55154

GE1001DD.UN1006

Overzicht aanpassingen tussen conceptaanvraag en definitieve aanvraag Watervergunning

Nr.	Kenmerk document	Opmerking Theo van Urk	Reactie BAM
1	R3N-TEK-0001 t/m R3N-TEK-0012	Hier staat zoveel informatie op dat deze moeilijk zijn te lezen. Is het mogelijk om deze tekeningen aan te leveren met alleen de voor Rijnland relevante zaken, zoals werkwegen, (tijdelijke) dammen met duikers, (tijdelijk) om te leggen watergangen etc. Tevens hier ook de tijdelijke jukken op aangeven. Het is niet duidelijk uit de tekeningen te halen of deze op een aantal plaatsen binnen de kern- en/of beschermingszones van waterkeringen en/of watergangen worden gesitueerd, hoe deze worden geplaatst en hoe deze worden vastgezet (getuit) bijv. d.m.v. bodemplaten.	Het is moeilijk voor ons in te schatten welke informatie voor Rijnland niet relevant is. Graag ontvangen we hiervan een overzicht. Voor ons was het van belang om alle informatie op de overzichtstekeningen op te nemen om raakvlakken te beheersen. Ook heeft het niet onze voorkeur om met verschillende sets overzichtstekeningen te werken in verband met het risico op verschillende tussen de tekeningen en de benodigde effort om deze op te zetten en actueel te houden. Voor de manier van plaatsing wil ik verwijzen naar de jukkenplannen voor de amovatie (R3N-OWR-0013) en intrekken nieuwe geleiders (R3N-OWR-0037). In deze rapporten zullen we aangeven welke jukken in een kern- of beschermingszone van een waterkering en/of watergang worden geplaatst.
2	Algemeen	Ook zou het prettig zijn als op de duiker/bruggen lijst een verwijzing naar de betreffend overzichtstekening komt, dit voorkomt wat extra zoekwerk, en het liefst één lijst en geen 3. De voorkeur gaat uit om wel een scheiding aan te brengen tussen duikers en bruggen.	We zullen de drie lijsten samenvoegen en rangschikken per overzichtstekening. De bruggen zullen we samenvatten in een aparte lijst. De duikerlijst maakt onderdeel uit van R3N-OWR-0042
3	Gestuurde boringen	In het algemeen is het risico bij een aantal locaties op een blow out groot bij het in- en/of uittredepunt van de HDD's ter plaatse van de watergangen. Wanneer ter	We zullen de tekeningen nalopen of dit overal staat aangegeven. Als er specifieke locaties zijn waar dit mist horen we het graag.

GE100100D.UNI008

		voorkoming van blow out's hier tijdelijke voorzieningen worden aangebracht bijv. gronddammen bijvoorbeeld met duiker moet dit wel op tekeningen worden aangegeven.	
4		Tevens moet een goede werkomschrijving opgesteld en bijgevoegd worden op welke wijze de afsluitende laag wordt hersteld wanneer sprake is van kwel langs de mantelbuizen na het uitvoeren van de boringen.	Er is een notitie toegevoegd met daarin de beschrijving van de monitoring tijdens het uitvoeren van de boringen. Hierin is aandacht besteed aan de herstelwerkzaamheden van de laag wanneer sprake is van kwel. R3N-OWR-0060
5		Bij de gestuurde boringen bij de Gasunie hebben ook in het maaiveld nabij de in- en/of uittredepunten van de HDD's enkele blow outs plaats gehad. Lopen we dit risico nu ook? Zo ja, dan aangeven welke locaties dit mogelijk betreft en welke maatregelen dan genomen worden.	In de bovengenoemde notitie zullen we dit ook meenemen.
6	R3N-TEK-0049	Intredepunt naast watergang – opstelling RIG boven watergang?	Watergang wordt tijdelijke gedempt, zie R3N-TEK-0007, aangeduid met nummer FKW-K81A
7	R3N-TEK-0052	Checken of HDD 14 A 2,50 m in pleistoceen ligt (nu bovenzijde boorgat op ca. NAP min 13.00m)	Het gedeelte van HDD14 naar het uittredepunt ligt niet 2,5 m in het pleistocene zand (zie DKMP1125 bovenkant zand op ca. NAP -11,7 m minus NAP -13,3 m is 1,6 m), maar bij het intredepunt van HDD14 is dit wel het geval (volgens DKMP1127 ligt de bovenkant zand op ca. NAP -9,8 m minus boordiepte van NAP -13,3 m is 3,5 m). Als de gehele boring dieper wordt, wordt de boring ook langer en past deze niet meer binnen het tracé van het RIP vanwege de bocht in het tracé direct ten zuiden van de boring. Het verzoek is dus om de boring te

GE1001DD.UN1008

			handhaven.
8	R3N-TEK-0079	Checken of HDD 14 B 2,50 m in pleistoceen ligt (nu bovenzijde boorgat op ca. NAP min 13.00m)	Zie punt 7
9	K-350 AEM-K2HDD0	Polder Achthoven / Hondsdijksepolder aanbrengen kleidam, deze is niet terug te vinden op tekening.	Is toegevoegd
10		Tevens rekening houden met onderbemaling J. Corts op de percelen A593 en A594 (zie bijlage Corts 1,2 en 3)	Dit heeft effect op de geotechnische berekeningen van de gestuurde boringen en paalfundaties. Deze wijziging zal geen consequenties hebben voor het bemalingsadvies. We willen dit in het UO verwerken in de documenten.
11	R3N-TEK-0001	FKW-H04 diameter duiker aangeven; Werkweg H202/F6/200; oversteek primaire watergang ontbreekt; er zit een inlaat aan het eind van de watergang/brug toepassen.; Werkweg H601; F1/103 (reourveld 01 Noord) oversteek primaire watergang ontbreekt; brug toepassen.	Is toegevoegd Is toegevoegd Is toegevoegd
12	R3N-TEK-0002	Fkw-h41 duiker diameter aangeven; Watergangen wg 28-459 en wg 28-3-5 lopen dood achter woning Lange Dwarsweg 28, bij mogelijke tijdelijke demping voor uitleggen HDD's moet hier rekening mee worden gehouden (zie bijlage)	Is toegevoegd De sloten worden niet gedempt; de HDPE worden over de sloot gelegd. De buizen zullen niet of nauwelijks de sloot raken. Als ze dit wel doen, zullen ze blijven drijven.
13	R3N-TEK-0003	HKW-H305 kan niet teruggevonden worden in de lijsten; Taluds volgens beleidsregels bij nieuwe definitieve watergangen 1 : 3 nu is 1 : 1 opgenomen. Tevens dwarsprofiel van te graven watergang bijvoegen.	Is toegevoegd Is aangepast
14	R3N-TEK-0004	Mastlocatie 153;	

GE10010D.UN1008

		- Verbreden watergangen opnemen met bestaand en nieuw dwarsprofiel met m2 nieuw wateroppervlak per onderdeel; Mastlocatie 150 - FKW-J30; dwarsprofiel te graven watergang - FKW-J31 niet opgenomen diameter duiker)minimaal Ø0 mm) - FKW-J32 verbreden watergang dwarsprofiel bestaand / /nieuw.	Is tekstueel bij notitie slootkruisingen toegevoegd (hetzelfde leggerprofiel als de te dempen watergang). Is tekstueel toegevoegd Is toegevoegd Is tekstueel toegevoegd
15	R3N-TEK-0005	Aantal bouwwegen ter plaatse van watergangen; niet duidelijk aangegeven hoe deze gekruist worden (bijv. bij mastlocatie 147) Verbreden watergangen opnemen bestaand en nieuw dwarsprofiel met m2 nieuw wateroppervlak per onderdeel; Zie ook R3N-TEK-0123	Bij mast 147 zijn geen watergangen Is toegevoegd
16	R3N-TEK-0006	Staat zoveel informatie op deze tekening; tekening is moeilijk te lezen.	Zie punt 1.
17	R3N-TEK-0007	FKW-K690; werkweg over watergang niet aangegeven hoe deze gekruist wordt – of draglineschotten of dam met duiker; FKW-K83; verwijzen naar de betreffende detailtekening R3N-TEK-101; Mastlocaties 138, 139, 140, en 141 te graven tijdelijke watergangen opnemen dwarsprofielen.	Is toegevoegd Is toegevoegd Is tekstueel toegevoegd
18	R3N-TEK-0009	FKW-L321; werkweg over watergang niet aangegeven hoe deze gekruist wordt – of draglineschotten of dam met duiker.	Is toegevoegd
19	R3N-TEK-0010	FKW-L28A en FKW-L28b; verwijzen naar de betreffende detailtekening R3N-TEK-102; Verbreden watergang opnemen bestaand en nieuw dwarsprofiel met m2 nieuw wateroppervlak	Is toegevoegd Is tekstueel toegevoegd

GE10010D.UN1008

		(verbreding minimaal 0,50 m)	
20	R3N-TEK-0101	Rechtstand mantelbuis onder watergang van 4,00 m verlengen naar 8,00 m dit in verband met het houden van ruimte voor het in de toekomst mogelijk verbreden van de watergang; Dekking ten opzichte van theoretisch bodemprofiel 1,00 m. Onderbouwing waarom wordt afgeweken van het beleid van Rijnland m.b.t. de dekking van 2,00 m bij primaire watergangen.	Is toegevoegd. Het bemalingsadvies is hierop niet aangepast Is toegevoegd (de benodigde verlaging van de stijghoogte in het watervoerende pakket zou een onevenredig zware bemaling betekenen als een dekking van 2,0 meter zou moeten worden gerealiseerd).
21	R3N-TEK-0102	Rechtstand mantelbuis onder watergang van 4,00 m verlengen naar 8,00 m dit in verband met het houden van ruimte voor het in de toekomst mogelijk verbreden van de watergang; Dekking ten opzichte van theoretisch bodemprofiel 1,00 m. Onderbouwing waarom wordt afgeweken van het beleid van Rijnland m.b.t. de dekking van 2,00 m bij primaire watergangen.	Is toegevoegd. Het bemalingsadvies is hierop niet aangepast Is toegevoegd (de benodigde verlaging van de stijghoogte in het watervoerende pakket zou een onevenredig zware bemaling betekenen als een dekking van 2,0 meter zou moeten worden gerealiseerd).
22	R3N-TEK-0183	Duikerverbinding (afvoerleiding gemaal) bij mast 148; aanbrengen kwelscherm met kleikist om de leiding ter plaatse van de waterkering.	Kwelschermen zijn aanwezig in de vorm van de houten damwand aan weerszijde van de uitstroombak; een kleikist wordt niet nodig geacht, omdat de waterkering al van klei/veen is gemaakt en dit wordt teruggebracht.
23	Jukkenplan	Er wordt verwezen naar R3N-TEK-0001_018 Overzichtstekening deze kan worden teruggevonden. Was deze aangeleverd?	Het gaat om een verwijzing naar de overzichtstekeningen; deze verwijzing is aangepast.
24	R3N-TEK-0182	Tijdelijke mast YMM74 stalen buispalen worden deze verwijderd	De palen worden na afloop weer verwijderd.

GE1001DD.UN1008

		na afloop? En wat moet er worden voorgesteld bij ingestorte ankers?	Ingestorte ankers zijn schroefdraden, die in het beton worden gestort en aan de bovenzijde uitsteken. Hierop worden later de stalen portalen bevestigd.
25	Algemeen	Overigens zal te zijner tijd voorafgaande aan de uitvoering van de werkzaamheden aan de hand van werkplannen één en ander nader moeten worden uitgewerkt en door HHR goedgekeurd moeten worden.	Akkoord

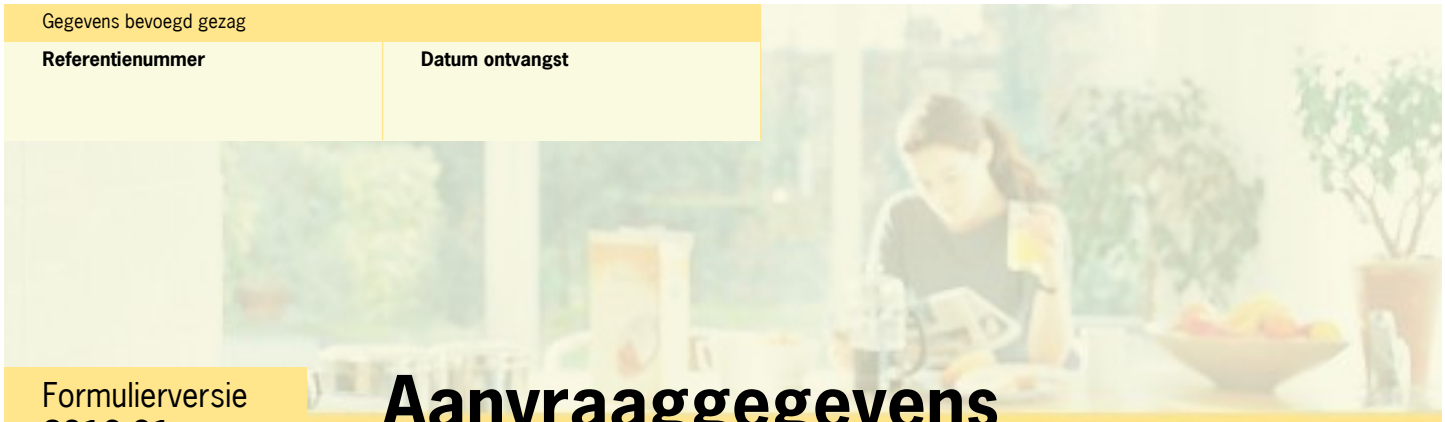
GE1001DD.UN1098

Inhoudsopgave

0	Aanvraagformulier
Bijlage 1a	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk -Zuidelijke Ringvaart), VKT 5.0
Bijlage 1b	Kadastrale kaarten, VKT 5.0
Bijlage 1c	Beïnvloedingsberekening, TE121 000-ROS AM
Bijlage 2a1	Constructietekeningen masten
	Mastenlijst W2E350 W2E400 W2H400+10 W2H400+5 W2H400+15 W2H400A+5 W2H400A+10 W2S350+5 W2S400+5 W2S400+22,5 W2S400+24 W2S400A+10 W4H400ZA+10 W4S400Z+5 W4H400Z+5 W4S400Z+14
Bijlage 2a2	Constructieberekeningen masten
	W2E350 W2E400 W2H400+5 W2H400+10 W2H400+15 W2H400A+5 W2H400A+10 W2S350+5 W2S400+22,5 W2S400+24 W2S400+5 W2S400A+10 W4S400Z+5 W4H400ZA+10 W4H400Z+5 W4S400Z+14
Bijlage 2b	Lengteprofielen, 30813059-50-13 VKT 5.0
Bijlage 2c	Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties
	Constructieberekening mastfundatie, R3N-OWR-003 t/m 008 Mastfundatie type A t/m F, R3N-TEK-0019 t/m 23

Gegevens bevoegd gezag

Referentienummer	**Datum ontvangst**



Formulierversie
2013.01

Aanvraaggegevens

Ingediende aanvraag/melding

Aanvraagnummer	1292217
Aanvraagnaam	R380 NR Watervergunning Rijnland ZR -BL
Uw referentiecode	4e UM HRL-WV lijn ZR -BL
Ingediend op	29-09-2014
Soort procedure	Onbekend
Projectomschrijving	In de Randstad wordt een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding gerealiseerd om in de toekomst voldoende capaciteit te kunnen bieden voor elektriciteitstransport in de regio. De hoogspanningsverbinding bestaat uit twee van elkaar te onderscheiden verbindingen. Het betreft de verbinding tussen Wateringen en Zoetermeer (Bleiswijk), de 'Zuidring', en de verbinding tussen Beverwijk en Zoetermeer, de 'Noordring'. Deze aanvraag ziet op een onderdeel van het tracé Noordring.
Opmerking	-
Gefaseerd	Nee
Blokkerende onderdelen weglaten	Ja
Persoonsgegevens openbaar maken	Ja
Bijlagen die later komen	n.v.t.
Bijlagen n.v.t. of al bekend	n.v.t.

Bevoegd gezag

Naam:	Hoogheemraadschap van Rijnland
Bezoekadres:	Archimedesweg 1 2333 CM Leiden
Postadres:	Postbus 156 2300 AD LEIDEN
Telefoonnummer:	(071) 306 34 94
Faxnummer:	(071) 512 39 16
E-mailadres algemeen:	vergunningen@rijnland.net
Website:	www.rijnland.net
Contactpersoon:	Frontoffice Vergunningverlening
Bereikbaar op:	werkdagen tussen 9.00/12.00 uur en 13.00/16.30 uur

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Bouwputbemaling, sleufbemaling, proefbronnering of grondsanering

- Water in de bodem brengen of eraan onttrekken

Water brengen in een oppervlaktewaterlichaam in beheer bij een waterschap (incl. lozingsvoorziening)

- Water brengen in of onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam

Brug aanleggen, wijzigen of verwijderen

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Dam (met of zonder duiker) aanleggen, wijzigen of verwijderen

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Kabels of leidingen aanleggen

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Oppervlaktewaterlichaam dempen

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Oppervlaktewaterlichaam graven

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Versnelde afvoer regenwater door verhard oppervlak

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Overige activiteiten in of nabij een oppervlaktewaterlichaam uitvoeren

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Overige activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bijlagen

Formulierversie
2013.01

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	09155985
Vestigingsnummer	000020300360
Statutaire naam	TenneT TSO B.V.
Handelsnaam	TenneT TSO

2 Contactpersoon

Geslacht	☑ Man ☐ Vrouw
Voorletters	J.
Voorvoegsels	ter
Achternaam	Haar
Functie	Clustermanager Randstad 380 kV

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	6812AR
Huisnummer	310
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Utrechtseweg
Woonplaats	ARNHEM

4 Correspondentieadres

Postbus	718
Postcode	6800AS
Plaats	Arnhem

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	026-373 20 34
Faxnummer	-
E-mailadres	sara.zehenpfenning@tennet.eu

Formulierversie
2013.01

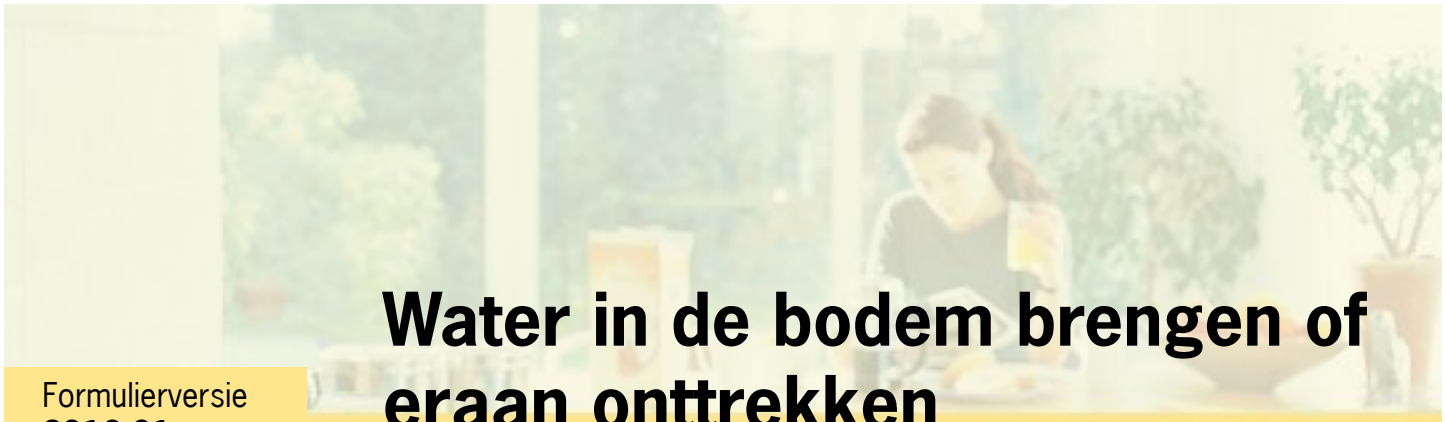
Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente	Kaag en Braassem
Kadastrale gemeente	☑ Alkemade
Kadastrale sectie	D
Kadastraal perceelnummer	1611
Bouwplannaam	-
Bouwnummer	-
Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?	☑ Ja ☐ Nee
Specificatie locatie	Zie bijlage 1b

2 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel	☐ U bent eigenaar van het perceel ☐ U bent erfpachter van het perceel ☐ U bent huurder van het perceel ☑ Anders
Uw belang bij deze aanvraag	TenneT is de initatiefnemer van het project Randstad 380 kV Noordring. Gesprekken om zakelijk recht te verstigen worden momenteel gevoerd en zullen voor start uitvoering worden afgerond.



Formulierversie
2013.01

Water in de bodem brengen of eraan onttrekken

Bouwputbemaling, sleufbemaling, proefbronnering of grondsanering

1 Water in de bodem brengen of eraan onttrekken

Welke activiteit wilt u uitvoeren?	☐ Realiseren van een open bodemenergiesysteem ☑ Onttrekken van grondwater ☐ Infiltreren van water
Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Bouwputbemaling t.b.v. bouwen mastfundaties en aanleg kabelverbinding met toepassing van open ontgraving
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Realisatie 380 kV hoogspanningsverbinding Noordring (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

2 Onttrekken van grondwater

Waarvoor wilt u grondwater onttrekken?	☐ Industriële toepassing van meer dan 150.000 m3 per jaar ☐ Industriële toepassing van minder dan 150.000 m3 per jaar ☐ Openbare drinkwatervoorziening ☐ Open bodemenergiesysteem ☐ Drinkwater vee ☑ Bronbemaling ☐ Bodem- en/of grondwatersanering ☐ Beregening ☐ Anders
In welke volume-eenheid wilt u de maximaal per uur te onttrekken hoeveelheid opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de hoeveelheid als een geheel getal kunt opgeven.	☑ m3 ☐ l
Hoeveel water wilt u maximaal per uur onttrekken in de door u opgegeven eenheid?	2219612
Hoeveel water wilt u maximaal onttrekken in m3 per etmaal?	1

Hoeveel water wilt u maximaal onttrekken in m3 per maand?	1
Hoeveel water wilt u maximaal onttrekken in m3 per kwartaal?	1
Hoeveel water wilt u maximaal onttrekken in m3 per jaar?	1
Hoeveel m3 water wilt u in totaal maximaal onttrekken?	1

Op welke manier voert u het onttrokken grondwater af dat niet wordt verbruikt?

- [x] Lozen in een oppervlaktewaterlichaam
- [ ] Lozen via de gemeentelijke riolering
- [ ] Terugbrengen in de bodem of het grondwater
- [ ] Lozen op de bodem
- [ ] Anders

Formulierversie
2013.01

Water brengen in of onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam

Water brengen in een oppervlaktewaterlichaam in beheer bij een waterschap (incl. lozingsvoorziening)

1 Water brengen in of onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam

Wat gaat u met betrekking tot het oppervlaktewaterlichaam doen?	☑ Water brengen in een oppervlaktewaterlichaam ☐ Water onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam
Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Wat is de naam van het oppervlaktewaterlichaam waarin water wordt gebracht of waaraan water wordt onttrokken?	Zie bijlage 3a
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Lozen van bemalingswater, zie bemalingsadvies bijlage 3a
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Het lozen van bemalingswater is noodzakelijk t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

2 Water in een oppervlaktewaterlichaam brengen

Wat is de noodzaak om water in een oppervlaktewaterlichaam te brengen?	Zie bijlage 3a
Hoe worden de geloosde hoeveelheden water vastgesteld?	☑ Debietmeting ☐ Pompcapaciteit x draaiuren ☐ Schatting ☐ Anders

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Brug aanleggen, wijzigen of verwijderen

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Aanleg tijdelijke bruggen
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Aanleg tijdelijke bruggen t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Brug aanleggen, wijzigen of verwijderen

1 Brug aanleggen, wijzigen of verwijderen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot de brug?	☑ Aanleggen van een nieuwe brug ☐ Wijzigen van een bestaande brug ☐ Verwijderen van een brug
In welke lengte-eenheid wilt u de lengte van de brug opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de lengte als een geheel getal kunt opgeven.	☑ m ☐ cm
Wat is de lengte van de brug, in de door u opgegeven eenheid?	1
Wat is de breedte van de brug in centimeter?	1
Wat is de hoogte van de brug ten opzichte van het waterpeil in centimeter?	1
Wat is de hoogte van de brug ten opzichte van het maaiveld in centimeter?	1
Omschrijf de afwerking of inrichting van de taluds onder de brughoofden.	Zie bijlage 2h

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Dam (met of zonder duiker) aanleggen, wijzigen of verwijderen

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Aanleg dammen met duikers, zie tekeningen werkterreinen en werkwegen, bijlage 2k
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Aanleg dammen met duikers t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Dam (met of zonder duiker) aanleggen, wijzigen of verwijderen

1 Dam (met of zonder duiker) aanleggen, wijzigen of verwijderen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot de dam?	☑ Aanleggen van een nieuwe dam ☐ Wijzigen van een bestaande dam ☐ Verwijderen van een dam
Wat is de lengte van de dam, afgerond in hele meters?	1
In welke lengte-eenheid wilt u de bovenbreedte van de dam opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de breedte als een geheel getal kunt opgeven.	☑ m ☐ cm
Wat is de bovenbreedte van de dam, in de door u gekozen eenheid?	1
Bevat de dam een duiker?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de vorm van de duiker?	☑ Rond ☐ Rechthoekig
Wat is de lengte van de duiker op de waterlijn, afgerond in hele meters?	1
Wat is de diameter van de duiker in centimeter?	1

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Kabels of leidingen aanleggen

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Aanleggen 380 kV / 150 kV kabelverbinding
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Aanleggen 380 kV / 150 kV kabelverbinding t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Kabels of leidingen aanleggen

1 Kabels of leidingen aanleggen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot kabels of leidingen?	☑ Aanleggen van kabels of leidingen in of nabij een oppervlaktewaterlichaam ☐ Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een waterkering ☐ Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een oppervlaktewaterlichaam en een waterkering
Past u bij de werkzaamheden een horizontaal gestuurde boring toe die een oppervlaktewaterlichaam, waterkering of beschermingszone doorkruist?	☑ Ja ☐ Nee
Welke kabels of leidingen wilt u aanleggen?	☐ Aanleggen van een vloeistofleiding ☐ Aanleggen van kabels ☐ Aanleggen van een warmtetransportleiding ☐ Aanleggen van kabels ten behoeve van telecom/televisie ☐ Aanleggen van een drukleiding ☑ Anders
Welke andere kabels of leidingen legt u aan?	380 kV/150 kV hoogspanningskabels

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Oppervlaktewaterlichaam dempen

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Dempen van oppervlaktewater
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Dempen van oppervlaktewater t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Oppervlaktewaterlichaam dempen

1 Oppervlaktewaterlichaam dempen

Welke dempingsactiviteit(en) wilt u uitvoeren?	☑ Geheel dempen van een oppervlaktewaterlichaam ☑ Dempen van een deel van een oppervlaktewaterlichaam ☑ Versmallen van een oppervlaktewaterlichaam
Wat is de lengte van het te dempen oppervlaktewaterlichaam, afgerond in hele meters?	1
Wat is de omvang van de demping in m2?	1
Wat is de omvang van de demping in m3?	1
Welke materialen gebruikt u voor de demping?	Zie tekeningen werkwegen en werkterreinen, bijlage 2k

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Oppervlaktewaterlichaam graven

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Graven van oppervlaktewater ter compensatie van waterdemping
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Gravan van oppervlaktewater t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Oppervlaktewaterlichaam graven

1 Oppervlaktewaterlichaam graven

Welke graafactiviteit(en) wilt u uitvoeren?	☑ Graven van een nieuw oppervlaktewaterlichaam ☑ Verbreden van een bestaand oppervlaktewaterlichaam
Wat is de lengte van het nieuwe oppervlaktewaterlichaam, afgerond in hele meters?	1
In welke lengte-eenheid wilt u de bodembreedte van het oppervlaktewaterlichaam opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de breedte als een geheel getal kunt opgeven.	☐ m ☑ cm
Wat is de bodembreedte van het nieuwe oppervlaktewaterlichaam, in de door u opgegeven eenheid?	1
Wat is de lengte van de verbreding van het oppervlaktewaterlichaam, afgerond in hele meters?	1
In welke lengte-eenheid wilt u de bodembreedte van het oppervlaktewaterlichaam opgeven? Kies de eenheid zo, dat u de breedte als een geheel getal kunt opgeven.	☐ m ☑ cm
Wat is de bodembreedte van de verbreding van het oppervlaktewaterlichaam, in de door u opgegeven eenheid?	1
Wat is de taludhelling van het nieuw te graven oppervlaktewaterlichaam?	1

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Versnelde afvoer regenwater door verhard oppervlak

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Aanleg verhard oppervlak
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Aanleg verhard oppervlak t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Versnelde afvoer regenwater door verhard oppervlak

1 Versnelde afvoer regenwater door verhard oppervlak

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot het aanbrengen van verhard oppervlak?	☑ Aanbrengen van verharding ☐ Inrichten van een opslagdepot (bijvoorbeeld voor grond of grind) ☐ Bouwen van dakoppervlak ☐ Bouwen van kassen ☐ Anders
Wat is het soort of type van de aan te brengen verharding?	Zie bijlage 2k
Wat is de oppervlakte van de aan te brengen verharding, dakoppervlak of kassen in m2?	1
Omschrijf hoe hemelwater dat op de verharding valt wordt afgevoerd.	Hemelwater stroomt af richting onverhard oppervlak
Omschrijf de compenserende of bergende maatregelen voor de aan te brengen verharding, dakoppervlak of kassen.	-

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Overige activiteiten in of nabij een oppervlaktewaterlichaam uitvoeren

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Bouwen 380 kV masten 113 t/m 162 Bouwen 380 kV/150 kV opstijgpunten Verwijderen 150 kV masten Aanleggen 380 kV/150 kV kabelverbinding Bouwen tijdelijke 150 kV masten YMM74 en 123 -124 Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Werkzaamheden zijn t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Overige activiteiten in of nabij een oppervlaktewaterlichaam uitvoeren

1 Overige activiteiten in of nabij een oppervlaktewaterlichaam uitvoeren

Welke overige activiteit(en) wilt u uitvoeren in of nabij oppervlaktewaterlichamen?

- ☐ Plaatsen van hekwerken en afrasteringen
- ☐ Oprichten van een gebouw, zoals een woning of bedrijfspand
- ☐ Plaatsen van nutsvoorzieningen (meet- en regelstations e.d.)
- ☐ (Ver)bouwen van een boothuis
- ☐ Plaatsen van afmeerpalen
- ☐ Plaatsen van remmingwerken
- ☐ Aanbrengen van lozingswerken
- ☐ Plaatsen van mosselzaadinvanginstallaties
- ☐ Plaatsen van meetpalen
- ☐ Aanbrengen van visfuiken of ander vistuig
- ☐ Oprichten van een windturbine(park)
- ☐ Oprichten van een zendmast
- ☑ Anders

Welke andere activiteit voert u uit in of nabij oppervlaktewaterlichamen?

Activiteiten opgesomd in brief 000.007.40 0242540

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Overige activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?	☐ Ja ☑ Nee
Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?	01-02-2016
Geef eventueel een toelichting op de begindatum.	-
Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?	30-11-2018
Geef eventueel een toelichting op de einddatum.	-
Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.	Bouwen mast 161 en 162 Bouwen mast 148 Duikerverbinding nabij mast 148 Bouwen mast 124 Dijkkruising nabij mast 128 Bouwen mast 129 Bouwen mast 134 Bouwen mast 145 Bouwen bij mast 152
Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?	Werkzaamheden zijn t.b.v. de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV (Zuidelijke Ringvaart - Bleiswijk)

Formulierversie
2013.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Overige activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

1 Activiteiten in, op of nabij een waterkering uitvoeren

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren in, op of nabij een waterkering?

- ☐ Oprichten van een gebouw, zoals een woning, bedrijfspand, strandpaviljoen of strandhuisje
- ☐ Aanbrengen van een waterinlaat- of wateruitlaatconstructie
- ☐ Plaatsen van een windturbine(park)
- ☐ Aanleggen van een oprit of grondlichaam
- ☐ Aanbrengen van een baggerdepot of gronddepot
- ☐ Ontgraven van grond
- ☐ Beweiden met vee
- ☐ Organiseren van een wedstrijd of evenement
- ☐ Aanbrengen van beplanting/bomen
- ☐ Verwijderen van beplanting/bomen
- ☐ Uitvoeren van boringen of sonderingen
- ☐ Oprichten van zandbanketten op het strand ten behoeve van niet permanente bebouwing
- ☐ Verplaatsen van zand op het strand (anders dan zandbanket)
- ☑ Andere werkzaamheden

Welke andere werkzaamheden voert u uit in, op of nabij een waterkering?

Bouwen masten en duikers in/nabij waterkeringen

Tabellen

Water in de bodem brengen of eraan onttrekken

Bouwputbemaling, sleufbemaling, proefbronnering of grondsanering

Onttrekkingsputten

Putnummer	Nieuw/bestaand	Diameter (cm)	Lengte (cm)	Bovenkant t.o.v. NAP (cm)	Onderkant t.o.v. NAP (cm)
1	Nieuw	1	1	1	1

Bovenkant t.o.v. maaiveld (cm)	Onderkant t.o.v. maaiveld (cm)	Brutopompcapaciteit (l/uur)	Pompcapaciteit (l/uur)	RD X-coördinaat	RD Y-coördinaat
-1	-1	1	1	300000	300000,01

Tabellen

Water brengen in of onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam

Water brengen in een oppervlaktewaterlichaam in beheer bij een waterschap (incl. lozingsvoorziening)

Overzicht uitstroomvoorzieningen

Naam uitstroomvoorziening	Pompcapaciteit-eenheid	Pompcapaciteit (m3/uur of l/h)	Vorm uitstroomvoorziening	Lengte uitstroomvoorziening (cm)	Breedte uitstroomvoorziening (cm)
Zie bemalingsplan, bijlage 3a	l/h	1	Rond	1	-

Hoogte uitstroomvoorziening (cm)	Diameter uitstroomvoorziening (cm)	Diepte uitstroomvoorziening t.o.v. maaiveld (cm)	Afstand tot de oever (m)	Variatie per seizoen	Maximaal lozen (m3/uur)
-	1	1	1	Omvang is gehele jaar gelijk	2219612

Lozing voorjaar (m3/uur)	Lozing zomer (m3/uur)	Lozing najaar (m3/uur)	Lozing winter (m3/uur)
-	-	-	-

Formulierversie
2013.01

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 1a Tracekaart	Bijlage 1a Tracekaart.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2a2 Constructieberekening mst	Bijlage 2a2 Constructieberekeningen masten.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 1b Kadastrale kaarten	Bijlage 1b Kadastrale kaarten.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 1c Beinvloedingsberekening	Bijlage 1c Beinvloedingsberekening.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2b Lengteprofielen	Bijlage 2b Lengteprofielen.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2c Gegevens mastfundaties	Bijlage 2c Gegevens mastfundaties.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2d Gegevens opstijgpunten	Bijlage 2d Gegevens opstijgpunten.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2e Geg waterkeringen	Bijlage 2e Geg waterkeringen.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2f Amoveren 150 kV	Bijlage 2f Amoveren 150 kV.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2g Constructiegeg kabel	Bijlage 2g Constructiegeg kabel.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2h Tekeningen bruggen	Bijlage 2h Tekeningen bruggen.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2j Geg tijdelijke vb deel A	Bijlage 2j Geg tijdelijke verbinding deel A.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2j Geg tijdelijke vb deel B	Bijlage 2j Geg tijdelijke verbinding deel B.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2k Geg werktrn en werkwegen	Bijlage 2k Geg werkterreinen en werkwegen.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 3a Gegevens bemaling deel A	Bijlage 3a Gegevens bemaling deel A.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2a1 Constructietek masten_pdf	Bijlage 2a1 Constructietekeningen masten.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 2i Jukkenplan nieuwbouw_pdf	Bijlage 2i Jukkenplan nieuwbouw.pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling
Bijlage 3a gegevens bemaling deel B_pdf	Bijlage 3a gegevens bemaling deel B.pdf	Gegevens water brengen in of onttrekken aan een oppervlaktewaterlichaam	29-09-2014	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
		Gegevens versnelde afvoer regenwater door verhard oppervlak Gegevens oppervlaktewaterlichaam graven Gegevens oppervlaktewaterlichaam dempen Gegevens water in de bodem brengen of eraan onttrekken		
Aanvraag HRL-WV ZR-BL _pdf	Aanvraag HRL-WV BL-ZR .pdf	Anders	29-09-2014	In behandeling

Bijlage 1a

Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk - Zuidelijke Ringvaart)

Randstad 380 kV

Noordring VKT 5.0 Bleiswijk - Zuidelijke ringvaart

Randstad 380 kV Noordring VKT 5.0 Bleiswijk - Zuidelijke ringvaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- PKB corridor

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- ×××× 150kV te amoveren

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	25-06-2013	Formaat	A0
Revisiedatum	12-02-2014	Schaal	1:20.000
Kenmerk	VKT5.0	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\overzicht\trace\noordring\130619_vkt50\
p_r380_overz_vkt50_Bleiswijk_zuidelijke_ringvaart_a0s.mxd

0 500 1.000 1.500 2.000 meter

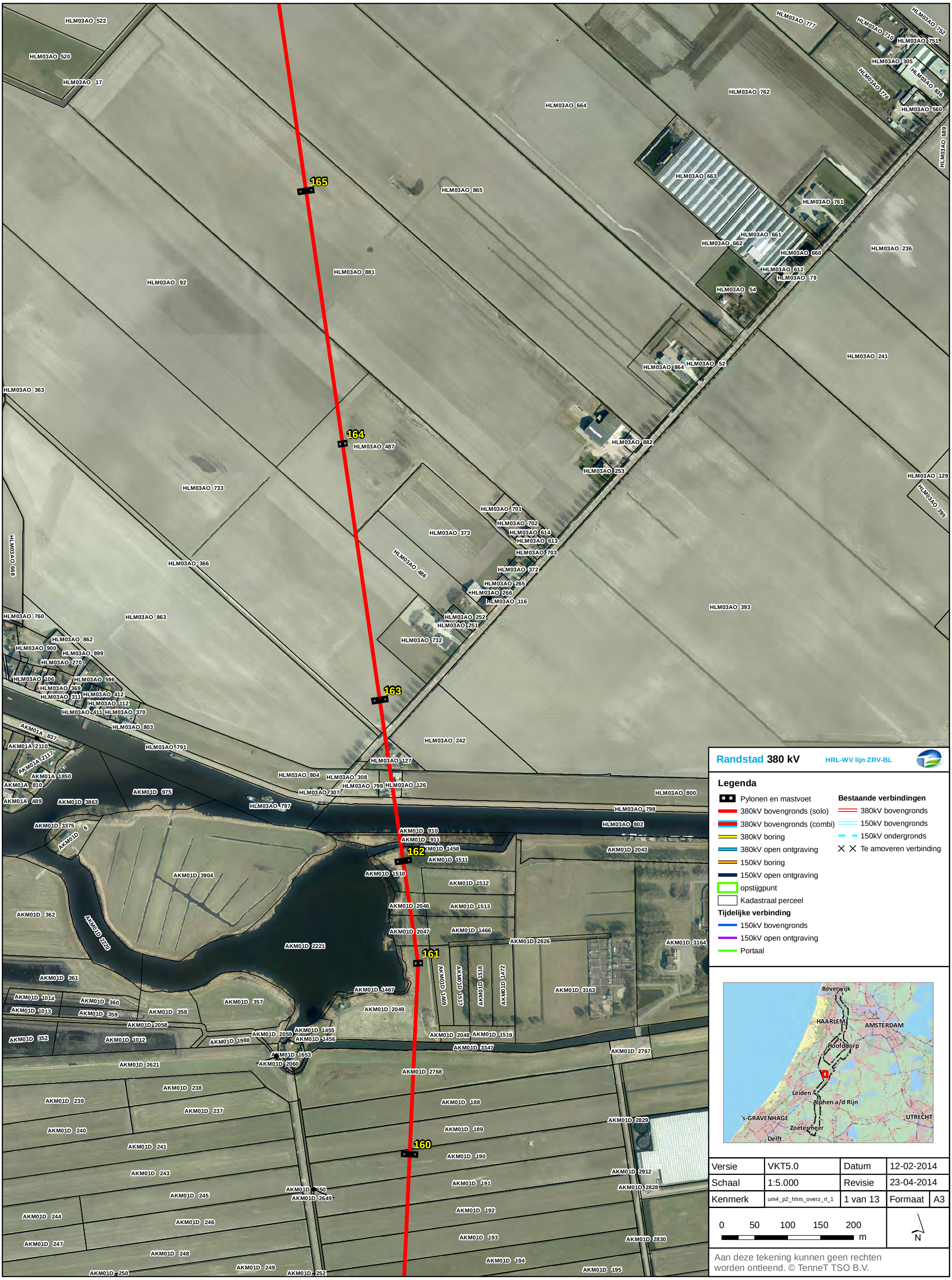
N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Bijlage 1b
Kadastrale kaarten

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Randstad 380 kV HRL-WV lijn ZRV-BL

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_1	1 van 13	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_2	2 van 13	Formaat A3

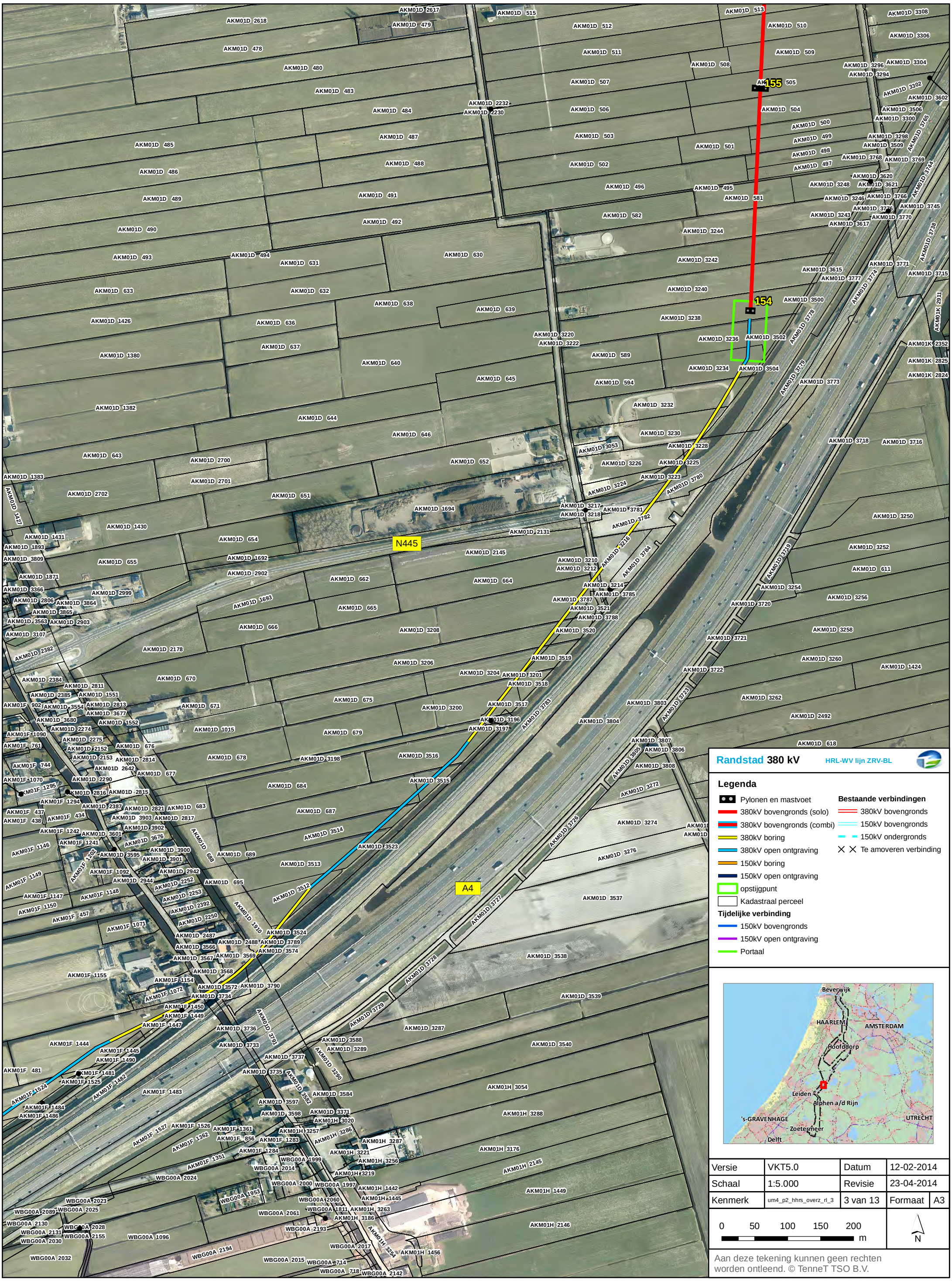
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Randstad 380 kV HRL-WV lijn ZRV-BL

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_3	3 van 13	Formaat A3

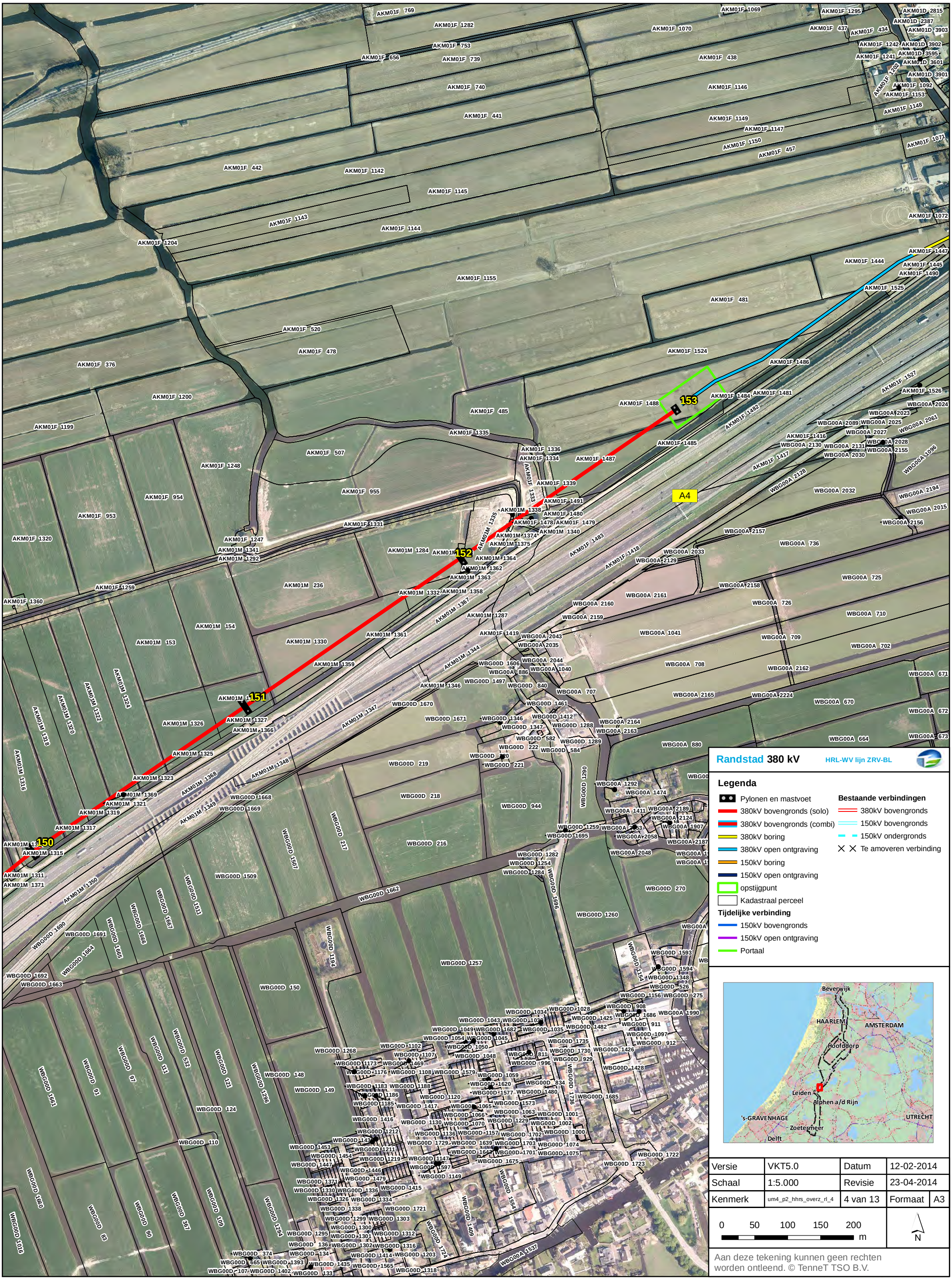
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_4	4 van 13	Formaat A3

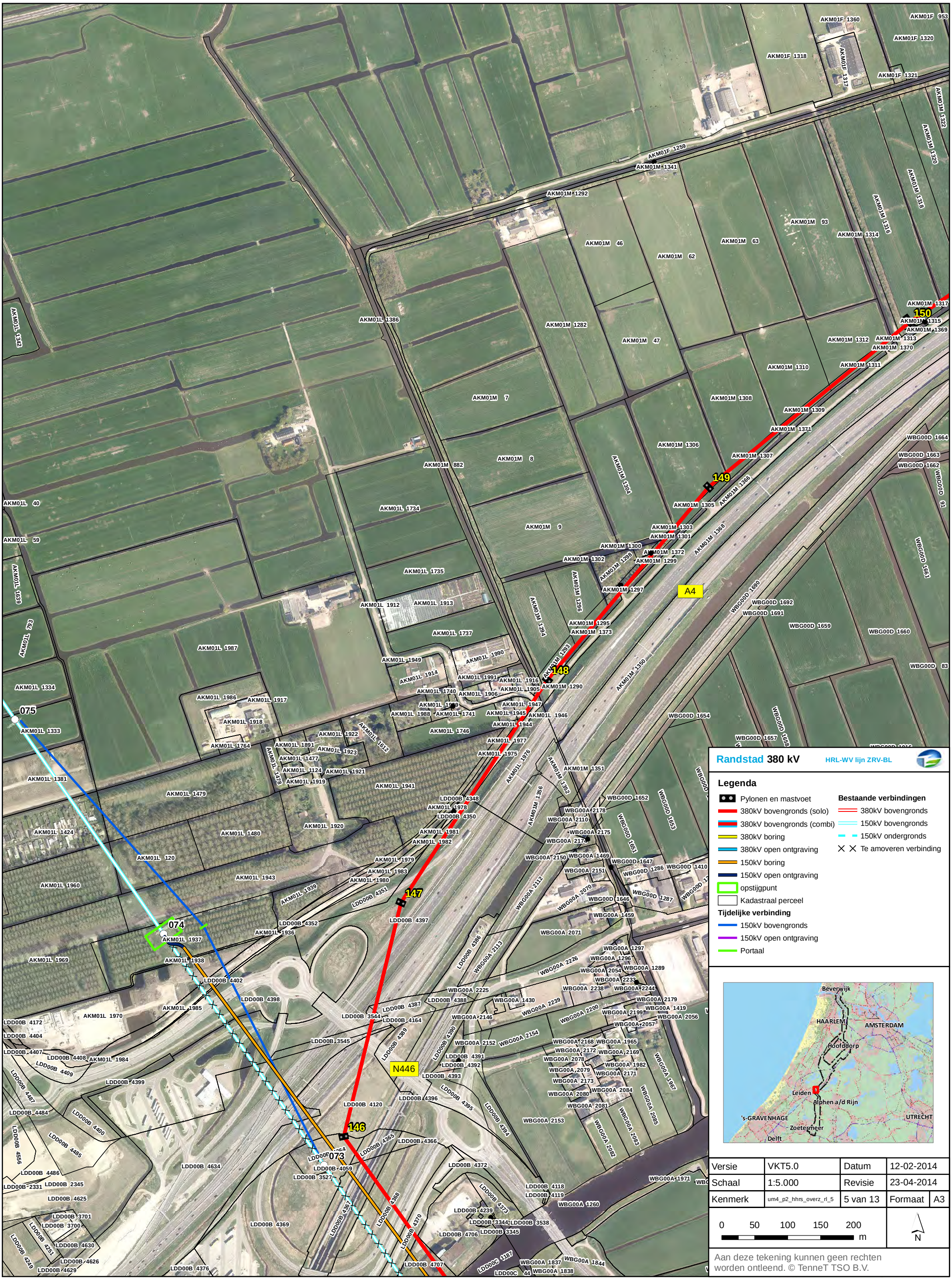
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Randstad 380 kV HRL-WV lijn ZRV-BL

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_5	5 van 13	Formaat A3

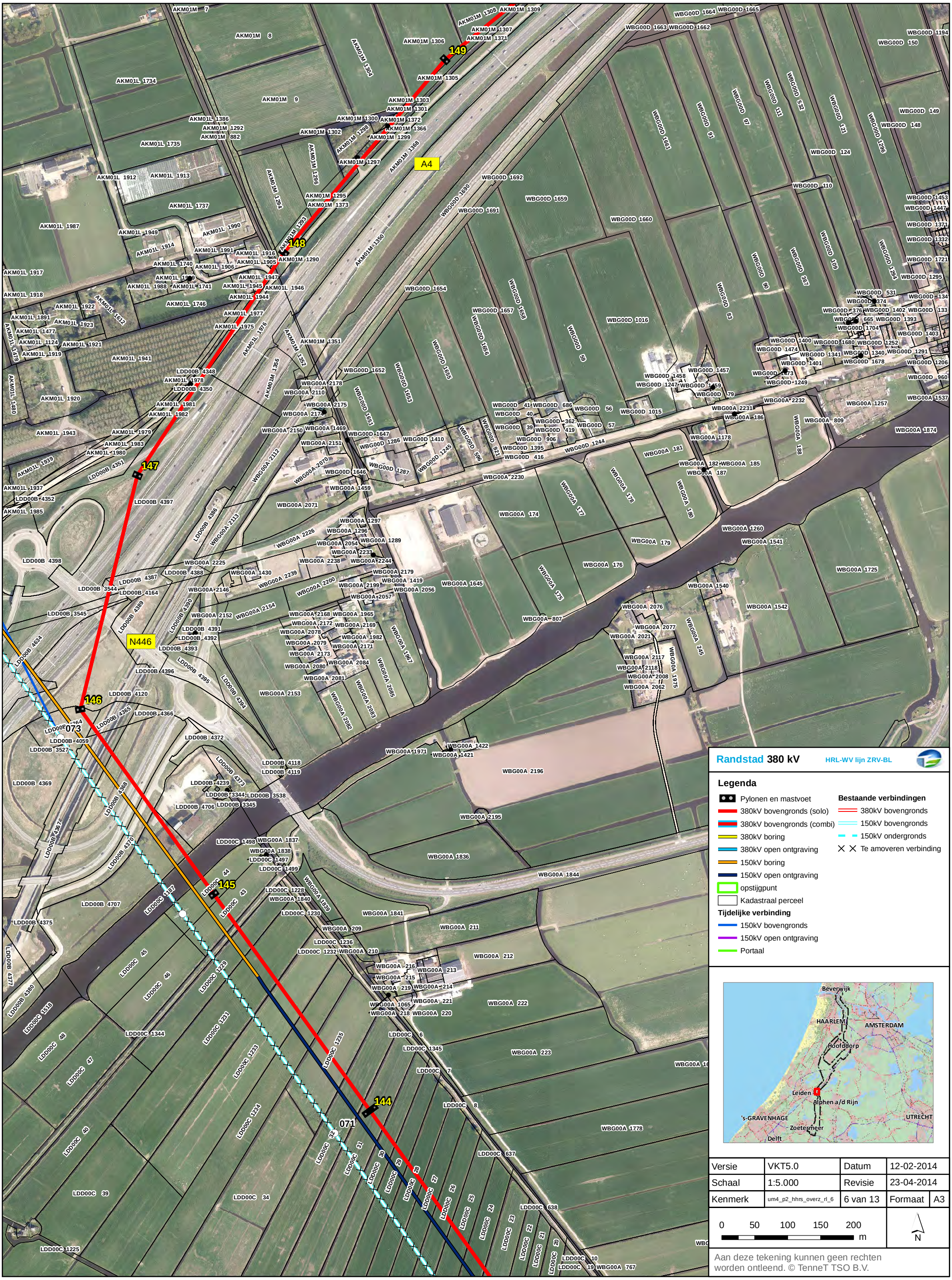
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_6	6 van 13	Formaat A3

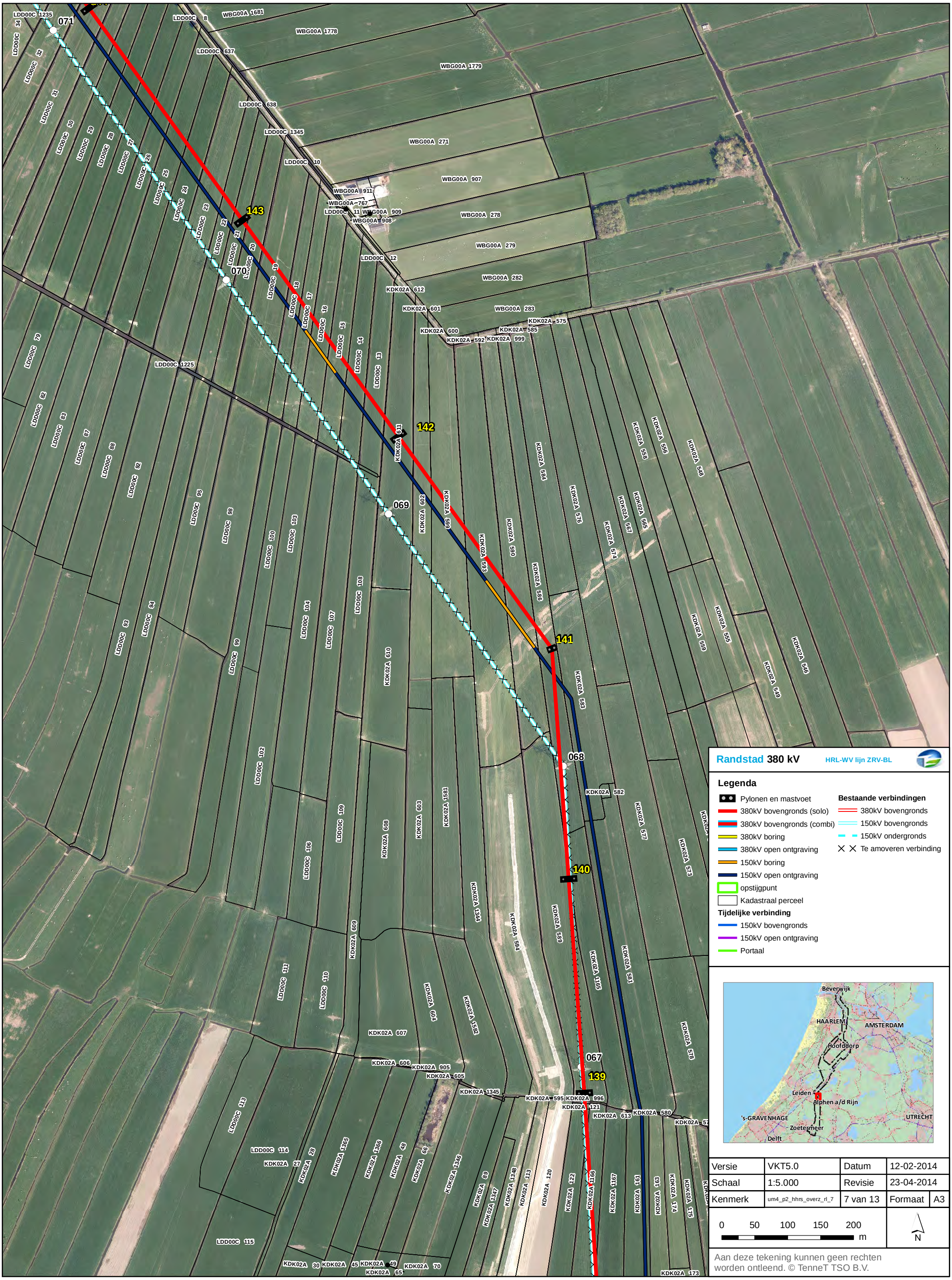
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_7	7 van 13	Formaat A3

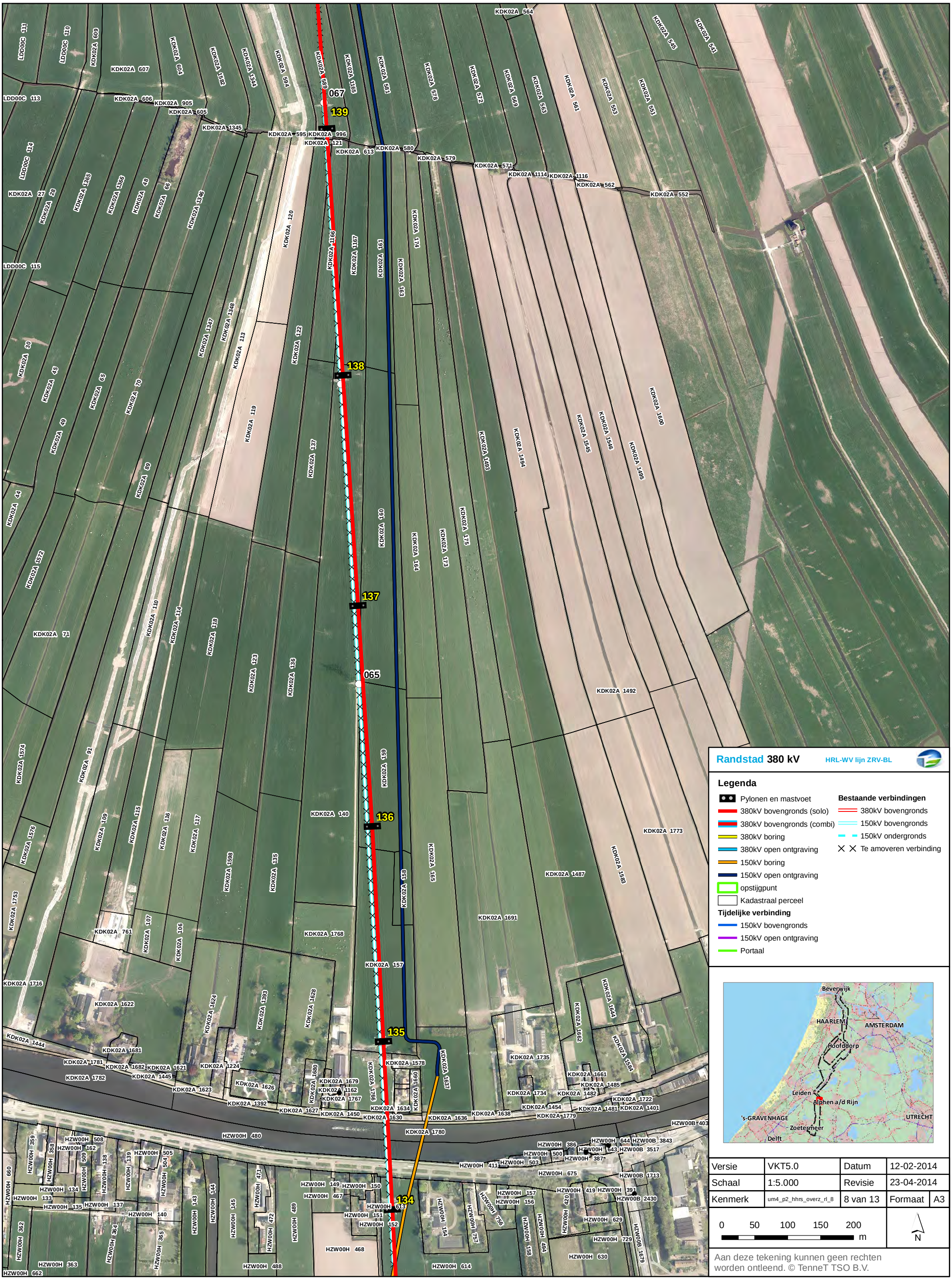
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_8	8 van 13	Formaat A3

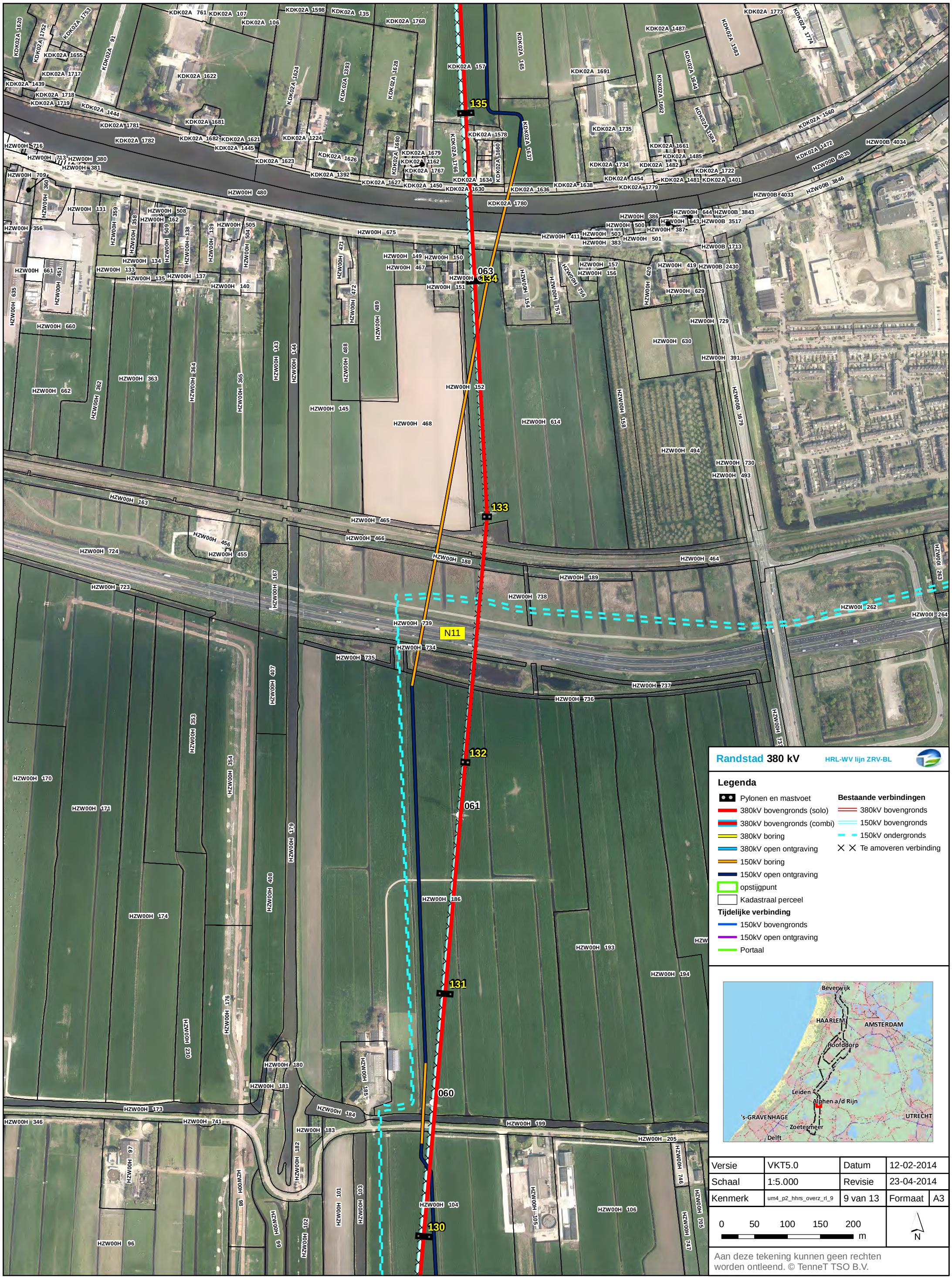
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_9	9 van 13	Formaat A3

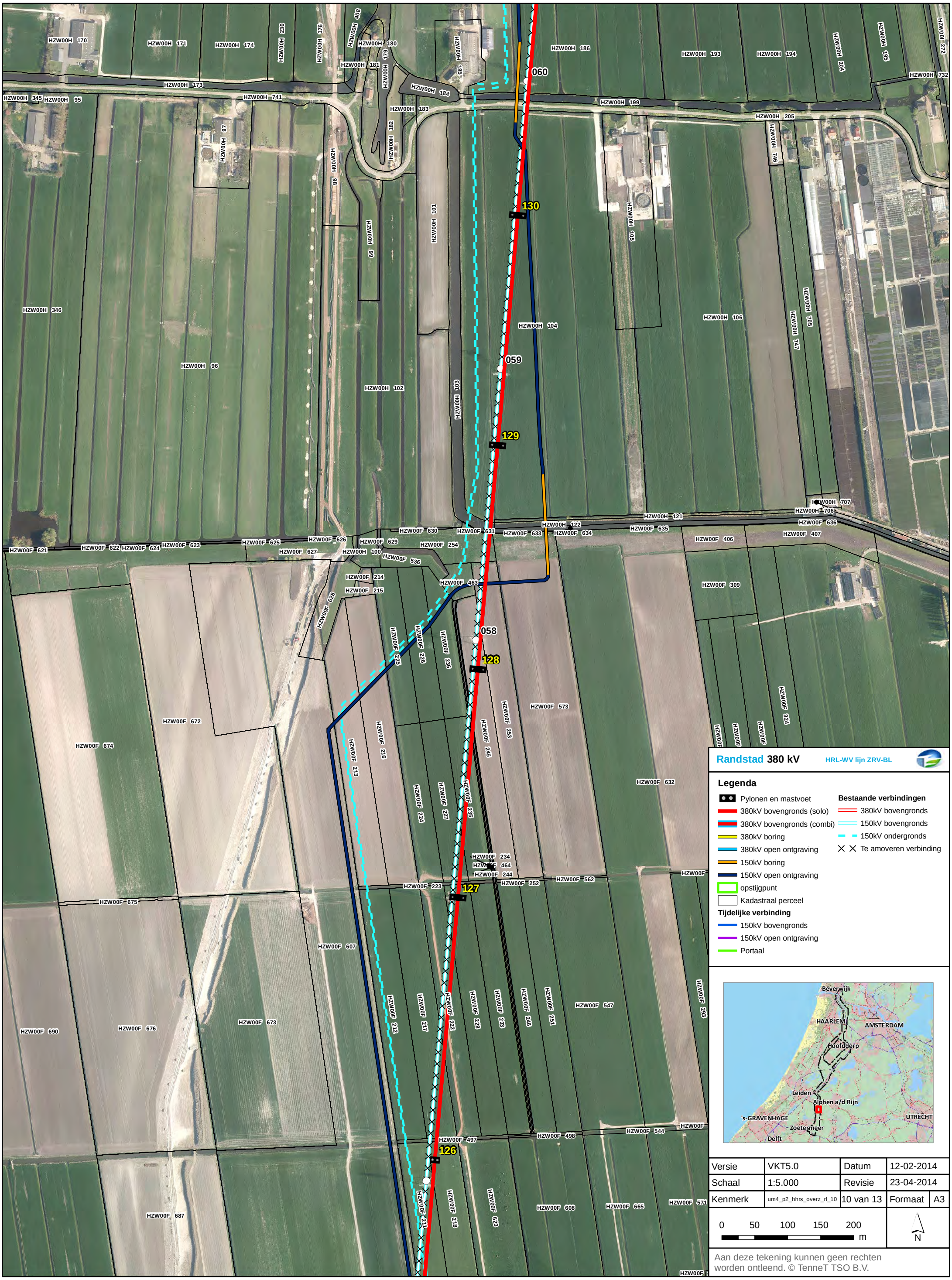
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Randstad 380 kV HRL-WV lijn ZRV-BL

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_10	10 van 13	Formaat A3

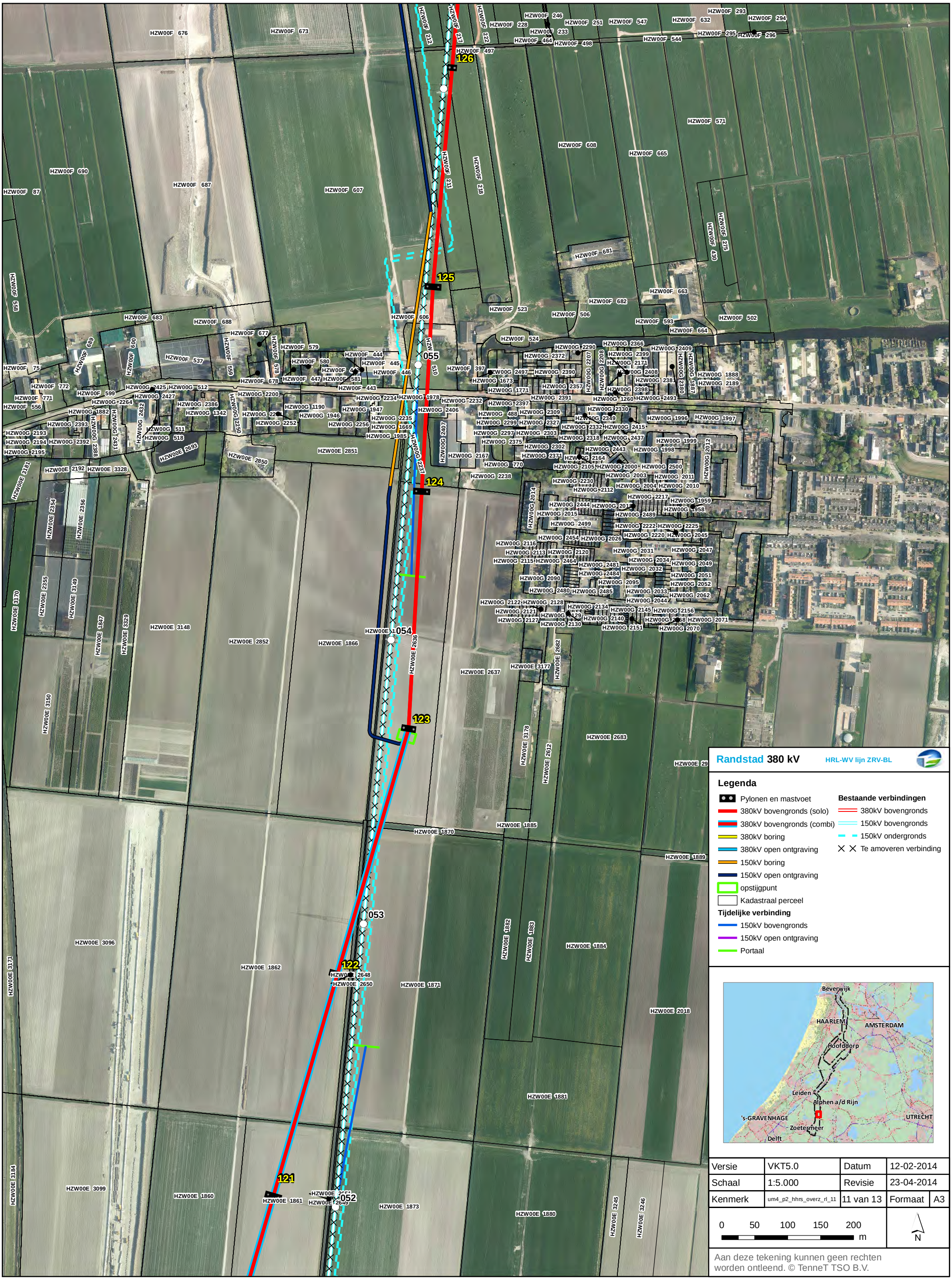
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_11	11 van 13	Formaat A3

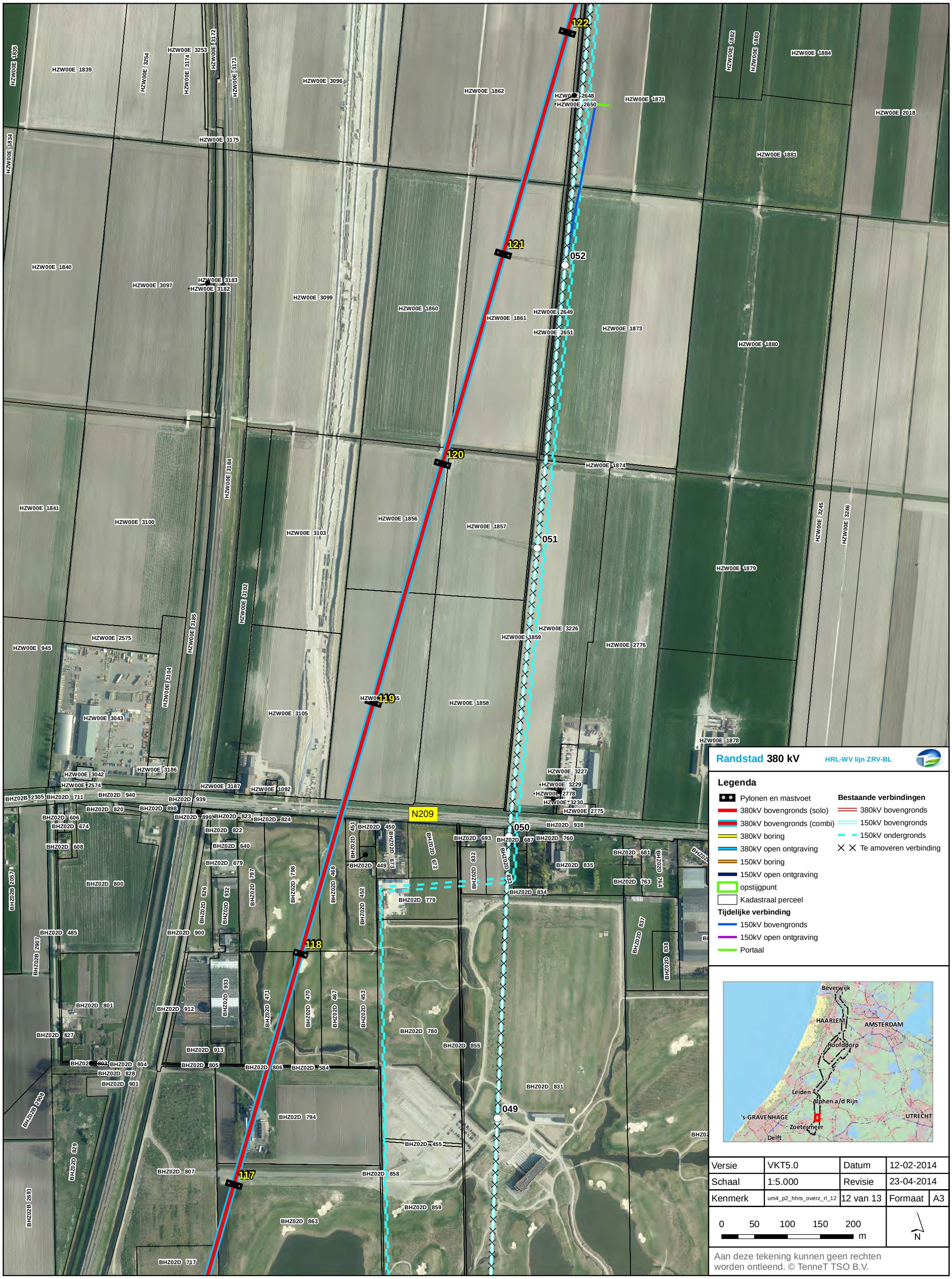
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Randstad 380 kV HRL-WV lijn ZRV-BL

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- opstijgpunt
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Bestaande verbindingen

- 380kV bovengronds
- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- Te amoveren verbinding

Versie	VKT5.0	Datum	12-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	23-04-2014
Kenmerk	um4_p2_hhrs_overz_rl_12	12 van 13	Formaat A3

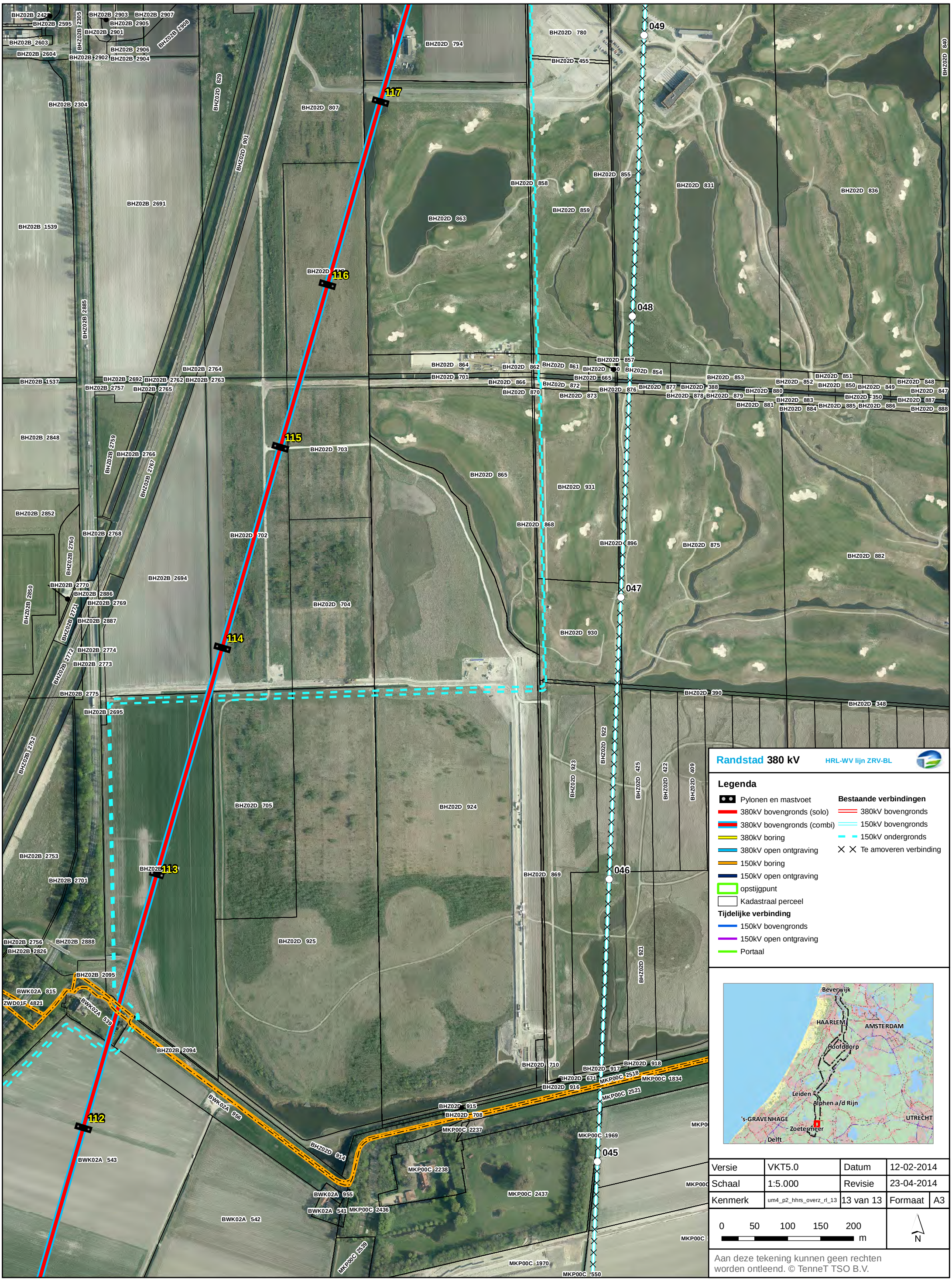
0 50 100 150 200 m

N

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Randstad 380 kV

HRL-WV lijn ZRV-BL



Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Bijlage 1c
Beïnvloedingsberekening

PETERSBURG CONSULTANTS B.V.

Elektrische beïnvloedingen op objecten van het Hoogheemraadschap Rijnland door Randstad 380kV Noordring

In opdracht van TenneT

Doorwerth, 14 juni 2013
Referentie: TE121000-R06 AM
Auteur: A. Mobder
Status: definitief
Versie: 1.0

Auteur	datum 14-06-2013	gecontroleerd	datum 14-06-2013

© PETERSBURG CONSULTANTS B.V. - POSTBUS 11 - 6865 ZG DOORWERTH - TEL. +31(0)26 339 73 60 - FAX +31(0)26 334 24 09

Copyright © Petersburg Consultants B.V., Doorwerth, the Netherlands. All rights reserved.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens Petersburg Consultants B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

Petersburg Consultants B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

INHOUD blz.

1 INLEIDING 5
2 BEÏNVLOEDINGSMECHANISMEN 6
2.1 Magnetische velden 6
2.1.1 Het fenomeen 6
2.1.2 De gevolgen 6
2.2 Elektrische velden 7
2.2.1 Het fenomeen 7
2.2.2 De gevolgen 7
2.3 Inductieve beïnvloeding 7
2.3.1 Het fenomeen 7
2.3.2 De gevolgen 8
2.4 Weerstandsbeïnvloeding 8
2.4.1 Het fenomeen 8
2.4.2 De gevolgen 9
2.5 Capacitieve beïnvloeding 9
2.5.1 Het fenomeen 9
2.5.2 De gevolgen 10
3 EISEN EN BENODIGDE CONTROLES 11
4 UITGANGSPUNTEN 15
4.1 Gebied en tracés 15
4.2 Gegevens hoogspanningsverbindingen 16
4.3 Bodemweerstand 16
5 BEINVLOEDINGSGEBIEDEN 17
5.1 Weerstandsbeïnvloeding 17
5.2 Capacitieve beïnvloeding en elektrische veld 17
5.3 Inductieve beïnvloedingen 18
6 BESCHOUWINGEN 19
6.1 Objecten Hoogheemraadschap 19
6.2 Controle en toetsing 19
6.2.1 Weerstandsbeïnvloeding 19
6.2.2 Capacitieve beïnvloeding 19
6.2.3 Inductieve beïnvloeding 19
6.2.4 Elektrische velden 20
6.2.5 Magnetische velden 20
7 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN 21
BRONVERMELDING 22

Bijlage A: Stromen
Bijlage B: Klokgetallen configuratie
Bijlage C: Mastbeelden en kabelbed
Bijlage D: Bodemweerstanden
Bijlage E: Beinvloedingsgebieden

PETERSBURG PETERSBURG PETERSBURG

Revisie overzicht

Datum	Nummer	Opmerkingen	Auteur
19-3-2013	0.1	concept	A. Mobder
17-4-2013	0.2	RFA 000.007.40 0144026 d.d. 12-4-13	A. Mobder
30-5-2013	0.3	RFC002 d.d. 25-4-2013, kortsluitstroom is gewijzigd	A. Mobder
14-6-2013	1.0	RFA 000.007.40 0144026 d.d. 14-6-13	A. Mobder

1 INLEIDING

TenneT is voornemens een nieuwe 380kV hoogspanningsverbinding te realiseren van station Beverwijk via station Vijfhuizen naar station Bleiswijk. Voor het tracé wordt gebruik gemaakt van Wintrack hoogspanningsmasten. Diverse nabijgelegen hoogspanningsverbindingen worden gecombineerd met de nieuwe 380kV verbinding. Delen van deze bestaande verbindingen worden in de toekomst geamoveerd. Deze aanpassingen vormen samen het project Randstad 380kV Noordring.

In het gedeelte Beverwijk-Vijfhuizen, tussen mast 1 en mast 5, wordt de verbinding bovengronds gerealiseerd. Tussen mast 5 en 6 is het kabeltracé ondergronds, waarna de verbinding verder bovengronds loopt tot en met station Vijfhuizen (mast 39). Van station Vijfhuizen tot mast 1 van het tracédeel Vijfhuizen-Bleiswijk ligt de kabel ondergronds. De lijn vervolgt bovengronds in zuidwestelijke richting in combinatie met een 150kV hoogspanningsverbinding. Tussen masten 14 en 16 ligt de kabel weer onder de grond en tussen mast 16 en 34 is de lijn opnieuw gecombineerd met een 150kV hoogspanningsverbinding. Vanaf mast 34 is de 380kV lijn weer solo tot aan mast 61. Tussen mast 61 en 62 ligt de lijn ondergronds. Daarna is de lijn tot mast 92 bovengronds en wordt van mast 92 tot mast 106 gecombineerd met een 150kV hoogspanningsverbinding. Het laatste deel van het tracé, van mast 106 tot mast 114, is de lijn tot slot weer solo en eindigt in station Bleiswijk.

Binnen het projectdeel elektromagnetische compatibiliteit (EMC) wordt de invloed van elektromagnetische fenomenen, veroorzaakt door de hoogspanningsverbinding, op objecten en levende wezens onderzocht. De doelstelling is het in kaart brengen van eventuele overschrijdingen en het treffen van maatregelen om de gevolgen van dergelijke overschrijdingen teniet te doen. Door het realiseren van de nieuwe 380kV verbinding tussen Beverwijk en Bleiswijk en de aanpassingen in het bestaande hoogspanningsnet verandert de situatie met betrekking tot de elektrische beïnvloeding op nabijgelegen objecten. Onder omstandigheden kan door elektrische beïnvloeding onder andere sprake zijn van:

- Overschrijding van toelaatbare aanraakspanningen;
- Beschadiging van objecten;
- Verstoring van de werking van elektronische apparatuur;
- Onacceptabel risico op wisselstroomcorrosie bij buisleidingen;
- Ontoelaatbare ontladingen bij aanraking capacitief geladen objecten;
- Beperkingen in verband met het overschrijden van grenswaarden voor blootstelling EM-velden.

Het Hoogheemraadschap Rijnland is eigenaar/beheerder van verschillende objecten binnen het projectgebied. Dit rapport geeft de resultaten van de berekeningen en toetsingen van elektrische beïnvloeding op objecten van Hoogheemraadschap Rijnland in verband met de realisatie van de Randstad 380kV Noordring.

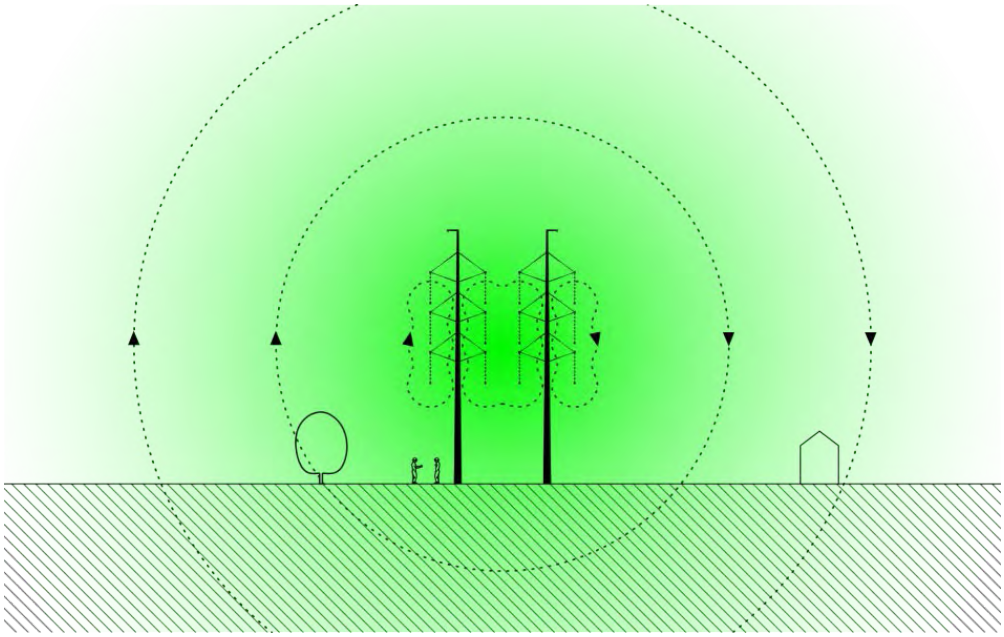
2 BEÏNVLOEDINGSMECHANISMEN

In dit hoofdstuk worden de algemene principes van elektrische beïnvloedingen toegelicht. Er zijn vijf mechanismen waarmee in principe rekening moet worden gehouden, te weten magnetische velden, elektrische velden, inductieve beïnvloeding, weerstandsbeïnvloeding en capacitieve beïnvloeding.

2.1 Magnetische velden

2.1.1 Het fenomeen

Een elektrische stroom door een hoogspanningslijn veroorzaakt een magneetveld. Dit magneetveld is in afbeelding 1 schematisch weergegeven. Magnetische velden worden niet afgeschermd en de veldsterkte neemt af naarmate de afstand tot de geleiders toeneemt. In de schematische voorstelling in afbeelding 1 is te zien dat het magneetveld ook in de bebouwing en onder de grond aanwezig is.



Afbeelding 1, Schematische voorstelling magnetische velden

2.1.2 De gevolgen

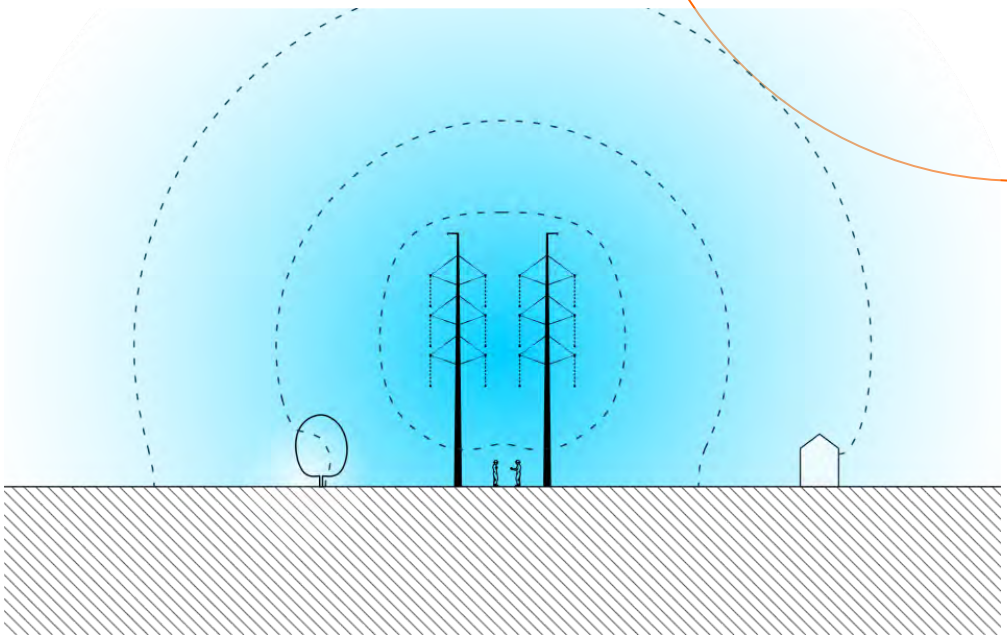
Magnetische velden kunnen mogelijk de werking van elektronische apparatuur verstoren of leiden tot effecten op mensen en dieren. In verband hiermee worden eisen gesteld aan blootstelling van mensen aan magnetische velden en kunnen eisen ten aanzien van magnetische velden nabij elektronische apparatuur worden gesteld.

Daarnaast kunnen door magnetische velden stromen worden geïnduceerd in parallel aan de hoogspanningsverbinding liggende geleidende objecten. Dergelijke verschijnselen worden in de paragraaf “inductieve beïnvloeding” behandeld.

2.2 Elektrische velden

2.2.1 Het fenomeen

Zodra er een verschil in spanning is tussen de geleiders van een hoogspanningslijn en de omgeving, ontstaat een elektrisch veld. De elektrische veldsterkte neemt af naarmate de afstand tot de geleiders toeneemt. Elektrische velden zijn alleen bovengronds van belang, omdat geleidende materialen elektrische velden afschermen (kooi van Faraday). In de schematische voorstelling in afbeelding 2 is te zien dat de sterkte van het elektrisch veld binnen de bebouwing en onder de grond zeer beperkt is. De velden vervormen door deze objecten.



Afbeelding 2, Schematische voorstelling elektrische velden

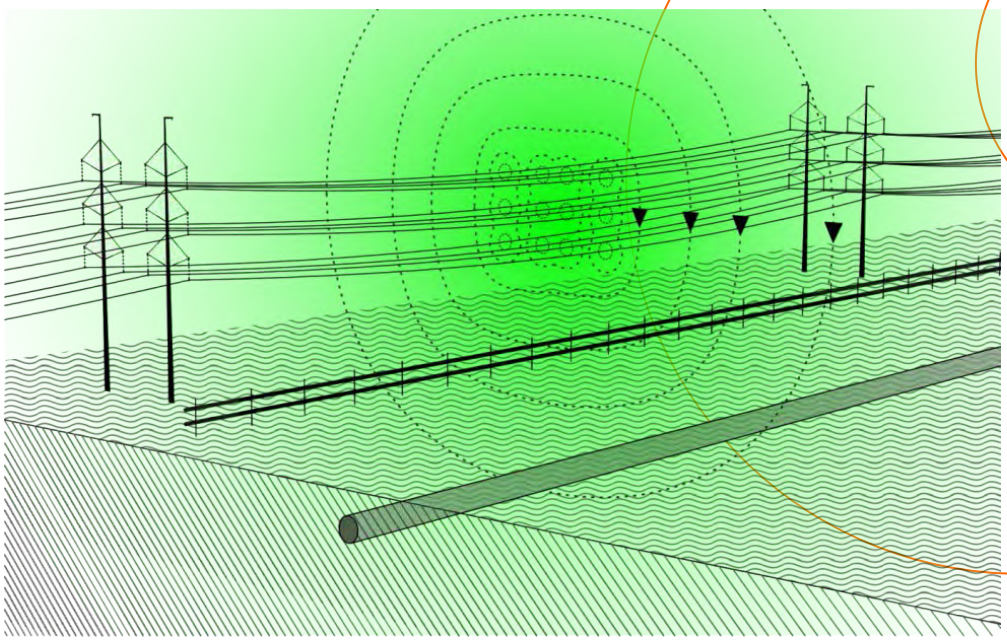
2.2.2 De gevolgen

Mensen kunnen zeer sterke elektrische velden voelen. Het gevoel is te vergelijken met een lichte kriebeling en wordt veroorzaakt door een trilling van hoofd- of lichaamshaar.
Verder kunnen elektrische velden leiden tot capacitieve oplading van geïsoleerd onder de hoogspanningslijn opgestelde objecten. Het fenomeen capacitieve beïnvloeding wordt in de volgende paragraaf behandeld.

2.3 Inductieve beïnvloeding

2.3.1 Het fenomeen

Inductieve beïnvloeding ontstaat door de wisselende magnetische velden rondom stroomvoerende geleiders. Deze wisselende magnetische velden induceren een stroom en spanning in lange geleidende objecten parallel aan de hoogspanningslijn. De mate van beïnvloeding is ondermeer afhankelijk van de lengte van de parallelloop en de hart op hart afstand tussen het object en de hoogspanningslijn. In afbeelding 3 is een schematisch voorbeeld van inductieve beïnvloeding gegeven.



Afbeelding 3, Schematische voorstelling inductieve beïnvloeding

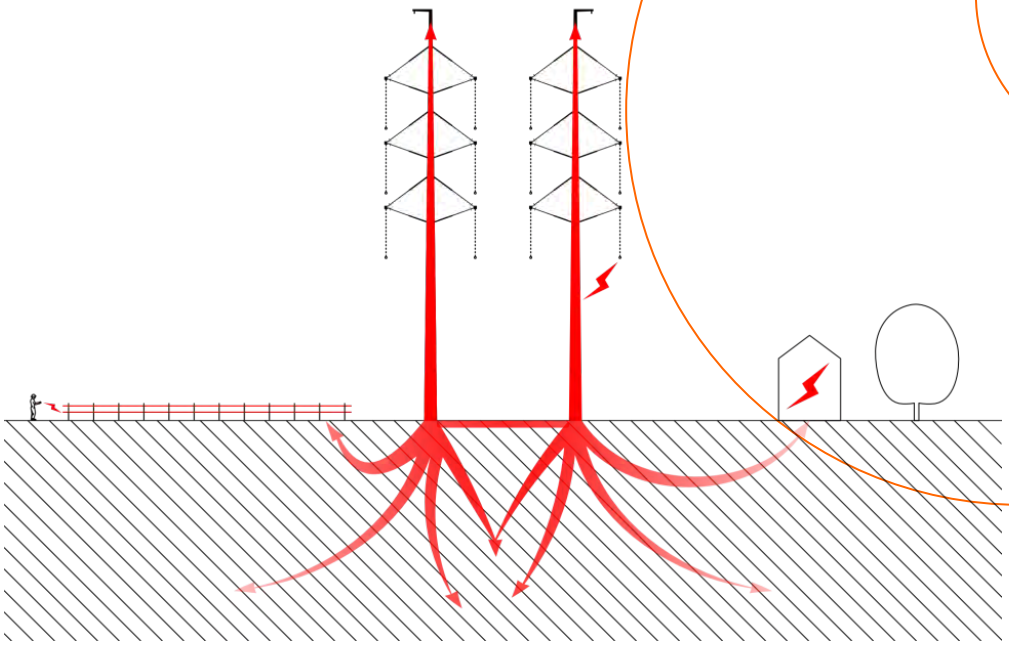
2.3.2 De gevolgen

Inductieve beïnvloeding kan leiden tot ontoelaatbare aanraakspanningen op parallel gelegen objecten. Zodra een mens of dier het object aanraakt, zal er door het spanningsverschil tussen het object en de bodem een stroom gaan lopen via het lichaam. Daarnaast kan deze vorm van beïnvloeding, afhankelijk van het object, stoorspanningen en een risico op wisselstroomcorrosie veroorzaken.

2.4 Weerstandsbeïnvloeding

2.4.1 Het fenomeen

Tijdens een kortsluiting tussen een fase en een mast vloeit een deel van de kortsluitstroom via de bliksemdraden terug naar de invoedende stations. Een ander deel van de stroom zal via de mastaardingen en de grond terug naar de stations vloeien. Bij elke mast waar de stroom via de grond terugvloeit, ontstaan potentiaaltrechters. De bodempotentiaal is het grootst bij de fundering en neemt af naarmate de afstand tot de fundering toeneemt.



Afbeelding 4, Schematische weergave weerstandsbeïnvloeding

2.4.2 De gevolgen

In afbeelding 4 is het fenomeen weerstandsbeïnvloeding schematisch weergegeven voor een Wintrack hoogspanningsmast met gekoppelde fundering.

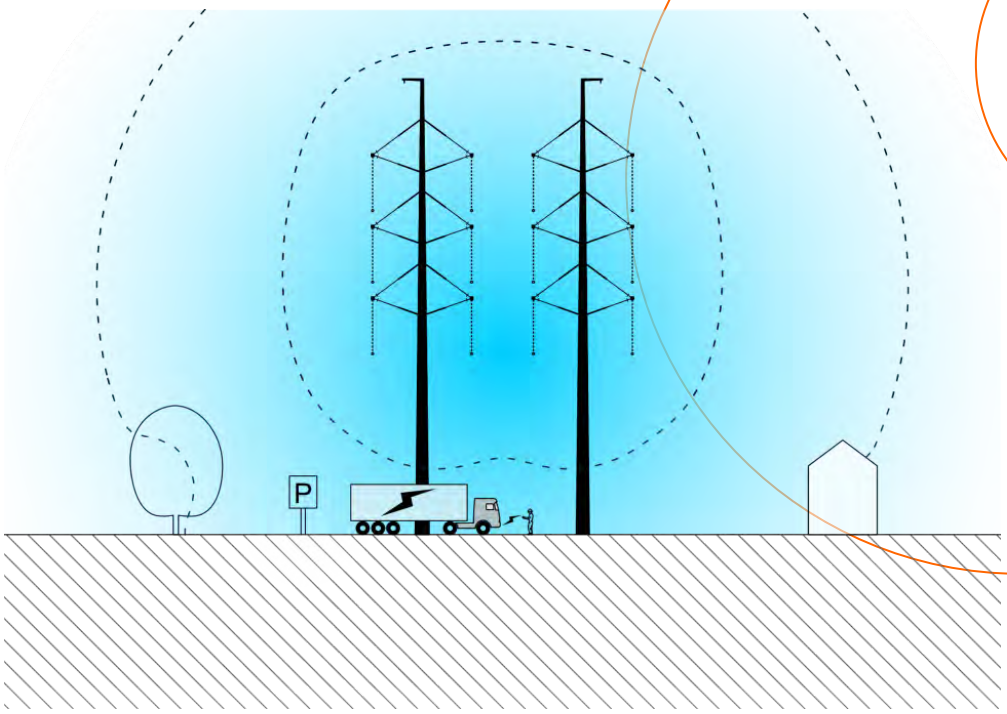
Bij objecten binnen de potentiaaltrechter kunnen door weerstandsbeïnvloeding ontoelaatbare overbruggingsspanningen ontstaan. Via geleidende objecten kunnen spanningen versleept worden naar een locatie met een andere bodemspanning. Daarnaast kan de objectisolatie van bijvoorbeeld buisleidingen of signaalkabels ontoelaatbaar worden belast.

2.5 Capacitieve beïnvloeding

2.5.1 Het fenomeen

Capacitieve beïnvloeding is een gevolg van het elektrische veld rondom de hoogspanningsverbinding. Vanwege de afschermende werking van grond speelt dit alleen bij bovengrondse, niet afgeschermde, hoogspanningsinstallaties nabij bovengrondse ongeaarde geleidende objecten. Een schematische voorstelling van het fenomeen capacitieve beïnvloeding is weergegeven in afbeelding 5.

Capacitieve beïnvloeding berust op het principe dat de capaciteit tussen de geleiders van de hoogspanningslijn en het object enerzijds en de capaciteit tussen het object en de aarde anderzijds een spanningsdeler vormen. Hierdoor kan op het object een spanning komen, die afhankelijk is van de verhouding van deze capaciteiten en de bedrijfsspanning van de hoogspanningsverbinding.



Afbeelding 5, Schematische voorstelling van capacitieve beïnvloeding

2.5.2 De gevolgen

Zodra een mens of dier het geladen object aanraakt zal deze via het lichaam ontladen. Men voelt lichte schokken. Dit kan als pijnlijk worden ervaren. Het probleem kan worden opgelost door het object te aarden.

3 EISEN EN BENODIGDE CONTROLES

3.1 Algemeen

Bij een hoogspanningsverbinding moet rekening worden gehouden met invloeden van de hoogspanningsinfrastructuren op haar omgeving. Enkele invloeden zijn gebonden aan de bedrijfsvoering van de hoogspanningsverbindingen, overige invloeden zijn ingegeven door veiligheid of integriteit van installaties. Indien toelaatbare grenzen worden overschreden moeten er maatregelen worden getroffen.

Maatregelen worden getroffen door de initiatiefnemer. In het geval dat een hoogspanningslijn wordt aangelegd, wordt als onderdeel van de aanleg, de invloed van de hoogspanningslijn op de omgeving onderzocht en worden eventuele benodigde maatregelen getroffen. Andersom moet bij de realisatie van een object (installatie of bouwwerk) nabij een hoogspanningslijn rekening worden gehouden met de effecten van de hoogspanningslijn op het te realiseren object.

In de volgende paragrafen is per onderwerp aangegeven met welke belemmeringen en invloeden rekening gehouden moet worden nabij een hoogspanningsinstallatie.

3.2 Aanraakveiligheid

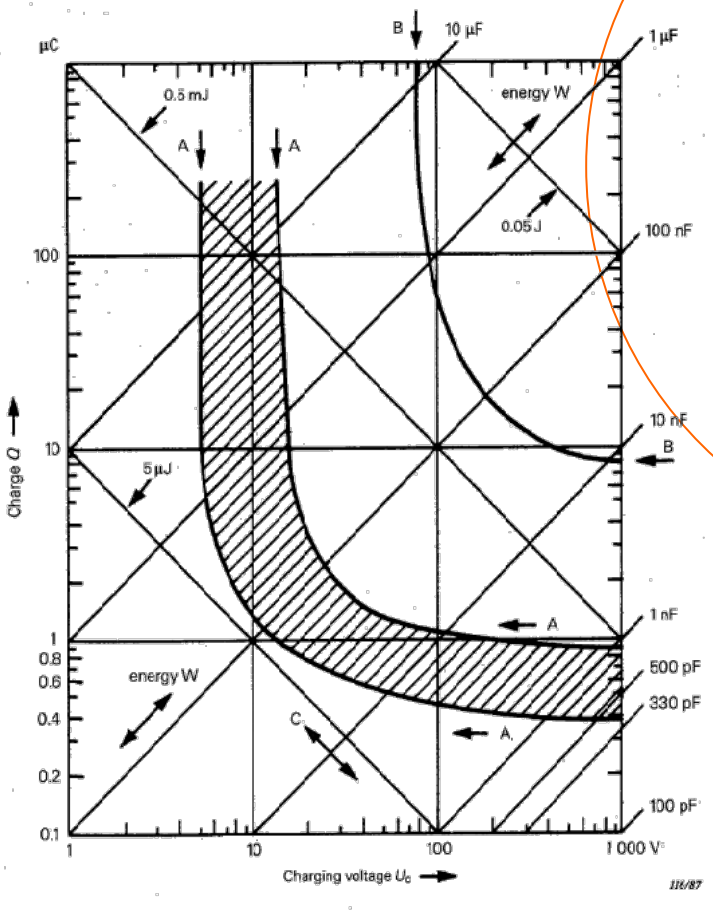
Een hoogspanningsverbinding kan elektrische stromen en spanningen in vreemde objecten veroorzaken. Onder omstandigheden kunnen dergelijke stromen en spanningen leiden tot gevaarlijke situaties. Daarbij moet worden gedacht aan elektrocutie of schrikreacties.

In het geval dat sprake is van overbruggingsspanningen door inductieve beïnvloeding of weerstandsbeïnvloeding, moeten deze voldoen aan de eisen volgens NEN-EN 50341-3-15 [1]. Deze eisen zijn erop gericht het risico op elektrocutie voldoende te reduceren. Tabel 1 geeft een samenvatting van de toelaatbare overbruggingsspanningen voor tijdsduren langer dan 1 seconde (normaal bedrijf) en 0,1 seconde (kortsluitsituaties).

Tabel 1, Toelaatbare overbruggingsspanningen volgens NEN-EN 50341

Afschakeltijd [s]	Maximaal toelaatbare overbruggingsspanning [V]
0,1	1500
≥ 1	50

Bij capacitieve beïnvloeding waarbij grote geleidende delen worden “opgeladen”, moet worden voorkomen dat deze oplading kan leiden tot pijnlijke of schrikreacties bij aanraking. Het verschijnsel is goed te vergelijken met de ontlading bij het aanraken van een auto bij droog winterweer. Afhankelijk van het soort object kan een kleine of relatief grote ontlading toelaatbaar zijn. Concreet vereist de norm dat de oplading van geïsoleerde objecten door elektrische velden nabij de hoogspanningslijn beperkt moet zijn tot zone A in IEC 60479-2 [9], zie afbeelding 6.



Afbeelding 6, Criterium voor ontlading volgens IEC 60479-2, Afbeelding 21

3.3 Risico's volksgezondheid

Bij langdurig verblijf nabij een hoogspanningslijn is er sprake van een verhoogd risico op leukemie bij kinderen tot 15 jaar. Hoewel er al veel onderzoek naar dit statistische verband is gedaan is er nog geen oorzakelijk verband gevonden. Onderzoeken suggereren een mogelijk verband tussen het verblijf van kinderen tot 15 jaar in een langdurig gemiddeld "magneetveld" van de hoogspanningslijn groter dan circa 0,4 µT. In Nederland is om deze reden het voorzorgsbeginsel toegepast. Nieuwe "gevoelige" bestemmingen binnen de zogeheten magneetveldzone moeten daarbij zoveel mogelijk worden voorkomen.

Volgens een hypothese [8] zou door een hoogspanningslijn opgeladen fijn stof leiden tot extra decompositie van fijn stof in de longen en op de huid. Deze hypothese is door het National Radiation Protection Board onderzocht en RIVM heeft naar aanleiding hiervan een literatuuronderzoek uitgevoerd. Door deze instituten is ondermeer geconcludeerd:
"Voor zover nu bekend beïnvloeden bovengrondse hoogspanningslijnen de schadelijke effecten van fijn stof niet." [6].

3.4 Blootstelling aan niet-ioniserende straling

In richtlijn 2004/40EG [10] zijn actiewaarden gedefinieerd betreffende de beperking van de blootstelling aan niet-ioniserende straling. Invoering van deze richtlijn is in Nederland tot op heden steeds uitgesteld maar verwacht mag worden dat deze richtlijn ook in Nederland van kracht wordt.

De richtlijn geeft actiewaarden (waarden waarboven maatregelen moeten worden getroffen) voor zowel elektrische velden als magnetische velden. Voor 50 Hz (frequentie van de stromen in de hoogspanningslijnen in Nederland) zijn de actiewaarden voor beroepsbevolking:

- Elektrisch veld: 10.000 V/m
- Magnetisch veld (H-veld): 400 A/m
- Magnetische fluxdichtheid (B-veld): 500 µT

In principe zijn de genoemde actiewaarden van toepassing op iedere plek waar personen werkzaamheden verrichten. Getoetst moet worden of aan deze waarden wordt voldaan.

De norm NEN-EN 50341-3 adviseert om voor elektrische velden een maximaal toelaatbare waarde (1 m boven maaiveld) van 5.000 V/m en voor de magnetische fluxdichtheid een maximale waarde van 100 µT (1 m boven maaiveld) aan te houden.

3.5 Functioneren van apparatuur

Magneetvelden en/of verstoring van signalen in aangesloten kabels (zie volgende paragraaf) kunnen de werking van (elektronische) apparatuur aantasten. Voor magneetvelden wordt onderscheid gemaakt tussen apparatuur voor toepassing in industriële omgevingen en apparatuur voor toepassing in huishoudelijke en licht industriële omgevingen. Normen NEN-EN –IEC 61000-6-1 [11] en NEN-EN –IEC 61000-6-2 [12] geven de immuniteit voor deze groepen apparatuur:
1 A/m voor apparatuur voor toepassing in huishoudelijke of licht industriële omgevingen;
30 A/m voor apparatuur voor toepassing in industriële omgevingen.
Voor een CRT (Cathode Ray Tube) is onder ongunstige omstandigheden de minimaal vereiste immuniteit 1 A/m. Algemeen is de immuniteit voor huishoudelijke en licht industriële toepassingen 3 A/m. Omdat in dit rapport gezocht wordt naar het gebied waarbinnen magneetvelden hoger zijn dan de laagste immuniteit van apparatuur, is van de worst-case immuniteit van 1 A/m uitgegaan.

3.6 Verstoring van signalen in signaalkabels

Onder omstandigheden moet rekening worden gehouden met het verstoren van signalen in signaalkabels. Signalen tussen verschillende apparaten kunnen hierdoor vervormen waardoor een installatie mogelijk onjuist functioneert. De mate waarin signalen kunnen vervormen is sterk afhankelijk van het toegepaste type bekabeling en de gevoeligheid van de signalen voor verstoring door voornamelijk 50 Hz signalen.

Voor het beoordelen van stoorspanningen op signaalkabels is de gevoeligheid van het systeem waarvan de kabels deel uitmaken van belang. De optredende signaalverstoring is laagfrequent (voornamelijk 50 Hz en hogere harmonischen). Digitale transmissiekanalen zijn hierdoor

vrijwel ongevoelig voor dergelijke verstoringen. Analoge signaaloverdracht kan hiervoor onder omstandigheden echter veel gevoeliger voor zijn. Bij digitale transmissiekanalen zal dus niet zozeer de stoorspanning van belang zijn, maar de veiligheid van mensen die aan de kabel werken of eventueel de mate waarin de aangesloten apparatuur bestand is tegen (kortstondige) stoorspanningen. Normaliter is de apparatuur minder kwetsbaar dan mensen, zodat hier rekening moet worden gehouden met de in tabel 1 gegeven spanningen als maximaal toelaatbare common mode spanning op de kabel.

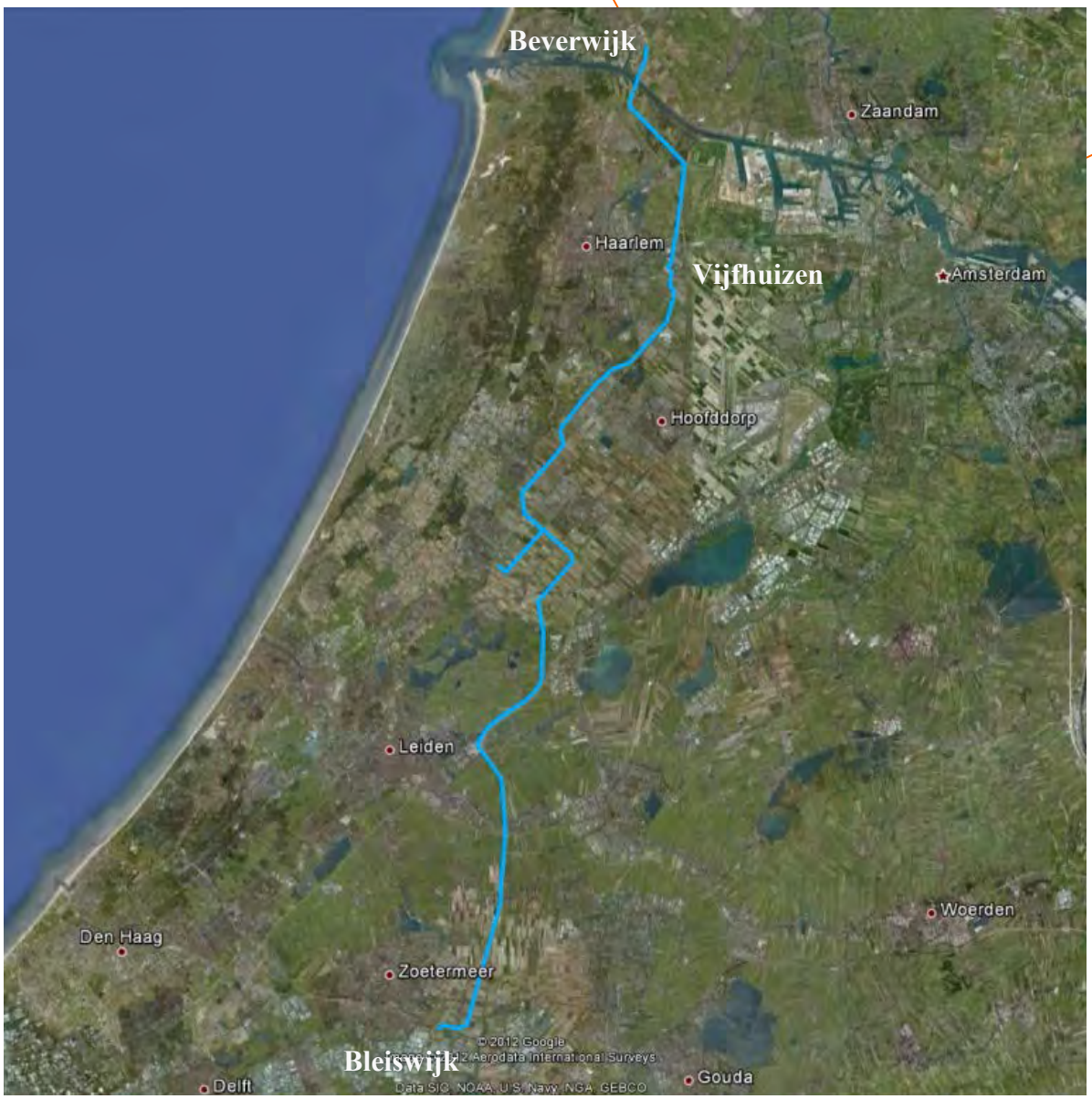
Analoge systemen kunnen echter in sommige gevallen gevoelig zijn voor laagfrequente stoorspanningen. Voor dergelijke systemen is de optredende stoorspanning voor wat betreft het al dan niet moeten nemen van maatregelen maatgevend. Hier moet dus de optredende differential mode spanning (spanning tussen de twee aders van een aderpaar) worden bepaald en vergeleken met de toelaatbare spanning. De gehanteerde toelaatbare stoorspanning voor een systeem dat zeer gevoelig is voor 50 Hz verstoringen bedraagt in analogie aan ProRail RLN000134 [13]:
50 Hz differential mode van maximaal 9,3 mV

Voor overige systemen en kortsluitsituaties wordt uitgegaan van de maximale overbruggingsspanningen volgens NEN1010 [14] (50 V > 1 seconde en 685 V gedurende maximaal 0,1 seconde).

4 UITGANGSPUNTEN

4.1 Gebied en tracés

In afbeelding 7 is het voorgenomen tracé van de Randstad 380kV Noordring (R-380kV Noordring) weergegeven. Deze gegevens zijn conform de opgave van TenneT [15]. De 380kV verbinding wordt gerealiseerd tussen de hoogspanningsstations Beverwijk, Vijfhuizen en Bleiswijk. Daarnaast worden diverse bestaande verbindingen worden gecombineerd met de nieuwe verbinding. Door de bestaande verbindingen met de nieuwe verbinding te combineren kunnen delen van deze bestaande verbindingen worden geamoveerd.



Afbeelding 7, Overzicht tracé Randstad 380 kV Noordring.

4.2 Gegevens hoogspanningsverbindingen

In tabel 2 zijn de hoogspanningsverbindingen weergegeven die behoren bij het project Randstad 380kV Noordring. De stroombelastingen zijn weergegeven in bijlage A en de klokgetallen in bijlage B. In bijlage C zijn de mastbeelden en kabelbedconfiguraties opgenomen. De specifieke gegevens van deze verbindingen zijn in de uitganspuntendocument opgenomen [15].

Tabel 2, Hoogspanningsverbindingen

Hoogspanningsverbinding	Spanning [kV]	Aantal circuits	Nummer bijlage
380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5 en mast 6 t/m 39)	380	2	C1
380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel)	380	2	C3
380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	380	2	C3
150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel)	150	2	C3
380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 1 t/m 14) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (mast 1 t/m 14)	380 / 150	2 / 2	C2
380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 16 t/m 34) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (mast 16 t/m 34)	380 / 150	2 / 2	C2
150kVSassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel)	150	2	C3
380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 34 t/m 61 en mast 62 t/m 92)	380	2	C1
150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel)	380	2	C3
380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 92 t/m 106) 150kV Zoetermeer-Leiden (mast 92 t/m 106)	380 / 150	2 / 2	C2
380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 106 t/m 116)	380	2	C1

4.3 Bodemweerstand

De gehanteerde bodemweerstanden zijn opgenomen in bijlage D. Deze bodemweerstandwaarden zijn de gemeten bodemweerstanden bij het tracé conform de opgave van TenneT [15]. Er zijn bodemweerstandwaarden bij het DINO loket opgevraagd voor locaties waar nog geen bodemweerstandgegevens beschikbaar zijn.

5 BEINVLOEDINGSGEBIEDEN

Om de relevante installaties te kunnen inventariseren zijn de afstanden vastgelegd waarbinnen mogelijk sprake kan zijn van ontoelaatbare beïnvloeding. Hiervoor is in eerste aanzet gebruik gemaakt van generieke gegevens voor de hoogspanningslijn. De generieke zones waarbinnen met de diverse vormen van elektrische beïnvloeding rekening moet worden gehouden zijn opgenomen in bijlage E.

5.1 Weerstandsbeïnvloeding

Voor een eerste beoordeling van de risico's op weerstandsbeïnvloeding zijn per mast de te verwachten potentiaaltrechters (1500V, 1200V, 750V en 660V) berekend. Objecten binnen deze potentiaaltrechters kunnen door weerstandsbeïnvloeding ontoelaatbaar beïnvloed worden. De maximale berekende beïnvloedingsgebieden voor weerstandsbeïnvloeding rondom de masten zijn in tabel 1 en tabel 2 in bijlage E opgenomen.

5.2 Capacitieve beïnvloeding en elektrische veld

Alleen bij bovengrondse objecten of bij bestemmingen waar mag worden verwacht dat zich mensen op enige hoogte boven maaiveld onder de hoogspanningslijn kunnen ophouden (bijvoorbeeld bij het uitvoeren van werkzaamheden) zijn de optredende capacitieve beïnvloeding en de elektrische velden van belang.

Voor elektrische velden wordt uitgegaan van limieten voor blootstelling aan mensen. Voor het ontwerp van de hoogspanningslijn geldt de eis dat de maximale elektrische veldsterkte op 1 m boven het maaiveld altijd kleiner is dan 5 kV/m. Deze veldsterkte moet worden berekend voor de hoogste systeemspanning (nominale spanning + 10%). Alleen in de directe nabijheid van de hoogspanningslijn kunnen elektrische velden mogelijk maatgevend zijn.

Bij de eerste toetsing wordt ervan uitgegaan dat elektrische velden alleen onder specifieke omstandigheden onder de hoogspanningslijn tot ontoelaatbare situaties kunnen leiden. Dit geldt voor objecten met een (aanmerkelijk) grotere hoogte dan 1 m boven het maaiveld waar mensen zich in het geval van werkzaamheden in de nabijheid van de hoogspanningslijn kunnen bevinden of waarbij mensen op het object kunnen verblijven.

Veel objecten hebben een dusdanig geringe hoogte dat zij zich niet in het gebied bevinden waarbinnen elektrische velden direct ontoelaatbaar zijn. Ondergrondse objecten zijn per definitie veilig.

Capacitieve beïnvloeding kan alleen bij bovengrondse ongeaarde geleidende objecten in de directe nabijheid van de hoogspanningslijn ontoelaatbaar zijn. De objecten moeten dan bovendien een voldoende groot oppervlak hebben.
De maximale berekende beïnvloedingsgebieden voor capacitieve beïnvloedingen en elektrische velden zijn in tabel 3 in bijlage E opgenomen.

5.3 Inductieve beïnvloedingen

Inductieve beïnvloeding van geleidende objecten parallel aan de hoogspanningsverbinding kan alleen optreden binnen een bepaalde beïnvloedingszone. Voor het bepalen van de beïnvloedingszone wordt in eerste instantie uitgegaan van de grootste afstand waarbij een onbekend object mogelijk ontoelaatbaar beïnvloed zou kunnen worden door de nieuwe verbinding. De breedte van deze zone is onder andere afhankelijk van de kenmerken van de hoogspanningsverbinding en de lokale bodemweerstand. In tabel 4 van bijlage E zijn de maximale berekende beïnvloedingsgebieden per configuratie aangegeven.

5.4 Magnetische velden

Een elektrische stroom door een hoogspanningslijn veroorzaakt een magneetveld. Magnetische velden kunnen mogelijk de werking van elektronische apparatuur verstoren of leiden tot effecten op mensen en dieren. In verband hiermee worden eisen gesteld aan blootstelling van mensen aan magnetische velden. Ook kunnen eisen worden gesteld ten aanzien van magnetische velden nabij elektronische apparatuur. Bij alle objecten waar mogelijk (elektronische) apparatuur aanwezig is moet rekening worden gehouden met magnetische velden. Apparatuur kan bijvoorbeeld op grote hoogte in of op een gebouw zijn opgesteld. Eisen aan magnetische velden nabij elektronische apparatuur worden afgeleid uit de immuniteit (gevoeligheid) van deze apparatuur voor magnetische velden.

De afstanden uit het hart van het tracé van de R-380kV Noordring waarbinnen magnetische velden grenswaarden kunnen overschrijden, worden voor drie grenswaarden berekend op een hoogte van 10 m boven het maaiveld, uitgaande van de minst gunstige bedrijfsvoering in de hoogspanningsverbinding. Om de zonebreedtes te bepalen is uitgegaan van de volgende grenswaarden:

- Afstand waarbij de magnetische veldsterkte groter is dan 1A/m;
- Afstand waarbij de magnetische veldsterkte groter is dan 3A/m;
- Afstand waarbij de magnetische veldsterkte groter is dan 30A/m.

De maximale berekende afstanden voor deze grenswaarden zijn in tabel 5 van bijlage E opgenomen.

6 BESCHOUWINGEN

In dit hoofdstuk worden de eventuele mogelijke beïnvloedingen van de R-380kV Noordring op objecten van Hoogheemraadschap Rijnland beschouwd.

6.1 Objecten Hoogheemraadschap

In dit onderzoek wordt rekening gehouden met de door TenneT [15] en de door Hoogheemraadschap Rijnland verstrekte gegevens [16]. Uit de inventarisatie blijkt dat het Hoogheemraadschap beheerder/eigenaar van verschillende objecten (buisleidingen en gemalen) in het projectgebied is. Alleen objecten binnen de beïnvloedingsgebieden van de R-380kV Noordring kunnen mogelijk ontoelaatbaar beïnvloed worden. In de volgende paragrafen worden de objecten van Hoogheemraadschap Rijnland gecontroleerd en getoetst op mogelijke ontoelaatbare beïnvloedingen.

6.2 Controle en toetsing

6.2.1 Weerstandsbeïnvloeding

Binnen de zone weerstandsbeïnvloeding bevinden zich twee objecten van het Hoogheemraadschap Rijnland, zoals is weergegeven in tabel 3. Conform de gegevens verstrekt door het Hoogheemraadschap [16] zijn deze objecten niet van metaal, zodat er geen sprake is van weerstandsbeïnvloeding.

Tabel 3, Objecten binnen het gebied met een potentiaal van groter dan 600V opgenomen

Omschrijving	Coördinaten		Mast	Afstand h.o.h. tot mast [m]
	x	y		
Persleiding Gemaal	98576	464787	67	1
Duiker en inlaatduiker	99438	461817	76	29
Duiker en inlaatduiker	98534	453673	100	12

6.2.2 Capacitieve beïnvloeding

Binnen de zone van capacitieve beïnvloeding bevindt zich één object van het Hoogheemraadschap Rijnland. Dit betreft een gemaal met de inventarisatiecode GEML_Rijnland_0001 (zie tabel 4). Uit de inventarisatie (luchtfoto) blijkt dat het object een afmeting heeft van circa 2 m bij 1,5 m. Het object oppervlakte is kleiner dan 20m^2, hierdoor kan er geen ontoelaatbare capacitieve beïnvloeding plaatsvinden.

6.2.3 Inductieve beïnvloeding

Conform opgave van het Hoogheemraadschap Rijnland [16], blijkt dat het Hoogheemraadschap geen lange metalen buisleidingen bezit in de inductieve beïnvloedingszone. Er zijn wat korte stalen buisleidingen (duikers en inlaatduikers), op deze korte buisleidingen kunnen geen ontoelaatbare inductieve beïnvloedingen optreden.

6.2.4 Elektrische velden

Binnen de zone van het elektrische veld van de hoogspanningslijn bevindt zich één object van het Hoogheemraadschap Rijnland. Dit betreft een gemaal met de inventarisatiecode GEML_Rijnland_0001 (zie tabel 4). De hoogte van het object wordt (worstcase) geschat op 3 m boven maaiveld. Conform opgave van TenneT bedraagt de elektrische veld op deze locatie 5 kV/m op 12m hoogte boven maaiveld. Het elektrische veld bij het object zal lager dan 5 kV/m zijn. Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eisen voor elektrische velden (5 kV/m).

6.2.5 Magnetische velden

Binnen de zone magnetische veld van 1 A/m bevinden zich drie objecten van het Hoogheemraadschap Rijnland, conform [15]. De objecten zijn weergegeven in tabel 4. De gemalen zijn industrieel omgeving en wordt verwacht dat de elektrische apparatuur in het gemaal een immuniteit heeft van minimaal 30 A/m, conform de NEN-EN 61000-6-2.

Objecten GEML_Rijnland_0002 en GEML_Rijnland_0002 liggen buiten de 30 A/m zone. Object GEML_Rijnland_0001ligt binnen de 30 A/m zone. De hoogte van het object wordt (worstcase) geschat op 3 m. De maximale berekende magnetische veldsterkte bij het object onder de hoogspanningslijn op een hoogte van 3 m boven maaiveld bedraagt circa 8 A/m.

Geconcludeerd wordt dat de werking van de elektrische apparatuur in de gemalen niet wordt verstoord door magnetische velden van de hoogspanningsverbinding. Hiervoor zijn geen aanvullende maatregelen benodigd.

Tabel 4, Objecten binnen de magnetische veld zone 1 A/m

Inventarisatiecode	Omschrijving	Coördinaten		Afstand tot hart HS-verbinding [m]	Buiten de 30 A/m zone [J/N]
		x	y		
GEML_Rijnland_0001	gemaal	98598	464812	1,6	N
GEML_Rijnland_0002	gemaal	107312	484366	27	J
GEML_Rijnland_0003	gemaal	106256	496097	53	J

7 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

TenneT is voornemens een nieuwe 380kV hoogspanningsverbinding te realiseren van station Beverwijk via station Vijfhuizen naar station Bleiswijk. Voor het tracé wordt gebruik gemaakt van Wintrack hoogspanningsmasten. Diverse nabijgelegen hoogspanningsverbindingen worden gecombineerd met de nieuwe 380kV verbinding. Delen van deze bestaande verbindingen worden in de toekomst geamoveerd. Deze aanpassingen vormen samen het project Randstad 380kV Noordring (R-380kV Noordring). Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard is beheerder/eigenaar van verschillende objecten (buisleidingen en gemalen) in het projectgebied.

Magnetische en elektrische velden rondom een hoogspanningsverbinding kunnen stromen en spanningen op nabije objecten veroorzaken. Onder omstandigheden kunnen deze stromen en spanningen de toelaatbare grenzen overschrijden. Conform de norm voor bovengrondse hoogspanningslijnen, NEN-EN 50341, moet met deze effecten rekening worden gehouden en moeten er maatregelen worden getroffen, indien er sprake is van overschrijdingen van de criteria voor elektrische beïnvloeding.
TenneT bouwt de hoogspanningslijn volgens de norm NEN-EN 50341 en heeft Petersburg Consultants opgedragen de elektrische beïnvloeding op objecten van derden nader te onderzoeken en eventuele te treffen maatregelen vast te stellen.

De beïnvloedingsgebieden van de hoogspanningsverbinding waarbinnen mogelijk sprake kan zijn van ontoelaatbare beïnvloeding zijn vastgelegd. Alleen objecten binnen de beïnvloedingsgebieden van de R-380kV Noordring kunnen mogelijk ontoelaatbaar beïnvloed worden. De objecten van Hoogheemraadschap Rijnland zijn gecontroleerd en getoetst op mogelijke ontoelaatbare beïnvloedingen.

Uit de berekeningen en toetsing blijkt dat Hoogheemraadschap Rijnland geen objecten heeft binnen de beïnvloedingsgebieden van de R-380kV Noordring die ontoelaatbaar beïnvloed kunnen worden. Er ontstaan daarom geen negatieve gevolgen voor objecten van het hoogheemraadschap door de aanleg van de nieuwe hoogspanningsverbinding.

BRONVERMELDING

[1] NEN-EN 50341-3-15, “Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning”, november 2001.
[2] Hermann W. Dommel e.a.: “Electromagnetic Transients Program – Reference Manual (EMTP Theory Book)”, ref. DE-AC79-81BP31364, August 1986.
[3] Ir. L. Verbeek: “Een methode voor het berekenen van door bovengrondse hoogspanningsverbindingen geïnduceerde spanningen op een stalen pijpleiding”, Electrotechniek 57 (1979) nr. 11 (november) p. 769 t/m 776.
[4] Cigré Working Group 36.02: "Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines", 1995.
[5] Technical specification, NPR CEN/TS 15280 "Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines- Application to cathodically protected pipelines", 2005.
[6] G. Kelfkens en MJM Pruppers: “Hoogspanningslijnen en fijn stof - Een literatuuronderzoek, referentie RIVM Rapport 610790001/2007, 2007.
[7] Nibra: “Woningen binnen de gevarenzone van hoogspanningslijnen: blusrisico’s – Eindrapport”, Projectnummer: 431N5005, Datum: 27 juni 2005)
[8] Diverse publicaties van o.a. A.P. Fews en D.L. Henshaw
[9] IEC 60479-2, “Effects of current on human beings and livestock, Special aspects”, 3e editie mei 2007.
[10] Richtlijn 2004/40/EG, "De minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden)", 29 april 2004.
[11] NEN-EN-IEC 61000-6-1:2007 en;fr, “Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-1: Generieke normen - Immuniteit voor huishoudelijke, handels- en lichtindustriële omgevingen”
[12] NEN-EN-IEC 61000-6-2:2001/IS 01:2006 en;fr, “Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-2: Algemene normen - Immuniteit voor industriële omgevingen”
[13] Richtlijn 00134 “Beoordeling EMC tussen 25 kV /50 Hz TEV en installaties van derden”, documentnummer: RLN00134, versie: 1.0, datum:29-11-2004.
[14] Nederlandse Norm NEN-1010, “Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties, Beschermingsmaatregelen”, 2011
[15] Gegevens TenneT:
a. Gegevens hoogspanningsverbindingen: Petersburg rapport: *“Utgangspuntendocument EMC Studie Randstad 380kV Noordring”*, referentie: TE121000-R01 AM, d.d. 8-5-2013.
[16] Koning, S, e-mail d.d. 12-02-2013 en 18-03-2013: Gegevens Hoogheemraadschap Rijnland.

PETERSBURG PETERSBURG PETERSBURG

Bijlage A: Stromen

Tabel: Stroombelastingen

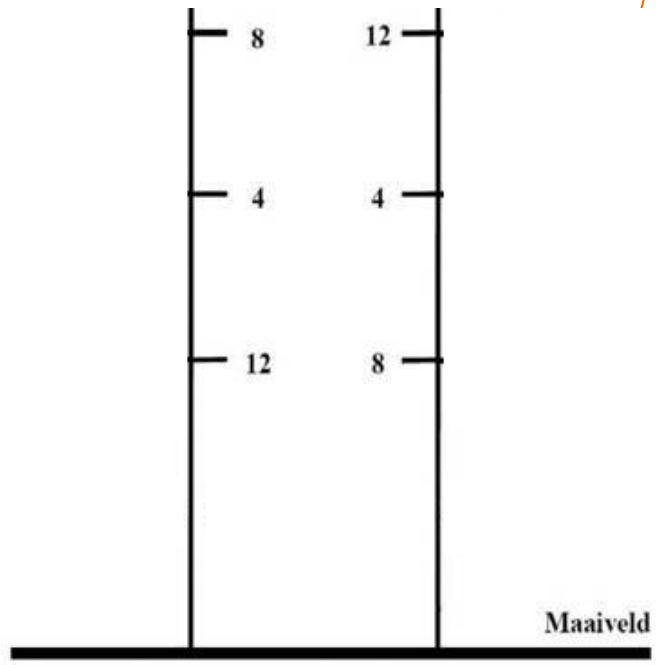
Verbinding		Spanning	Aantal circuits	Inom	kortsluitstroom station 1 (kA)					kortsluitstroom station 2 (kA)				
					kortsluitstroom station 1 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 2 per circuit (kA)		kortsluitstroom station 2 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 1 per circuit (kA)	
Station 1	Station 2	[kV]		[A]	3-fasig	1-fasig		3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig		3-fasig	1-fasig
Velsen	Vijfhuizen	150	2	850	52.19	30.3	0.07	3.487	1.8	39.41	26.09	0.12	8.926	4.73
Zoetermeer	Leiden	150	3	1155	37.76	22.57	0.06	4.317	2.61	36.1	10.21	0.1	4.84	1.02
Sassenheim	Haarlemmermeer	150	2 (1)	800	28.88	18.4	0.14	11.213	7.57	30.01	20.64	0.14	10.568	6.96
Leiden	Sassenheim	150	2	770	36.1	10.21	0.1	4.495	2.95	28.88	18.4	0.14	8.837	5.45
Haarlemmermeer	Vijfhuizen	150	2	925	30.1	20.64	0.14	9.805	6.38	39.41	26.09	0.12	4.303	3.09
Zoetermeer	Alphen a/d Rijn	150	2	1155	37.76	22.57	0.06	1.862	2.27	24.56	18.49	0.08	10.145	6.88

(1) Dit is een samengeslagen verbinding

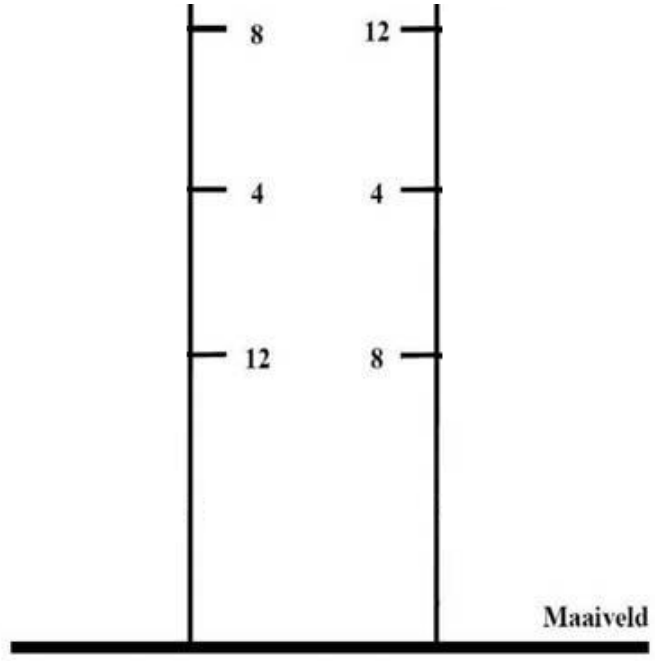
Verbinding		Spanning	Aantal circuits	Inom	kortsluitstroom station 1 (kA)				kortsluitstroom station 2 (kA)				kortsluitduur (ms)	
					kortsluitstroom station 1 (kA)		bijdrage vanuit station 2 per circuit (kA)		kortsluitstroom station 2 (kA)		bijdrage vanuit station 1 per circuit (kA)			
Station 1	Station 2	[kV]		[A]	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig	1-fasig	3-fasig
Velsen	Waarderpolder	150	1	770	35.2	19.4	0	0	17.15	13.3	17.15	13.3	100	100

Verbinding		Spanning	Aantal circuits	Inom	kortsluitstroom station 1 (kA)					kortsluitstroom station 2 (kA)				
					kortsluitstroom station 1 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 2 per circuit (kA)		kortsluitstroom station 2 (kA)		R / X (Ω)	bijdrage vanuit station 1 per circuit (kA)	
Station 1	Station 2	[kV]		[A]	3-fasig	1-fasig		3-fasig	1-fasig	3-fasig	1-fasig		3-fasig	1-fasig
Beverwijk	Vijfhuizen	380	2	2900	38.11	50	0.06	7.48	8.73	36.9	50	0.06	9.49	8.97
Vijfhuizen	Bleiswijk	380	2	2900	39.9	50	0.06	8.49	9.04	47.05	49.84	0.05	5.12	5.64

Bijlage B: Klokgetallen configuratie

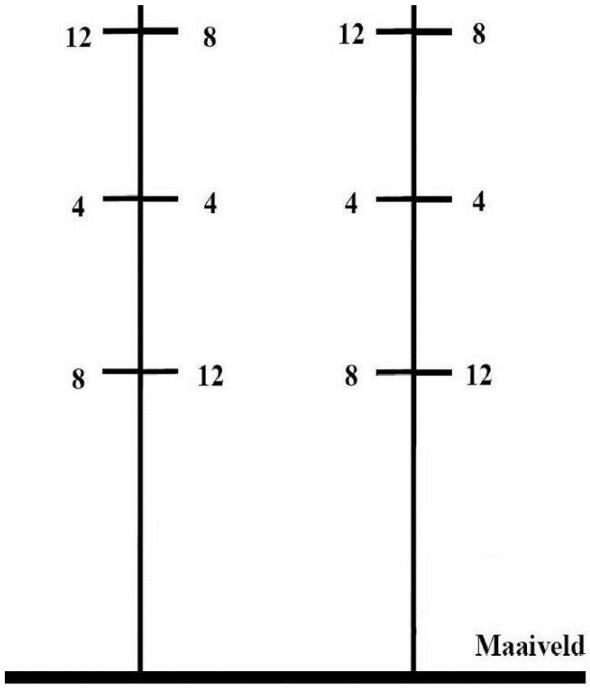


Afbeelding B 1, Klokgetallenconfiguratie 380kV verbinding Beverwijk – Vijfhuizen circuitaanduiding Zwart-Wit



Afbeelding B 2, Klokgetallenconfiguratie 380kV verbinding Vijfhuizen - Bleiswijk circuitaanduiding Paars-Oranje

Bijlage B: Klokgetallen configuratie

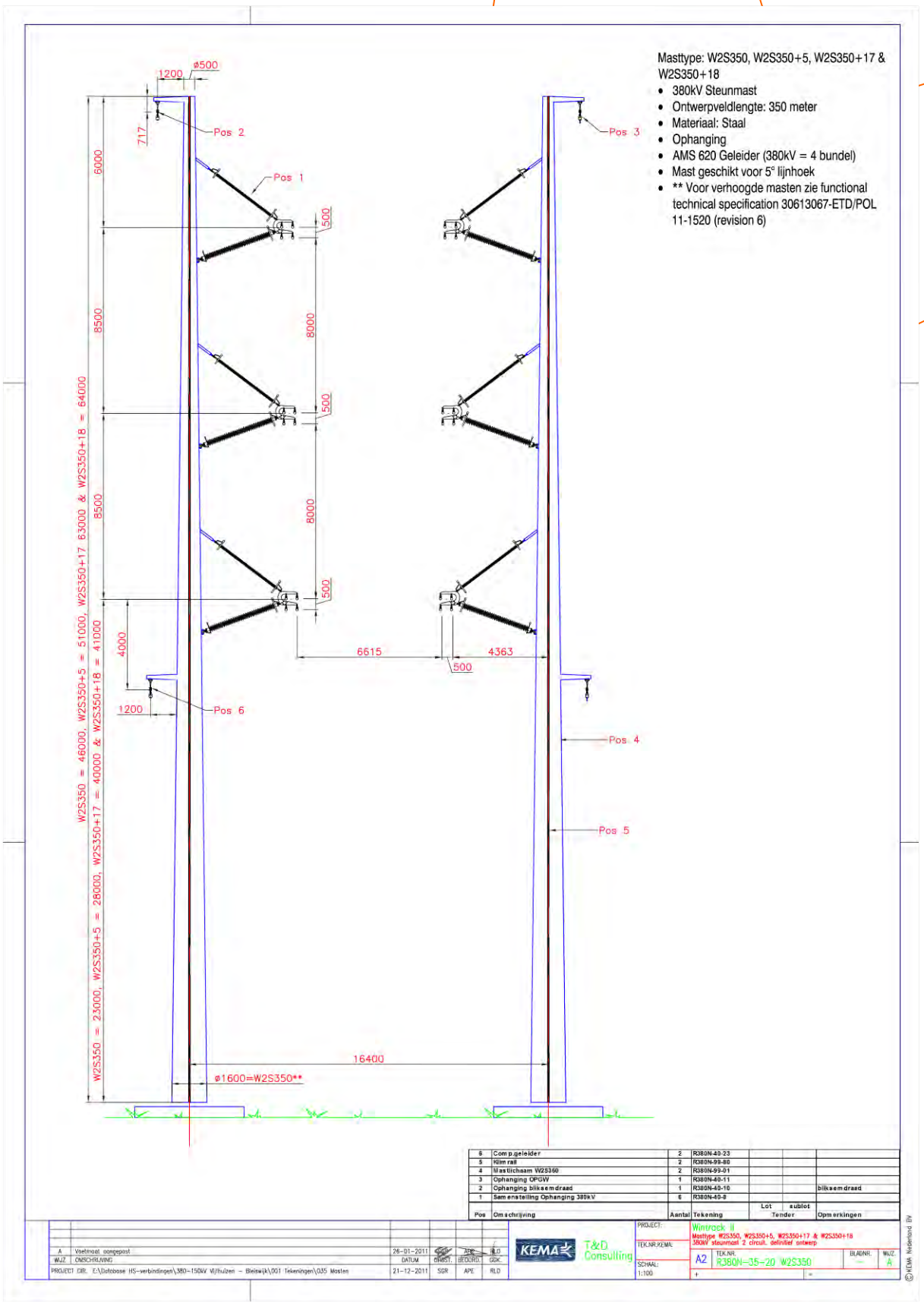


Afbeelding B 3, Klokgetallen configuratie bovengrondse lijn Vijfhuizen – Bleiswijk (380kV binnen en 150kV buiten)

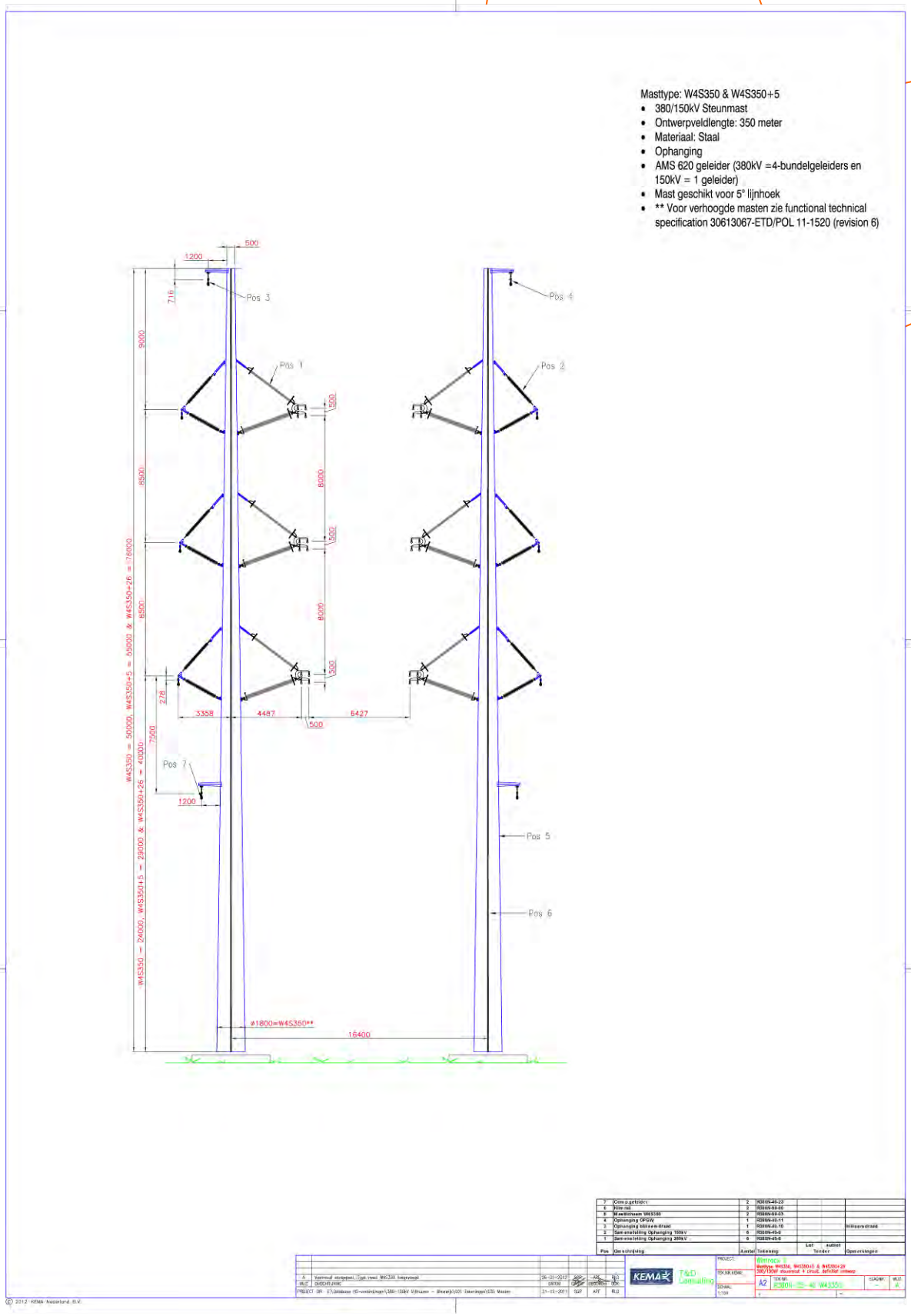
380kV verbinding:	12 – 4 – 8 – 8 – 4 – 12 || 8 – 4 – 12 – 12 – 4 – 8
150kV verbinding:	12 – 4 – 8 || 8 – 4 – 12

Afbeelding B 4, Klokgetallen kabelverbindingen

Bijlage C1: 380 kV mastbeeld

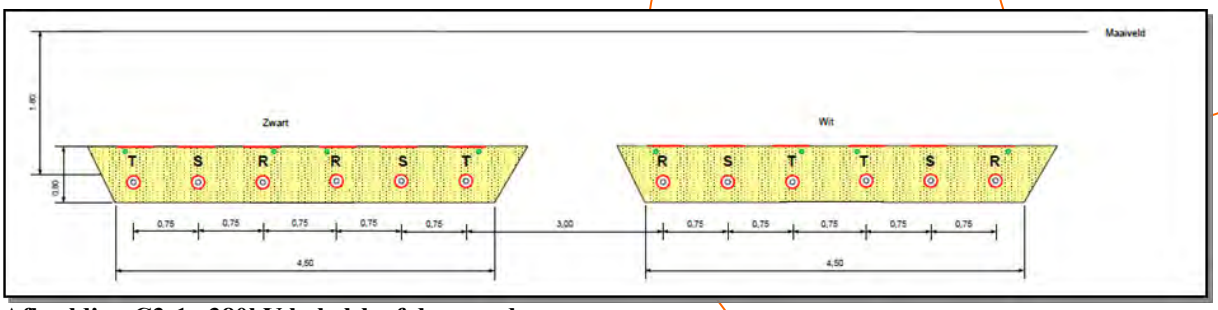


Bijlage C2: 380/150 kV combi mastbeeld

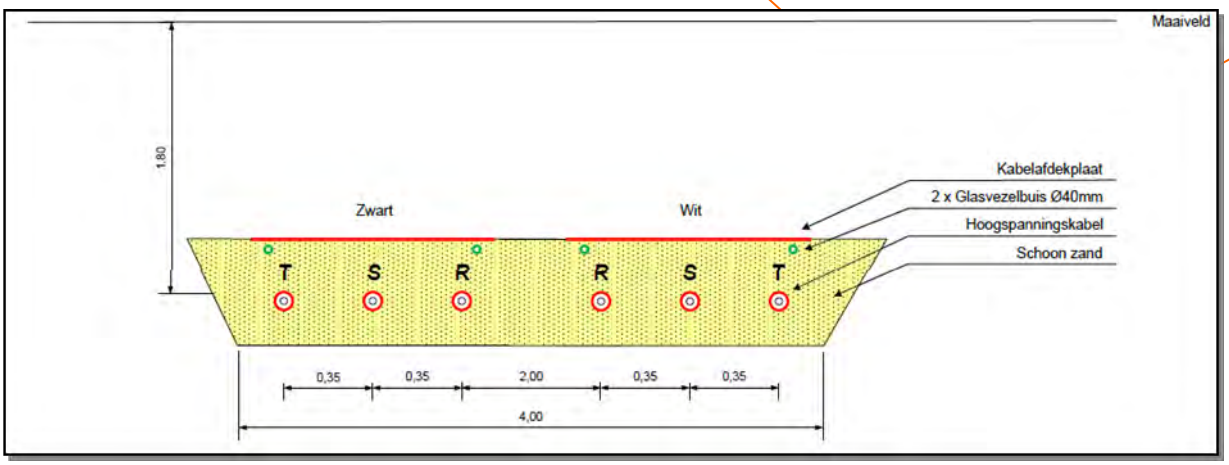


PETERSBURGPETERSBURGPETERSBURGP

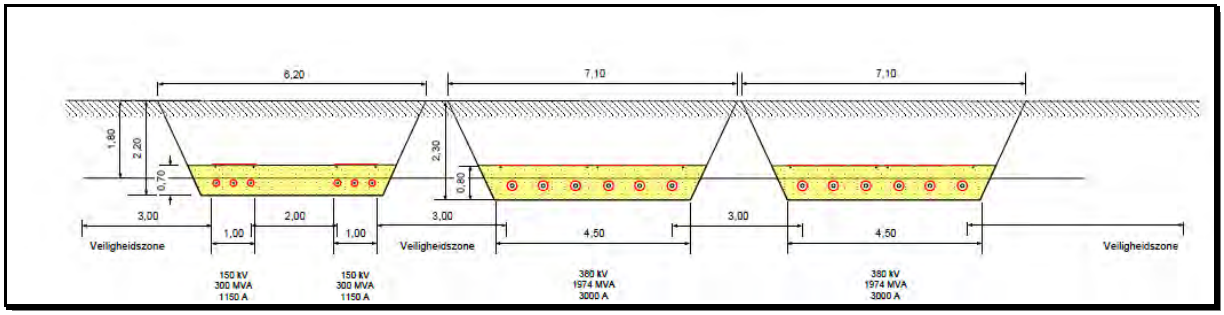
Bijlage C3: kabelbed/boring



Afbeelding C3-1, 380kV kabelsleuf doorsnede



Afbeelding C3-2, 150kV kabelsleuf doorsnede

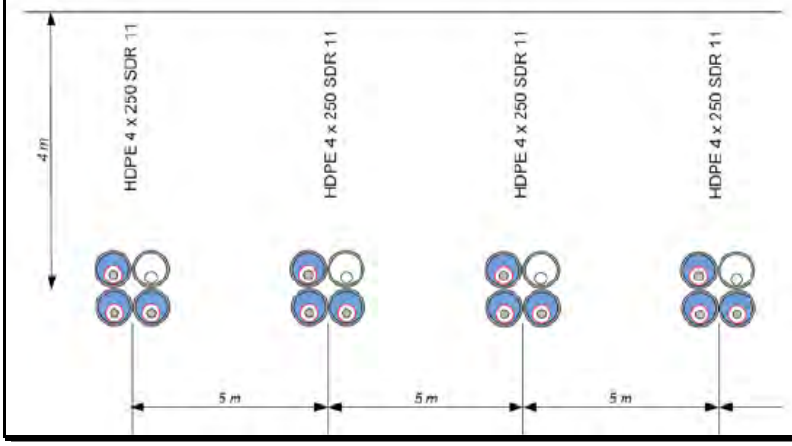


Afbeelding C3-3, Gecombineerde kabelsleuf 150/380kV doorsnede

Bijlage C3: kabelbed/boring

380kV-verbindingen:

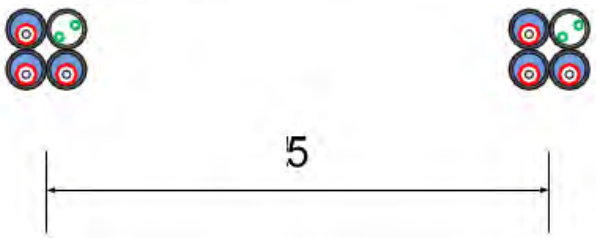
Liggingsdiepte (dek)	:	afhankelijk van het te kruisen object
Beschikbare ruimte per boring	:	afhankelijk van de situatie
Aantal boringen	:	4 stuks
Aantal buizen HS kabel	:	12 x Ø250mm
Aantal buizen secundaire kabel	:	2 x Ø200mm
Ruimte tussen boringen	:	5m
Veiligheidsafstand	:	5m buiten hartlijn buitenste boringen



Afbeelding C3-4, HDD 380kV verbinding kabeldoorsnede

150kV-verbindingen (standaard):

Liggingsdiepte (dek)	:	afhankelijk van het te kruisen object
Beschikbare ruimte per boring	:	afhankelijk van de situatie
Aantal boringen	:	2 stuks
Aantal buizen HS kabel	:	6 x Ø200mm
Aantal buizen secundaire kabel	:	2 x Ø200mm
Ruimte tussen boringen	:	5m
Veiligheidsafstand	:	5m buiten hartlijn buitenste boringen



Afbeelding C3-5, HDD 150kV verbinding kabeldoorsnede

Traject Beverwijk - Vijfhuizen

Tabel : Bodemweerstanden opgeleverd door TenneT

Diepte [m]	Bodemweerstand [Ωm]										
	Mast 1	Mast 3	Mast 5	Mast 7	Mast 8	Mast 9	Mast 10	Mast 11	Mast 13	Mast 14	Mast 15
30	10.5	34.9	24.3	18.4	25.1	28.1	17.7	16.0	13.9	20.775	32.5
20	4.7	26.0	27.0	15.9	23.1	24.1	13.5	12.9	17.7	22.55	36
15	7.6	23.0	12.0	15.5	23.9	22.8	10.9	11.2	17.1	23.3	37.6
10	7.1	20.5	24.0	16.2	25.4	21.7	9.3	9.4	16.6	23.075	36.95
7	9.1	23.3	62.7	17.4	26.9	21.5	8.8	8.9	16.9	23.4	36.5
5	12.1	22.4	111.7	18.8	28.2	20.5	9.3	8.7	17.4	22.6	35.7
3	19.0	61.8	167.1	20.1	25.7	18.7	11.3	8.7	24.6	23.95	35
2	22.1	106.9	215.0	20.4	25.0	16.9	13.0	8.6	23.7	25.075	32.65
1	21.3	273.5	221.3	18.4	30.2	29.8	15.6	8.1	26.9	26.2	30.1
0.5	16.0	321.5	186.0	15.7	60.6	18.4	15.5	10.7	27.1	23.6	38.8

Tabel : Bodemweerstanden opgeleverd door TenneT

Diepte [m]	Bodemweerstand [Ωm]									
	Mast 16	Mast 17	Mast 19	Mast 20	Mast 21	Mast 27	Mast 30	Mast 33	Mast 34	Mast 39
30	10.9	16.25	17.4	4.25	3.2	6.65	10.3	15.6	16.15	8.15
20	8.4	10.05	134.5	3	3.15	8.6	10.5	20.05	16.95	12.85
15	8.8	14.15	11.5	3	2.95	10.9	11.4	23.15	18.15	13.25
10	14.1	7.9	19.95	2.85	2.55	13.5	13.7	22.55	21	15
7	21.9	9.35	8.2	3.35	2.8	13.95	14.5	22.55	21.9	16
5	32.5	15.45	14.45	4.5	3.35	13.65	14.3	20.75	25.4	16
3	48.7	25.35	24.3	10.9	5.3	12.7	15.5	21.3	39.5	15.2
2	46.6	27.5	26.85	22.25	7.05	11.75	19.0	19.7	78.85	14.1
1	55.7	25.8	28.4	40.45	12.25	13.45	26.1	17.15	178.55	11.95
0.5	69.4	30.7	46.9	38.75	17.4	16.65	28.5	16.95	177.85	10.55

Traject Vijfhuizen - Bleiswijk

Tabel : Bodemweerstanden opgeleverd door TenneT

Diepte [m]	Bodemweerstand [Ωm]			
	Mast 74	Mast 75	Mast 76	Mast 77
30	13	14.9	30.1	33
20	10.45	11	27.2	33.2
15	9.65	8.95	27.7	34.6
10	9.5	7.6	30.5	39.15
7	9.05	7.55	34.15	38.25
5	9.9	7.9	35	37.55
3	11.2	11.45	35.5	31.6
2	12.8	14.75	33.65	31.3
1	15.15	18.9	31.3	24.95
0.5	19.15	22.9	28.55	26.3

Bijlage D: Bodemweerstanden

Tabel : Bodemweerstanden opgevraagd bij DINO- loket

Coördinaat		Gemiddelde bodemweerstand tot 30m diepte [Ωm]
X	Y	
106060	498897	25
106286	496616	8
106380	497099	11
109010	488600	42
105290	484620	23
102825	480840	29
106182	496703	11
97160	450420	31
100150	459640	13
100354	466832	17

In deze bijlage zijn de beïnvloedingsgebieden van de verschillende vormen van beïnvloedingen van de R-380kV Noordring aangegeven.

1. Weerstandsbeïnvloeding

De maximale beïnvloedingsgebied (660V zone) voor weerstandsbeïnvloeding rondom de masten zijn in tabel 1 en tabel 2 opgenomen.

Tabel 1, Weerstandsbeïnvloeding (660V zone) voor het traject Beverwijk-Vijfhuizen

Mast	Maximale afstand [m]		Mast	Maximale afstand [m]		Mast	Maximale afstand [m]
1	-		14	16		28	9
2	15		15	12		29	14
3	17		16	15		30	15
4	16		17	14		31	15
5	-		18	14		32	14
6	-		19	14		33	9
7	-		20	10		34	8
8	12		21	14		35	8
9	16		22	15		36	13
10	17		23	15		37	14
11	17		24	14		38	10
12	16		26	10		39	-
13	16		27	9			

Tabel 2, Weerstandsbeïnvloeding (660Vzone) voor het traject Vijfhuizen-Bleiswijk

Mast	Maximale afstand [m]		Mast	Maximale afstand [m]		Mast	Maximale afstand [m]
1	-		40	-		78	31
2	-		41	-		79	22
3	11		42	-		80	24
4	14		43	-		81	21
5	15		44	-		82	26
6	15		45	-		83	36
7	15		46	-		84	38
8	15		47	-		85	39
9	14		48	-		86	39
10	14		49	-		87	37
11	10		50	11		88	34
12	12		51	12		89	22
13	-		52	-		90	22
14	-		53	-		91	16
16	-		54	-		92	13
17	-		55	-		93	14
18	14		56	-		94	14
19	12		57	11		95	14
20	15		58	12		96	15
21	15		59	-		97	15
22	14		60	-		98	14
23	14		61	-		99	13
24	14		62	-		100	13
25	13		63	-		101	14
26	12		64	12		102	12
27	11		65	13		103	16
28	7		66	7		104	17
29	12		67	6		105	17

Mast	Maximale afstand [m]		Mast	Maximale afstand [m]		Mast	Maximale afstand [m]
30	13		68	-		106	15
31	9		69	-		107	17
32	13		70	12		108	17
33	14		71	14		109	12
34	12		72	16		110	11
35	15		73	19		111	12
36	14		74	24		112	18
37	14		75	32		113	23
38	13		76	35		114	37
39	6		77	35			

2. Capacitieve beïnvloeding en elektrische veld

De beïnvloedingsgebieden voor capacitieve beïnvloedingen en elektrische velden zijn in tabel 3 opgenomen.

Tabel 3, Maximale beïnvloedingsgebied voor capacitieve beïnvloedingen

Configuratie	Hoogspanningsverbinding deel	Beïnvloedingsgebied [m]
Solo	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5) 380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 6 t/m 39) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 34 t/m 61) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 62 t/m 74) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 79 t/m 82) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 89 t/m 92) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 106 t/m 116)	20
Solo zonder retourstroomgeleiders	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 74 t/m 79) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 82 t/m 89)	20
kabeldeel	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel) 150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	0
Combi	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 1 t/m 14) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 16 t/m 34) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 92 t/m 106) 150kV Zoetermeer-Leiden	20

3. Inductieve beïnvloedingen

De maximale berekende beïnvloedingsgebied voor inductieve beïnvloedingen zijn per configuratie opgenomen in tabel 4.

Tabel 4, Maximale beïnvloedingsgebied voor inductieve beïnvloedingen

Configuratie	**Hoogspanningsverbinding deel**	**Beïnvloedingsgebied [m]**
Solo	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5) 380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 6 t/m 39) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 34 t/m 61) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 62 t/m 74) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 79 t/m 82) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 89 t/m 92) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 106 t/m 116)	676
Solo zonder retourstroomgeleiders	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 74 t/m 79) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 82 t/m 89)	621
kabeldeel	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel) 150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	484
Combi	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 1 t/m 14) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 16 t/m 34) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 92 t/m 106) 150kV Zoetermeer-Leiden	594

4. Magnetische veld zones

De berekende beïnvloedingsgebieden van de magnetische velden zijn per configuratie in tabel 5 opgenomen.

Tabel 5, Magnetische veld zones

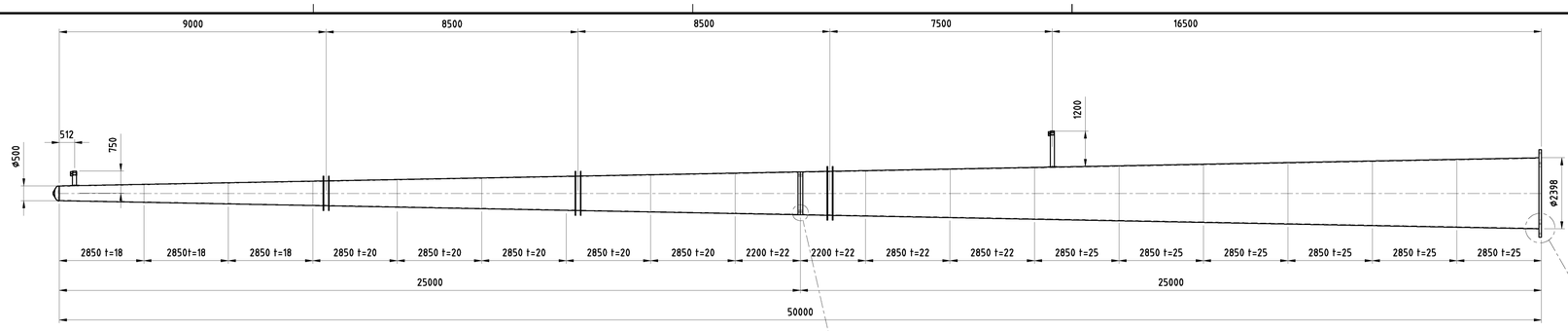
Configuratie	Hoogspanningsverbinding deel	Magnetische veld zone [m]		
		Zone 1 A/m	Zone 3 A/m	Zone 30 A/m
Solo	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 1 t/m 5) 380kV Beverwijk – Vijfhuizen (mast 6 t/m 39) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 34 t/m 61) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 62 t/m 74) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 79 t/m 82) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 89 t/m 92) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 106 t/m 116)	83	48	12
Solo zonder retourstroomgeleiders	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 74 t/m 79) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 82 t/m 89)	90	52	9
kabeldeel	380kV Beverwijk – Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen (kabeldeel) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer (kabeldeel) 150kV Zoetermeer-Leiden (kabeldeel) 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (kabeldeel)	17	13	9
Combi	380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 1 t/m 14) 150kV Haarlemmermeer-Vijfhuizen 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 16 t/m 34) 150kV Sassenheim-Haarlemmermeer 380kV Vijfhuizen – Bleiswijk (mast 92 t/m 106) 150kV Zoetermeer-Leiden	92	52	9

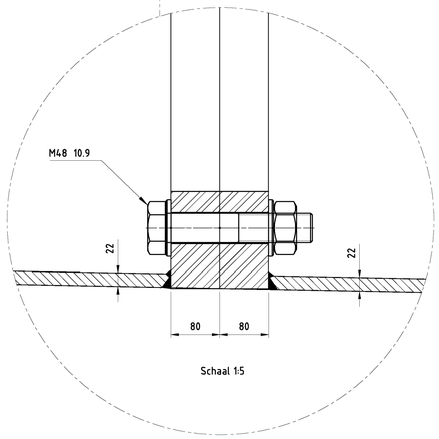
Bijlage 2a1
Constructietekeningen masten

Mastenlijst Hoogheemraadschap van Rijnland

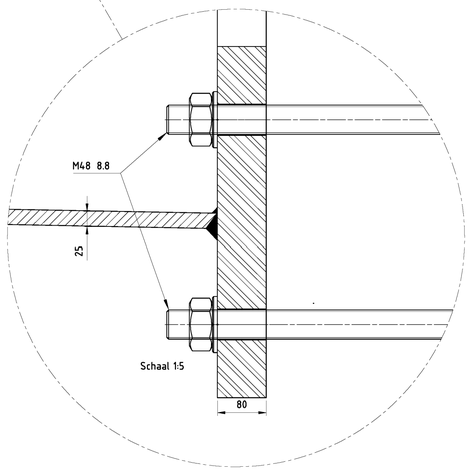
Mastnummer	Masttype	Poertype
113	W4H400Z+5	D
114	W4S400Z+14	B
115	W4S400Z+14	B
116	W4S400Z+14	B
117	W4S400Z+14	B
118	W4H400Z+5	D
119	W4S400Z+5	B
120	W4S400Z+5	B
121	W4S400Z+5	B
122	W4S400Z+5	B
123	W4H400ZA+10	D
124	W2S400+22,5	B
125	W2S400+22,5	B
126	W2H400+10	C
127	W2S400+5	A
128	W2S400+5	A
129	W2S400+5	A
130	W2S400+5	A
131	W2S400+5	A
132	W2H400+5	C
133	W2H400A+10	C
134	W2S400+22,5	B
135	W2S400+22,5	B
136	W2S400A+10	A
137	W2S400+5	A
138	W2S400+5	A
139	W2S400+5	A
140	W2S400+5	A
141	W2H400A+5	C
142	W2S400+5	A
143	W2S400+5	A
144	W2S400+5	A
145	W2H400+10	C
146	W2H400+10	C
147	W2H400+10	C
148	W2H400+5	C
149	W2H400+5	C
150	W2S400+5	A
151	W2S400+5	A
152	W2S400+5	A
153	W2E400	F
154	W2E350	F
155	W2S350+5	A
156	W2S400+5	A
157	W2S400+5	A

158		
159	W2S350+5	A
160	W2S350+5	A
161	W2H400+15	C
162	W2S400+24	B

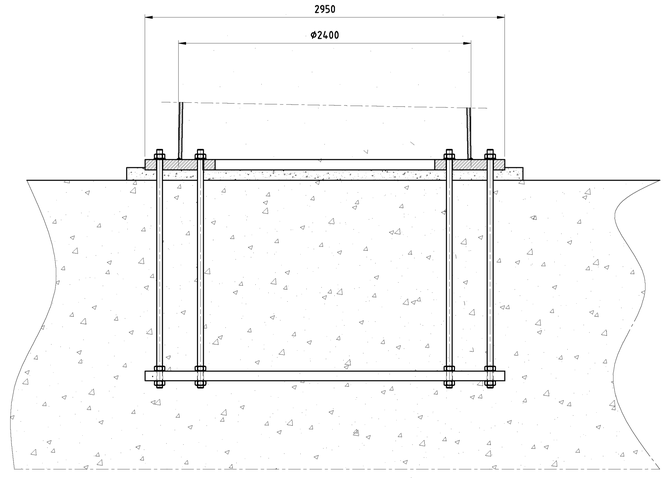




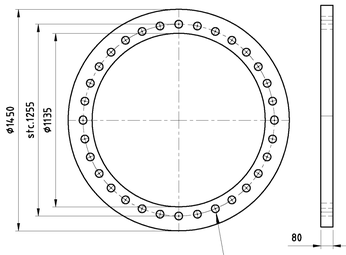
Schaal 1:5



Schaal 1:5

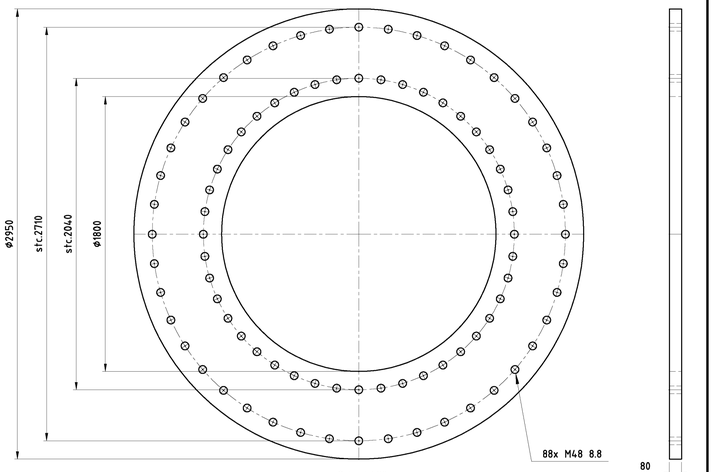


Schaal 1:25



Schaal 1:20

32x M48 10.9



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2E350+0

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
				Materiaal:
				Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

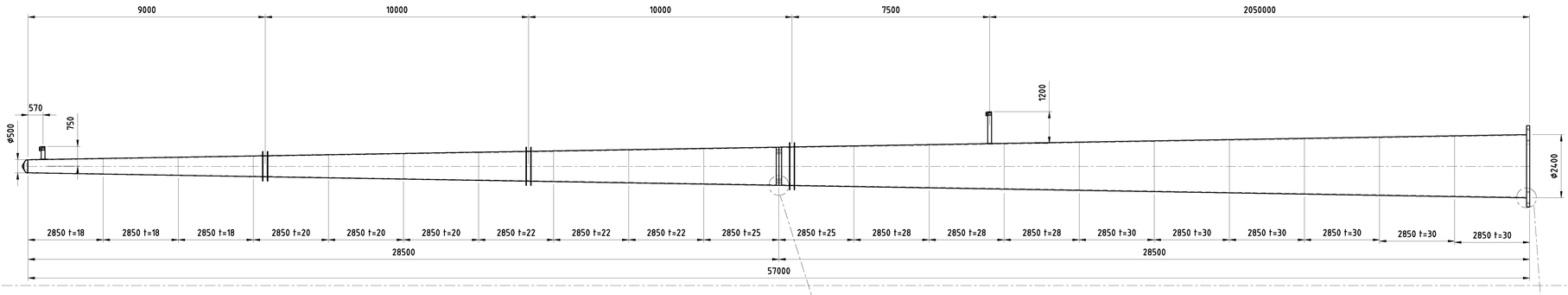
VolkerWessels Telecom

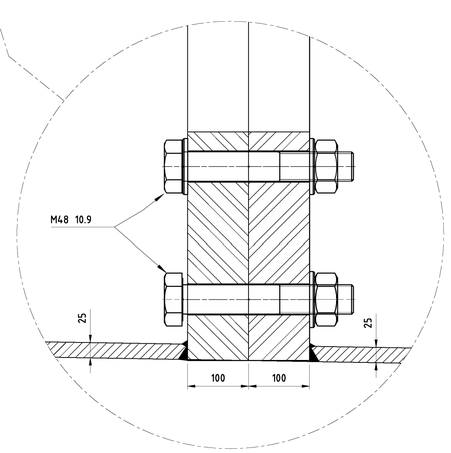
Projectie

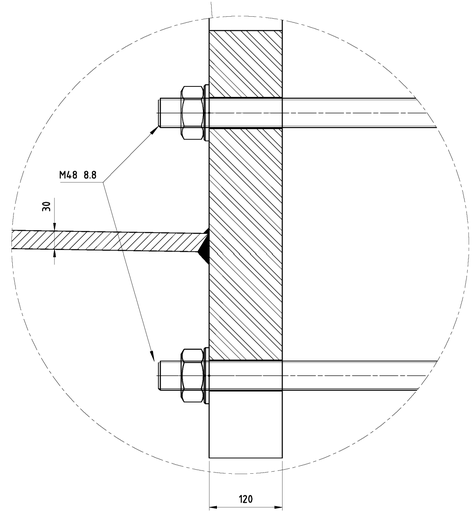
Tek.nr.: MS20120025/02

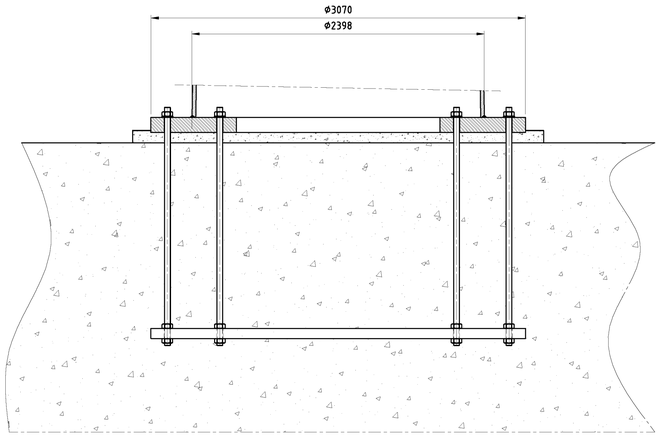
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

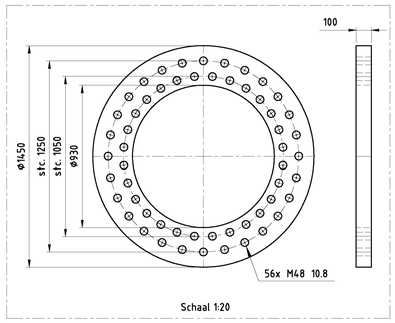




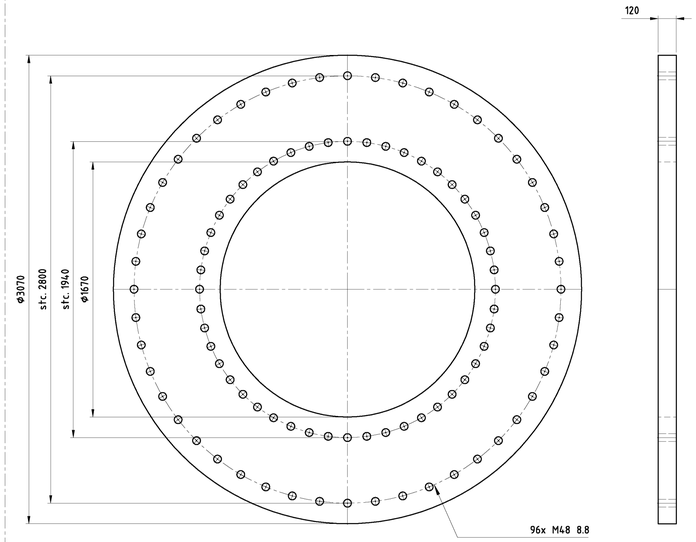




Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
~30	+/-1
30~120	+/-3
120~315	+/-4
315~1000	+/-6
1000~2000	+/-8
2000~4000	+/-11
4000~8000	+/-14
8000~12000	+/-18
12000~16000	+/-21
16000~20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

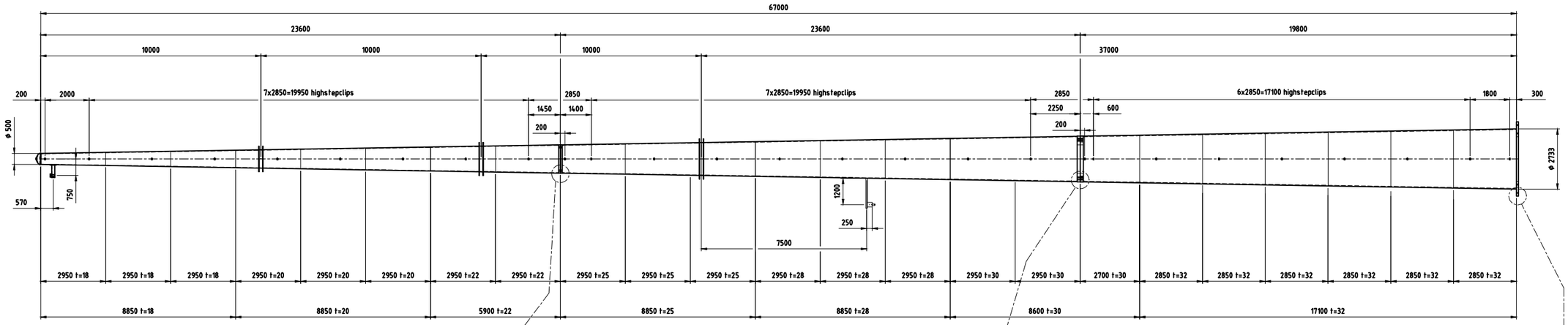
Benaming: Mast type W2E400+0

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

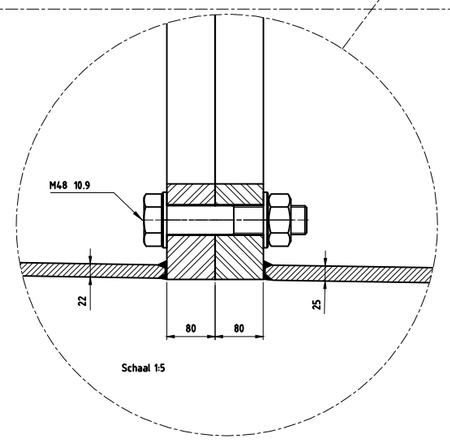
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/03 A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

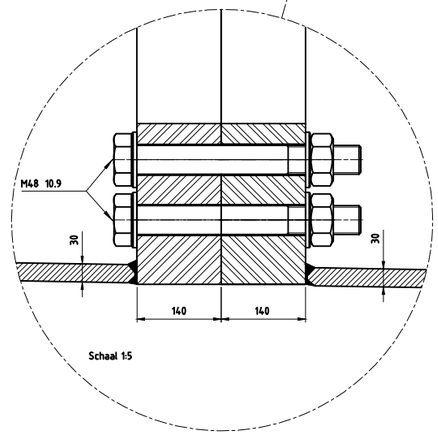
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



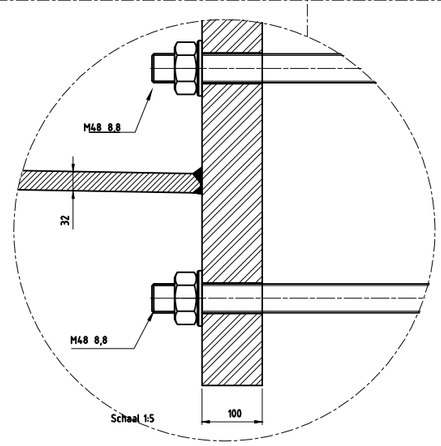
Schaal 1:100



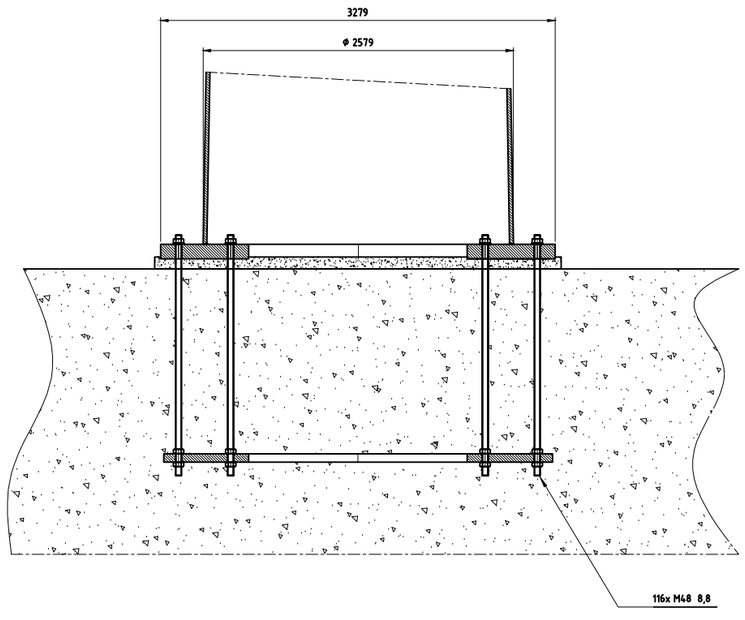
Schaal 1:5



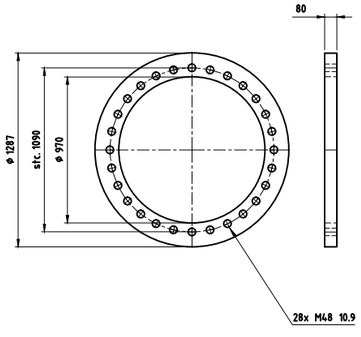
Schaal 1:5



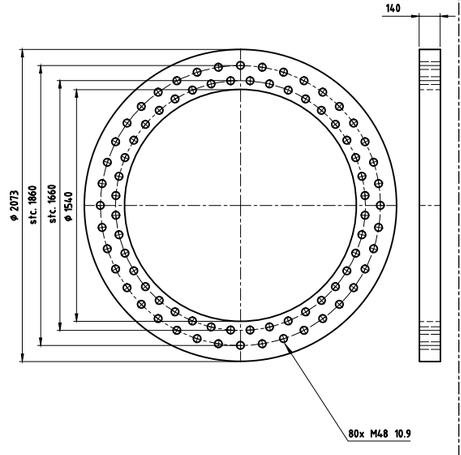
Schaal 1:5



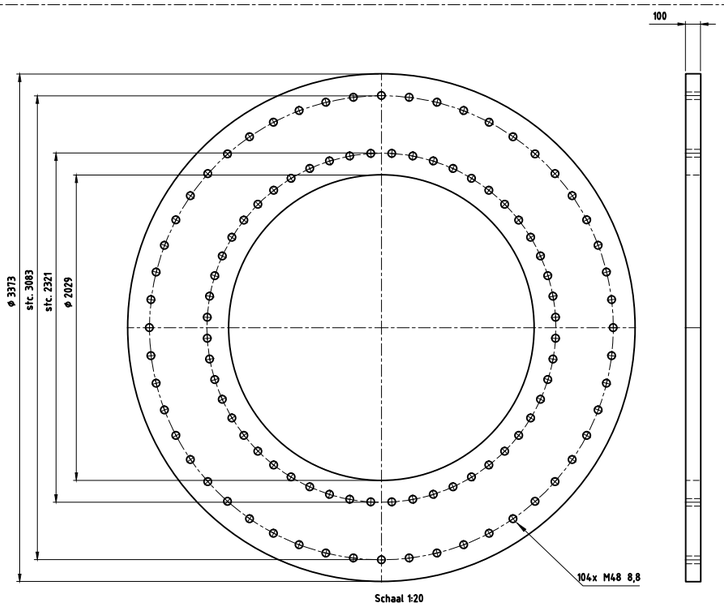
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400+10

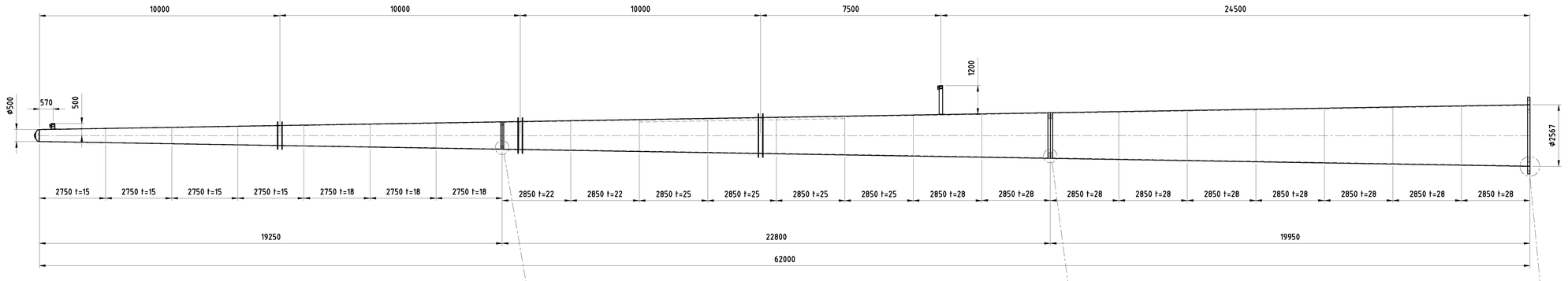
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres:
2	12-12-2012	WvL		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
				Finish: Thermisch verzinken	

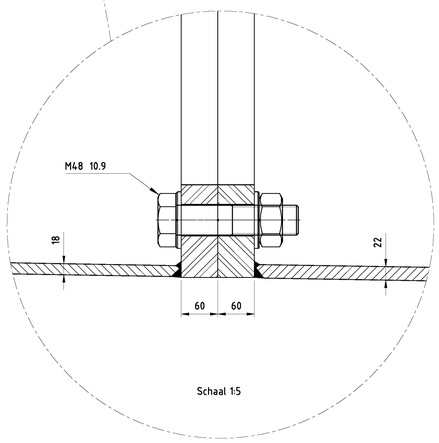
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/08 | A1

VolkerWessels Telecom

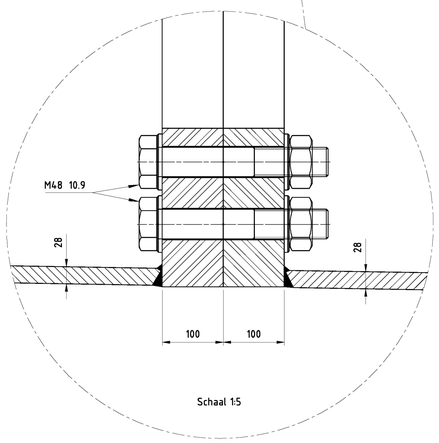
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

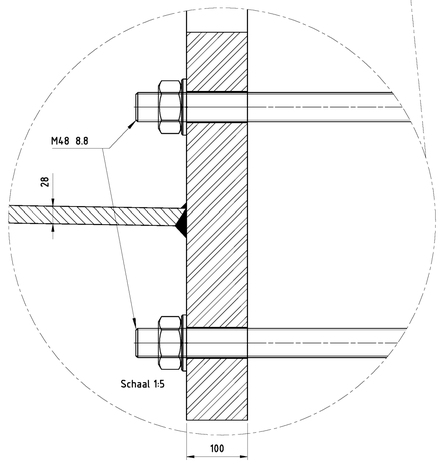




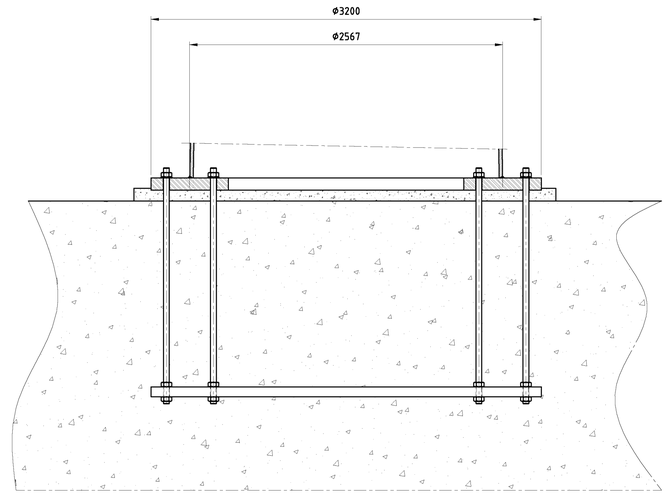
Schaal 1:5



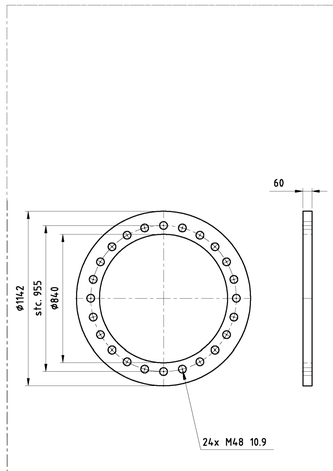
Schaal 1:5



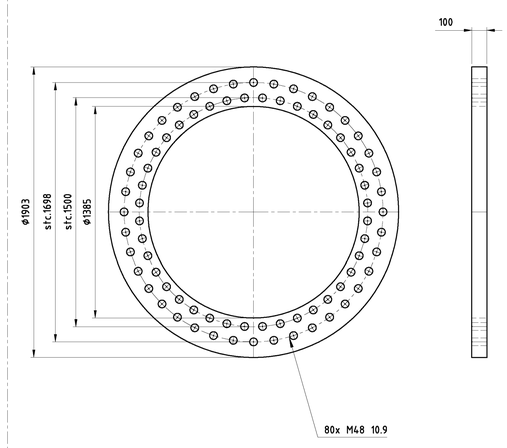
Schaal 1:5



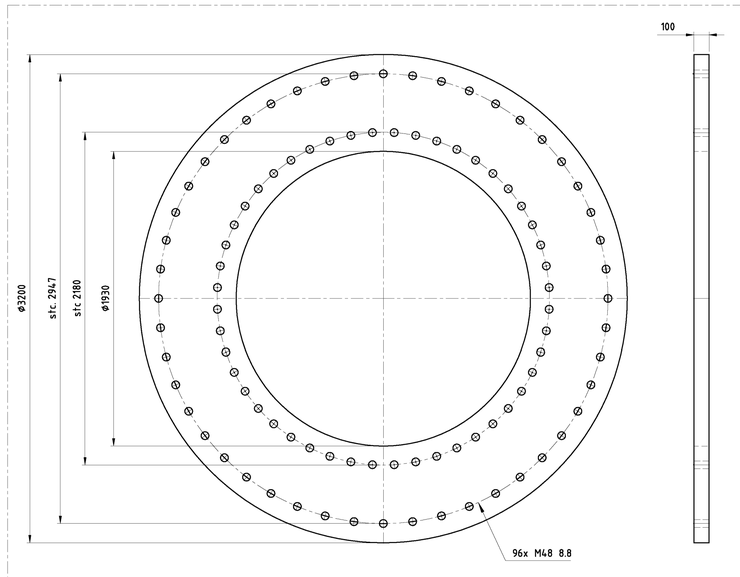
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dif geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

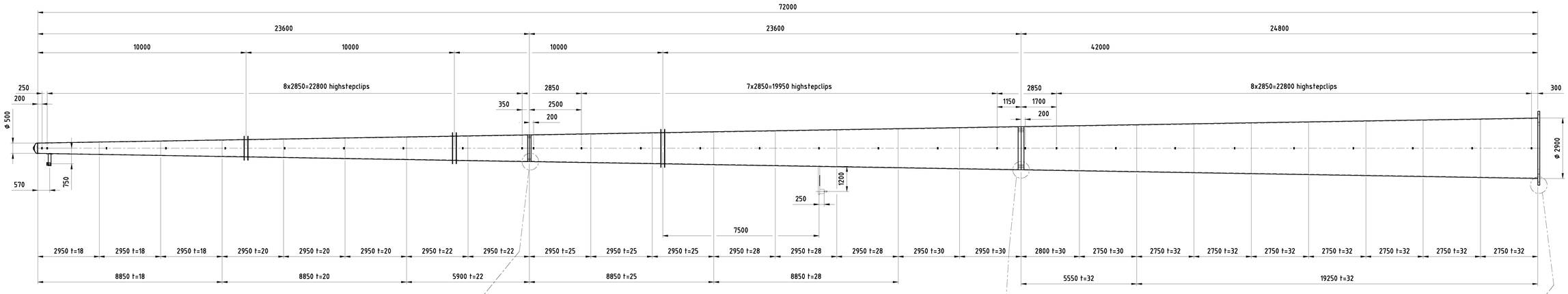
Benaming: Mast type W2H400+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

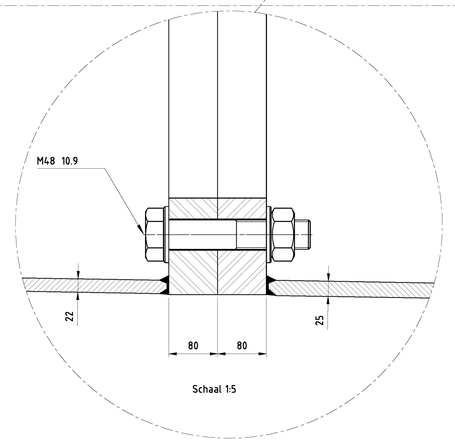
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/06 A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

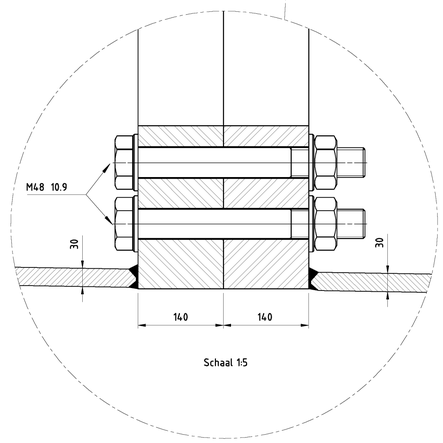
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



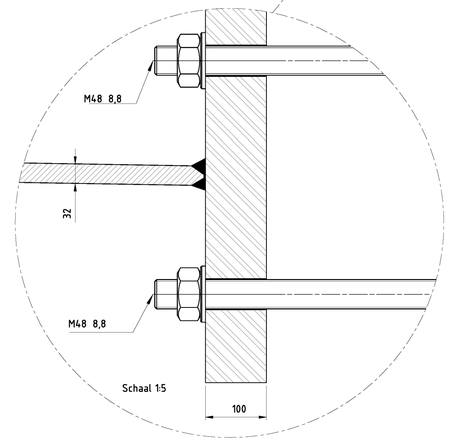
Schaal 1:100



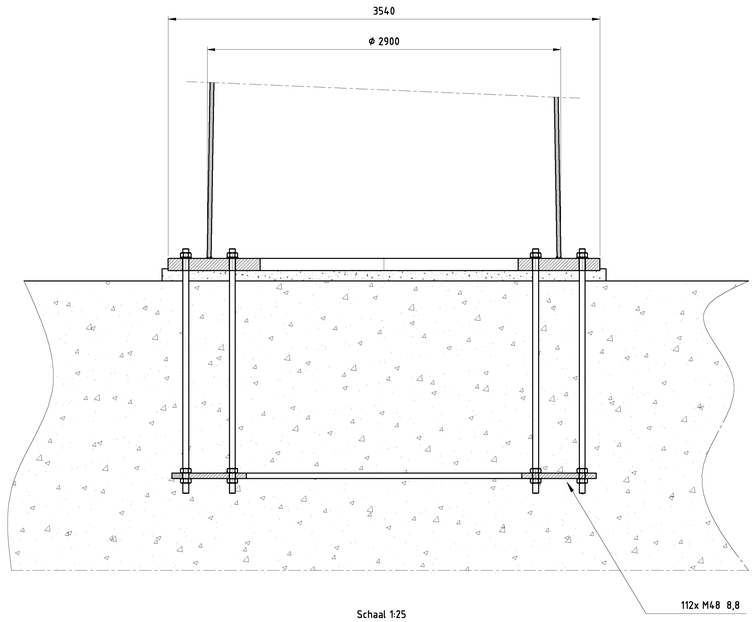
Schaal 1:5



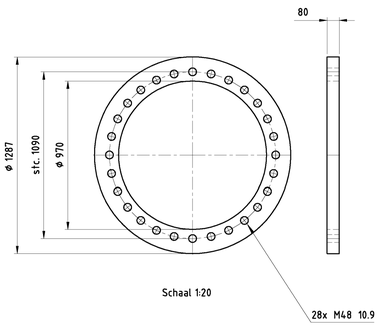
Schaal 1:5



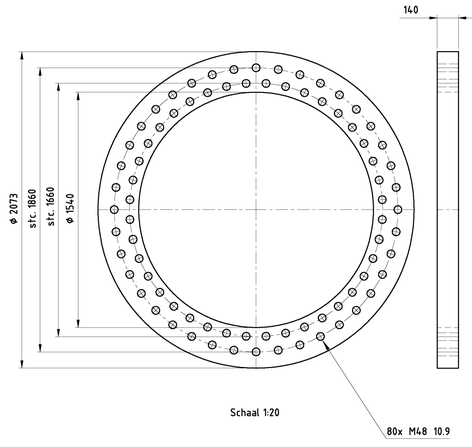
Schaal 1:5



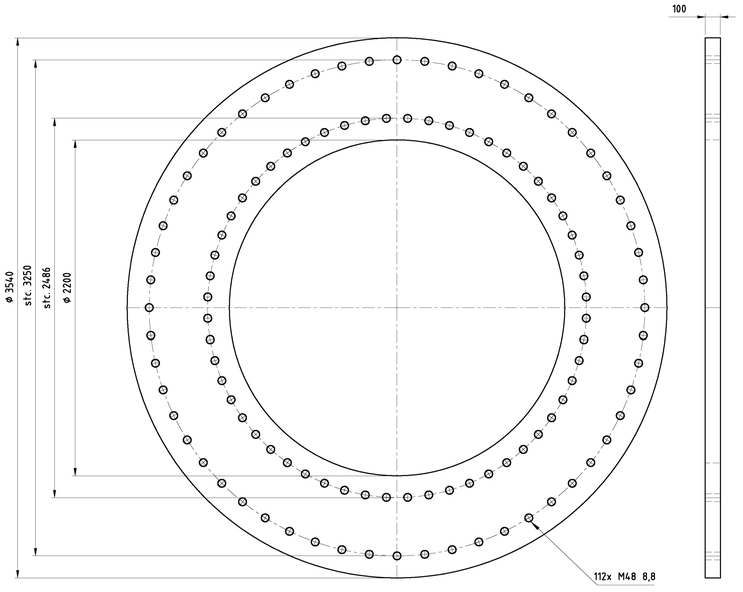
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 47465kg
Gewicht mastdeel 2: 26575kg
Gewicht mastdeel 3: 10234kg
Totaal gewicht W2H400+15: 84274kg

Benaming: Mast type W2H400+15

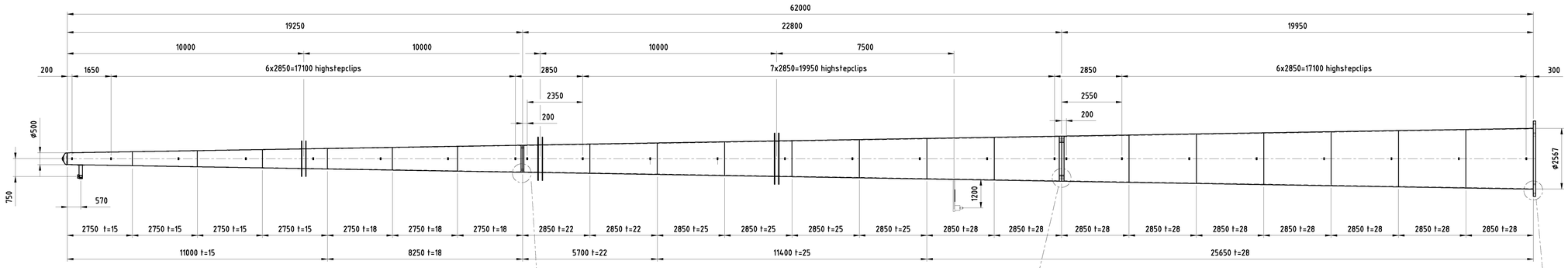
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR
				Finish: Thermisch verzinken

Plaats:
Adres:
Opstelpunt nr:

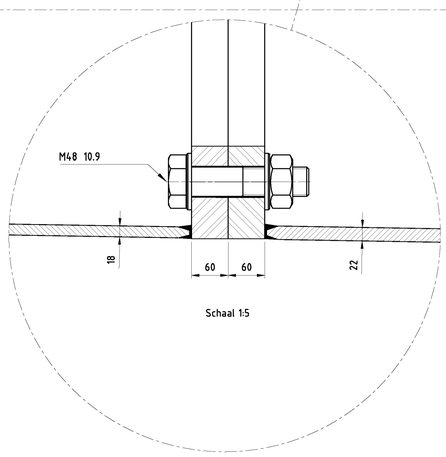
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS-0004/10
A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

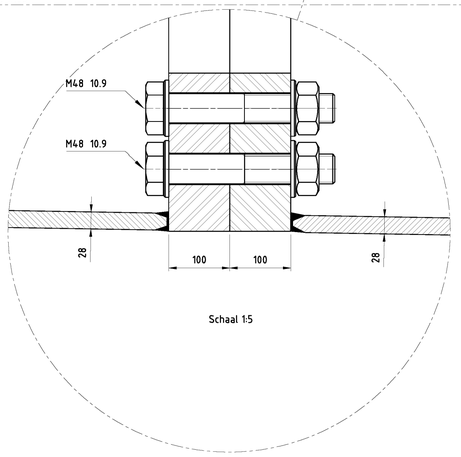
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



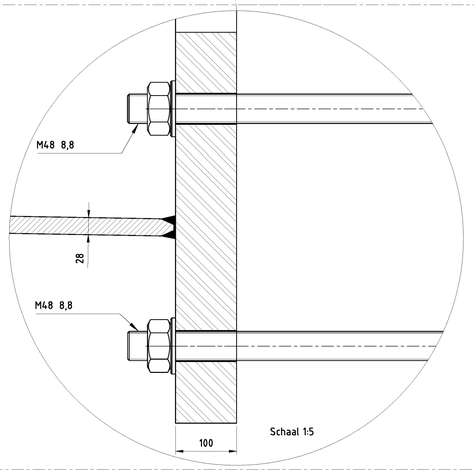
Schaal 1:100



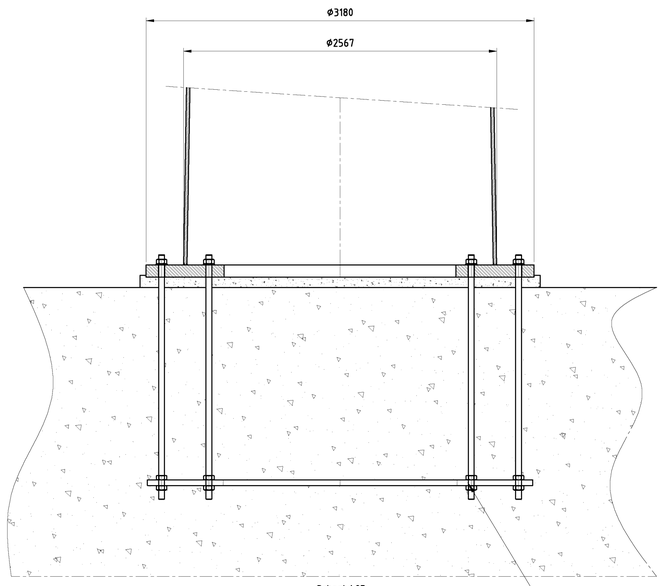
Schaal 1:5



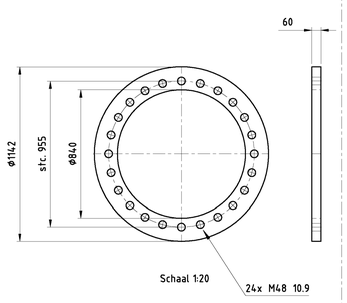
Schaal 1:5



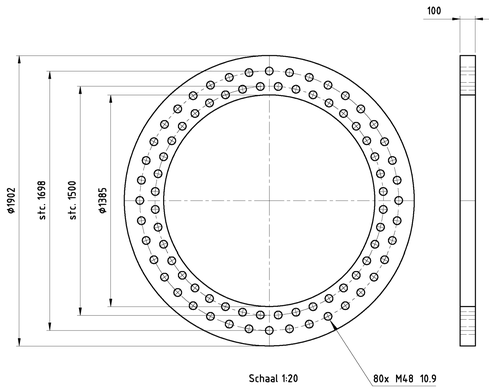
Schaal 1:5



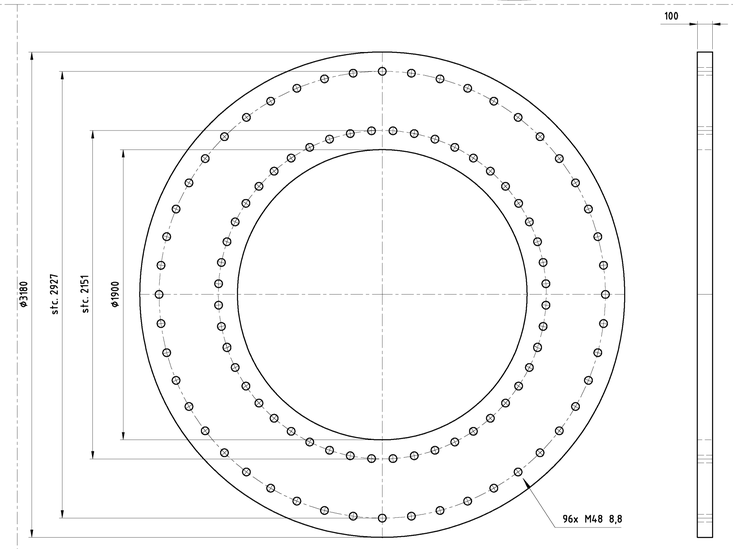
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 < 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 30397kg
Gewicht mastdeel 2: 21281kg
Gewicht mastdeel 3: 6333kg
Totaal gewicht W2H400A+5: 58011kg

Benaming: Mast type W2H400A+5

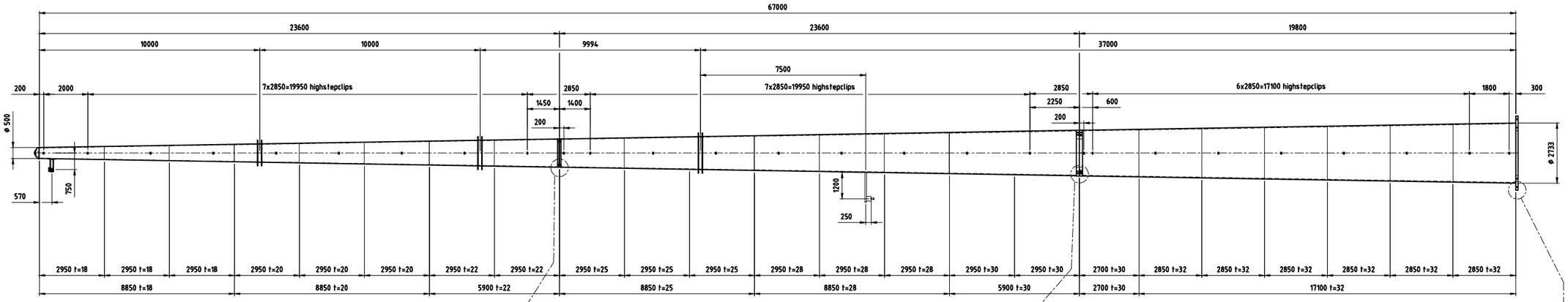
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	12-12-2012	WvL		Materiaal: S 235 JR
3	11-01-2013	HS		Finish: Thermisch verzinken

Plaats:
Adres:
Opstelpunt nr:

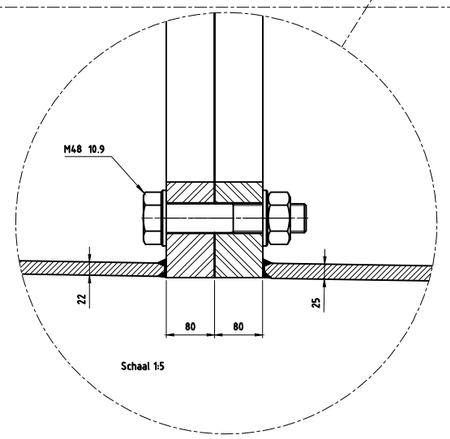
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS-0004/17
A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

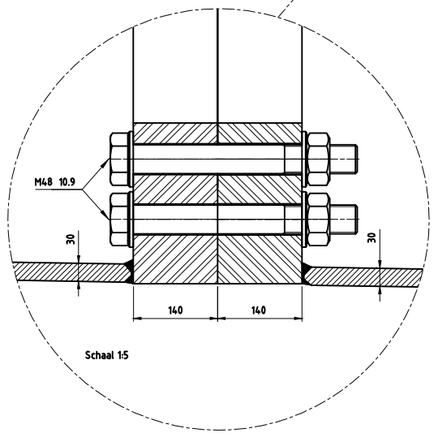
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



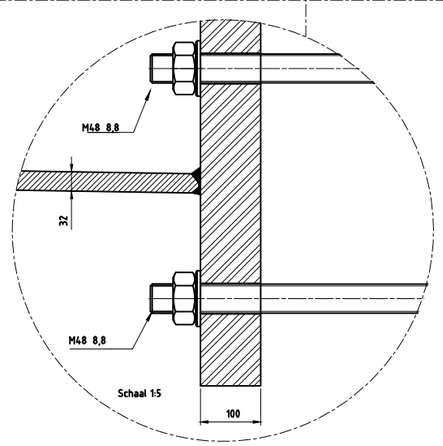
Schaal 1:100



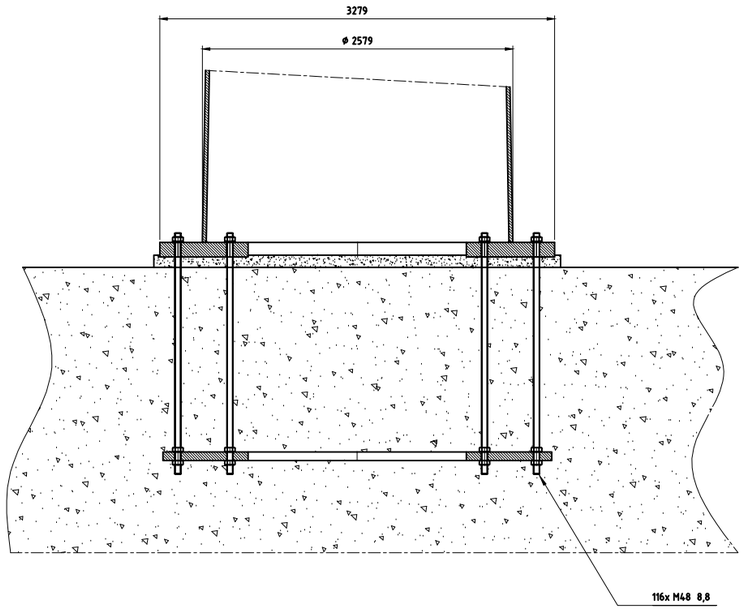
Schaal 1:5



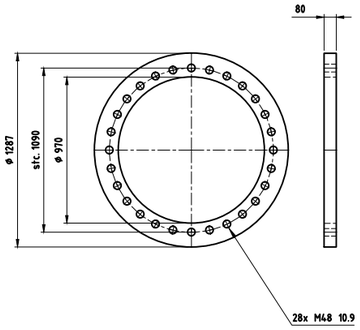
Schaal 1:5



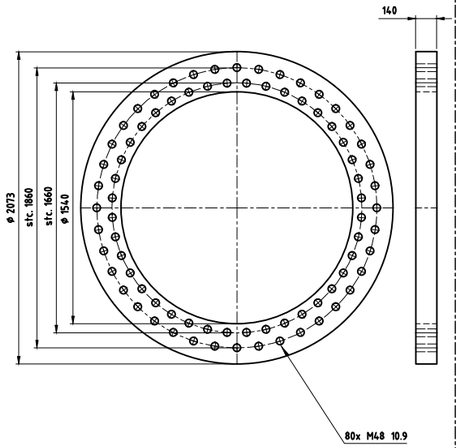
Schaal 1:5



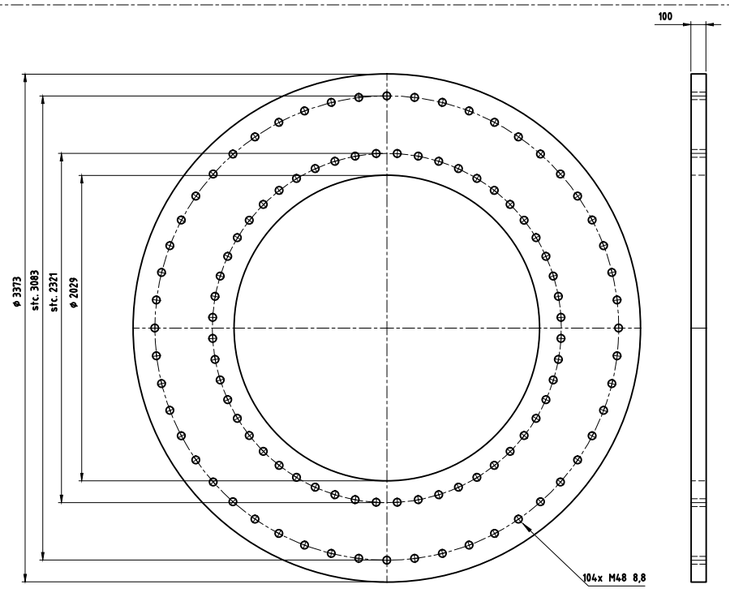
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400A+10

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	12-12-2012	WvL		Materiaal: S 235 JR
				Finish: Thermisch verzinken

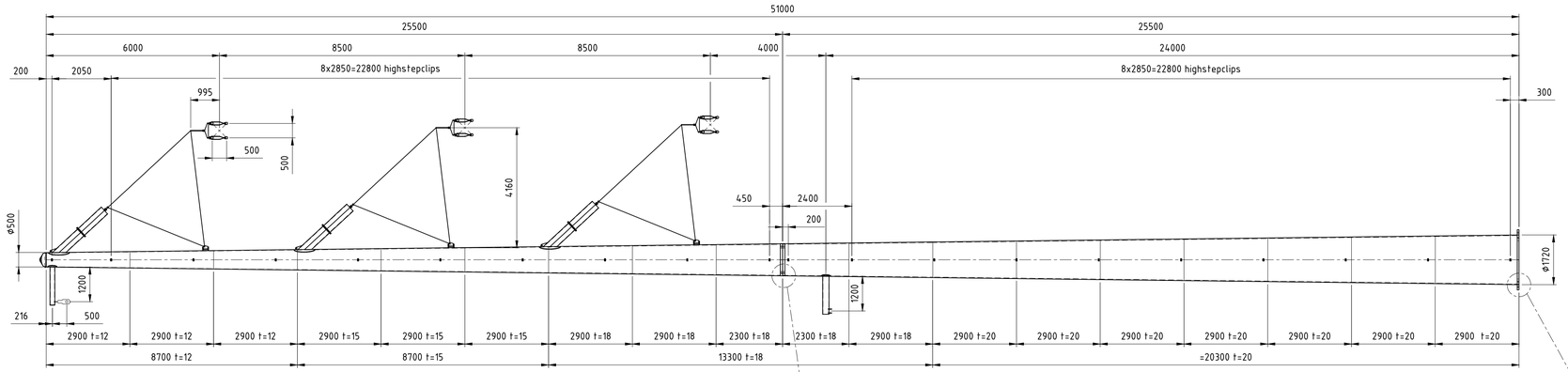
Plaats:
Adres:
Opstelpunt nr:

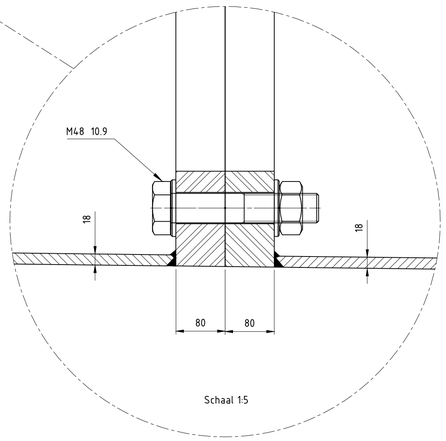
Projectie
Tek.nr.: MS-0004/09 A1

VolkerWessels Telecom

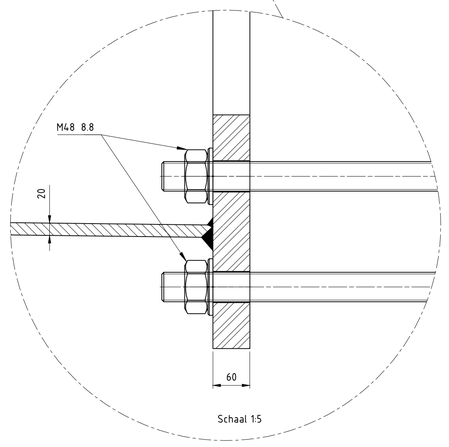
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31(0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

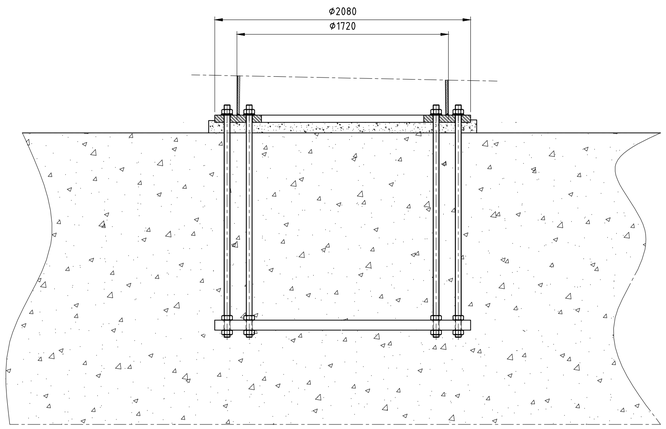




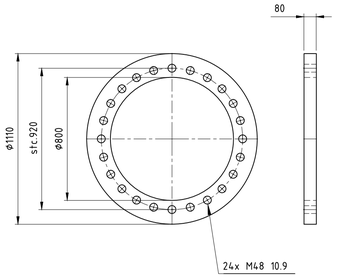
Schaal 1:5



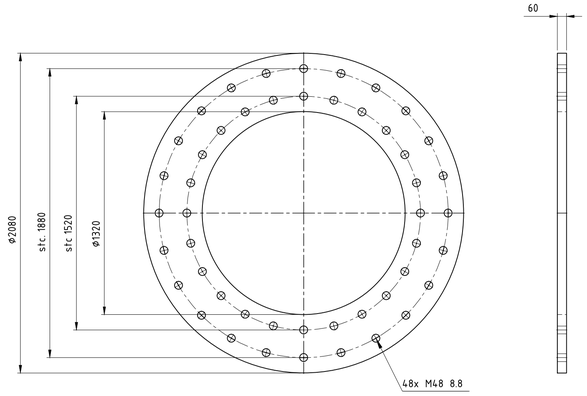
Schaal 1:5



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: 18502kg
Gewicht mastdeel 1: 7960kg
Totaal gewicht W2S350+5: 26462kg

Benaming: Mast type W2S350+5

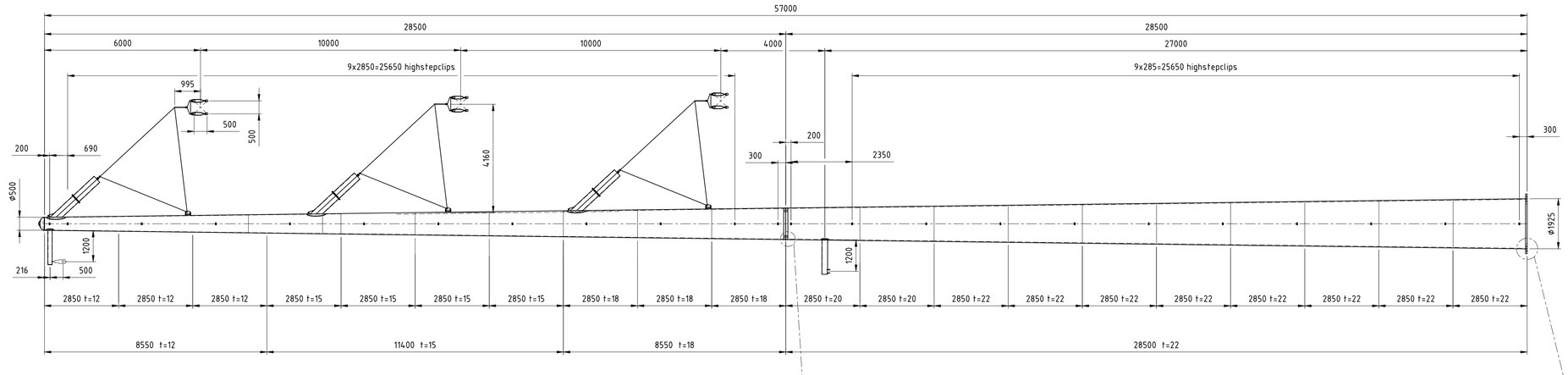
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
3	30-01-201	WvL		Finish:	

VolkerWessels Telecom

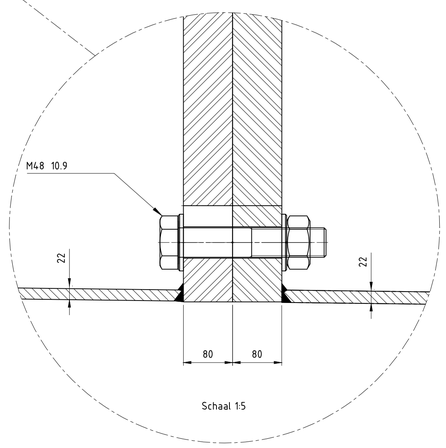
Projectie | Tek.nr.: MS20120025/12 | A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

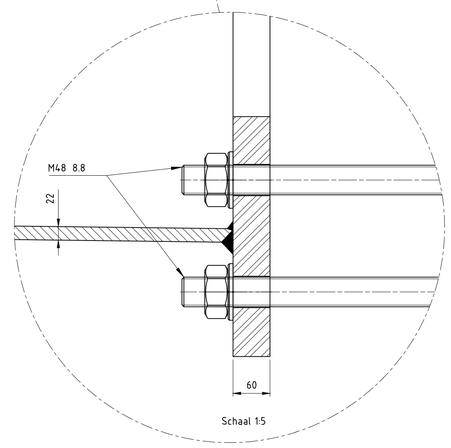
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



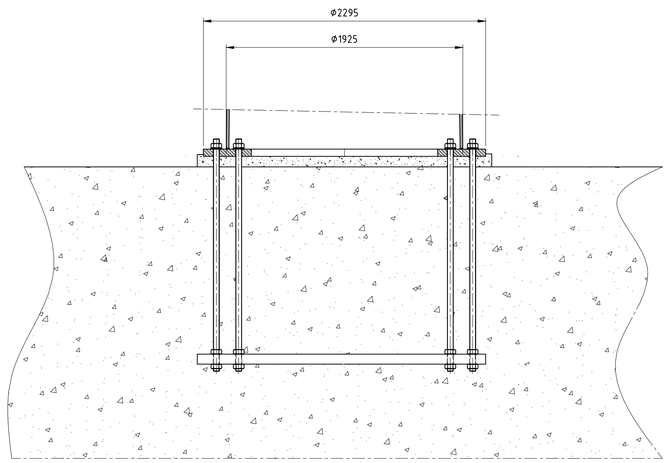
Schaal 1:100



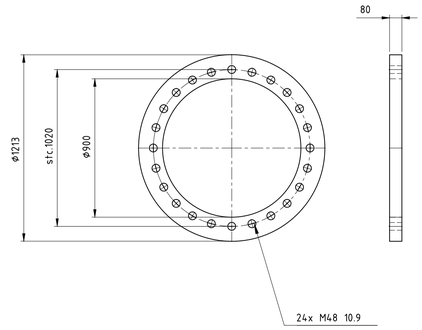
Schaal 1:5



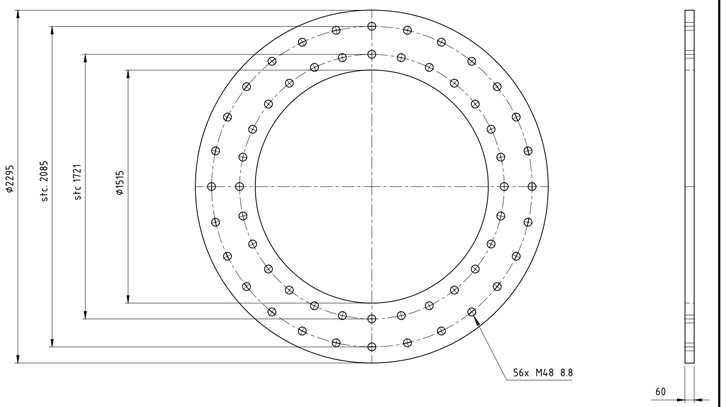
Schaal 1:5



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 2: 24993kg
Gewicht mastdeel 1: 9506kg
Totaal gewicht W2S400+5: 34499kg

Benaming: Mast type W2S400+5

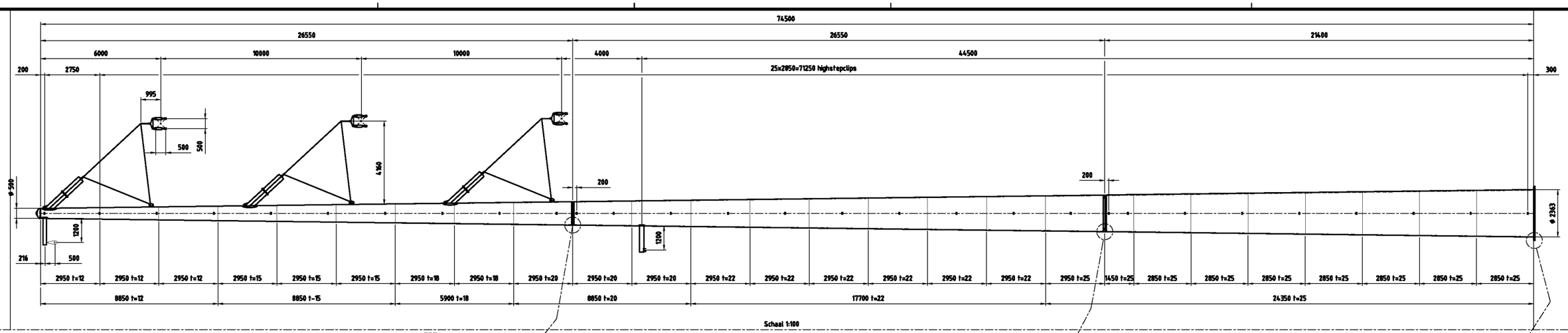
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
3	30-01-14	WvL		Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

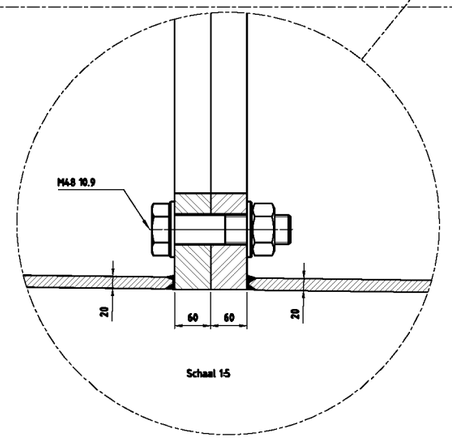
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/10
A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

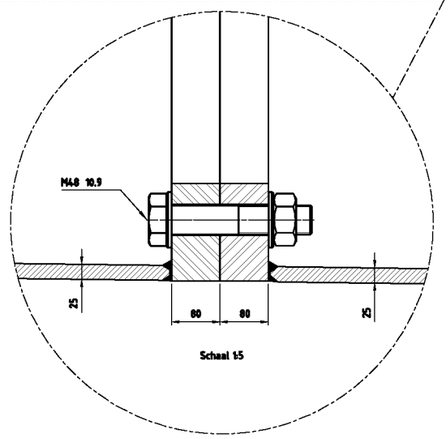
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



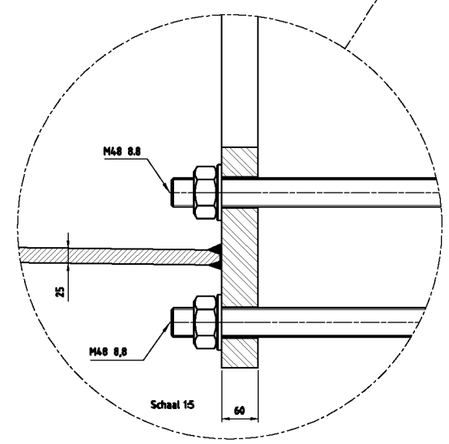
Schaal 1:100



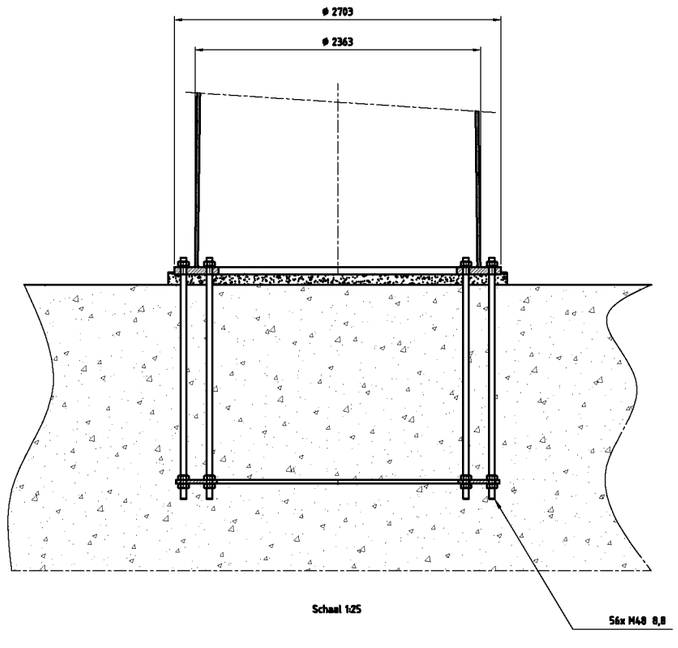
Schaal 1:5



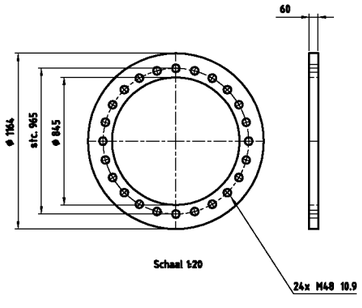
Schaal 1:5



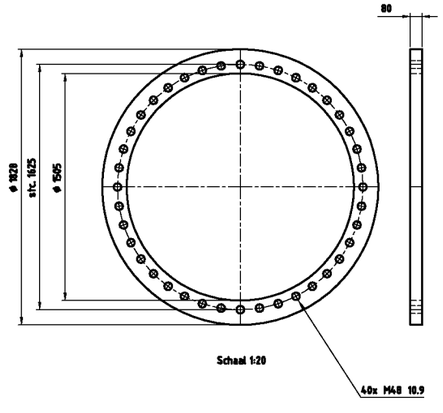
Schaal 1:5



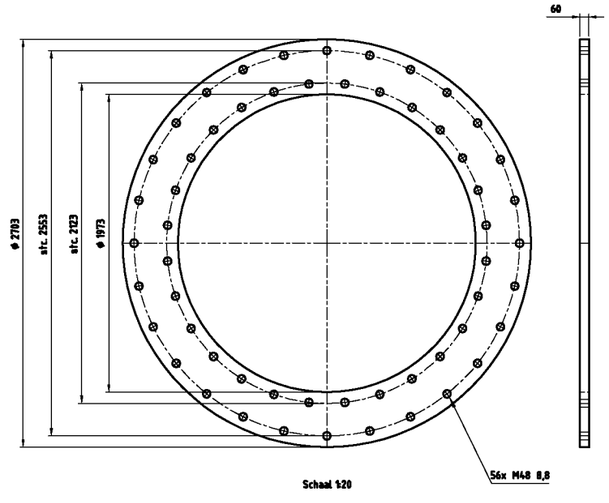
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 < 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 29110kg
Gewicht mastdeel 2: 22032kg
Gewicht mastdeel 3: 8705kg
Totaal gewicht W2S400+22,5: 59847kg

Benaming: Mast type W2S400+22.5

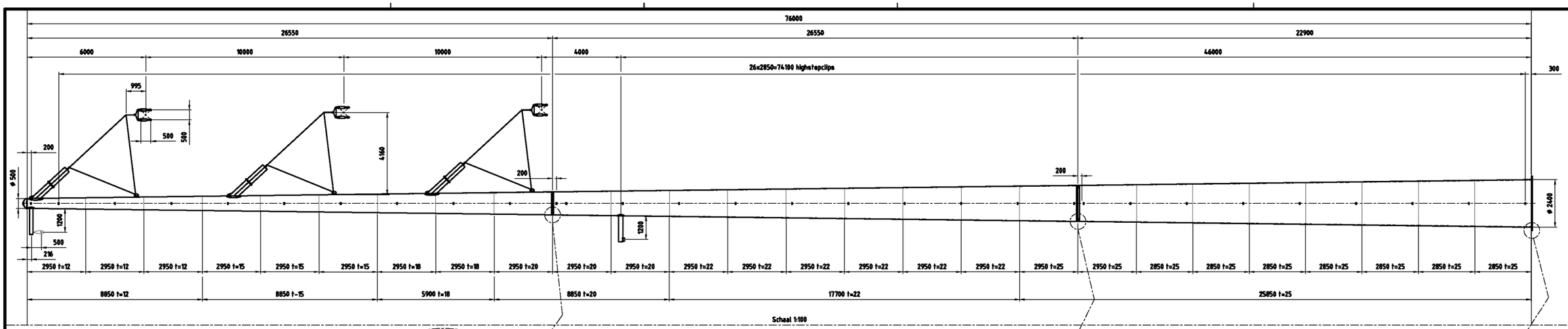
Uitg	Datum	Gel	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Meeteenheid: mm	Adres:
2	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
3	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom

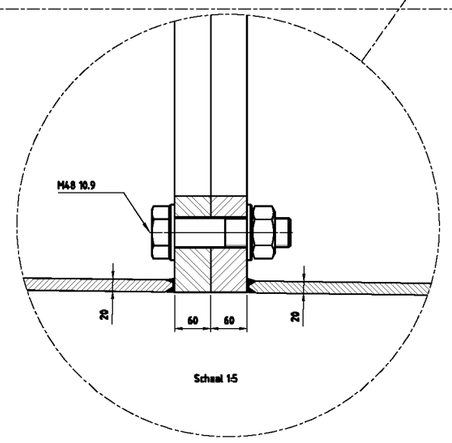
Projectnr: Tek.nr.: MS-0004/12 A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 82 00

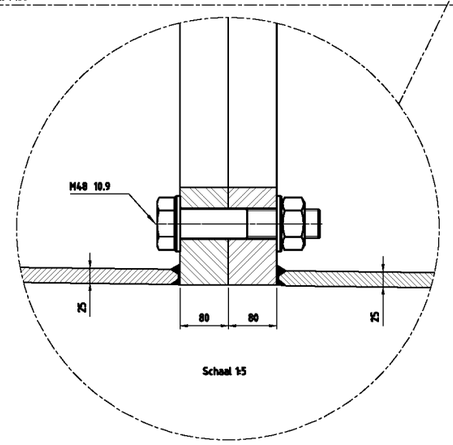
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



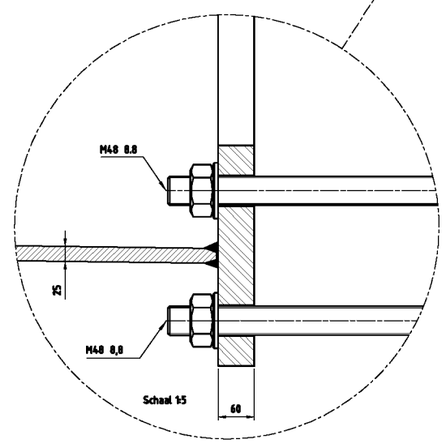
Schaal 1:100



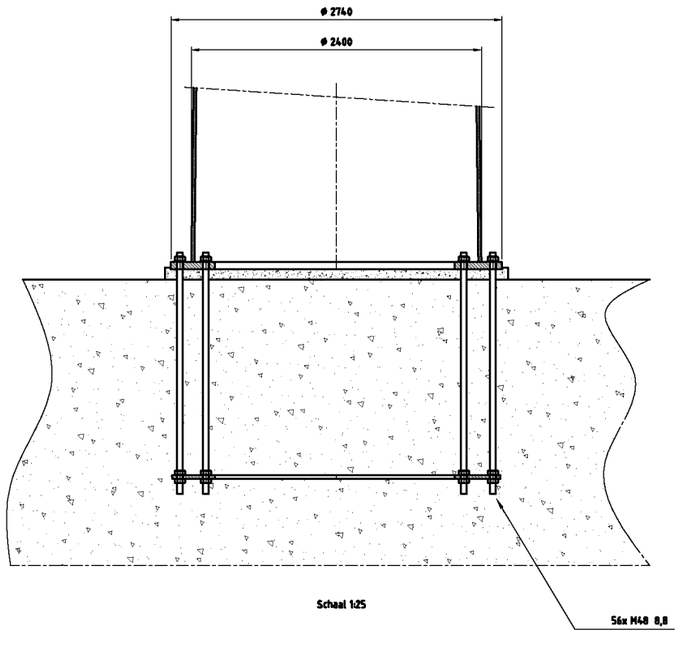
Schaal 1:5



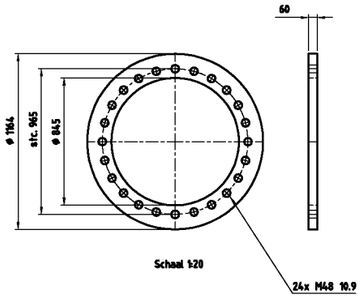
Schaal 1:5



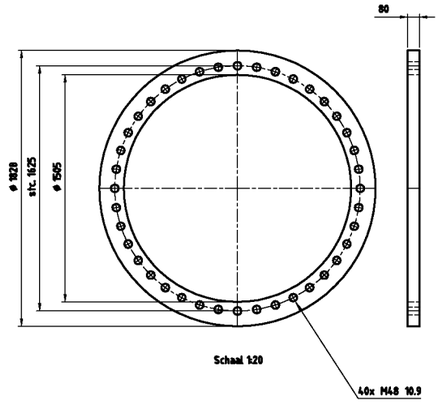
Schaal 1:5



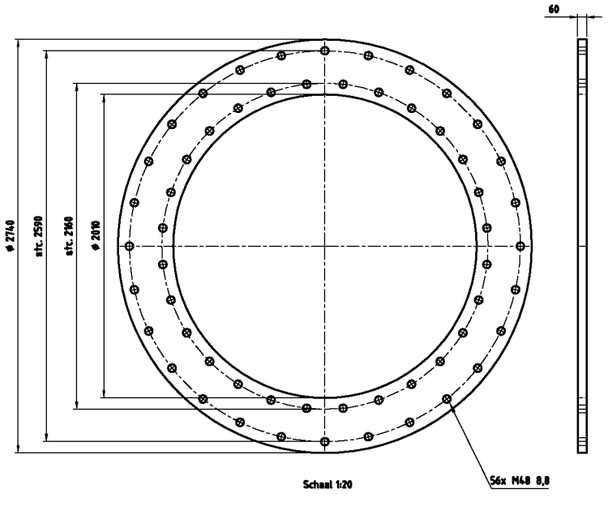
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Tolerantie volgens C DIN8570
Dit geeft (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 31303kg
Gewicht mastdeel 2: 22027kg
Gewicht mastdeel 3: 8704kg
Totaal gewicht W2S400+24: 62034kg

Benaming: Mast type W2S400+24

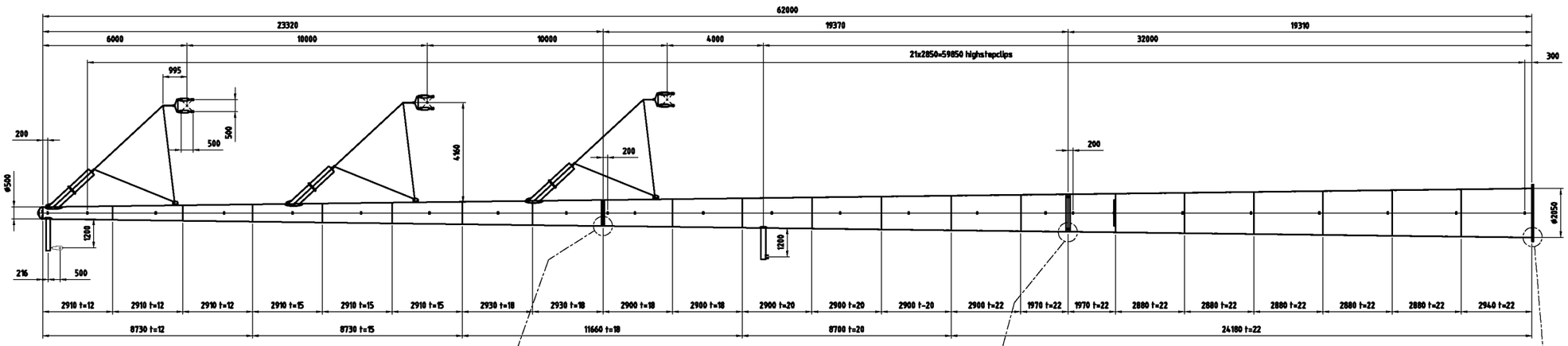
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Meeteenheid: mm	Adres:
2	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
3	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom

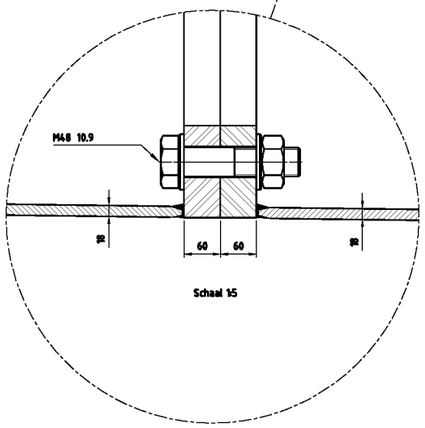
Projectnr: Tek.nr.: MS-0004/13 A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 82 00

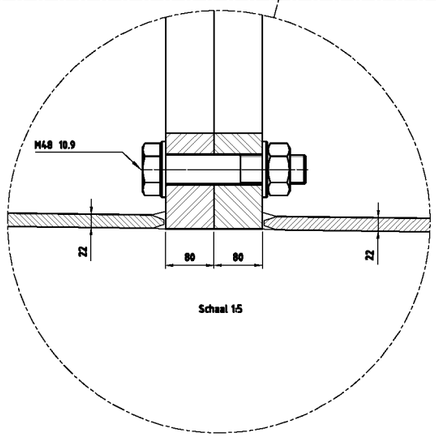
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



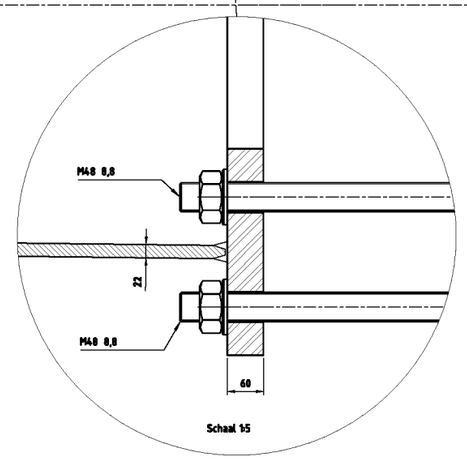
Schaal 1:100



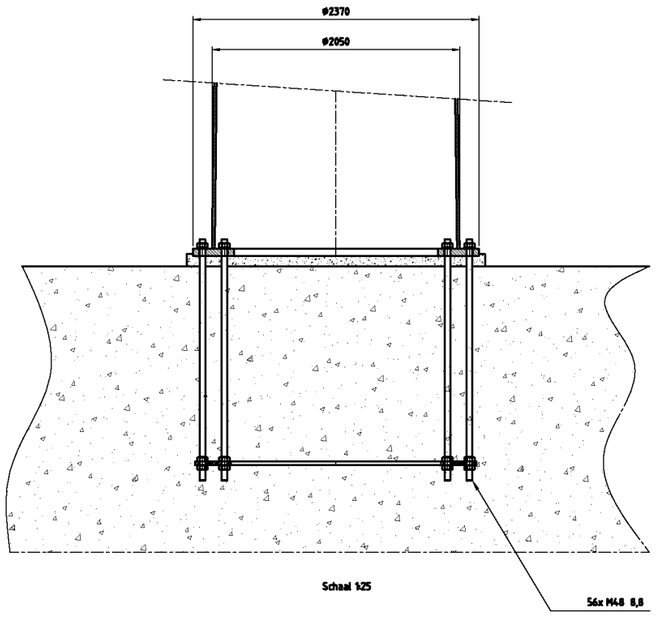
Schaal 1:5



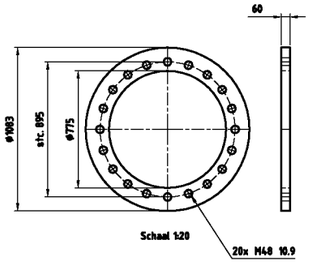
Schaal 1:5



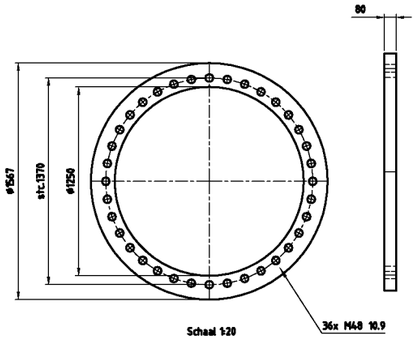
Schaal 1:5



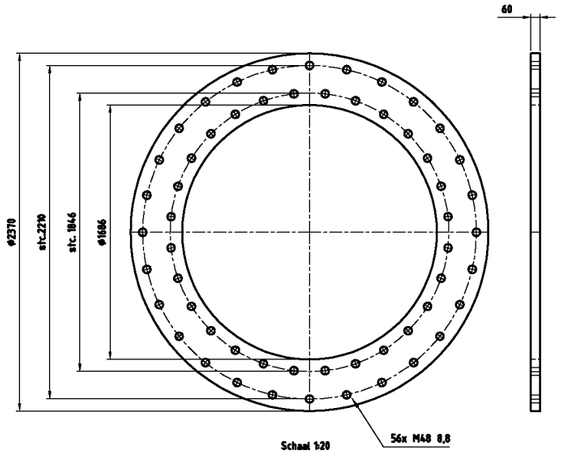
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden <0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) <0.5%
-Tolerantie in hoogte richting <0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uitheuders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 < 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 20185 kg
Gewicht mastdeel 2: 13154 kg
Gewicht mastdeel 3: 6958 kg
Totaal gewicht W2S400A+10: 40297 kg

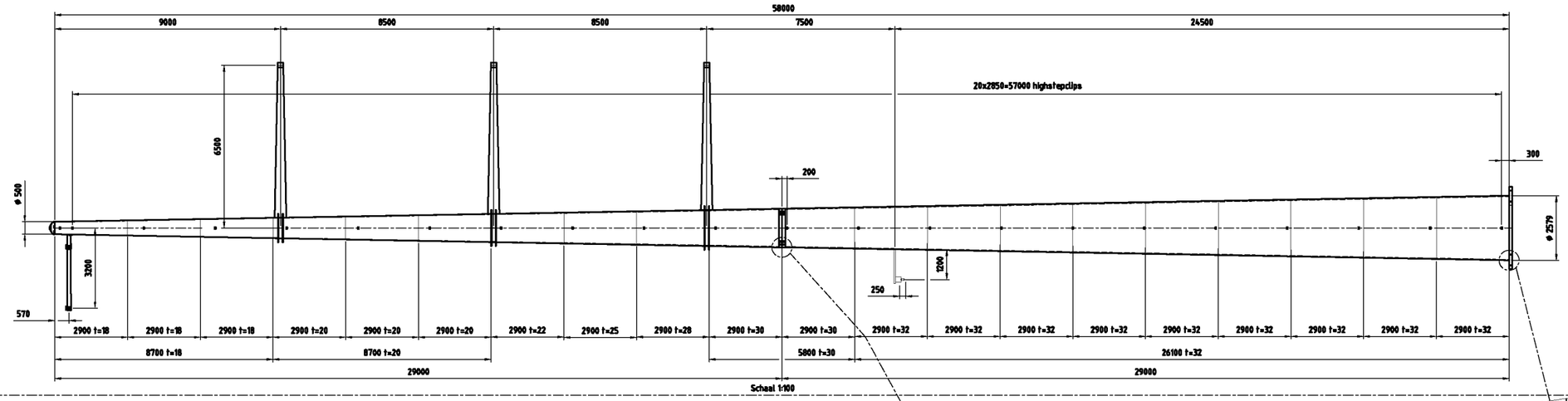
Benaming: Mast type W2S400A+10

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plechs:
1	27-11-2012	WvL		Machteenheid: mm	Adres:
3	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
4	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

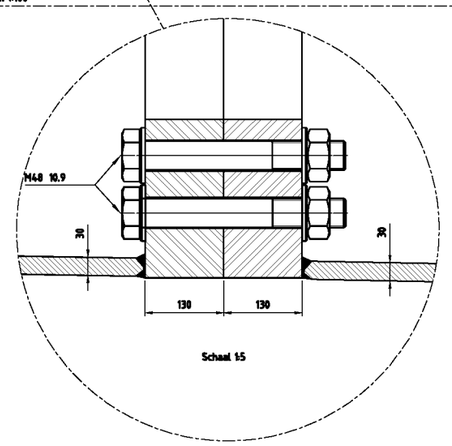
Volker Wessels Telecom
Tek.nr.: MS-0004/16
A1

Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 92 00

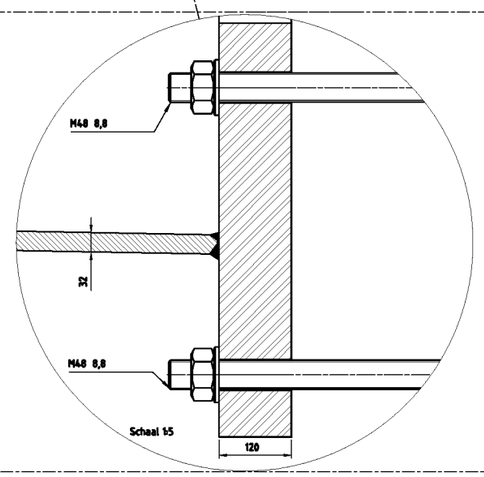
auteursrechten Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



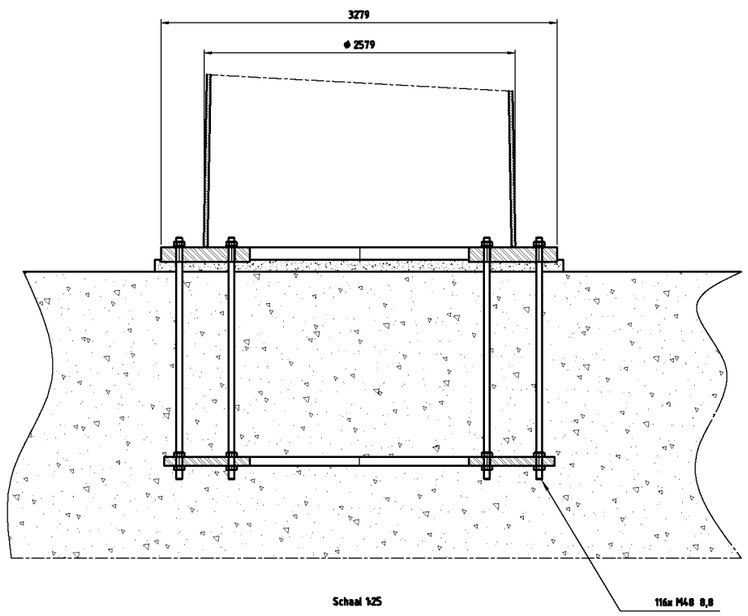
Schaal 1:100



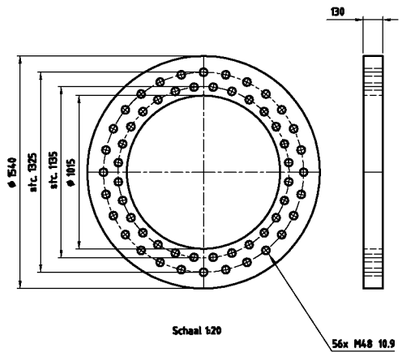
Schaal 1:5



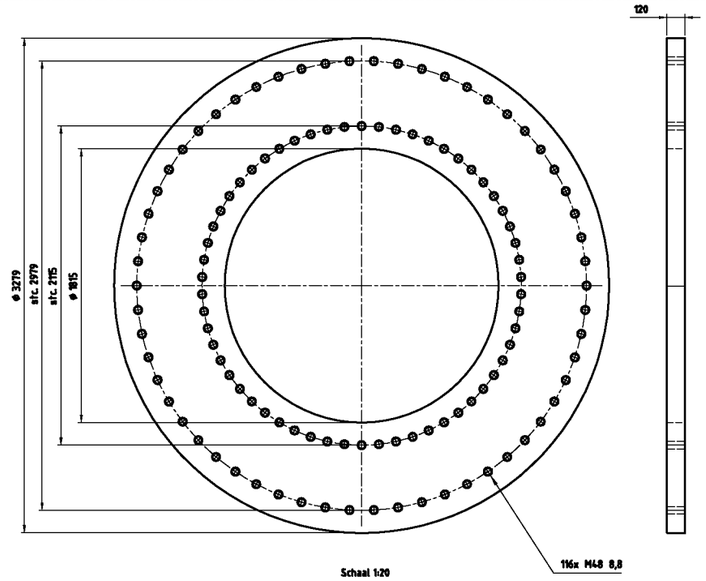
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden =<0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) =<0.5%
-Tolerantie in hoogte richting =<0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 =< 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 1: 46172kg
Gewicht mastdeel 2: 16272kg
Totaal gewicht W4H400Z+5: 62444kg

Benaming: Mast type W4H400Z+5

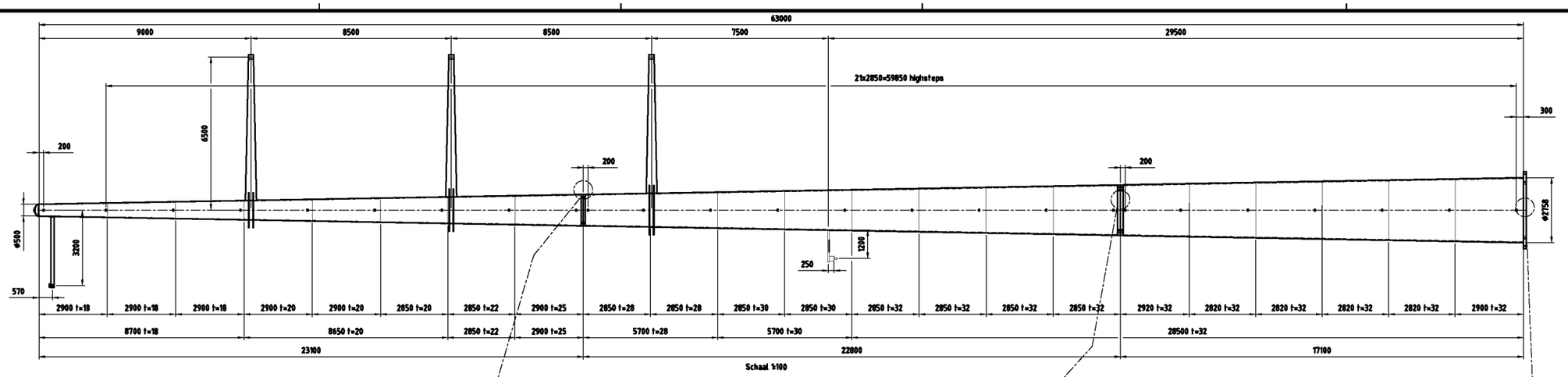
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres:
3	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
4	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

VolkerWessels Telecom

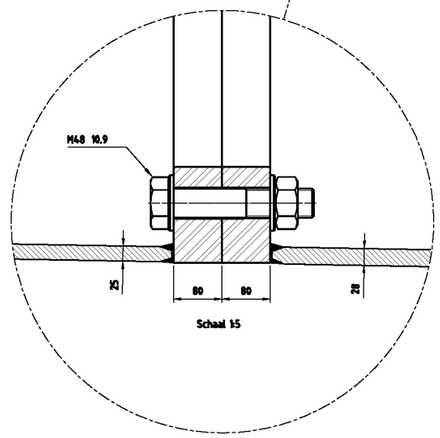
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/06 | A1

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieran
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

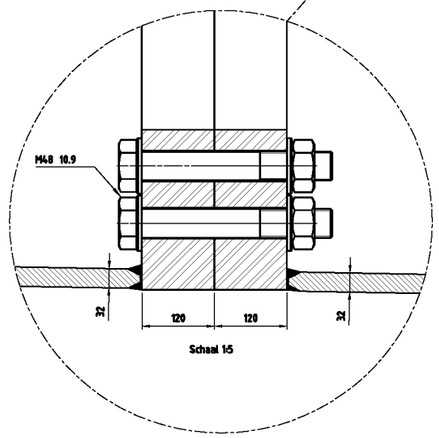
Niet verveelvoudigen VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



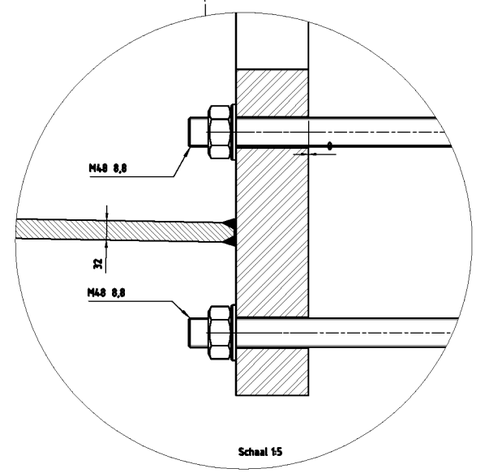
Schaal 1:100



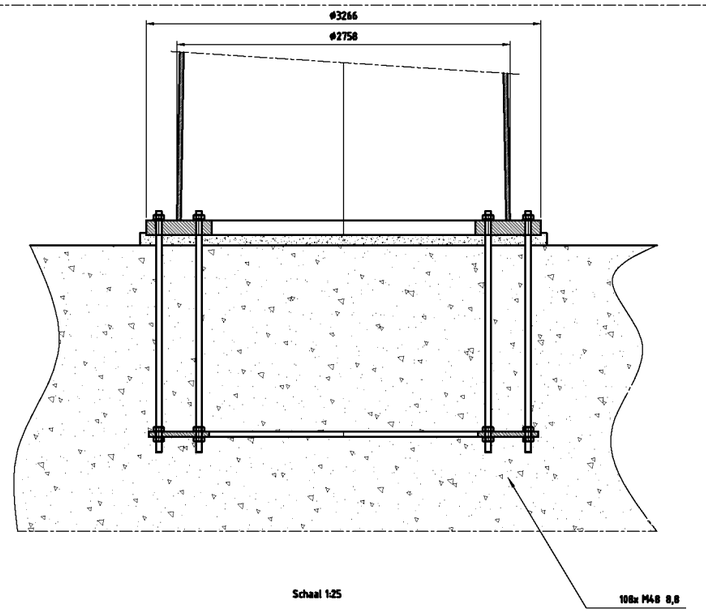
Schaal 1:5



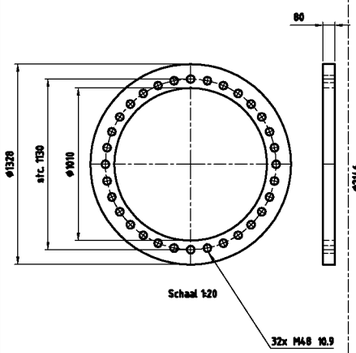
Schaal 1:5



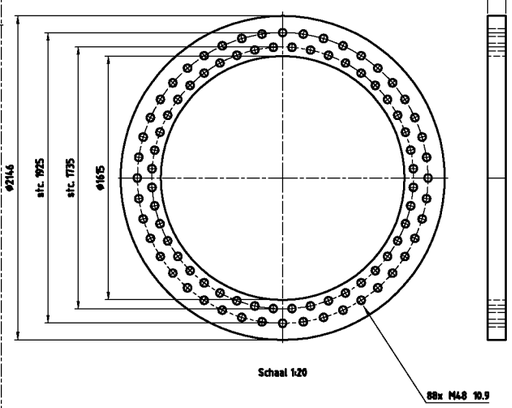
Schaal 1:5



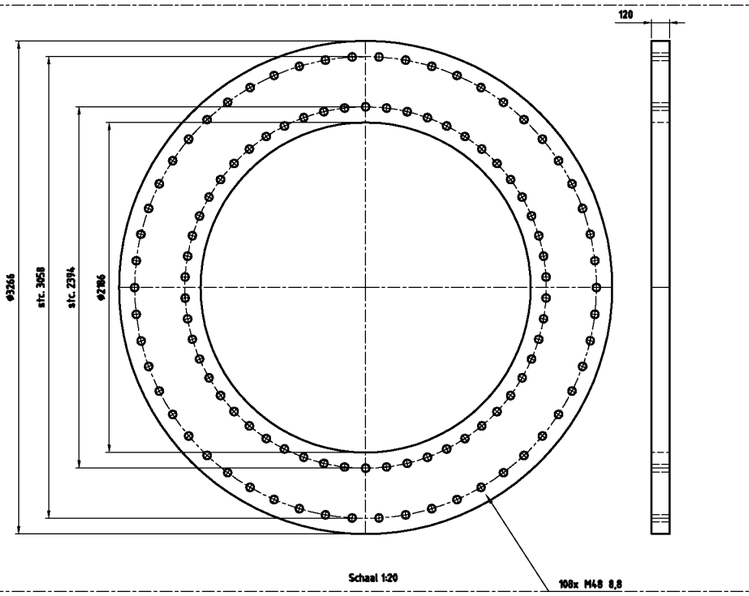
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden =0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) =0.5%
-Tolerantie in hoogte richting =0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 = 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 32651kg
Gewicht mastdeel 2: 29458kg
Gewicht mastdeel 3: 10358kg
Totaal gewicht W4H400ZA+10: 72465kg

Benaming: Mast type W4H400ZA+10

Uitg	Datum	Get	Gec
1	27-11-2012	WvL	
2	11-01-2013	HS	
3	30-01-2014	WvL	

Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5
Meeteenheid: mm
Materiaal: S 235 JR
Finish: Thermisch verzinken

Plechs:
Adres:
Opstelpunt nr:

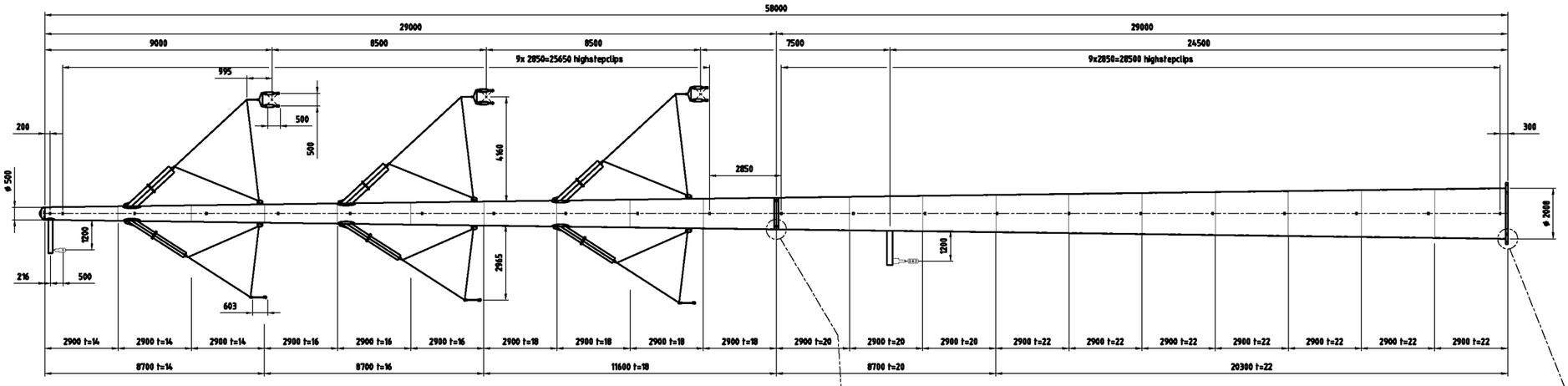
Volker Wessels Telecom

Projectie

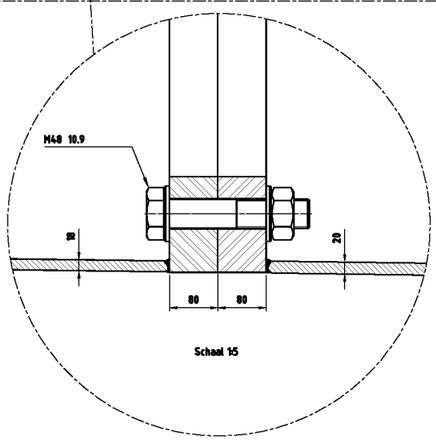
Tek.nr.: MS-0004/15 A1

Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 92 00

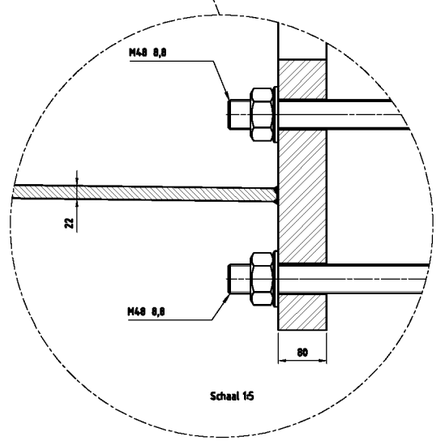
auteursrechten Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



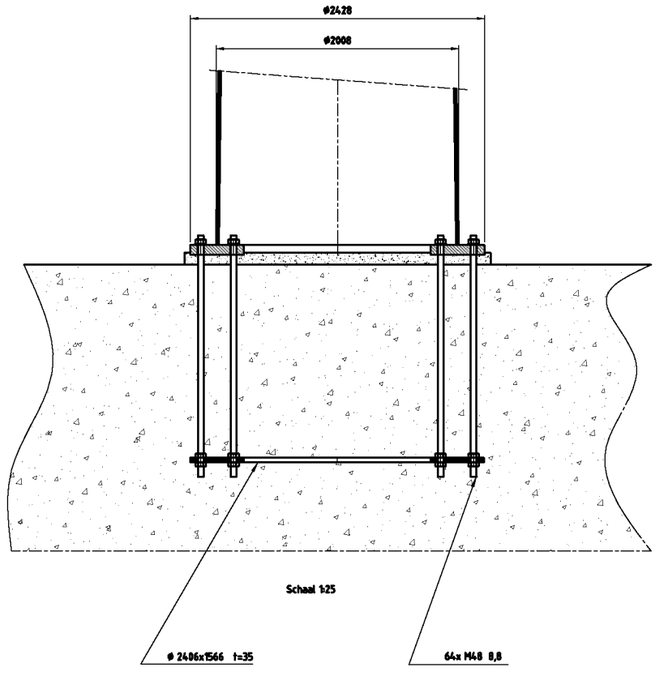
Schaal 1:100



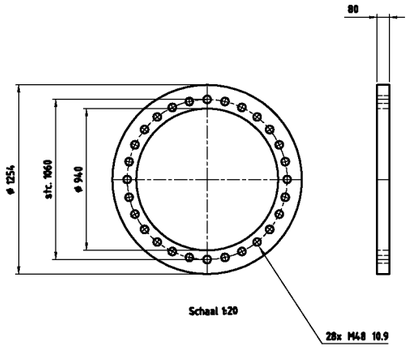
Schaal 1:5



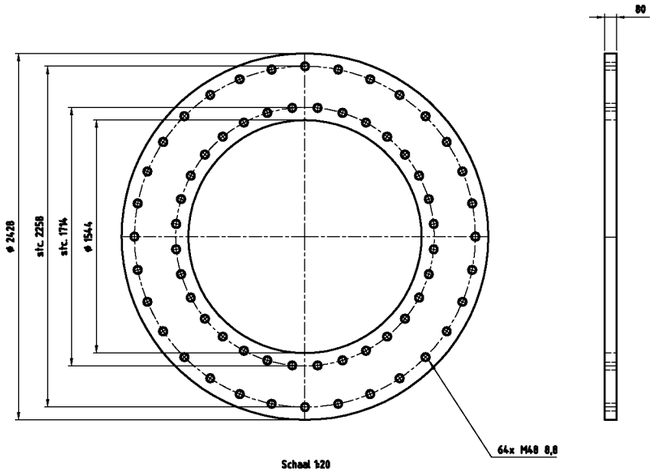
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden =0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) =0.5%
-Tolerantie in hoogte richting =0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.01.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uithouders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 < 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 2
Gewicht mastdeel 1:
Gewicht mastdeel 2:
Totaal gewicht

Benaming: Mast type W4S400Z+5

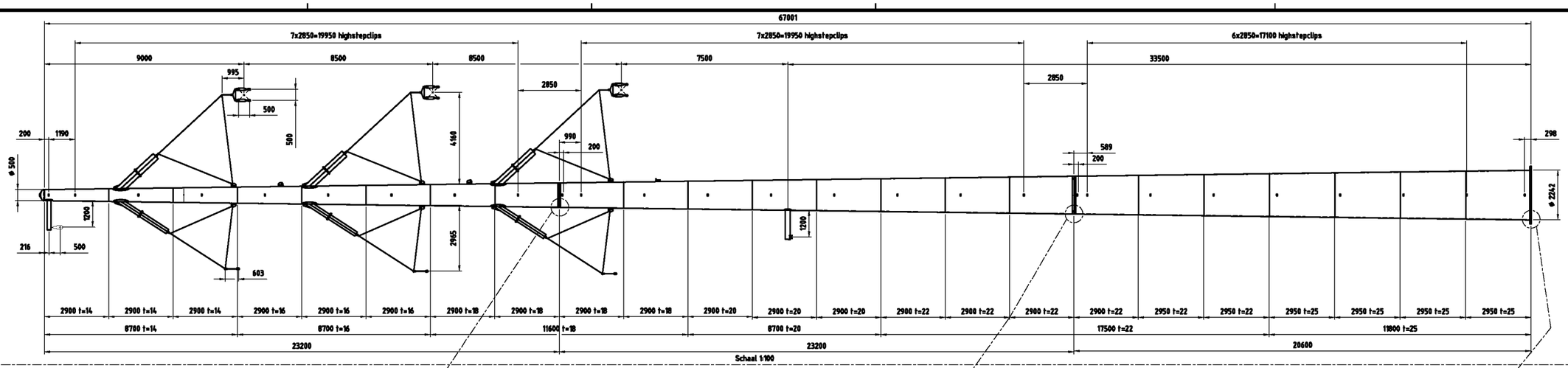
Uitg	Datum	Get	Gec
1	27-11-2012	WvL	
4	30-01-2014	WvL	
5	28-02-2014	WvL	

Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5
Machteenheid: mm
Materiaal: S 235 JR
Finish: Thermisch verzinken

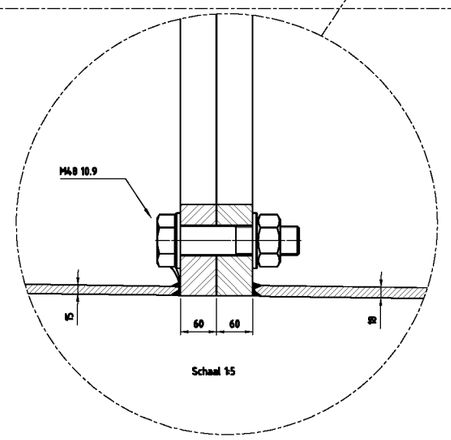
Plaats:
Adres:
Opstelpunt nr:

Volker Wessels Telecom
Tek.nr.: MS-0004/05
A1

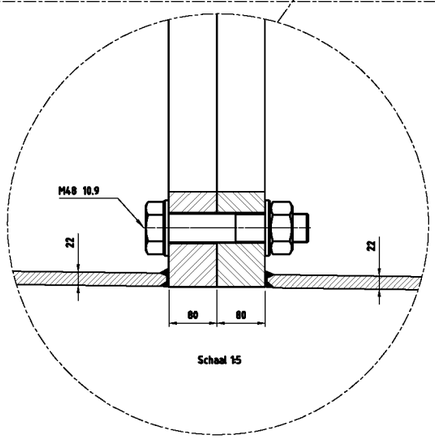
Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7380AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 82 00
auteursrechten Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



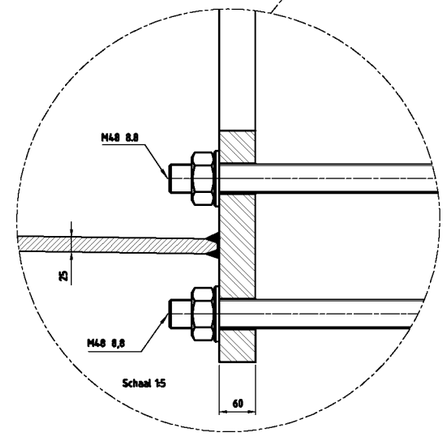
Schaal 1:100



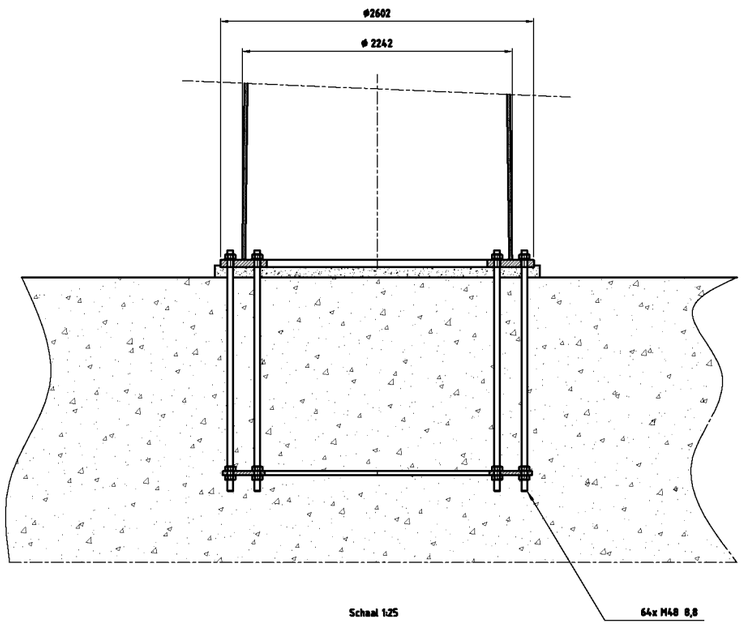
Schaal 1:5



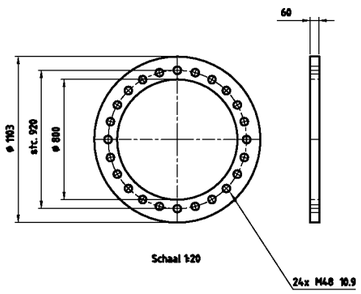
Schaal 1:5



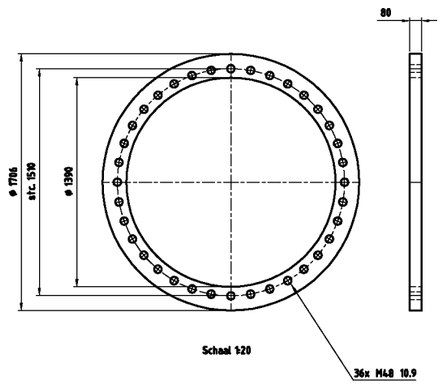
Schaal 1:5



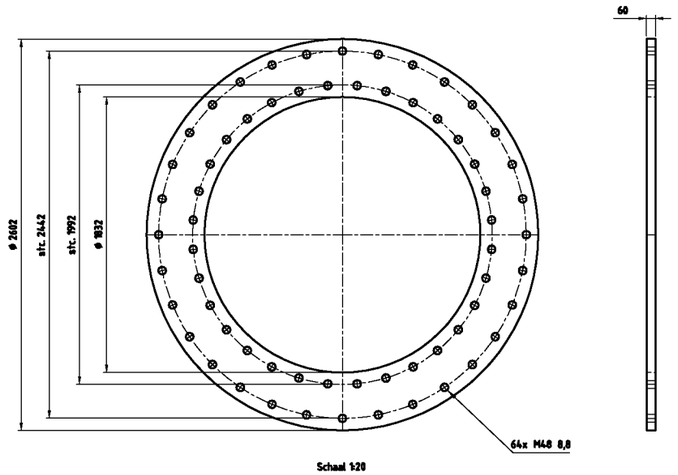
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

DIN 8570	klasse C
<30	+/-1
30-120	+/-3
120-315	+/-4
315-1000	+/-6
1000-2000	+/-8
2000-4000	+/-11
4000-8000	+/-14
8000-12000	+/-18
12000-16000	+/-21
16000-20000	+/-24
>20000	+/-27

-Onrondheid aan segment einden =0.2%
-Onrondheid bij overige secties
(niet aan de segment einden) =0.5%
-Tolerantie in hoogte richting =0.05%

Ankers kwaliteit 8.8
Verbindingsbouten kwaliteit 10.9
Lasnorm: DIN 15614-1
Zie voor lasdetails tek. 07.81.940-01A/01B/02 t/m 07
Kleur mast: RAL 9018
Kleur uitheuders, appendages : RAL 7021

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

Aantal mastdelen: 3
Gewicht mastdeel 1: 25347kg
Gewicht mastdeel 2: 16802kg
Gewicht mastdeel 3: 7439kg
Totaal gewicht W4S400Z+14: 49668kg

Benaming: Mast type W4S400Z+14

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Hoofdmaat: mm	Adres:
3	30-01-2014	WvL		Materiaal: S 235 JR	Opdrachtpunt nrs
4	05-02-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom
Projectie
Tek.nr.:
MS-0004/11
A1

Volker Wessels Telecom Network Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten Volker Wessels Telecom Network Solutions, nadruk verboden

Bijlage 2a2
Constructieberekeningen masten

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W2E350(+0)”

Tracé – Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00– Tracé Vijfhuizen- Beverwijk	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Belasting geleiders aangepast	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02- Detailberekening toegevoegd	18 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2E350(+0)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53

blz.

9.0 Detailberekening 55

9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV 55

9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 41m hoogte 56

9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 32,5m hoogte 61

9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 24m hoogte 66

9.1.4 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 44,5m hoogte 71

9.1.5 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 36m hoogte 76

9.1.6 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 28m hoogte 81

9.2 Berekening draagarm bliksemdraad 86

9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 88

9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 89

9.3 Berekening draagarm " Retourstroomgeleider " 92

9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 97

9.3.2 Berekening clip " Retourstroomgeleider " 98

9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 100

9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting 102

9.5 Berekening clip hulprail - clip 8 103

9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 105

9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 107

9.7 Berekening versterking deur 110

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage E en E2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E350(+0) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Beverwijk – Vijfhuizen & Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2E350(+0) zijn de bijlage E (berekening maststerkte) en bijlage E2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 50,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,4 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 25,0 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2E350(+0) zijn de bijlage E (berekening maststerkte) en bijlage E2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2E350(+0)"

Berekening

W2E350+0

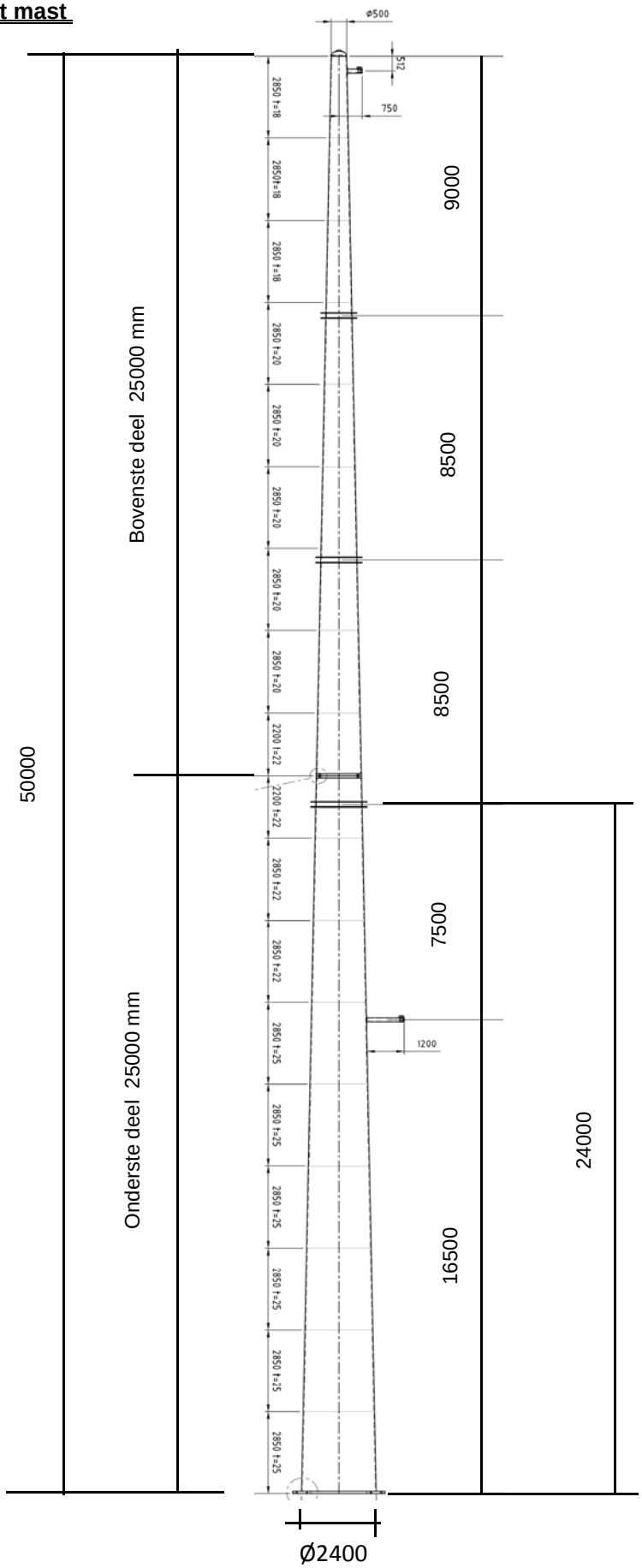
50,0 m - 2400 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	522	500	n.v.t.	2	1	49,72
2	2280	608	522	n.v.t.	2	1	48,29
3	2850	717	608	n.v.t.	2	1	45,73
4	2850	825	717	n.v.t.	2	1	42,88
5	450	842	825	n.v.t.	2	1	41,23
6	2400	933	842	n.v.t.	2	1	39,80
7	1425	987	933	n.v.t.	2	1	37,89
8	1425	1042	987	n.v.t.	2	1	36,46
9	2850	1150	1042	n.v.t.	2	1	34,33
10	400	1165	1150	n.v.t.	2	1	32,70
11	2450	1258	1165	n.v.t.	2	1	31,28
12	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	28,63
13	2200	1450	1366	n.v.t.	2	1	26,10
14	1000	1488	1450	n.v.t.	2	1	24,50
15	1200	1534	1488	n.v.t.	2	1	23,40
16	1425	1588	1534	n.v.t.	2	1	22,09
17	1425	1642	1588	n.v.t.	2	1	20,66
18	1425	1696	1642	n.v.t.	2	1	19,24
19	1425	1750	1696	n.v.t.	2	1	17,81
20	600	1773	1750	n.v.t.	2	1	16,80
21	2250	1859	1773	n.v.t.	2	1	15,38
22	1425	1913	1859	n.v.t.	2	1	13,54
23	1425	1967	1913	n.v.t.	2	1	12,11
24	2850	2075	1967	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2183	2075	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2292	2183	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2292	n.v.t.	2	1	1,43
	50000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	511	18,0	27869	218,77	8,47E+08	174,36	3,32E+06
2	565	18,0	30931	242,81	1,16E+09	193,49	4,10E+06
3	662	18,0	36443	286,08	1,89E+09	227,94	5,72E+06
4	771	18,0	42567	334,15	3,02E+09	266,21	7,83E+06
5	833	20,0	51111	401,22	4,23E+09	287,68	1,02E+07
6	888	20,0	54513	427,93	5,13E+09	306,82	1,16E+07
7	960	20,0	59079	463,77	6,53E+09	332,51	1,36E+07
8	1014	20,0	62482	490,48	7,73E+09	351,65	1,52E+07
9	1096	20,0	67585	530,54	9,78E+09	380,37	1,78E+07
10	1157	20,0	71465	561,00	1,16E+10	402,19	2,00E+07
11	1212	20,0	74867	587,71	1,33E+10	421,34	2,19E+07
12	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
13	1408	22,0	95807	752,09	2,30E+10	490,16	3,27E+07
14	1469	22,0	100009	785,07	2,62E+10	511,65	3,56E+07
15	1511	22,0	102898	807,75	2,85E+10	526,43	3,77E+07
16	1561	22,0	106346	834,81	3,15E+10	544,06	4,03E+07
17	1615	22,0	110088	864,19	3,49E+10	563,20	4,32E+07
18	1669	22,0	113831	893,57	3,86E+10	582,35	4,63E+07
19	1723	22,0	117573	922,95	4,25E+10	601,49	4,94E+07
20	1762	25,0	136392	1070,68	5,14E+10	614,04	5,84E+07
21	1816	25,0	140645	1104,06	5,64E+10	633,19	6,21E+07
22	1886	25,0	146129	1147,11	6,32E+10	657,87	6,71E+07
23	1940	25,0	150382	1180,50	6,89E+10	677,02	7,11E+07
24	2021	25,0	156762	1230,58	7,81E+10	705,73	7,73E+07
25	2129	25,0	165267	1297,35	9,15E+10	744,02	8,59E+07
26	2238	25,0	173773	1364,12	1,06E+11	782,30	9,51E+07
27	2346	25,0	182279	1430,89	1,23E+11	820,59	1,05E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	50000	1 -- 2	1	570	2,79E+04	8,47E+08
2	49430	2 -- 3	2	2280	3,09E+04	1,16E+09
3	47150	3 -- 4	3	2850	3,64E+04	1,89E+09
4	44300	4 -- 5	4	2850	4,26E+04	3,02E+09
5	41450	5 -- 6	5	450	5,11E+04	4,23E+09
6	41000	6 -- 7	6	2400	5,45E+04	5,13E+09
7	38600	7 -- 8	7	1425	5,91E+04	6,53E+09
8	37175	8 -- 9	8	1425	6,25E+04	7,73E+09
9	35750	9 -- 10	9	2850	6,76E+04	9,78E+09
10	32900	10 -- 11	10	400	7,15E+04	1,16E+10
11	32500	11 -- 12	11	2450	7,49E+04	1,33E+10
12	30050	12 -- 13	12	2850	8,12E+04	1,70E+10
13	27200	13 -- 14	13	2200	9,58E+04	2,30E+10
14	25000	14 -- 15	14	1000	1,00E+05	2,62E+10
15	24000	15 -- 16	15	1200	1,03E+05	2,85E+10
16	22800	16 -- 17	16	1425	1,06E+05	3,15E+10
17	21375	17 -- 18	17	1425	1,10E+05	3,49E+10
18	19950	18 -- 19	18	1425	1,14E+05	3,86E+10
19	18525	19 -- 20	19	1425	1,18E+05	4,25E+10
20	17100	20 -- 21	20	600	1,36E+05	5,14E+10
21	16500	21 -- 22	21	2250	1,41E+05	5,64E+10
22	14250	22 -- 23	22	1425	1,46E+05	6,32E+10
23	12825	23 -- 24	23	1425	1,50E+05	6,89E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,57E+05	7,81E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,65E+05	9,15E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,74E+05	1,06E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,82E+05	1,23E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	49,72	0,21	1,15	31,18	0,18	1379
2	48,29	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
3	45,73	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
4	42,88	0,21	1,12	30,34	0,19	1326
5	41,23	0,21	1,12	30,12	0,19	1312
6	39,80	0,21	1,11	29,92	0,19	1300
7	37,89	0,21	1,10	29,64	0,19	1282
8	36,46	0,21	1,09	29,43	0,19	1269
9	34,33	0,21	1,08	29,09	0,19	1248
10	32,70	0,21	1,07	28,81	0,20	1231
11	31,28	0,21	1,06	28,56	0,20	1216
12	28,63	0,21	1,04	28,06	0,20	1186
13	26,10	0,21	1,02	27,54	0,21	1155
14	24,50	0,21	1,01	27,18	0,21	1134
15	23,40	0,21	1,00	26,92	0,21	1119
16	22,09	0,21	0,98	26,59	0,21	1100
17	20,66	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
18	19,24	0,21	0,96	25,81	0,22	1055
19	17,81	0,21	0,94	25,38	0,22	1030
20	16,80	0,21	0,93	25,05	0,23	1011
21	15,38	0,21	0,91	24,55	0,23	984
22	13,54	0,21	0,88	23,83	0,24	944
23	12,11	0,21	0,86	23,20	0,24	910
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	400	0,40	0,00	1,29E-02	381,38
2	2 -- 3	5878	1622	3,35	0,61	1,29E-02	374,01
3	3 -- 4	8581		9,23	14,96	1,29E-02	344,59
4	4 -- 5	9951		17,81	53,50	1,26E-02	308,19
5	5 -- 6	1873		27,76	118,44	1,23E-02	272,66
6	6 -- 7	10630	13722	43,36	131,36	1,22E-02	267,15
7	7 -- 8	6822		53,99	248,18	1,18E-02	238,34
8	8 -- 9	7203		60,81	329,97	1,15E-02	221,76
9	9 -- 10	15548		68,01	421,76	1,11E-02	205,64
10	10 -- 11	2304		83,56	637,76	1,04E-02	174,84
11	11 -- 12	14766	14152	100,02	671,65	1,03E-02	170,69
12	12 -- 13	18593		114,79	934,78	9,61E-03	146,25
13	13 -- 14	16876		133,38	1288,42	8,72E-03	120,07
14	14 -- 15	8001	8032	158,29	1600,41	8,06E-03	101,58
15	15 -- 16	9873	14582	180,87	1762,70	7,76E-03	93,67
16	16 -- 17	12110		190,74	1985,67	7,38E-03	84,58
17	17 -- 18	12528		202,85	2266,10	6,92E-03	74,38
18	18 -- 19	12947		215,38	2564,09	6,46E-03	64,84
19	19 -- 20	13366		228,33	2880,24	5,98E-03	55,97
20	20 -- 21	6514		241,69	3215,13	5,49E-03	47,79
21	21 -- 22	25179	3365	251,57	3362,10	5,31E-03	44,55
22	22 -- 23	16560		276,75	3956,46	4,61E-03	33,37
23	23 -- 24	17036		293,31	4362,63	4,17E-03	27,11
24	24 -- 25	35499		310,35	4792,74	3,72E-03	21,48
25	25 -- 26	37402		345,85	5727,82	2,80E-03	12,15
26	26 -- 27	39305		383,25	6766,78	1,88E-03	5,44
27	27 -- 28	41208		422,55	7915,05	9,44E-04	1,38
28			26943	490,70	9178,05	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	40,0	0,381	643,37	24,827
2	2 -- 3	587,8	162,2	0,374	2666,98	98,573
3	3 -- 4	858,1		0,345	2747,43	91,410
4	4 -- 5	995,1		0,308	2835,04	83,931
5	5 -- 6	187,3		0,273	495,92	13,644
6	6 -- 7	1063,0	1372,2	0,267	6231,97	165,844
7	7 -- 8	682,2		0,238	1539,71	36,107
8	8 -- 9	720,3		0,222	1510,05	32,895
9	9 -- 10	1554,8		0,206	2901,59	56,268
10	10 -- 11	230,4		0,175	390,49	6,877
11	11 -- 12	1476,6	1415,2	0,171	4665,35	78,316
12	12 -- 13	1859,3		0,146	2428,75	32,967
13	13 -- 14	1687,6		0,120	1834,73	20,727
14	14 -- 15	800,1	803,2	0,102	1566,66	15,913
15	15 -- 16	987,3	1458,2	0,094	2203,13	20,636
16	16 -- 17	1211,0		0,085	944,17	7,649
17	17 -- 18	1252,8		0,074	855,50	6,070
18	18 -- 19	1294,7		0,065	767,20	4,724
19	19 -- 20	1336,6		0,056	680,28	3,598
20	20 -- 21	651,4		0,048	295,06	1,389
21	21 -- 22	2517,9	336,5	0,045	1109,43	4,490
22	22 -- 23	1656,0		0,033	491,22	1,514
23	23 -- 24	1703,6		0,027	406,00	1,005
24	24 -- 25	3549,9		0,021	585,58	1,004
25	25 -- 26	3740,2		0,012	322,60	0,289
26	26 -- 27	3930,5		0,005	131,38	0,046
27	27 -- 28	4120,8		0,001	27,86	0,002
28			2694,3	0,000	0,00	0,000
				Som	41277	811

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	1,14	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	589	0,990	0,570	0,56	329,00	0,56
2 -- 3	258	0,942	2,280	2,02	521,71	2,15
3 -- 4	301	0,856	2,850	2,09	628,46	2,44
4 -- 5	349	0,762	2,850	1,65	577,03	2,17
5 -- 6	3466	0,708	0,450	0,23	781,07	0,32
6 -- 7	443	0,663	2,400	1,05	466,87	1,59
7 -- 8	479	0,603	1,425	0,52	248,24	0,86
8 -- 9	505	0,560	1,425	0,45	226,15	0,80
9 -- 10	546	0,499	2,850	0,71	386,85	1,42
10 -- 11	4114	0,453	0,400	0,08	337,69	0,18
11 -- 12	603	0,416	2,450	0,42	254,95	1,02
12 -- 13	652	0,349	2,850	0,35	226,65	1,00
13 -- 14	1132	0,291	2,200	0,19	210,33	0,64
14 -- 15	2258	0,256	1,000	0,07	147,97	0,26
15 -- 16	823	0,234	1,200	0,07	53,91	0,28
16 -- 17	850	0,208	1,425	0,06	52,59	0,30
17 -- 18	879	0,183	1,425	0,05	41,73	0,26
18 -- 19	909	0,158	1,425	0,04	32,48	0,23
19 -- 20	938	0,136	1,425	0,03	24,74	0,19
20 -- 21	1647	0,121	0,600	0,01	14,48	0,07
21 -- 22	1119	0,102	2,250	0,02	26,28	0,23
22 -- 23	1162	0,079	1,425	0,01	10,41	0,11
23 -- 24	1195	0,064	1,425	0,01	6,91	0,09
24 -- 25	1246	0,044	2,850	0,01	6,90	0,13
25 -- 26	1312	0,023	2,850	0,00	1,99	0,07
26 -- 27	1379	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
27 -- 28	2391	0,002	2,850	0,00	0,02	0,01
		Σ	50,00	10,67	5615,73	17,39

m_e = 5615,7 / 10,7 = 526,2 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$$

$n = n_{1,x}$ =	1,14	Hz
b =	1,45	m
h =	50,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	98,04	

$$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$$

B^2 =	0,57	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,052	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,064	
$v_m(z_s)$ =	28,32	m/s
$v_m(z)$ =	31,21	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3} = 0,06$$

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	3,57	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,67	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	23,05	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$$

$K_s(n)$ =	0,13	
R^2 =	0,60	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,81	Hz

$$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\} = 3,69$$

$c_s c_d$ =	**1,08**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	46,97	1,60E+06	0,80	0,80	0,64
2	46,79	1,76E+06	0,80	0,80	0,63
3	46,45	2,05E+06	0,80	0,80	0,63
4	46,06	2,37E+06	0,80	0,80	0,63
5	45,82	2,55E+06	0,79	0,80	0,63
6	45,60	2,70E+06	0,79	0,80	0,63
7	45,30	2,90E+06	0,79	0,80	0,63
8	45,06	3,05E+06	0,79	0,80	0,63
9	44,69	3,26E+06	0,79	0,80	0,63
10	44,39	3,42E+06	0,79	0,80	0,63
11	44,11	3,56E+06	0,79	0,80	0,63
12	43,56	3,81E+06	0,79	0,80	0,63
13	42,99	4,04E+06	0,79	0,80	0,63
14	42,59	4,17E+06	0,79	0,80	0,63
15	42,31	4,26E+06	0,79	0,80	0,63
16	41,95	4,36E+06	0,79	0,80	0,62
17	41,53	4,47E+06	0,78	0,80	0,62
18	41,08	4,57E+06	0,78	0,80	0,62
19	40,60	4,66E+06	0,78	0,80	0,62
20	40,23	4,72E+06	0,78	0,80	0,62
21	39,67	4,80E+06	0,78	0,80	0,62
22	38,86	4,89E+06	0,78	0,80	0,62
23	38,16	4,93E+06	0,78	0,80	0,62
24	36,92	4,97E+06	0,78	0,80	0,62
25	34,74	4,93E+06	0,77	0,80	0,61
26	31,38	4,68E+06	0,77	0,80	0,61
27	30,93	4,84E+06	0,77	0,80	0,61

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	49,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - E en E2		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
Retourstroomgeleider	16,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	49,43	0,761
1e traverse - 380C1F1	41,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	32,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	24,00	0,000
Retourstroomgeleider	16,50	2,087

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	49,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
Retourstroomgeleider	16,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1247	86	1332	0,185	0,068	377	0,662
2	5536	342	5878	0,818	0,274	1612	0,707
3	8153	428	8581	1,196	0,342	2239	0,786
4	9523	428	9951	1,389	0,342	2477	0,869
5	1805	68	1873	0,237	0,054	412	0,916
6	10270	360	10630	1,344	0,288	2290	0,954
7	6609	214	6822	0,862	0,171	1431	1,004
8	6989	214	7203	0,910	0,171	1481	1,040
9	15120	428	15548	1,964	0,342	3107	1,090
10	2244	60	2304	0,291	0,048	451	1,126
11	14399	368	14766	1,864	0,294	2833	1,156
12	18165	428	18593	2,345	0,342	3440	1,207
13	16546	330	16876	1,940	0,264	2748	1,249
14	7851	150	8001	0,919	0,120	1272	1,272
15	9693	180	9873	1,133	0,144	1543	1,285
16	11896	214	12110	1,389	0,171	1852	1,300
17	12315	214	12528	1,436	0,171	1870	1,312
18	12733	214	12947	1,482	0,171	1883	1,321
19	13152	214	13366	1,529	0,171	1891	1,327
20	6424	90	6514	0,658	0,072	797	1,328
21	24841	338	25179	2,539	0,270	2983	1,326
22	16346	214	16560	1,667	0,171	1873	1,315
23	16822	214	17036	1,712	0,171	1850	1,298
24	35071	428	35499	3,559	0,342	3587	1,259
25	36974	428	37402	3,731	0,342	3318	1,164
26	38877	428	39305	3,890	0,342	2812	0,987
27	40780	428	41208	4,073	0,342	2851	1,000
	400386	7500	407886	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	55279

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2805	480	480	480	480
2	2 -- 3	3094	1947	1946	8084	2699
3	3 -- 4	3613				
4	4 -- 5	4190				
5	5 -- 6	4995				
6	6 -- 7	5315	16469	16461	27252	19474
7	7 -- 8	5745				
8	8 -- 9	6066				
9	9 -- 10	6547				
10	10 -- 11	6912				
11	11 -- 12	7232	16984	16977	27768	19990
12	12 -- 13	7829				
13	13 -- 14	9205				
14	14 -- 15	9601	9639	9639	9639	9639
15	15 -- 16	9873	17501	17494	28285	20507
16	16 -- 17	10198				
17	17 -- 18	10550				
18	18 -- 19	10903				
19	19 -- 20	11255				
20	20 -- 21	13028				
21	21 -- 22	13429	4038	4036	16332	5542
22	22 -- 23	13945				
23	23 -- 24	14346				
24	24 -- 25	14947				
25	25 -- 26	15748				
26	26 -- 27	16549				
27	27 -- 28	17351				
28			32331	32331	32331	32331

KEMA rapport - bijlage E - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2950 / 1800 , t = 80 mm ; G = 2694 kg
Flenzen op 25,0m : 2 * rond 1450 / 1135 , t = 80 mm ; G = 803 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 41m : 2 * rond 1112 / 842 , t = 20 mm ; G = 130 kg
Bevestigingsringen op 32,5m : 2 * rond 1435 / 1165 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 24m : 2 * rond 1758 / 1488 , t = 20 mm ; G = 216 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	662				
2	2 -- 3	707	27523	20498	48828	21586
3	3 -- 4	786				
4	4 -- 5	869				
5	5 -- 6	916				
6	6 -- 7	954	178146	157129	205096	149275
7	7 -- 8	1004				
8	8 -- 9	1040				
9	9 -- 10	1090				
10	10 -- 11	1126				
11	11 -- 12	1156	171597	156685	203328	148913
12	12 -- 13	1207				
13	13 -- 14	1249				
14	14 -- 15	1272				
15	15 -- 16	1285	163435	156167	201244	148493
16	16 -- 17	1300				
17	17 -- 18	1312				
18	18 -- 19	1321				
19	19 -- 20	1327				
20	20 -- 21	1328				
21	21 -- 22	1326	45093	41040	94488	43716
22	22 -- 23	1315				
23	23 -- 24	1298				
24	24 -- 25	1259				
25	25 -- 26	1164				
26	26 -- 27	987				
27	27 -- 28	1000				
28						

KEMA rapport - bijlage E2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

Opmerking:
De maximale horizontale belasting is gerekend met de vectoriele som van transversale en longitudinale belastingen.

$$F_{hor} = \{ F^2_{transver.} + F^2_{longit.} \}^{0,5}$$

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1059				
2	2 -- 3	1131	35966	23730	62867	26151
3	3 -- 4	1257				
4	4 -- 5	1391				
5	5 -- 6	1465				
6	6 -- 7	1527	227009	179009	252172	176658
7	7 -- 8	1606				
8	8 -- 9	1663				
9	9 -- 10	1744				
10	10 -- 11	1802				
11	11 -- 12	1850	217300	178238	249461	176052
12	12 -- 13	1931				
13	13 -- 14	1998				
14	14 -- 15	2035				
15	15 -- 16	2057	205011	177337	246252	175344
16	16 -- 17	2079				
17	17 -- 18	2100				
18	18 -- 19	2114				
19	19 -- 20	2123				
20	20 -- 21	2125				
21	21 -- 22	2121	56990	47009	120983	52586
22	22 -- 23	2103				
23	23 -- 24	2077				
24	24 -- 25	2014				
25	25 -- 26	1863				
26	26 -- 27	1579				
27	27 -- 28	1600				
28						

KEMA rapport - bijlage E - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	377		0	0,00E+00	2,21E-03	62
2	2 -- 3	1612		377	1,12E+05	2,21E-03	61
3	3 -- 4	2239		1989	2,86E+06	2,20E-03	56
4	4 -- 5	2477		4229	1,18E+07	2,15E-03	49
5	5 -- 6	412		6706	2,76E+07	2,06E-03	43
6	6 -- 7	2290		7118	3,07E+07	2,05E-03	42
7	7 -- 8	1431		9408	5,08E+07	1,96E-03	38
8	8 -- 9	1481		10839	6,54E+07	1,90E-03	35
9	9 -- 10	3107		12320	8,21E+07	1,83E-03	32
10	10 -- 11	451		15427	1,22E+08	1,69E-03	27
11	11 -- 12	2833		15878	1,28E+08	1,67E-03	26
12	12 -- 13	3440		18711	1,71E+08	1,54E-03	23
13	13 -- 14	2748		22151	2,30E+08	1,38E-03	18
14	14 -- 15	1272		24899	2,82E+08	1,27E-03	15
15	15 -- 16	1543		26171	3,08E+08	1,21E-03	14
16	16 -- 17	1852		27713	3,41E+08	1,15E-03	13
17	17 -- 18	1870		29565	3,82E+08	1,07E-03	11
18	18 -- 19	1883		31435	4,25E+08	9,93E-04	10
19	19 -- 20	1891		33318	4,72E+08	9,14E-04	8
20	20 -- 21	797		35209	5,21E+08	8,35E-04	7
21	21 -- 22	2983		36006	5,43E+08	8,05E-04	7
22	22 -- 23	1873		38988	6,27E+08	6,94E-04	5
23	23 -- 24	1850		40862	6,85E+08	6,24E-04	4
24	24 -- 25	3587		42712	7,44E+08	5,54E-04	3
25	25 -- 26	3318		46299	8,72E+08	4,13E-04	2
26	26 -- 27	2812		49617	1,01E+09	2,74E-04	1
27	27 -- 28	2851		52429	1,15E+09	1,36E-04	0
28				55279	1,31E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,54E-02	1005
2	2 -- 3		27523	27523	6,71E+04	3,54E-02	985
3	3 -- 4			27523	6,36E+07	3,51E-02	904
4	4 -- 5			27523	1,44E+08	3,44E-02	805
5	5 -- 6			27523	2,25E+08	3,36E-02	708
6	6 -- 7		178146	205669	2,38E+08	3,34E-02	693
7	7 -- 8			205669	7,36E+08	3,24E-02	614
8	8 -- 9			205669	1,03E+09	3,14E-02	569
9	9 -- 10			205669	1,33E+09	3,04E-02	524
10	10 -- 11			205669	1,92E+09	2,82E-02	441
11	11 -- 12		171597	377266	2,00E+09	2,78E-02	430
12	12 -- 13			377266	2,94E+09	2,57E-02	364
13	13 -- 14			377266	4,02E+09	2,29E-02	294
14	14 -- 15			377266	4,86E+09	2,09E-02	246
15	15 -- 16		163435	540701	5,24E+09	2,00E-02	226
16	16 -- 17			540701	5,89E+09	1,88E-02	202
17	17 -- 18			540701	6,67E+09	1,75E-02	177
18	18 -- 19			540701	7,44E+09	1,61E-02	153
19	19 -- 20			540701	8,22E+09	1,47E-02	131
20	20 -- 21			540701	8,99E+09	1,34E-02	111
21	21 -- 22		45093	585795	9,32E+09	1,29E-02	103
22	22 -- 23			585795	1,06E+10	1,10E-02	76
23	23 -- 24			585795	1,15E+10	9,78E-03	61
24	24 -- 25			585795	1,23E+10	8,61E-03	48
25	25 -- 26			585795	1,40E+10	6,32E-03	27
26	26 -- 27			585795	1,57E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			585795	1,73E+10	2,01E-03	3
28	28 -- 29			585795	1,90E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,07E-02	885
2	2 -- 3		20498	20498	5,82E+04	3,07E-02	868
3	3 -- 4			20498	4,74E+07	3,05E-02	798
4	4 -- 5			20498	1,07E+08	2,99E-02	711
5	5 -- 6			20498	1,68E+08	2,93E-02	627
6	6 -- 7		157129	177627	1,78E+08	2,92E-02	614
7	7 -- 8			177627	6,08E+08	2,84E-02	544
8	8 -- 9			177627	8,63E+08	2,76E-02	504
9	9 -- 10			177627	1,12E+09	2,67E-02	466
10	10 -- 11			177627	1,63E+09	2,48E-02	392
11	11 -- 12		156685	334312	1,70E+09	2,46E-02	382
12	12 -- 13			334312	2,53E+09	2,27E-02	324
13	13 -- 14			334312	3,49E+09	2,03E-02	263
14	14 -- 15			334312	4,23E+09	1,85E-02	220
15	15 -- 16		156167	490479	4,57E+09	1,77E-02	202
16	16 -- 17			490479	5,16E+09	1,68E-02	181
17	17 -- 18			490479	5,87E+09	1,56E-02	158
18	18 -- 19			490479	6,57E+09	1,44E-02	137
19	19 -- 20			490479	7,27E+09	1,32E-02	117
20	20 -- 21			490479	7,98E+09	1,19E-02	99
21	21 -- 22		41040	531518	8,27E+09	1,15E-02	92
22	22 -- 23			531518	9,47E+09	9,81E-03	68
23	23 -- 24			531518	1,02E+10	8,75E-03	55
24	24 -- 25			531518	1,10E+10	7,70E-03	43
25	25 -- 26			531518	1,25E+10	5,66E-03	24
26	26 -- 27			531518	1,40E+10	3,69E-03	10
27	27 -- 28			531518	1,56E+10	1,80E-03	3
28				531518	1,71E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,59E-02	1269
2	2 -- 3		48828	48828	8,71E+04	4,59E-02	1243
3	3 -- 4			48828	1,12E+08	4,54E-02	1139
4	4 -- 5			48828	2,54E+08	4,41E-02	1011
5	5 -- 6			48828	3,96E+08	4,26E-02	887
6	6 -- 7		205096	253924	4,19E+08	4,24E-02	868
7	7 -- 8			253924	1,03E+09	4,08E-02	768
8	8 -- 9			253924	1,40E+09	3,96E-02	710
9	9 -- 10			253924	1,76E+09	3,82E-02	655
10	10 -- 11			253924	2,50E+09	3,52E-02	550
11	11 -- 12		203328	457253	2,60E+09	3,48E-02	536
12	12 -- 13			457253	3,73E+09	3,20E-02	454
13	13 -- 14			457253	5,04E+09	2,85E-02	368
14	14 -- 15			457253	6,06E+09	2,60E-02	308
15	15 -- 16		201244	658497	6,52E+09	2,48E-02	282
16	16 -- 17			658497	7,32E+09	2,35E-02	253
17	17 -- 18			658497	8,26E+09	2,18E-02	221
18	18 -- 19			658497	9,21E+09	2,01E-02	191
19	19 -- 20			658497	1,02E+10	1,84E-02	164
20	20 -- 21			658497	1,11E+10	1,67E-02	139
21	21 -- 22		94488	752985	1,15E+10	1,61E-02	129
22	22 -- 23			752985	1,32E+10	1,37E-02	95
23	23 -- 24			752985	1,43E+10	1,22E-02	77
24	24 -- 25			752985	1,54E+10	1,08E-02	60
25	25 -- 26			752985	1,75E+10	7,93E-03	33
26	26 -- 27			752985	1,97E+10	5,18E-03	15
27	27 -- 28			752985	2,18E+10	2,53E-03	4
28				752985	2,40E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,98E-02	852
2	2 -- 3		21586	21586	5,64E+04	2,98E-02	835
3	3 -- 4			21586	4,99E+07	2,95E-02	768
4	4 -- 5			21586	1,13E+08	2,89E-02	684
5	5 -- 6			21586	1,77E+08	2,83E-02	603
6	6 -- 7		149275	170861	1,87E+08	2,82E-02	590
7	7 -- 8			170861	6,01E+08	2,73E-02	523
8	8 -- 9			170861	8,46E+08	2,66E-02	485
9	9 -- 10			170861	1,09E+09	2,57E-02	447
10	10 -- 11			170861	1,59E+09	2,39E-02	377
11	11 -- 12		148913	319775	1,65E+09	2,36E-02	367
12	12 -- 13			319775	2,44E+09	2,18E-02	311
13	13 -- 14			319775	3,36E+09	1,95E-02	252
14	14 -- 15			319775	4,07E+09	1,78E-02	211
15	15 -- 16		148493	468268	4,40E+09	1,70E-02	194
16	16 -- 17			468268	4,96E+09	1,61E-02	174
17	17 -- 18			468268	5,63E+09	1,50E-02	152
18	18 -- 19			468268	6,31E+09	1,38E-02	131
19	19 -- 20			468268	6,98E+09	1,26E-02	112
20	20 -- 21			468268	7,65E+09	1,15E-02	95
21	21 -- 22		43716	511984	7,93E+09	1,10E-02	88
22	22 -- 23			511984	9,09E+09	9,42E-03	65
23	23 -- 24			511984	9,82E+09	8,40E-03	53
24	24 -- 25			511984	1,06E+10	7,40E-03	41
25	25 -- 26			511984	1,20E+10	5,44E-03	23
26	26 -- 27			511984	1,35E+10	3,55E-03	10
27	27 -- 28			511984	1,49E+10	1,73E-03	3
28				511984	1,64E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,56E-05	1
2	2 -- 3				1,23E+06	4,56E-05	1
3	3 -- 4				1,23E+06	3,40E-05	0
4	4 -- 5				1,23E+06	2,52E-05	0
5	5 -- 6				1,23E+06	1,96E-05	0
6	6 -- 7				1,23E+06	1,90E-05	0
7	7 -- 8				1,23E+06	1,63E-05	0
8	8 -- 9				1,23E+06	1,50E-05	0
9	9 -- 10				1,23E+06	1,39E-05	0
10	10 -- 11				1,23E+06	1,22E-05	0
11	11 -- 12				1,23E+06	1,20E-05	0
12	12 -- 13				1,23E+06	1,09E-05	0
13	13 -- 14				1,23E+06	9,91E-06	0
14	14 -- 15				1,23E+06	9,35E-06	0
15	15 -- 16				1,23E+06	9,13E-06	0
16	16 -- 17				1,23E+06	8,88E-06	0
17	17 -- 18				1,23E+06	8,61E-06	0
18	18 -- 19				1,23E+06	8,38E-06	0
19	19 -- 20				1,23E+06	8,16E-06	0
20	20 -- 21				1,23E+06	7,96E-06	0
21	21 -- 22				8,26E+06	7,89E-06	0
22	22 -- 23				8,26E+06	6,32E-06	0
23	23 -- 24				8,26E+06	5,44E-06	0
24	24 -- 25				8,26E+06	4,63E-06	0
25	25 -- 26				8,26E+06	3,19E-06	0
26	26 -- 27				8,26E+06	1,97E-06	0
27	27 -- 28				8,26E+06	9,13E-07	0
28					8,26E+06	0,00E+00	0

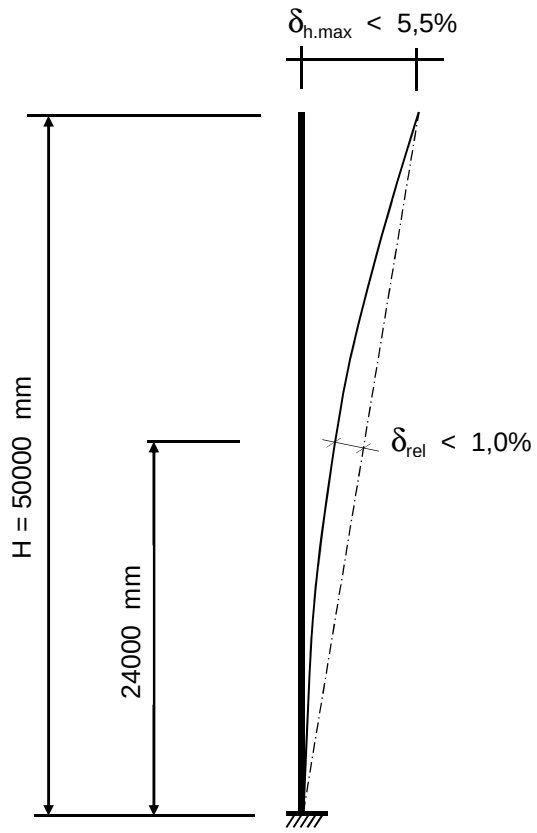
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	4,7E-02	1288
2	2 -- 3	4,7E-02	1262
3	3 -- 4	4,6E-02	1156
4	4 -- 5	4,5E-02	1026
5	5 -- 6	4,3E-02	900
6	6 -- 7	4,3E-02	881
7	7 -- 8	4,1E-02	779
8	8 -- 9	4,0E-02	721
9	9 -- 10	3,9E-02	665
10	10 -- 11	3,6E-02	559
11	11 -- 12	3,5E-02	544
12	12 -- 13	3,2E-02	461
13	13 -- 14	2,9E-02	373
14	14 -- 15	2,6E-02	312
15	15 -- 16	2,5E-02	287
16	16 -- 17	2,4E-02	257
17	17 -- 18	2,2E-02	224
18	18 -- 19	2,0E-02	194
19	19 -- 20	1,9E-02	166
20	20 -- 21	1,7E-02	141
21	21 -- 22	1,6E-02	131
22	22 -- 23	1,4E-02	97
23	23 -- 24	1,2E-02	78
24	24 -- 25	1,1E-02	61
25	25 -- 26	8,1E-03	34
26	26 -- 27	5,3E-03	15
27	27 -- 28	2,6E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1288 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 2,58 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 15 ; Hoogte = 24000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 287 mm
α = 1,48 graden

δ_{rel} = 332 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 0,66 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	566	480	0	0,00E+00	3,29E-03	92
2	2 -- 3	2418	4026	566	1,61E+05	3,28E-03	90
3	3 -- 4	3359	11080	2984	4,21E+06	3,27E-03	83
4	4 -- 5	3716	21376	6343	1,75E+07	3,20E-03	73
5	5 -- 6	618	33317	10059	4,09E+07	3,07E-03	65
6	6 -- 7	3435	52034	10677	4,55E+07	3,05E-03	63
7	7 -- 8	2146	64791	14112	7,53E+07	2,91E-03	56
8	8 -- 9	2222	72978	16258	9,69E+07	2,83E-03	52
9	9 -- 10	4661	81621	18480	1,22E+08	2,73E-03	48
10	10 -- 11	676	100279	23141	1,81E+08	2,52E-03	40
11	11 -- 12	4250	120028	23817	1,90E+08	2,49E-03	39
12	12 -- 13	5160	137748	28067	2,54E+08	2,30E-03	34
13	13 -- 14	4122	160059	33227	3,41E+08	2,06E-03	27
14	14 -- 15	1908	189949	37349	4,19E+08	1,89E-03	23
15	15 -- 16	2314	217051	39256	4,57E+08	1,81E-03	21
16	16 -- 17	2778	228898	41570	5,06E+08	1,71E-03	19
17	17 -- 18	2805	243430	44348	5,67E+08	1,59E-03	17
18	18 -- 19	2824	258464	47153	6,32E+08	1,48E-03	14
19	19 -- 20	2836	274001	49977	7,01E+08	1,36E-03	12
20	20 -- 21	1195	290040	52813	7,75E+08	1,24E-03	11
21	21 -- 22	4474	301895	54008	8,07E+08	1,20E-03	10
22	22 -- 23	2810	332109	58482	9,33E+08	1,03E-03	7
23	23 -- 24	2775	351982	61292	1,02E+09	9,30E-04	6
24	24 -- 25	5381	372425	64068	1,11E+09	8,25E-04	5
25	25 -- 26	4977	415023	69448	1,30E+09	6,16E-04	3
26	26 -- 27	4218	459906	74425	1,50E+09	4,09E-04	1
27	27 -- 28	4276	507072	78643	1,72E+09	2,03E-04	0
28			588852	82919	1,95E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,48E-02	1270
2	2 -- 3		35966	35966	0,00E+00	4,48E-02	1245
3	3 -- 4			35966	8,20E+07	4,45E-02	1143
4	4 -- 5			35966	1,85E+08	4,35E-02	1017
5	5 -- 6			35966	2,87E+08	4,24E-02	895
6	6 -- 7		227009	262975	3,03E+08	4,23E-02	876
7	7 -- 8			262975	9,34E+08	4,09E-02	775
8	8 -- 9			262975	1,31E+09	3,98E-02	718
9	9 -- 10			262975	1,68E+09	3,84E-02	662
10	10 -- 11			262975	2,43E+09	3,56E-02	556
11	11 -- 12		217300	480275	2,54E+09	3,52E-02	542
12	12 -- 13			480275	3,72E+09	3,24E-02	459
13	13 -- 14			480275	5,08E+09	2,89E-02	372
14	14 -- 15			480275	6,14E+09	2,64E-02	311
15	15 -- 16		205011	685286	6,62E+09	2,52E-02	285
16	16 -- 17			685286	7,44E+09	2,38E-02	256
17	17 -- 18			685286	8,42E+09	2,21E-02	223
18	18 -- 19			685286	9,40E+09	2,03E-02	193
19	19 -- 20			685286	1,04E+10	1,86E-02	165
20	20 -- 21			685286	1,13E+10	1,69E-02	140
21	21 -- 22		56990	742276	1,18E+10	1,62E-02	130
22	22 -- 23			742276	1,34E+10	1,38E-02	96
23	23 -- 24			742276	1,45E+10	1,23E-02	77
24	24 -- 25			742276	1,55E+10	1,09E-02	61
25	25 -- 26			742276	1,77E+10	7,97E-03	34
26	26 -- 27			742276	1,98E+10	5,20E-03	15
27	27 -- 28			742276	2,19E+10	2,54E-03	4
28				742276	2,40E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,48E-02	1001
2	2 -- 3		23730	23730	0,00E+00	3,48E-02	981
3	3 -- 4			23730	5,41E+07	3,45E-02	902
4	4 -- 5			23730	1,22E+08	3,39E-02	805
5	5 -- 6			23730	1,89E+08	3,32E-02	709
6	6 -- 7		179009	202739	2,00E+08	3,31E-02	694
7	7 -- 8			202739	6,87E+08	3,21E-02	616
8	8 -- 9			202739	9,76E+08	3,12E-02	571
9	9 -- 10			202739	1,26E+09	3,02E-02	527
10	10 -- 11			202739	1,84E+09	2,81E-02	443
11	11 -- 12		178238	380977	1,92E+09	2,78E-02	432
12	12 -- 13			380977	2,86E+09	2,57E-02	367
13	13 -- 14			380977	3,94E+09	2,30E-02	297
14	14 -- 15			380977	4,78E+09	2,10E-02	249
15	15 -- 16		177337	558314	5,16E+09	2,01E-02	228
16	16 -- 17			558314	5,83E+09	1,90E-02	205
17	17 -- 18			558314	6,63E+09	1,76E-02	179
18	18 -- 19			558314	7,42E+09	1,63E-02	154
19	19 -- 20			558314	8,22E+09	1,49E-02	132
20	20 -- 21			558314	9,01E+09	1,35E-02	112
21	21 -- 22		47009	605323	9,35E+09	1,30E-02	104
22	22 -- 23			605323	1,07E+10	1,11E-02	77
23	23 -- 24			605323	1,16E+10	9,90E-03	62
24	24 -- 25			605323	1,24E+10	8,72E-03	49
25	25 -- 26			605323	1,42E+10	6,41E-03	27
26	26 -- 27			605323	1,59E+10	4,18E-03	12
27	27 -- 28			605323	1,76E+10	2,04E-03	3
28				605323	1,93E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,67E-02	1561
2	2 -- 3		62867	62867	0,00E+00	5,67E-02	1529
3	3 -- 4			62867	1,43E+08	5,60E-02	1400
4	4 -- 5			62867	3,23E+08	5,44E-02	1242
5	5 -- 6			62867	5,02E+08	5,25E-02	1090
6	6 -- 7		252172	315039	5,30E+08	5,22E-02	1066
7	7 -- 8			315039	1,29E+09	5,02E-02	943
8	8 -- 9			315039	1,73E+09	4,86E-02	873
9	9 -- 10			315039	2,18E+09	4,69E-02	804
10	10 -- 11			315039	3,08E+09	4,33E-02	676
11	11 -- 12		249461	564499	3,21E+09	4,28E-02	658
12	12 -- 13			564499	4,59E+09	3,93E-02	558
13	13 -- 14			564499	6,20E+09	3,50E-02	451
14	14 -- 15			564499	7,44E+09	3,19E-02	378
15	15 -- 16		246252	810751	8,01E+09	3,05E-02	346
16	16 -- 17			810751	8,98E+09	2,88E-02	311
17	17 -- 18			810751	1,01E+10	2,67E-02	271
18	18 -- 19			810751	1,13E+10	2,47E-02	235
19	19 -- 20			810751	1,24E+10	2,26E-02	201
20	20 -- 21			810751	1,36E+10	2,05E-02	170
21	21 -- 22		120983	931735	1,41E+10	1,97E-02	158
22	22 -- 23			931735	1,62E+10	1,68E-02	117
23	23 -- 24			931735	1,75E+10	1,50E-02	94
24	24 -- 25			931735	1,88E+10	1,33E-02	74
25	25 -- 26			931735	2,15E+10	9,75E-03	41
26	26 -- 27			931735	2,41E+10	6,36E-03	18
27	27 -- 28			931735	2,68E+10	3,11E-03	5
28				931735	2,95E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,51E-02	1003
2	2 -- 3		26151	26151	0,00E+00	3,51E-02	983
3	3 -- 4			26151	5,96E+07	3,48E-02	904
4	4 -- 5			26151	1,34E+08	3,41E-02	805
5	5 -- 6			26151	2,09E+08	3,33E-02	709
6	6 -- 7		176658	202810	2,20E+08	3,32E-02	694
7	7 -- 8			202810	7,07E+08	3,22E-02	616
8	8 -- 9			202810	9,96E+08	3,13E-02	570
9	9 -- 10			202810	1,29E+09	3,03E-02	526
10	10 -- 11			202810	1,86E+09	2,81E-02	443
11	11 -- 12		176052	378861	1,94E+09	2,78E-02	432
12	12 -- 13			378861	2,87E+09	2,57E-02	366
13	13 -- 14			378861	3,95E+09	2,29E-02	297
14	14 -- 15			378861	4,79E+09	2,09E-02	248
15	15 -- 16		175344	554206	5,16E+09	2,00E-02	228
16	16 -- 17			554206	5,83E+09	1,89E-02	205
17	17 -- 18			554206	6,62E+09	1,76E-02	178
18	18 -- 19			554206	7,41E+09	1,62E-02	154
19	19 -- 20			554206	8,20E+09	1,49E-02	132
20	20 -- 21			554206	8,99E+09	1,35E-02	112
21	21 -- 22		52586	606791	9,32E+09	1,30E-02	104
22	22 -- 23			606791	1,07E+10	1,11E-02	77
23	23 -- 24			606791	1,16E+10	9,89E-03	62
24	24 -- 25			606791	1,24E+10	8,71E-03	49
25	25 -- 26			606791	1,41E+10	6,40E-03	27
26	26 -- 27			606791	1,59E+10	4,18E-03	12
27	27 -- 28			606791	1,76E+10	2,04E-03	3
28				606791	1,93E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,47E-05	1
2	2 -- 3				1,48E+06	5,47E-05	1
3	3 -- 4				1,48E+06	4,09E-05	1
4	4 -- 5				1,48E+06	3,02E-05	0
5	5 -- 6				1,48E+06	2,36E-05	0
6	6 -- 7				1,48E+06	2,28E-05	0
7	7 -- 8				1,48E+06	1,95E-05	0
8	8 -- 9				1,48E+06	1,80E-05	0
9	9 -- 10				1,48E+06	1,67E-05	0
10	10 -- 11				1,48E+06	1,46E-05	0
11	11 -- 12				1,48E+06	1,44E-05	0
12	12 -- 13				1,48E+06	1,31E-05	0
13	13 -- 14				1,48E+06	1,19E-05	0
14	14 -- 15				1,48E+06	1,12E-05	0
15	15 -- 16				1,48E+06	1,10E-05	0
16	16 -- 17				1,48E+06	1,07E-05	0
17	17 -- 18				1,48E+06	1,03E-05	0
18	18 -- 19				1,48E+06	1,01E-05	0
19	19 -- 20				1,48E+06	9,79E-06	0
20	20 -- 21				1,48E+06	9,55E-06	0
21	21 -- 22				9,91E+06	9,47E-06	0
22	22 -- 23				9,91E+06	7,59E-06	0
23	23 -- 24				9,91E+06	6,53E-06	0
24	24 -- 25				9,91E+06	5,55E-06	0
25	25 -- 26				9,91E+06	3,83E-06	0
26	26 -- 27				9,91E+06	2,36E-06	0
27	27 -- 28				9,91E+06	1,10E-06	0
28					9,91E+06	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	10,16	63,04	6,20
3	3 -- 4	17,22	63,76	150,75
4	4 -- 5	27,51	64,77	333,91
5	5 -- 6	39,45	65,88	520,09
6	6 -- 7	68,95	318,24	549,78
7	7 -- 8	81,71	319,27	1314,80
8	8 -- 9	89,90	319,92	1770,22
9	9 -- 10	98,54	320,58	2226,57
10	10 -- 11	117,20	321,98	3142,23
11	11 -- 12	147,73	571,64	3271,06
12	12 -- 13	165,45	572,92	4673,15
13	13 -- 14	187,76	574,47	6308,18
14	14 -- 15	217,65	575,70	7573,36
15	15 -- 16	255,54	822,53	8149,35
16	16 -- 17	267,39	823,22	9136,80
17	17 -- 18	281,92	824,06	10310,49
18	18 -- 19	296,95	824,90	11485,37
19	19 -- 20	312,49	825,74	12661,45
20	20 -- 21	328,53	826,60	13838,74
21	21 -- 22	352,68	947,94	14368,88
22	22 -- 23	382,89	949,28	16503,25
23	23 -- 24	402,76	950,12	17856,58
24	24 -- 25	423,21	950,95	19211,09
25	25 -- 26	465,81	952,57	21923,62
26	26 -- 27	510,69	954,06	24640,56
27	27 -- 28	557,85	955,33	27361,44
28		639,63	956,61	30085,96

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 825	6,20	10,16	27	6,5	1230,8	0,01
2	500 / 825	150,75	17,22	106	152,8	1698,6	0,09
3	500 / 825	333,91	27,51	130	339,6	2389,4	0,14
4	500 / 825	520,09	39,45	126	530,7	3197,9	0,17
5	825 / 1366	549,78	68,95	19	561,7	3680,5	0,16
6	825 / 1366	1314,80	81,71	102	1335,1	4552,8	0,30
7	825 / 1366	1770,22	89,90	58	1795,7	5114,6	0,36
8	825 / 1366	2226,57	98,54	56	2257,6	5709,1	0,40
9	825 / 1366	3142,23	117,20	106	3185,7	6996,3	0,46
10	825 / 1366	3271,06	147,73	14	3316,7	7187,4	0,47
11	825 / 1366	4673,15	165,45	83	4732,5	8414,2	0,57
12	825 / 1366	6308,18	187,76	88	6384,0	9963,0	0,65
13	1366 / 1750	7573,36	217,65	61	7662,5	12321,4	0,63
14	1366 / 1750	8149,35	255,54	26	8245,1	12990,9	0,64
15	1366 / 1750	9136,80	267,39	29	9240,4	13817,6	0,68
16	1366 / 1750	10310,49	281,92	33	10423,3	14832,4	0,71
17	1366 / 1750	11485,37	296,95	30	11607,2	15883,2	0,74
18	1366 / 1750	12661,45	312,49	28	12792,0	16970,0	0,76
19	1366 / 1750	13838,74	328,53	25	13977,6	18092,8	0,78
20	1750/ 2400	14368,88	352,68	10	14511,3	21002,1	0,70
21	1750/ 2400	16503,25	382,89	34	16658,7	23121,7	0,73
22	1750/ 2400	17856,58	402,76	19	18019,6	24516,8	0,74
23	1750/ 2400	19211,09	423,21	17	19381,2	25952,8	0,75
24	1750/ 2400	21923,62	465,81	27	22106,4	28947,4	0,77
25	1750/ 2400	24640,56	510,69	19	24833,0	32105,5	0,78
26	1750/ 2400	27361,44	557,85	11	27560,2	35427,1	0,79
27	1750/ 2400	30085,96	639,63	4	30287,1	38912,2	0,79

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a^2_y < d / t < 315\ a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a^2_y < d / t < 315\ a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
522	18,0	28,98	0,81	355	355
608	18,0	33,79	0,81	355	355
717	18,0	39,81	0,81	355	355
825	18,0	45,83	0,81	355	355
842	20,0	42,10	0,81	355	355
933	20,0	46,66	0,81	355	355
987	20,0	49,37	0,81	355	355
1042	20,0	52,08	0,81	355	355
1150	20,0	57,49	0,81	355	355
1165	20,0	58,25	0,81	355	355
1258	20,0	62,91	0,81	342	355
1366	20,0	68,32	0,81	323	355
1450	22,0	65,91	0,81	331	355
1488	22,0	67,64	0,81	325	355
1534	22,0	69,71	0,81	319	355
1588	22,0	72,17	0,81	312	355
1642	22,0	74,63	0,81	305	355
1696	22,0	77,09	0,81	299	355
1750	22,0	79,55	0,81	293	355
1773	25,0	70,92	0,81	315	355
1859	25,0	74,34	0,81	306	355
1913	25,0	76,51	0,81	300	355
1967	25,0	78,67	0,81	295	355
2075	25,0	83,00	0,81	285	355
2183	25,0	87,34	0,81	276	355
2292	25,0	91,67	0,81	268	355
2400	25,0	96,00	0,81	261	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 825	1,95	0,36	355	355	0,01
2	500 / 825	37,28	0,56	355	355	0,11
3	500 / 825	59,40	0,75	355	355	0,17
4	500 / 825	67,80	0,93	355	355	0,19
5	825 / 1366	55,34	1,35	355	355	0,16
6	825 / 1366	115,45	1,50	355	355	0,33
7	825 / 1366	131,99	1,52	355	355	0,38
8	825 / 1366	148,20	1,58	355	355	0,42
9	825 / 1366	178,48	1,73	355	355	0,51
10	825 / 1366	166,03	2,07	355	355	0,47
11	825 / 1366	215,70	2,21	355	342	0,61
12	825 / 1366	247,09	2,31	355	323	0,70
13	1366 / 1750	234,39	2,27	355	331	0,67
14	1366 / 1750	231,31	2,56	355	325	0,66
15	1366 / 1750	244,78	2,60	355	319	0,70
16	1366 / 1750	258,39	2,65	355	312	0,74
17	1366 / 1750	268,38	2,70	355	305	0,76
18	1366 / 1750	276,53	2,75	355	299	0,79
19	1366 / 1750	283,11	2,79	355	293	0,81
20	1750/ 2400	248,54	2,59	355	315	0,71
21	1750/ 2400	268,21	2,72	355	306	0,76
22	1750/ 2400	268,62	2,76	355	300	0,77
23	1750/ 2400	272,71	2,81	355	295	0,78
24	1750/ 2400	286,11	2,97	355	285	0,82
25	1750/ 2400	288,98	3,09	355	276	0,83
26	1750/ 2400	289,93	3,21	355	268	0,83
27	1750/ 2400	289,43	3,51	355	261	0,83

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

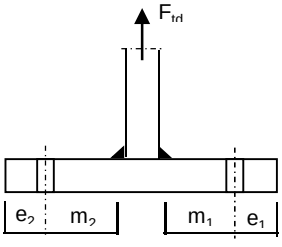
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

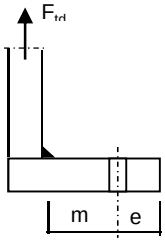
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

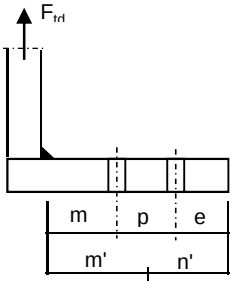
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = max. (m_1;m_2)$
$e = max. (e_1;e_2)$
$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	568,54	10,87	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1255,00					
1255,00	32	747,52	17,99	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,70

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN-EN 1993-1-8 ,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2710,00	2040,00	148,2	120,0	120,0			145,7
2710,00	2040,00	148,2	120,0	120,0			193,5
flenzen op 25,0 m hoogte.							
1255,00	1255,0	68,7	60,0	60,0			123,2
1255,00	1255,0	68,7	60,0	60,0			123,2

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	7,81E+07	2107,02	1341,37	1696,90	1341,37	1137,08	0,85
80	1,04E+08	2799,04	1532,57	1696,90	1532,57	1137,08	0,74
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	6,60E+07	1922,24	1007,47	1060,56	1007,47	747,52	0,74
80	6,60E+07	1922,24	1007,47	1060,56	1007,47	747,52	0,74
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	1,14	1,450	0,18	9,15

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	381	1,000		1,000			
2	374	0,981	1 -- 2	0,990	133	202	588,5
3	345	0,904	2 -- 3	0,942	588		257,8
4	308	0,808	3 -- 4	0,856	858		301,1
5	273	0,715	4 -- 5	0,762	995		349,2
6	267	0,700	5 -- 6	0,708	187	1372	3465,6
7	238	0,625	6 -- 7	0,663	1063		442,9
8	222	0,581	7 -- 8	0,603	682		478,8
9	206	0,539	8 -- 9	0,560	720		505,5
10	175	0,458	9 -- 10	0,499	1555		545,5
11	171	0,448	10 -- 11	0,453	230	1415	4114,1
12	146	0,383	11 -- 12	0,416	1477		602,7
13	120	0,315	12 -- 13	0,349	1859		652,4
14	102	0,266	13 -- 14	0,291	1688	803	1132,2
15	94	0,246	14 -- 15	0,256	800	1458	2258,3
16	85	0,222	15 -- 16	0,234	987		822,8
17	74	0,195	16 -- 17	0,208	1211		849,8
18	65	0,170	17 -- 18	0,183	1253		879,2
19	56	0,147	18 -- 19	0,158	1295		908,6
20	48	0,125	19 -- 20	0,136	1337		938,0
21	45	0,117	20 -- 21	0,121	651	337	1646,5
22	33	0,087	21 -- 22	0,102	2518		1119,1
23	27	0,071	22 -- 23	0,079	1656		1162,1
24	21	0,056	23 -- 24	0,064	1704		1195,5
25	12	0,032	24 -- 25	0,044	3550		1245,6
26	5	0,014	25 -- 26	0,023	3740		1312,3
27	1	0,004	26 -- 27	0,009	3930		1379,1
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	4121	2694	2391,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	589	0,990	0,570	0,56	329,00	0,56
2 -- 3	258	0,942	2,280	2,02	521,71	2,15
3 -- 4	301	0,856	2,850	2,09	628,46	2,44
4 -- 5	349	0,762	2,850	1,65	577,03	2,17
5 -- 6	3466	0,708	0,450	0,23	781,07	0,32
6 -- 7	443	0,663	2,400	1,05	466,87	1,59
7 -- 8	479	0,603	1,425	0,52	248,24	0,86
8 -- 9	505	0,560	1,425	0,45	226,15	0,80
9 -- 10	546	0,499	2,850	0,71	386,85	1,42
10 -- 11	4114	0,453	0,400	0,08	337,69	0,18
11 -- 12	603	0,416	2,450	0,42	254,95	1,02
12 -- 13	652	0,349	2,850	0,35	226,65	1,00
13 -- 14	1132	0,291	2,200	0,19	210,33	0,64
14 -- 15	2258	0,256	1,000	0,07	147,97	0,26
15 -- 16	823	0,234	1,200	0,07	53,91	0,28
16 -- 17	850	0,208	1,425	0,06	52,59	0,30
17 -- 18	879	0,183	1,425	0,05	41,73	0,26
18 -- 19	909	0,158	1,425	0,04	32,48	0,23
19 -- 20	938	0,136	1,425	0,03	24,74	0,19
20 -- 21	1647	0,121	0,600	0,01	14,48	0,07
21 -- 22	1119	0,102	2,250	0,02	26,28	0,23
22 -- 23	1162	0,079	1,425	0,01	10,41	0,11
23 -- 24	1195	0,064	1,425	0,01	6,91	0,09
24 -- 25	1246	0,044	2,850	0,01	6,90	0,13
25 -- 26	1312	0,023	2,850	0,00	1,99	0,07
26 -- 27	1379	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
27 -- 28	2391	0,002	2,850	0,00	0,02	0,01
		Σ	50,00	10,67	5615,73	17,39

m_e = 5615,7 / 10,7 = 526,2 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	526,2	0,030	1,25	1,450	12,0

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 12,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 17,39 / (4 * π * 10,67) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 9,15 / $15*10^{-6}$ = 8,8E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,43 / 17,39 = 0,43

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,083 * 0,130 * 0,43 * 0,2 = 0,028

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,028 = 0,041 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		204502	204502	0,00E+00	5,6E-02	1000
2	2 -- 3			204502	1,17E+08	5,6E-02	968
3	3 -- 4			204502	5,83E+08	5,2E-02	844
4	4 -- 5			204502	1,17E+09	4,6E-02	703
5	5 -- 6			204502	1,75E+09	4,0E-02	580
6	6 -- 7			204502	1,84E+09	3,9E-02	562
7	7 -- 8			204502	2,33E+09	3,4E-02	475
8	8 -- 9			204502	2,62E+09	3,1E-02	428
9	9 -- 10			204502	2,91E+09	2,9E-02	385
10	10 -- 11			204502	3,50E+09	2,5E-02	309
11	11 -- 12			204502	3,58E+09	2,4E-02	299
12	12 -- 13			204502	4,08E+09	2,1E-02	244
13	13 -- 14			204502	4,66E+09	1,7E-02	190
14	14 -- 15			204502	5,11E+09	1,5E-02	155
15	15 -- 16			204502	5,32E+09	1,4E-02	141
16	16 -- 17			204502	5,56E+09	1,3E-02	125
17	17 -- 18			204502	5,85E+09	1,2E-02	107
18	18 -- 19			204502	6,15E+09	1,0E-02	92
19	19 -- 20			204502	6,44E+09	9,4E-03	77
20	20 -- 21			204502	6,73E+09	8,3E-03	65
21	21 -- 22			204502	6,85E+09	7,9E-03	60
22	22 -- 23			204502	7,31E+09	6,6E-03	44
23	23 -- 24			204502	7,60E+09	5,8E-03	35
24	24 -- 25			204502	7,89E+09	5,0E-03	27
25	25 -- 26			204502	8,48E+09	3,6E-03	15
26	26 -- 27			204502	9,06E+09	2,3E-03	6
27	27 -- 28			204502	9,64E+09	1,1E-03	2
28	28 -- 29			204502	1,02E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	522	18,0	3466902	34	0,0413	2,8
2	608	18,0	4784830	122	0,0413	10,1
3	717	18,0	6730689	173	0,0413	14,3
4	825	18,0	9008164	194	0,0413	16,0
5	842	20,0	10367648	178	0,0413	14,7
6	933	20,0	12824815	182	0,0413	15,0
7	987	20,0	14407388	182	0,0413	15,0
8	1042	20,0	16082078	181	0,0413	15,0
9	1150	20,0	19707810	177	0,0413	14,6
10	1165	20,0	20246171	177	0,0413	14,6
11	1258	20,0	23702011	172	0,0413	14,2
12	1366	20,0	28064684	166	0,0413	13,7
13	1450	22,0	34708213	147	0,0413	12,2
14	1488	22,0	36593954	145	0,0413	12,0
15	1534	22,0	38922712	143	0,0413	11,8
16	1588	22,0	41781443	140	0,0413	11,6
17	1642	22,0	44741503	137	0,0413	11,3
18	1696	22,0	47802894	135	0,0413	11,1
19	1750	22,0	50965614	132	0,0413	10,9
20	1773	25,0	59160831	116	0,0413	9,6
21	1859	25,0	65131458	112	0,0413	9,3
22	1913	25,0	69061335	110	0,0413	9,1
23	1967	25,0	73106360	108	0,0413	8,9
24	2075	25,0	81541853	104	0,0413	8,6
25	2183	25,0	90437936	100	0,0413	8,3
26	2292	25,0	99794610	97	0,0413	8,0
27	2400	25,0	109611876	93	0,0413	7,7

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 1,14 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 9,15 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvindt

z_s = 45,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,14

$V_m(z)$ = 30,7 m/s

V_o = 30,7 * 20 / 100 = 6,14 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,14 * [9,15 / 6,14]^2 * \exp[-(9,15 / 6,14)^2]$ = 2,63E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

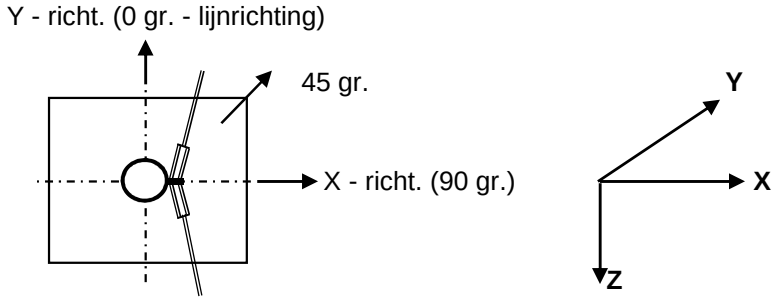
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	12,06	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
4	Lasnaad	17,15	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
5	Lasnaad	19,22	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
7	Lasnaad	18,00	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
9	Lasnaad	17,95	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
10	Lasnaad	17,57	46	25,30	1,000E+10	2,63E+08	0,03
12	Lasnaad	17,05	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
13	Lasnaad	16,45	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
14	flenzen	14,59	35	19,25	1,000E+10	2,63E+08	0,03
16	Lasnaad	14,15	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
18	Lasnaad	13,60	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
20	Lasnaad	13,07	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
22	Lasnaad	11,12	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
23	Lasnaad	10,90	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
24	Lasnaad	10,69	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
25	Lasnaad	10,30	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
26	Lasnaad	9,92	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
27	Lasnaad	9,57	45	24,75	1,000E+10	2,63E+08	0,03
28	voetplaat	9,24	35	19,25	1,000E+10	2,63E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			538			
2 - Windbelasting mast	88				2082	
3 - Belasting geval 1a	742		51		24018	
4 - Belasting geval 1b	605		51		19347	
5 - Belasting geval 3	932		101		29501	
6 - Belasting geval 4	607		62		19347	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	831		589		26099	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	622		589		19737	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	957		**640**		**30086**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	623		600		19737	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	25129	kNm	30086	kNm	30086	kNm
Dwarskracht	808	kN	957	kN	957	kN
Verticale kracht	491	kN	640	kN	442	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	568,54	10,87	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	475,36	9,18	28	M 48 - 8,8	848,45	0,56

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 568,5 kN

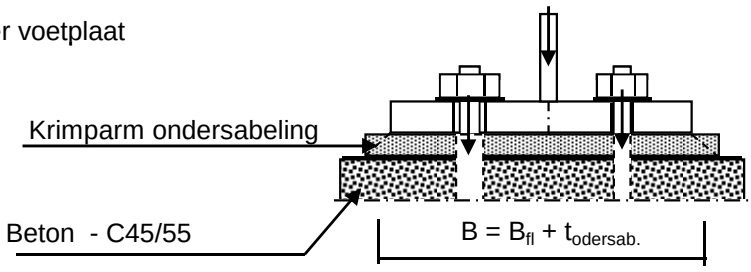
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 475,4 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 583,1 + 1,00 * 475,4 = 1058,4 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

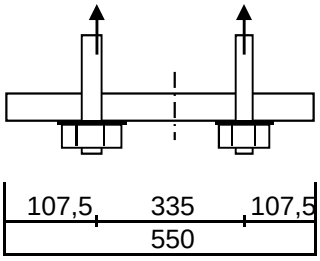
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	575,0	mm	D =	2375	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	615,0	mm			

A_{voetpl} = 615 * 2*π*D / n = 104288 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

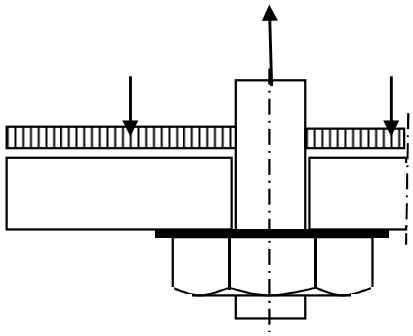


D = 2375 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 550 * 2*π*D / n = 93266 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 107,5 mm
L_{veld} = 335 mm

t = 35 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 70446 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2042 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 100582 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 100582 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2042 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) * 1,0 * t^2 * f_y$ = 108719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 7174 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 100582 / 108718,8 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 328,4 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2042 / 7174 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 58,3 N/mm^2

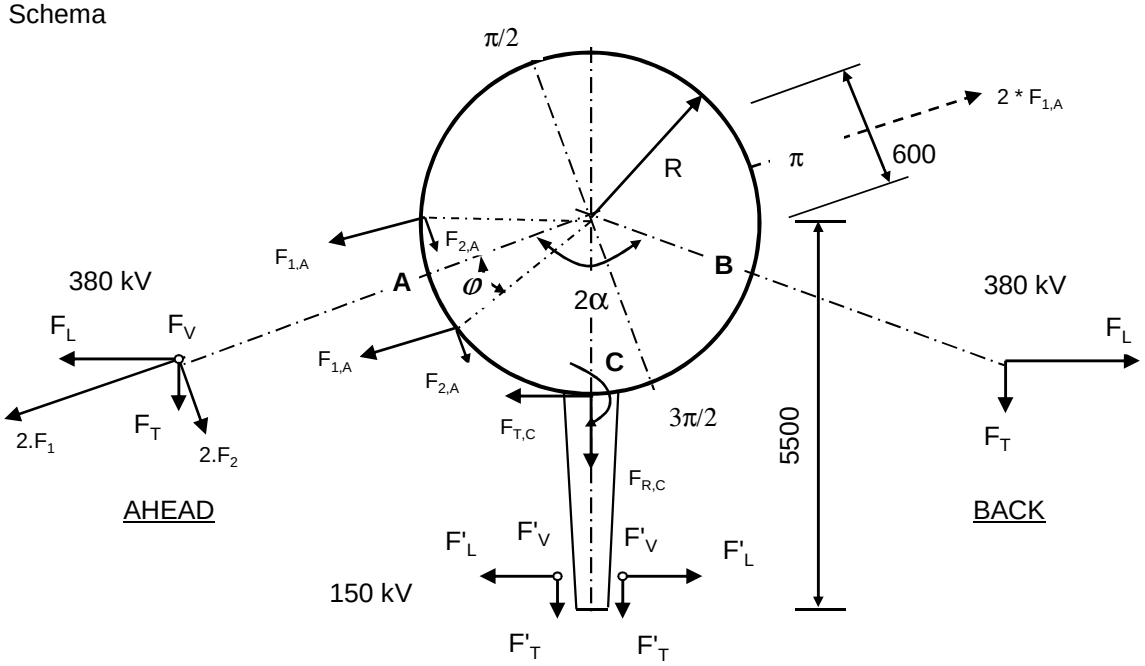
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (328,4^2 + 3*58,3^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 344 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\sin\alpha + F_{T,Ah}.\cos\alpha) / 4$; $F_{1;B} = 0$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\cos\alpha - F_{T,Ah}.\sin\alpha) / 4$; $F_{2;B} = 0$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = 0$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

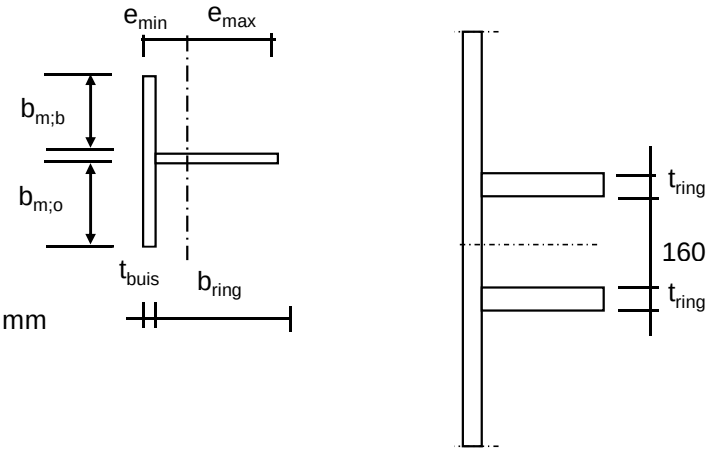
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

Opmerking:
In mast W2E350 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 41,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8918	mm^2
e_{min} =	33,5	mm
e_{max} =	121,5	mm
I =	15614845	mm^4
W_{min} =	128480	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4907	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 41,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix E
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	14915	115316	195538	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	117519	223114	0,0	0,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	65883	133920	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100822	212098	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 842 mm

R = 421,0 mm

Mast 38 : Lijnhoek = 2. α = 179,2 graden

Mast 154 : Lijnhoek = 2. α = 180 graden

Lijnhoek = 2. α = 179,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (421+80)) = 36,8 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	49,1	98,2	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	56,0	112,0	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	33,6	67,2	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,2	106,4	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	28,5					
	29,0					
	16,2					
	24,8					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

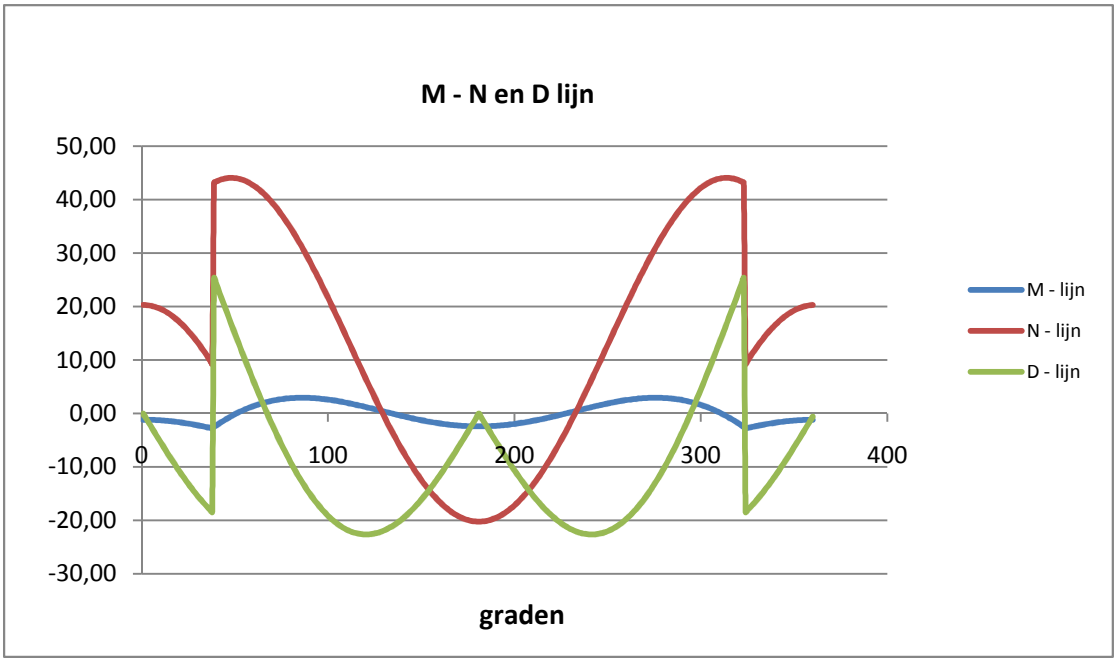
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-1,19	20,28	0,00	0,29	3,36
15,0	-1,48	18,38	-8,48	0,81	9,45
30,0	-2,29	12,89	-15,76	1,31	15,26
45,0	-0,98	44,03	18,83	2,45	28,57
60,0	1,47	42,46	5,36	1,23	14,39
75,0	2,70	36,79	-6,39	0,18	2,08
90,0	2,88	27,99	-15,36	0,62	7,29
105,0	2,25	17,28	-20,88	1,12	13,10
120,0	1,13	6,02	-22,64	1,30	15,15
135,0	-0,17	-4,44	-20,76	1,17	13,71
150,0	-1,34	-12,89	-15,76	0,81	9,45
165,0	-2,15	-18,38	-8,48	0,29	3,36
180,0	-2,44	-20,28	0,00	0,29	3,36
195,0	-2,15	-18,38	-8,48	0,81	9,45
210,0	-1,34	-12,89	-15,76	1,17	13,71
225,0	-0,17	-4,44	-20,76	1,30	15,15
240,0	1,13	6,02	-22,64	1,12	13,10
255,0	2,25	17,28	-20,88	0,62	7,29
270,0	2,88	27,99	-15,36	0,18	2,08
285,0	2,70	36,79	-6,39	1,23	14,39
300,0	1,47	42,46	5,36	2,45	28,57
315,0	-0,98	44,03	18,83	1,31	15,26
330,0	-2,29	12,89	-15,76	0,81	9,45
345,0	-1,48	18,38	-8,48	0,29	3,35
360,0	-1,19	20,27	-0,58	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	44,1	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	2,92	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$V_{Ed;max}$ =	25,3	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 44,08 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,9 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 2,92 / 30,4 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 22,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 25,34 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,4 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 31,20

V_{Ed} = 12,73

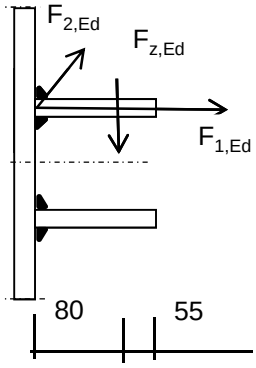
$\sigma_b + \sigma_N$ = 22,7 + 3,5 = 26,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 4,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 27 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	55,98	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	28,99	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	28,57	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 24,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 18,12 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 17,86 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 38,93 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 63,67 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 141,8 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	141,8	/	302,2	=	0,47	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	63,7	/	244,8	=	0,26	< 1,0 -- Voldoet

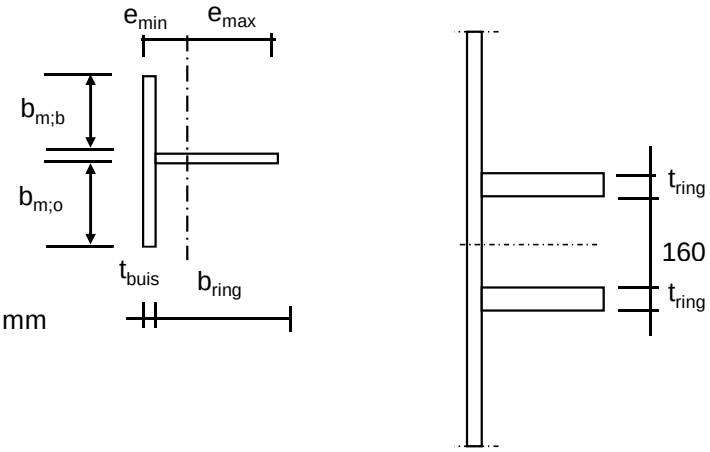
9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 20 mm
$t_{buis;reken}$ = 20 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 135 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 210,9 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 8918 mm^2
e_{min} = 33,5 mm
e_{max} = 121,5 mm

I = 15614845 mm^4
W_{min} = 128480 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 2111 kN
$M_{y;Rd}$ = 30 kNm
$M_{w;Rd}$ = 9583 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 32,5 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 41 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	14915	115316	195538	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	117519	223114	0,0	0,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	65883	133920	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100822	212098	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1165 mm

R = 582,5 mm

Mast 38 : Lijnhoek = 2. α = 179,2 graden

Mast 154 : Lijnhoek = 2. α = 180 graden

Lijnhoek = 2. α = 179,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) = 26,9 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	49,1	98,2	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	56,0	112,0	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	33,6	67,2	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,2	106,4	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	28,5					
	29,0					
	16,2					
	24,8					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

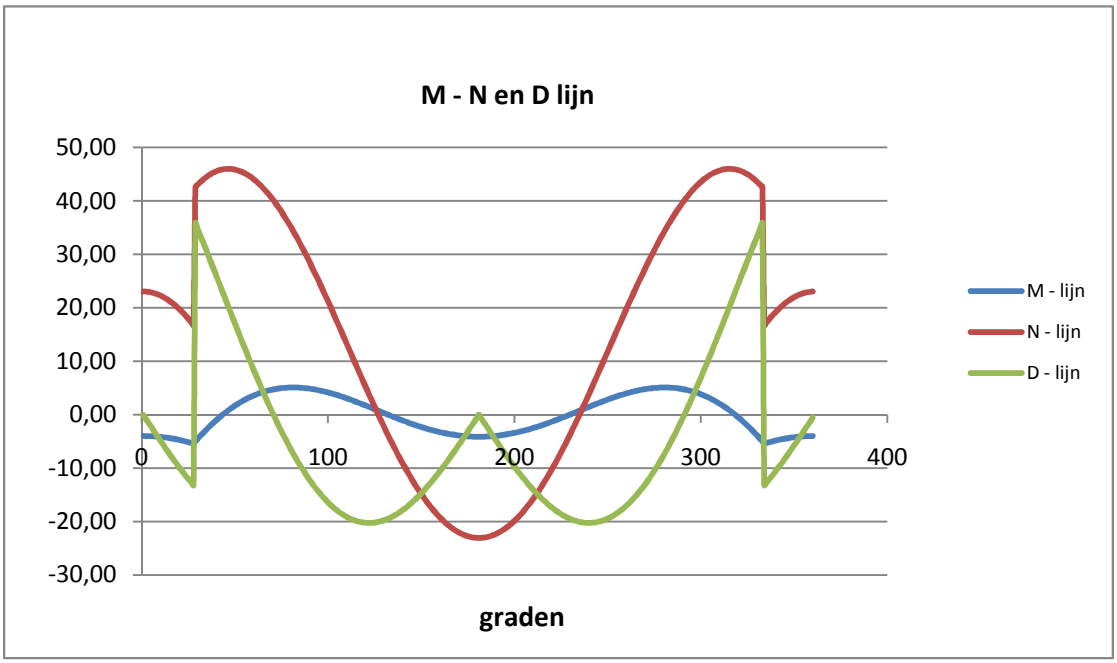
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-3,99	23,06	0,00	0,45	5,29
15,0	-4,45	21,06	-7,76	0,22	2,55
30,0	-4,23	43,29	34,11	4,87	56,86
45,0	0,64	45,99	20,79	3,05	35,61
60,0	3,69	43,85	7,76	1,31	15,34
75,0	5,01	37,51	-3,70	0,17	2,01
90,0	4,84	27,99	-12,58	1,28	14,98
105,0	3,55	16,56	-18,19	1,94	22,68
120,0	1,61	4,63	-20,23	2,13	24,87
135,0	-0,52	-6,41	-18,79	1,88	21,97
150,0	-2,40	-15,30	-14,37	1,28	14,96
165,0	-3,69	-21,06	-7,76	0,45	5,29
180,0	-4,14	-23,06	0,00	0,45	5,29
195,0	-3,69	-21,06	-7,76	1,28	14,96
210,0	-2,40	-15,30	-14,37	1,88	21,97
225,0	-0,52	-6,41	-18,79	2,13	24,87
240,0	1,61	4,63	-20,23	1,94	22,68
255,0	3,55	16,56	-18,19	1,28	14,98
270,0	4,84	27,99	-12,58	0,17	2,01
285,0	5,01	37,51	-3,70	1,31	15,34
300,0	3,69	43,85	7,76	3,05	35,61
315,0	0,64	45,99	20,79	4,87	56,86
330,0	-4,23	43,29	34,11	0,22	2,55
345,0	-4,45	21,06	-7,76	0,45	5,27
360,0	-4,00	23,05	-0,53	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	46,0	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	5,42	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$V_{Ed;max}$ =	35,8	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 46,00 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet
/ σ_N = 5,2 N/mm²

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 5,42 / 30,4 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet
/ σ_b = 42,2 N/mm²

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 35,83 / 369 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
/ τ_z = 13,3 N/mm²

Bij maximale moment : N_{Ed} = 16,73
V_{Ed} = 13,19

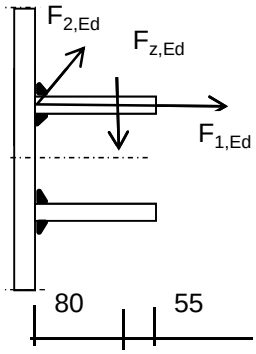
$\sigma_b + \sigma_N$ = 42,2 + 1,9 = 44,0 N/mm² < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 4,9 N/mm²

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 45 N/mm² < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	55,98	kN	
$F_{2,h,Ed}$ =	28,99	kN	
F_z =	12,85	kN	
$F_{Langs,Ed}$ =	56,86	kN	

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm
of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 24,7 N/mm²

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 18,12 N/mm²

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 35,53 N/mm²

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 38,93 N/mm²

$\sigma_1 = \tau_1$ = 63,67 N/mm²

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 157,6 N/mm²

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

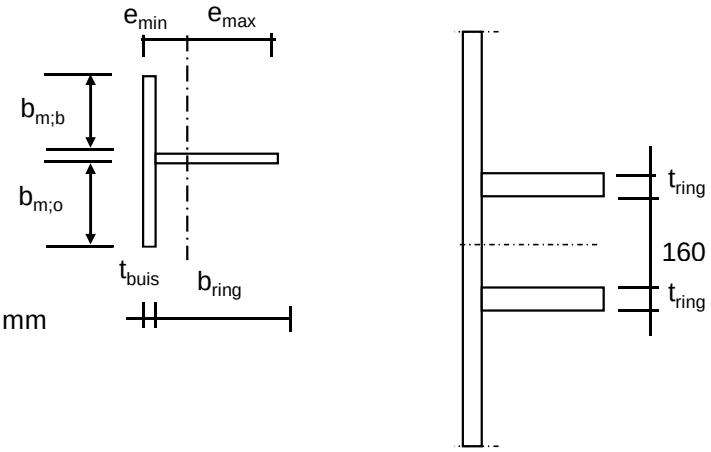
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 157,6 / 302,2 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 63,7 / 244,8 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 24,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	10004	mm^2
e_{min} =	32,2	mm
e_{max} =	124,8	mm
I =	16542576	mm^4
W_{min} =	132539	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm
$M_{w;Rd}$ =	17321	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 24,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 41 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	14915	115316	195538	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	117519	223114	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	65883	133920	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100822	212098	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1488 mm

R = 744,0 mm

Mast 38 : Lijnhoek = 2. α = 179,2 graden

Mast 154 : Lijnhoek = 2. α = 180 graden

Lijnhoek = 2. α = 179,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (744+80)) = 21,4 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	49,1	98,2	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	56,0	112,0	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	33,6	67,2	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,2	106,4	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	28,5					
	29,0					
	16,2					
	24,8					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

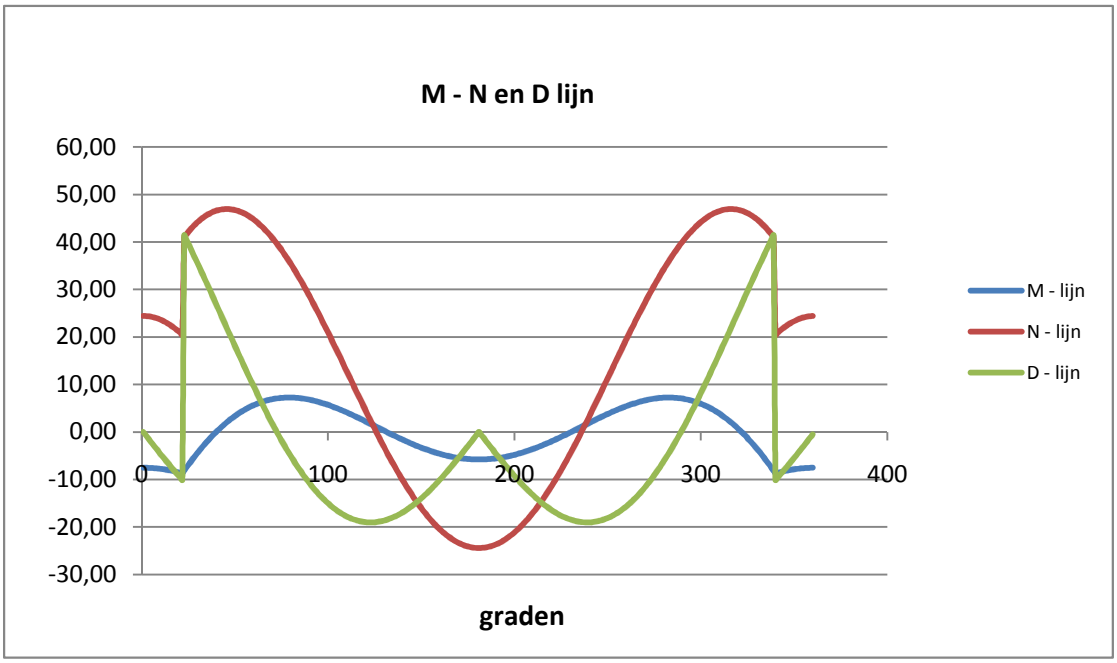
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-7,52	24,44	0,00	0,61	6,77
15,0	-8,14	22,40	-7,40	4,16	45,82
30,0	-3,98	44,49	34,80	6,06	66,74
45,0	2,08	46,97	21,77	3,68	40,59
60,0	5,76	44,54	8,96	1,43	15,76
75,0	7,19	37,87	-2,36	0,49	5,36
90,0	6,71	27,99	-11,20	1,91	21,00
105,0	4,80	16,21	-16,85	2,73	30,08
120,0	2,07	3,94	-19,03	2,94	32,34
135,0	-0,86	-7,39	-17,81	2,57	28,29
150,0	-3,43	-16,50	-13,68	1,74	19,17
165,0	-5,17	-22,40	-7,40	0,61	6,77
180,0	-5,79	-24,44	0,00	0,61	6,77
195,0	-5,17	-22,40	-7,40	1,74	19,17
210,0	-3,43	-16,50	-13,68	2,57	28,29
225,0	-0,86	-7,39	-17,81	2,94	32,34
240,0	2,07	3,94	-19,03	2,73	30,08
255,0	4,80	16,21	-16,85	1,91	21,00
270,0	6,71	27,99	-11,20	0,49	5,36
285,0	7,19	37,87	-2,36	1,43	15,76
300,0	5,76	44,54	8,96	3,68	40,59
315,0	2,08	46,97	21,77	6,06	66,74
330,0	-3,98	44,49	34,80	4,16	45,82
345,0	-8,14	22,40	-7,40	0,61	6,74
360,0	-7,53	24,43	-0,51	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S = 182250 \ mm^3$

$I = 16542576 \ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	47,0	kN	N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,71	kNm	M_{Rd} =	31	kNm
$V_{Ed;max}$ =	41,4	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 46,97 / 2367 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,71 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 65,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 41,37 / 369 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 15,3 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 20,48

V_{Ed} = 10,11

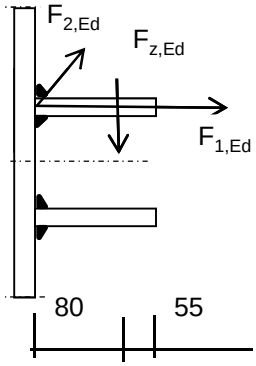
$\sigma_b + \sigma_N$ = 65,7 + 2,0 = 67,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 3,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 68 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	55,98	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	28,99	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	66,74	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 24,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 18,12 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 41,71 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 38,93 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 63,67 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 164,2 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

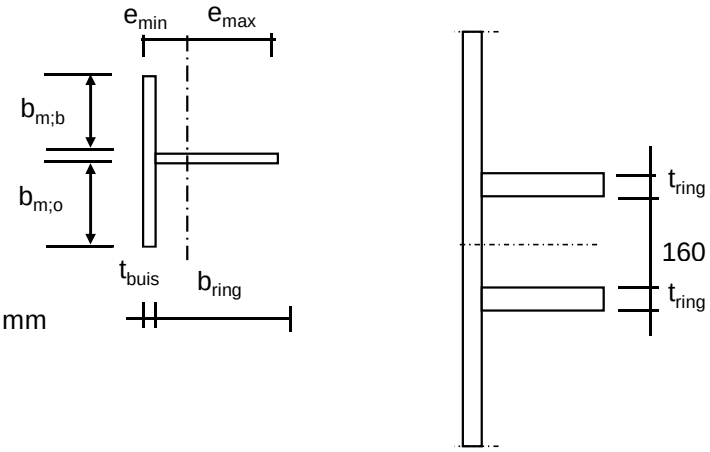
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	164,2	/	302,2	=	0,54	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	63,7	/	244,8	=	0,26	< 1,0 -- Voldoet

9.1.4 - Afspanpunt trekisolatoren op 44,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	18	mm
$t_{buis;reken}$ =	18	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm²

E = 210000,0 N/mm²

$b_{m;b}$ =	189,8	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	7316	mm^2
e_{min} =	26,7	mm
e_{max} =	96,3	mm
I =	7733172,9	mm^4
W_{min} =	80263	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1732	kN
$M_{y;Rd}$ =	19	kNm
$M_{w;Rd}$ =	3116	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 44,5 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 709 mm

R = 354,5 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (355+50)) = 47,9 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

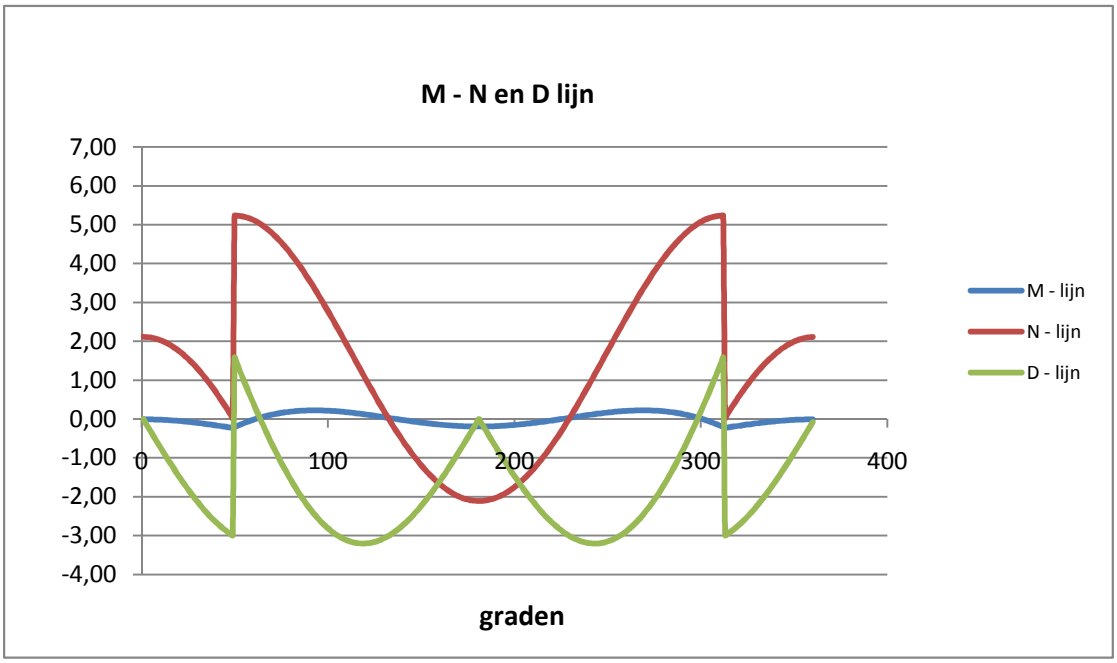
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,01	2,11	0,00	0,03	0,28
15,0	-0,03	1,89	-1,17	0,07	0,77
30,0	-0,10	1,25	-2,18	0,10	1,10
45,0	-0,20	0,26	-2,90	0,20	2,20
60,0	0,00	5,10	0,30	0,17	1,83
75,0	0,16	4,49	-1,21	0,06	0,64
90,0	0,22	3,50	-2,34	0,03	0,30
105,0	0,19	2,27	-3,02	0,08	0,90
120,0	0,11	0,96	-3,20	0,11	1,16
135,0	0,01	-0,26	-2,90	0,10	1,10
150,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,07	0,77
165,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,03	0,28
180,0	-0,19	-2,11	0,00	0,03	0,28
195,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,07	0,77
210,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,10	1,10
225,0	0,01	-0,26	-2,90	0,11	1,16
240,0	0,11	0,96	-3,20	0,08	0,90
255,0	0,19	2,27	-3,02	0,03	0,30
270,0	0,22	3,50	-2,34	0,06	0,64
285,0	0,16	4,49	-1,21	0,17	1,83
300,0	0,00	5,10	0,30	0,20	2,20
315,0	-0,20	0,26	-2,90	0,10	1,10
330,0	-0,10	1,25	-2,18	0,07	0,77
345,0	-0,03	1,89	-1,17	0,03	0,28
360,0	-0,01	2,11	-0,08	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 7733173 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,2	kN	N_{Rd} =	1732	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,22	kNm	M_{Rd} =	19	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,2	kN	V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,23 / 1732 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,22 / 19,0 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 2,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 3,20 / 287 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 0,03

V_{Ed} = 2,99

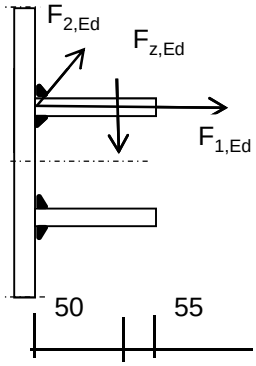
$\sigma_b + \sigma_N$ = 2,8 + 0,0 = 2,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 1,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	2,20	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,20 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 94,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

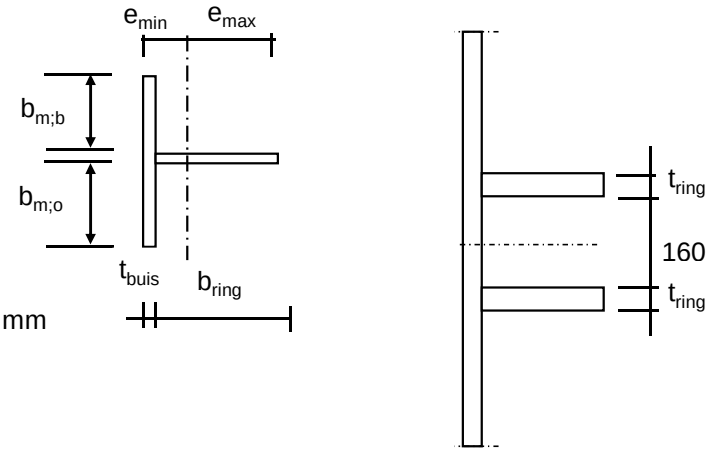
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	94,6	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Afspanpunt trekisolatoren op 36,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8318	mm^2
e_{min} =	25,8	mm
e_{max} =	99,2	mm
I =	8268707,8	mm^4
W_{min} =	83337	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y;Rd}$ =	20	kNm
$M_{w;Rd}$ =	7470	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 36,0 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1032 mm

R = 516,0 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (516+50)) = 32,0 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

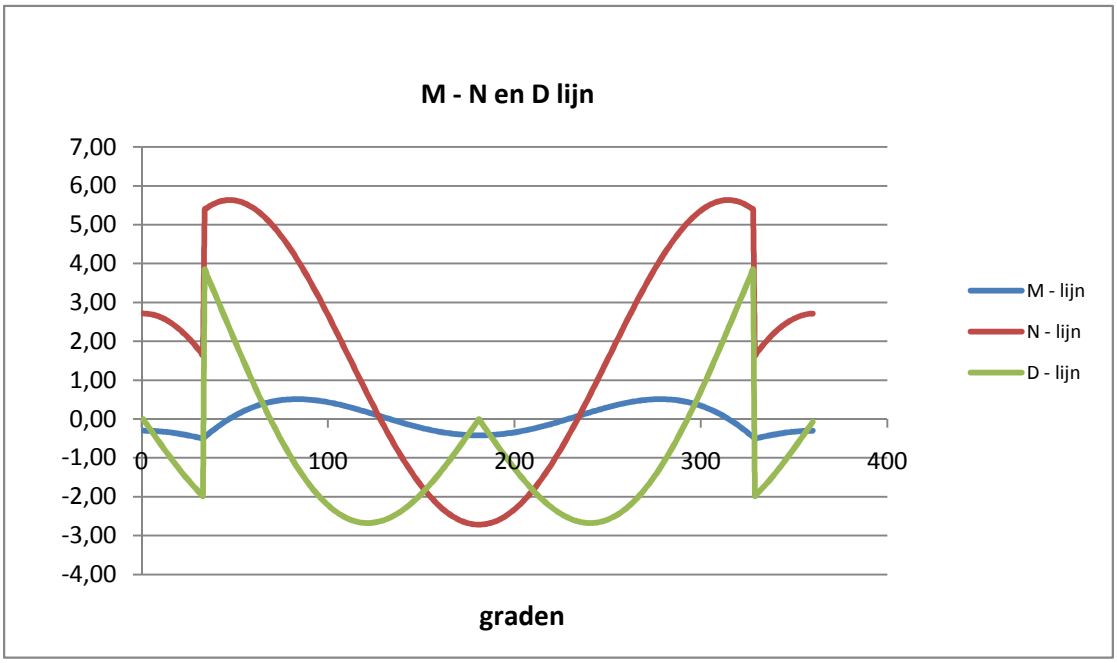
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,30	2,72	0,00	0,05	0,52
15,0	-0,35	2,47	-1,01	0,13	1,47
30,0	-0,48	1,77	-1,88	0,45	4,90
45,0	-0,03	5,63	2,48	0,36	3,92
60,0	0,32	5,40	0,83	0,17	1,83
75,0	0,49	4,65	-0,62	0,00	0,03
90,0	0,49	3,50	-1,74	0,12	1,32
105,0	0,37	2,11	-2,44	0,19	2,14
120,0	0,18	0,66	-2,67	0,22	2,40
135,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,19	2,15
150,0	-0,24	-1,77	-1,88	0,13	1,47
165,0	-0,37	-2,47	-1,01	0,05	0,52
180,0	-0,42	-2,72	0,00	0,05	0,52
195,0	-0,37	-2,47	-1,01	0,13	1,47
210,0	-0,24	-1,77	-1,88	0,19	2,15
225,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,22	2,40
240,0	0,18	0,66	-2,67	0,19	2,14
255,0	0,37	2,11	-2,44	0,12	1,32
270,0	0,49	3,50	-1,74	0,00	0,03
285,0	0,49	4,65	-0,62	0,17	1,83
300,0	0,32	5,40	0,83	0,36	3,92
315,0	-0,03	5,63	2,48	0,45	4,90
330,0	-0,48	1,77	-1,88	0,13	1,47
345,0	-0,35	2,47	-1,01	0,05	0,52
360,0	-0,30	2,72	-0,07	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 8268708 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,6	kN		N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,51	kNm		M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,8	kN		V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,64 / 1969 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,51 / 19,7 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 6,1 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 3,85 / 287 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 4,08

V_{Ed} = 1,27

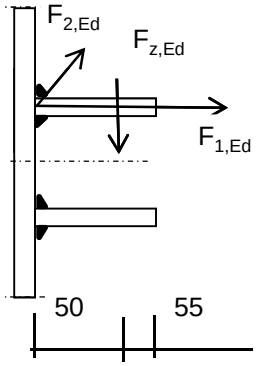
$\sigma_b + \sigma_N$ = 6,1 + 0,5 = 6,6 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	4,90	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 4,90 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,1 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

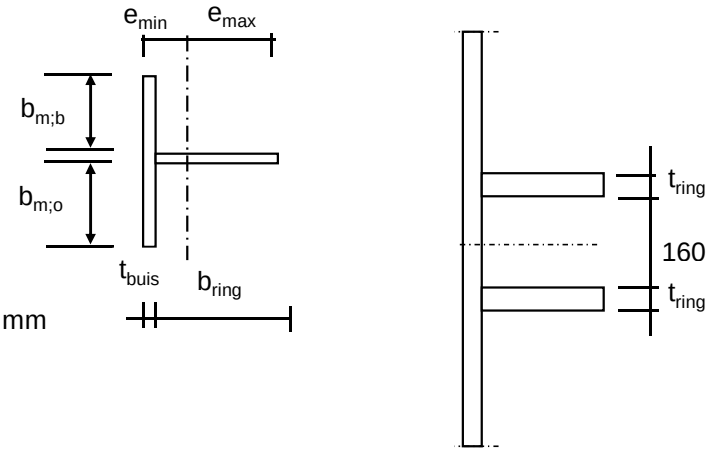
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,1	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.6 - Afspanpunt trekisolatoren op 28,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8318	mm^2
e_{min} =	25,8	mm
e_{max} =	99,2	mm
I =	8268707,8	mm^4
W_{min} =	83337	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y;Rd}$ =	20	kNm
$M_{w;Rd}$ =	12687	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 28,0 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1336 mm

R = 668,0 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (668+50)) = 24,7 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

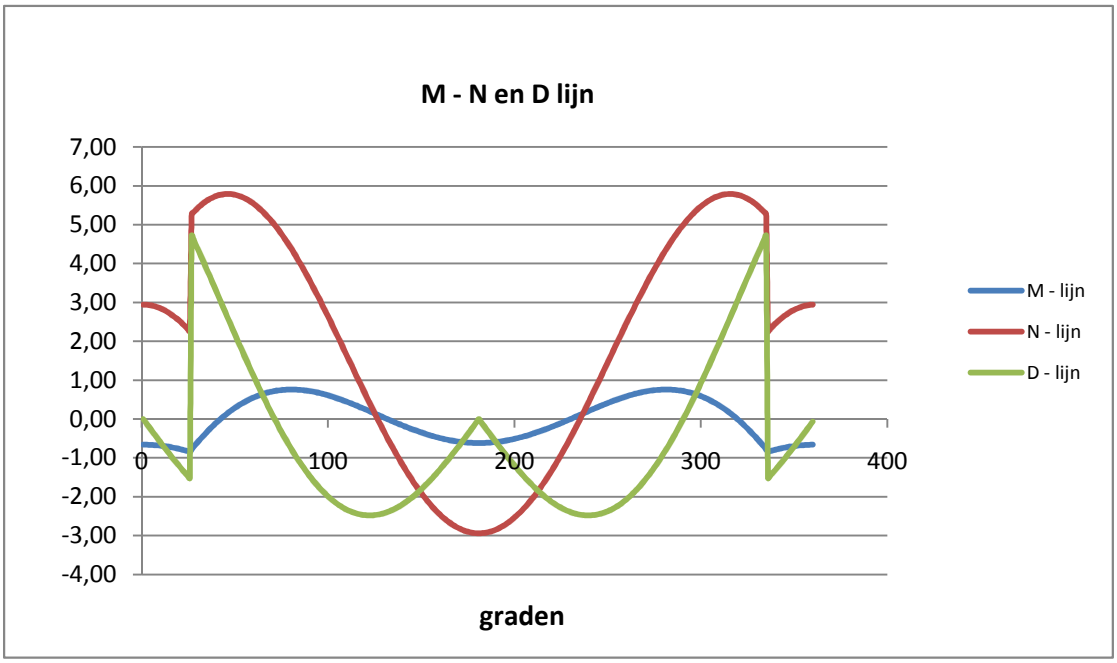
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,66	2,94	0,00	0,07	0,73
15,0	-0,72	2,69	-0,95	0,17	1,92
30,0	-0,55	5,47	4,30	0,69	7,62
45,0	0,14	5,79	2,64	0,43	4,73
60,0	0,57	5,51	1,02	0,18	1,97
75,0	0,75	4,71	-0,40	0,04	0,39
90,0	0,71	3,50	-1,51	0,19	2,14
105,0	0,52	2,06	-2,22	0,29	3,18
120,0	0,23	0,55	-2,48	0,31	3,46
135,0	-0,08	-0,84	-2,31	0,28	3,05
150,0	-0,36	-1,97	-1,77	0,19	2,07
165,0	-0,55	-2,69	-0,95	0,07	0,73
180,0	-0,61	-2,94	0,00	0,07	0,73
195,0	-0,55	-2,69	-0,95	0,19	2,07
210,0	-0,36	-1,97	-1,77	0,28	3,05
225,0	-0,08	-0,84	-2,31	0,31	3,46
240,0	0,23	0,55	-2,48	0,29	3,18
255,0	0,52	2,06	-2,22	0,19	2,14
270,0	0,71	3,50	-1,51	0,04	0,39
285,0	0,75	4,71	-0,40	0,18	1,97
300,0	0,57	5,51	1,02	0,43	4,73
315,0	0,14	5,79	2,64	0,69	7,62
330,0	-0,55	5,47	4,30	0,17	1,92
345,0	-0,72	2,69	-0,95	0,07	0,73
360,0	-0,66	2,94	-0,07	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 8268708 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,8	kN		N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,84	kNm		M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	4,7	kN		V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,79 / 1969 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,84 / 19,7 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 10,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 4,72 / 287 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 2,26

V_{Ed} = 1,52

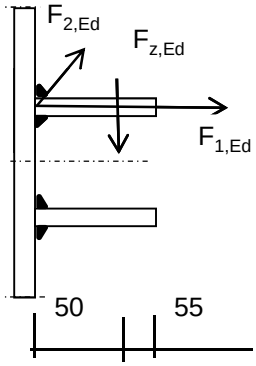
$\sigma_b + \sigma_N$ = 10,0 + 0,3 = 10,3 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 10 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	7,62	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 7,62 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,8 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

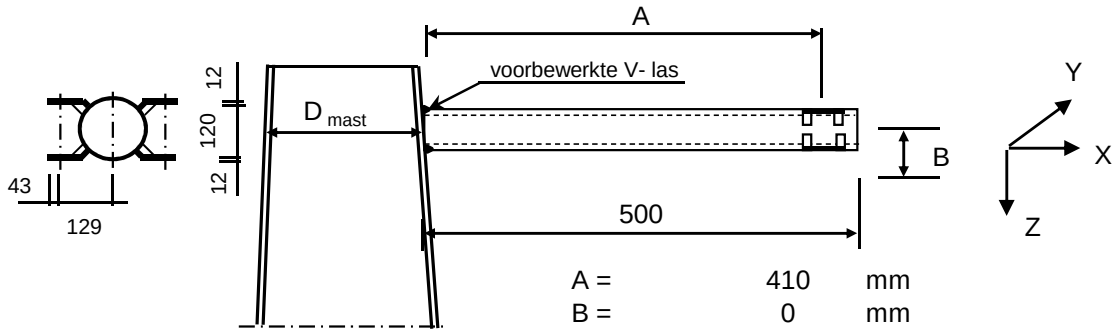
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,8	/	302,2	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	522	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	49,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix E

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	18647	30755	1948	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30149	55166	8085	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	8898	17769	1947	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25106	52489	8083	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	19589	32082	1948	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	30705	55645	8085	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	18,647	30,755	1,948	0,00	0,80	12,61
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30,149	55,166	8,085	0,00	3,31	22,62
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,898	17,769	1,947	0,00	0,80	7,29
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25,106	52,489	8,083	0,00	3,31	21,52
BG 1a - (+wind (-45 gr))	19,589	32,082	1,948	0,00	0,80	13,15
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	30,705	55,645	8,085	0,00	3,31	22,81

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$
$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$
$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,31	/	36	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		21,5	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	22,81	/	36	=	0,63	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		148,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	30,71	/	953	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,6	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	8,09	/	275	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		4,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	55,65	/	275	=	0,20	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		27,6	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 157 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 164 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	521,7	18,0	28481	S355	355	3466902
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 10,16 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 6,20 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,004

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,31 / 69,7 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,1 kNm

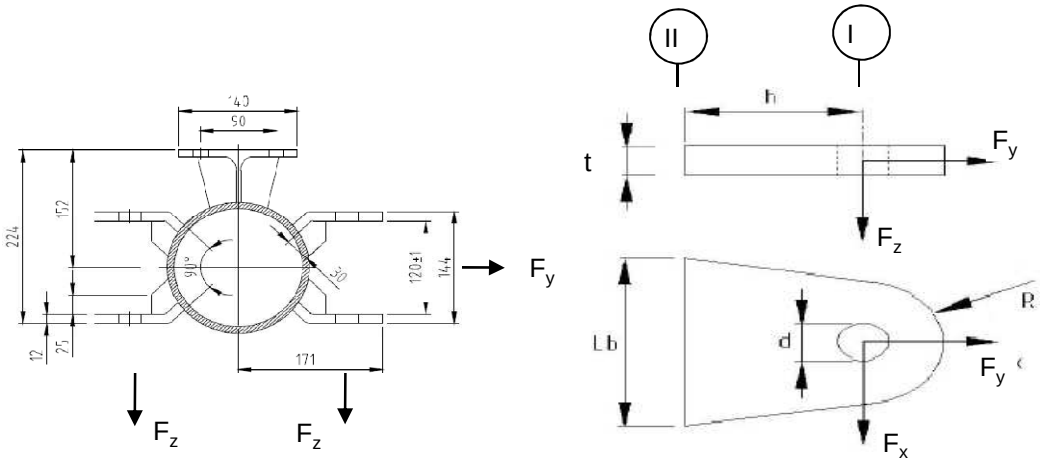
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 22,81 / 47,1 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	18,65	30,76	1,95
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30,15	55,17	8,09
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,90	17,77	1,95
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25,11	52,49	8,08
BG 1a - (+wind (-45 gr))	19,59	32,08	1,95
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	**30,71**	**55,65**	**8,09**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**15,35**	**27,82**	**8,09**

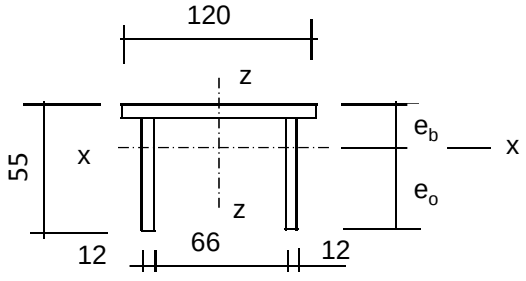
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 27,9 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 41 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	27,82	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,00	kNm
$V_{z,Ed}$ =	8,09	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,53	kNm
$V_{x,Ed}$ =	15,35	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,82	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,3	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,00	/	10,5	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		22,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,53	/	4,0	=	0,13	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		31,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	8,09	/	141	/	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,8	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	15,35	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 64,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 69 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

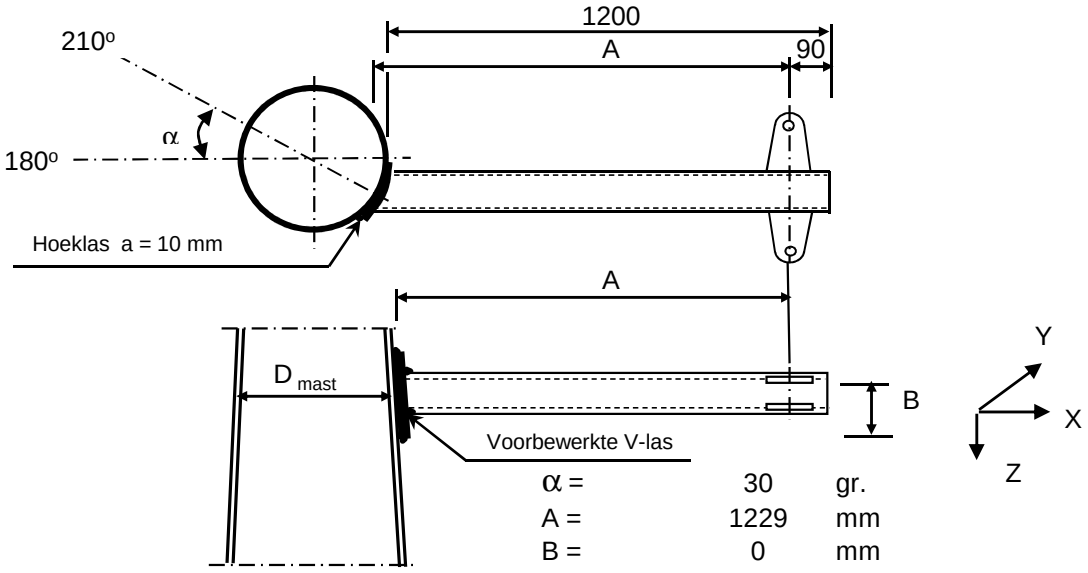
$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		55,1	N/mm^2
τ_1 =		55,1	N/mm^2
τ_2 =	0	12,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	112,4	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 112,4 / 302,2 = 0,37 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 55,1 / 244,8 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1229	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1773	mm
t_{mast} =	25	mm
Hoogte :	16,5	m

Buisgegevens

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10013	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2370	kN
$W_y = W_z$ =	9,78E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	231,5	kNm
W_x =	1,96E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	231,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	267,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	684,1	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix E

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	28471	49369	4040	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	55676	107411	16333	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	17701	36296	4038	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50153	105847	16332	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	29632	50982	4040	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	56264	107772	16333	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	28,471	49,369	4,04	0,00	4,96	60,66
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	55,676	107,411	16,333	0,00	20,07	131,98
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,701	36,296	4,038	0,00	4,96	44,60
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50,153	105,847	16,332	0,00	20,07	130,06
BG 1a - (+wind (-45 gr))	29,632	50,982	4,04	0,00	4,96	62,65
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	56,264	107,772	16,333	0,00	20,07	132,43

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 20,07 / 231 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 20,5 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 132,43 / 231 = 0,57 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 135,4 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 56,26 / 2370 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,6 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 16,33 / 684 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 3,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 107,77 / 684 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 21,5 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 143 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 147 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

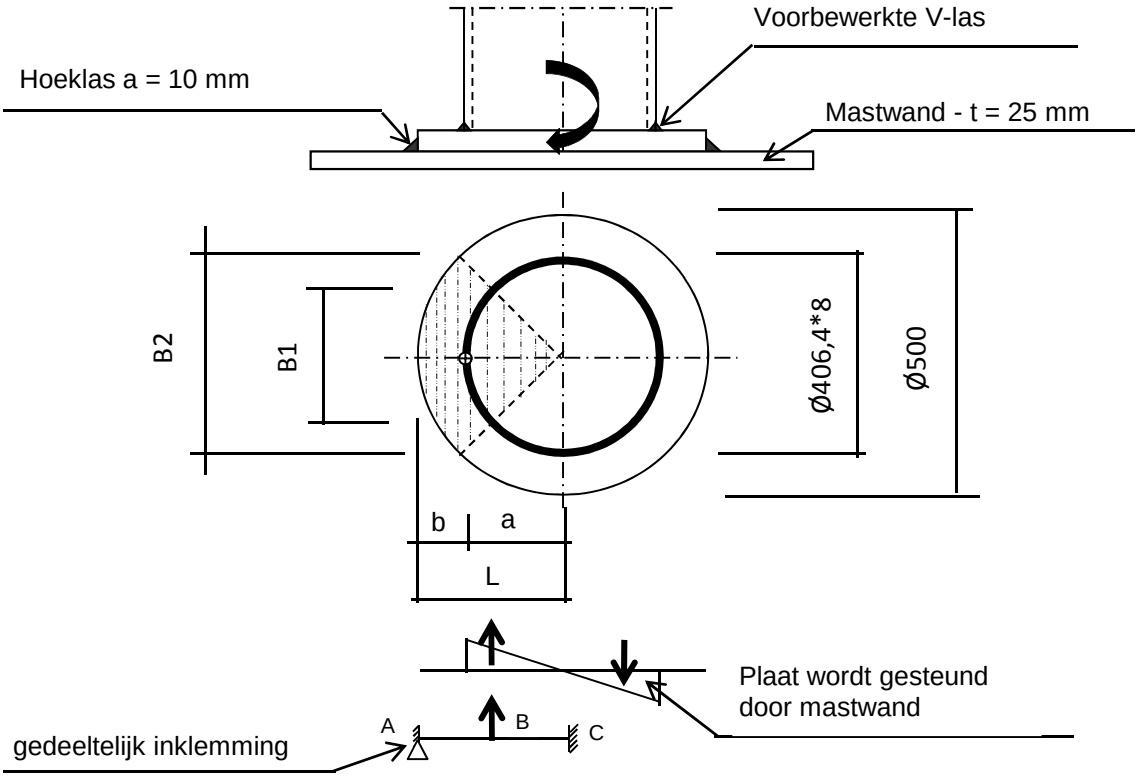
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 406,4*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 500 * 25 - S355

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ; A = 10013 mm^2
W = 978046 mm^3
I = 198738928 mm^4
R = 203 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 133,9 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 292,6 kN

a = R_{buis} = 203,2
b = R_{pl} - a = 46,8

B1 = 287,4 mm ; Boog B1 = 319 mm
B2 = 353,6 mm ; Boog B2 = 393 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 9,89 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 211,4 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 9,05 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,39 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 265,7 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 9,0 * 40,0% = 3,62 kNm

$M_{B;Ed}$ = 9,9 * 60,0% + 3,4 * 40,0% = 7,29 kNm

$R_{A;Ed}$ = 211,4 * 60,0% + 265,7 * 40,0% = 233,1 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 14,52 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 11,80 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 3,62 / 14,52 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 59,0 N/mm²

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 7,29 / 11,80 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 146,2 N/mm²

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 233,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 23,7 N/mm²

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 29,2 N/mm²

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 154,7 N/mm²

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm² en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm² $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm²

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 104,3 N/mm²

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 42,0 N/mm²

$\sigma_{1,max}$ =	104,3	+	42,0	=		146,2	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	104,3	-	42,0	=		62,3	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		181,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	181,7	/	302,2	=	0,60	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	146,2	/	244,8	=	0,60	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1773,0	25,0	137288	S355	355	59160831
Plaat	500,0		196350	S355	355	12271846

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,28

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 35,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 352,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14368,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,69 of n_p = -0,677

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 391,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 854,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,07 / 391,0 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 168,0 kNm

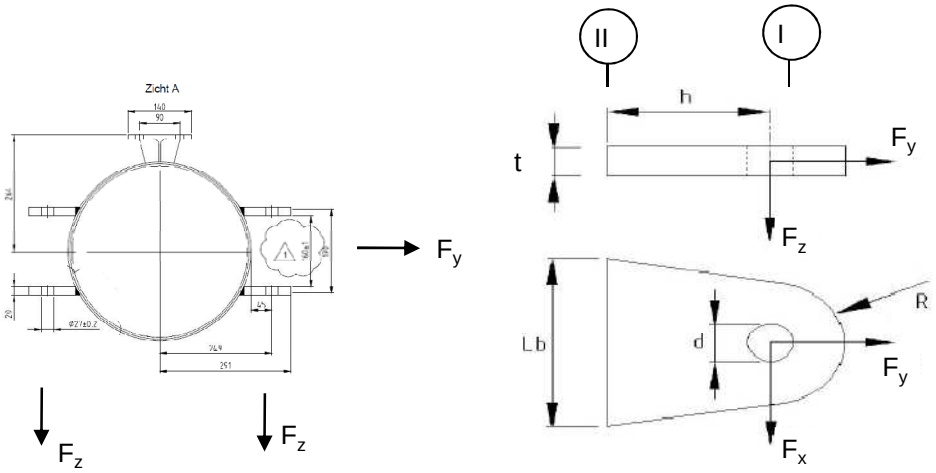
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 854,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 132,43 / 168,0 = 0,79 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	28,47	49,37	4,04
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	55,68	107,41	16,33
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,70	36,30	4,04
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50,15	105,85	16,33
BG 1a - (+wind (-45 gr))	29,63	50,98	4,04
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	**56,26**	**107,77**	**16,33**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**28,13**	**53,89**	**16,33**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 54,5 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd} = W_x * f_y$ =	2,2 kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	53,89	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	2,11	kNm
$V_{z,Ed}$ =	16,33	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	1,22	kNm
$V_{x,Ed}$ =	28,13	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	53,89	/	663	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,11	/	15,5	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		32,3	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,22	/	2,2	=	0,55	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		131,2	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	16,33	/	383	/	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		5,8	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	28,13	/	383	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 182,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 184 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

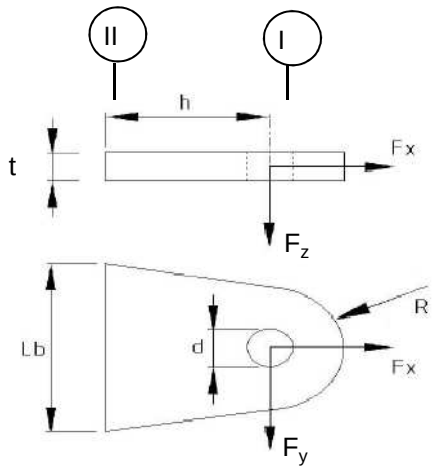
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2381,0	25,0	185040	S355	355	107856234
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 639,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 30086,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,80 of $n_p =$ -0,776

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 427,6 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 427,6 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 47,0 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 47,0 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

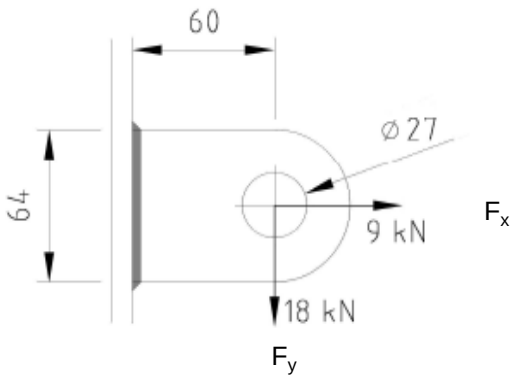
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
49,43 - 47,93 - 40,8 - 38,3 - 32,3 - 29,8 - 23,8 - 21,3 - 44,3 - 41,8 - 35,8 - 33,3 - 27,8 - 25,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN

N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,00	/	303	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	1,08	/	3	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		79,1	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	18,00	/	175	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		14,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 21.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1591	22,0	108414	S355	355	41934709
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 281,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 10310,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,70 of $n_p =$ -0,685

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,64

$N_{1,Rd} =$ 372,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 372,0 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 23,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 23,8 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

Clip op 41,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811,6	18,0	44877	S355	355	8710612
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,08 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,08

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 39,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 520,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,17 of $n_p =$ -0,166

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,94

$N_{1,Rd} =$ 367,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 367,5 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 23,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 23,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

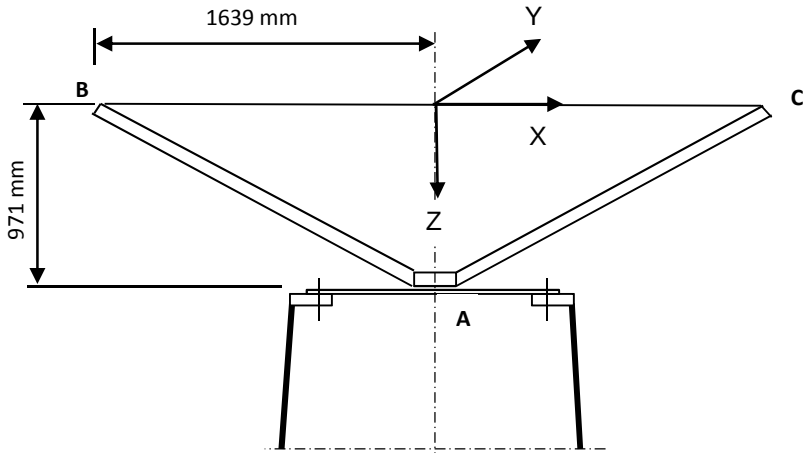
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



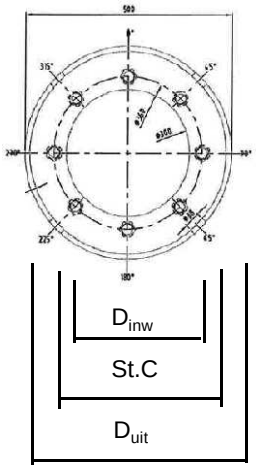
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

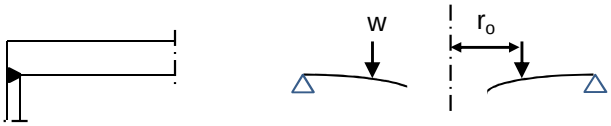
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

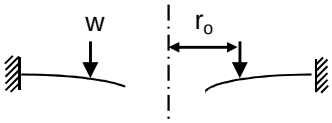
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 60,0%

Percentage vrij oplegging = 40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

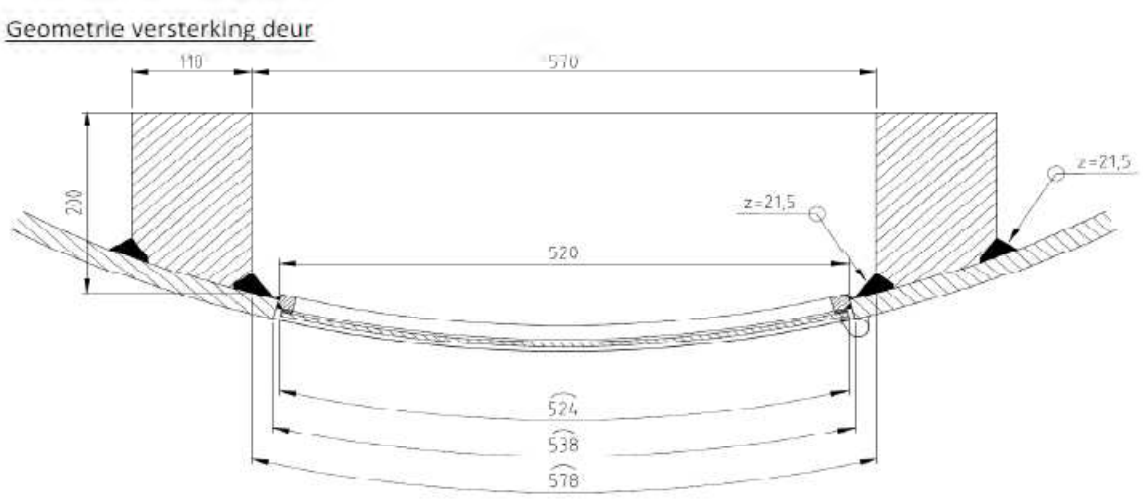
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

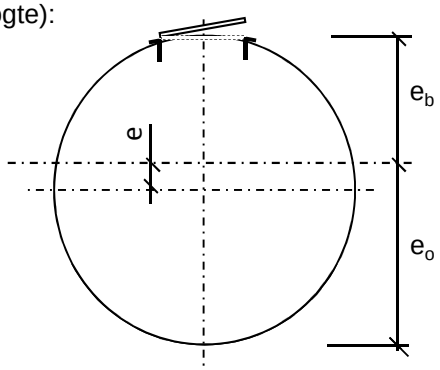
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2353	mm
dikte t ;	25	mm

A_{buis} =	182876	mm^2
$A_{versterking}$ =	40256	mm^2
$A_{verlies}$ =	12969	mm^2
A_{tot} =	210163	mm^2

e =	121,7	mm			
e_b =	1055,0	mm ;	e_o =	1298,4	mm

I_{tot} =	1,45E+11	mm^4
W_{min} =	1,11E+08	mm^3
W_{max} =	1,37E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	30287	kNm ;	N_{Ed} =	640 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,0	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	272,1	N/mm^2

σ_{max} = 3,0 + 272,1 = 275,2 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage E en E2

W2E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix E

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	6453	-146657	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	6448	-146657	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	6443	-146657	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	849	-19242	0	0	0
	Comp. gl	4038	1753	-39867	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	7606	-173968	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	7605	-173968	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	7603	-173968	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	984	-22489	0	0	0
	Comp. gl	4036	2011	-46005	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	10255	-234233	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	10252	-234233	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	10249	-234233	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8083	2542	-58024	0	0	0
	Comp. gl	16332	5118	-116933	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	7550	-172685	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	7549	-172685	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	7547	-172685	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	1108	-25331	0	0	0
	Comp. gl	5542	2269	-51910	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	7005	-160442	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	7005	-160442	0	0	0
Permanent loads γg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	7005	-160442	0	0	0
	GW / opgw	2190	922	-21111	0	0	0
	Comp. gl	4543	1908	-43708	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14911	22378	-186711	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14911	20820	-180779	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14910	18812	-173464	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1948	3732	-28005	0	0	0
	Comp. gl	4039	5561	-49016	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10523	-175912	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	10249	-175566	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	9894	-175167	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	1505	-22980	0	0	0
	Comp. gl	4036	2711	-46434	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	18492	-241527	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	17711	-240261	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25692	16704	-238783	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8084	5196	-59918	0	0	0
	Comp. gl	16332	8689	-118643	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	10449	-174163	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	10177	-173897	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	9827	-173590	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	1621	-25638	0	0	0
	Comp. gl	5542	2962	-52177	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14918	36905	-246735	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14916	33977	-234344	0	0	0

W2E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix E

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14915	30176	-218354	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1949	6328	-39342	0	0	0
	Comp. gl	4040	9059	-63577	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	13102	-180525	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	12577	-179401	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	11900	-178084	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	1973	-24097	0	0	0
	Comp. gl	4037	3328	-47464	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	25846	-257733	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	24346	-253893	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	22414	-249311	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8086	7537	-64132	0	0	0
	Comp. gl	16334	11802	-122723	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	12984	-177756	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	12469	-176874	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	11804	-175846	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	2073	-26371	0	0	0
	Comp. gl	5542	3563	-52845	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	19648	-176459	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	18357	-171869	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	16696	-166279	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1947	3239	-25919	0	0	0
	Comp. gl	4039	4907	-46614	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10042	-175327	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	9814	-175083	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	9518	-174802	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	1418	-22834	0	0	0
	Comp. gl	4036	2596	-46305	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	17124	-239377	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	16475	-238474	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	15638	-237424	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8084	4757	-59357	0	0	0
0	Comp. gl	16332	8104	-118124	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	9973	-173713	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	9747	-173527	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	9454	-173311	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	1537	-25545	0	0	0
	Comp. gl	5542	2849	-52094	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	5175	-117394	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5171	-117394	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	5165	-117394	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	676	-15289	0	0	0
	Comp. gl	3028	1398	-31734	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	6289	-143819	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	6288	-143819	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	6287	-143819	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	803	-18356	0	0	0

W2E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	1642	-37544	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	9183	-209682	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	9180	-209682	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	9177	-209682	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	2434	-55540	0	0	0
	Comp. gl	15319	4894	-111800	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	6342	-145028	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	6341	-145028	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	6340	-145028	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	951	-21752	0	0	0
	Comp. gl	4531	1947	-44539	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	5126	-117395	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5126	-117395	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	5126	-117395	0	0	0
	GW / opgw	1460	668	-15289	0	0	0
	Comp. gl	3028	1386	-31734	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11182	21612	-169225	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	20003	-162117	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11181	17924	-153158	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1461	3650	-26136	0	0	0
	Comp. gl	3029	5329	-43730	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	9248	-146703	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8966	-146199	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8603	-145613	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	1334	-19073	0	0	0
	Comp. gl	3027	2351	-38182	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21960	17492	-218645	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	16699	-217109	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	15678	-215308	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7596	5094	-57597	0	0	0
	Comp. gl	15319	8472	-113671	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	9265	-147069	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8990	-146707	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8634	-146288	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	1469	-22154	0	0	0
	Comp. gl	4531	2644	-44895	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11187	36459	-236577	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11186	33485	-223131	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11185	29613	-205504	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	6284	-38347	0	0	0
	Comp. gl	3030	8918	-60363	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	11911	-153273	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	11366	-151695	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	10665	-149830	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	1821	-20621	0	0	0
	Comp. gl	3027	2987	-39658	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21964	24977	-237878	0	0	0

W2E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix E

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	23449	-233383	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	21481	-227974	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7598	7449	-62112	0	0	0
	Comp. gl	15321	11599	-118087	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	11854	-151890	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	11326	-150717	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	10646	-149342	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	1929	-23090	0	0	0
	Comp. gl	4531	3254	-45762	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	18791	-156855	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	17452	-151172	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11180	15726	-144105	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1460	3144	-23755	0	0	0
	Comp. gl	3029	4652	-40771	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	8754	-145848	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8521	-145491	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8220	-145076	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	1245	-18864	0	0	0
	Comp. gl	3027	2233	-37992	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	21960	16103	-216033	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	15446	-214930	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	14599	-213644	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7596	4654	-56992	0	0	0
0	Comp. gl	15319	7884	-113105	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	8782	-146456	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8553	-146201	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8257	-145906	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2211	1383	-22034	0	0	0
	Comp. gl	4531	2530	-44786	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15		**BACK**			**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	5597	-127433	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	5594	-127433	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	5590	-127433	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	732	-16643	0	0	0
	Comp. gl	3365	1515	-34521	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	6739	-154196	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	6738	-154196	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	6738	-154196	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	865	-19778	0	0	0
	Comp. gl	3363	1768	-40455	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	8467	-193497	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	8465	-193497	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	8463	-193497	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	1988	-45404	0	0	0
	Comp. gl	11555	4009	-91636	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	6419	-146877	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	6419	-146877	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	6418	-146877	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	922	-21079	0	0	0
	Comp. gl	4367	1892	-43294	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12423	16100	-151591	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12423	15070	-147833	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	13746	-143273	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1623	2636	-22075	0	0	0
	Comp. gl	3365	4025	-39965	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8675	-155290	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8494	-155094	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8259	-154868	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	1210	-20056	0	0	0
	Comp. gl	3363	2233	-40696	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	13948	-198161	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	13429	-197345	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	12759	-196397	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	3760	-46747	0	0	0
	Comp. gl	11555	6392	-92846	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8347	-147742	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	8167	-147585	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	7934	-147405	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	1263	-21265	0	0	0
	Comp. gl	4367	2353	-43454	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12427	25791	-191857	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12426	23826	-183282	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	21284	-172391	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	4380	-29959	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15		**BACK**			**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3366	6350	-49542	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	10376	-157943	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	10030	-157291	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	9584	-156533	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	1518	-20707	0	0	0
	Comp. gl	3363	2639	-41285	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	18840	-208752	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	17841	-206217	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	16556	-203213	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	5329	-49761	0	0	0
	Comp. gl	11556	8473	-95741	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	10025	-149881	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14425	9685	-149353	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	9245	-148740	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	1562	-21716	0	0	0
	Comp. gl	4367	2752	-43861	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12422	14297	-145130	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12422	13447	-142291	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	12353	-138883	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1622	2308	-20706	0	0	0
	Comp. gl	3365	3594	-38479	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8357	-154958	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8206	-154820	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8010	-154661	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	1153	-19973	0	0	0
	Comp. gl	3363	2156	-40622	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	13038	-196778	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	12607	-196198	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	12050	-195526	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5711	3467	-46349	0	0	0
	Comp. gl	11555	6001	-92479	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8031	-147477	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	7881	-147367	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	7686	-147241	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	1207	-21209	0	0	0
	Comp. gl	4367	2278	-43405	0	0	0

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E400(+0)"

Tracé – Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00 – Tracé Vijfhuizen-Beverwijk	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Belasting geleiders aangepast	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02- Detailberekening toegevoegd	18 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03- Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2E400(+0)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53

blz.

9.0 Detailberekening 55

9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV 55

9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 48m hoogte 56

9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 38m hoogte 61

9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 28m hoogte 66

9.1.4 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 51,5m hoogte 71

9.1.5 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 41,5m hoogte 76

9.1.6 Berekening afspanpunt trekisolatoren op 32m hoogte 81

9.2 Berekening draagarm bliksemdraad 86

9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 88

9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 89

9.3 Berekening draagarm " Retourstroomgeleider " 92

9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 97

9.3.2 Berekening clip " Retourstroomgeleider " 98

9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 100

9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting 102

9.5 Berekening clip hulprail - clip 8 103

9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 105

9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 107

9.7 Berekening versterking deur 110

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage L en L2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E400(+0) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Beverwijk – Vijfhuizen & Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2E400(+0) zijn de bijlage L (berekening maststerkte) en bijlage L2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,4 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28,5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2E400(+0) zijn de bijlage L (berekening maststerkte) en bijlage L2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2E400(+0)"

Berekening

W2E400+0

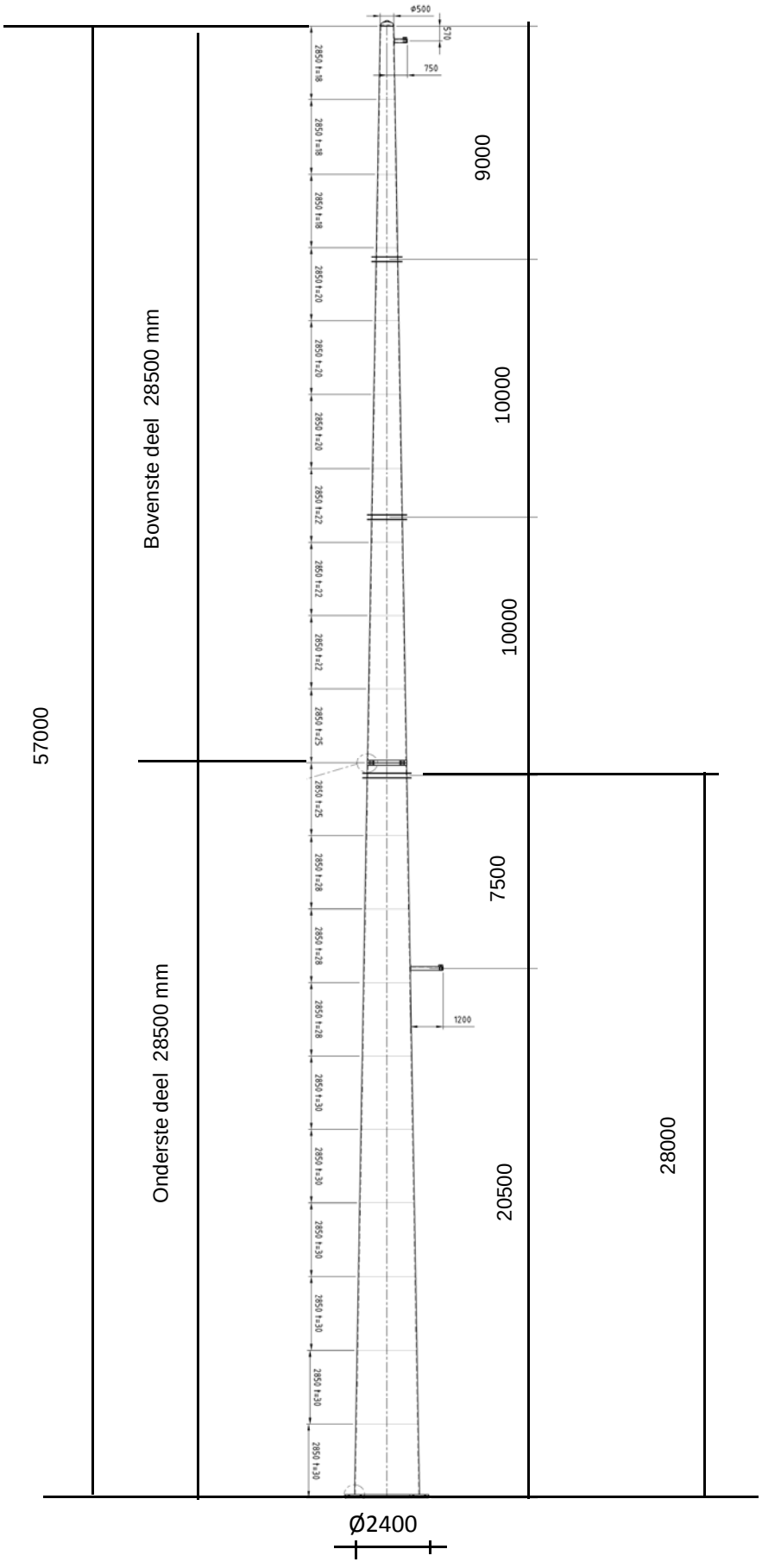
57,0 m - 2400 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E400(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	56,72
2	2280	595	519	n.v.t.	2	1	55,29
3	2850	690	595	n.v.t.	2	1	52,73
4	2850	785	690	n.v.t.	2	1	49,88
5	450	800	785	n.v.t.	2	1	48,23
6	2400	880	800	n.v.t.	2	1	46,80
7	1425	928	880	n.v.t.	2	1	44,89
8	1425	975	928	n.v.t.	2	1	43,46
9	2850	1070	975	n.v.t.	2	1	41,33
10	1900	1133	1070	n.v.t.	2	1	38,95
11	950	1165	1133	n.v.t.	2	1	37,53
12	2850	1260	1165	n.v.t.	2	1	35,63
13	2850	1355	1260	n.v.t.	2	1	32,78
14	1425	1403	1355	n.v.t.	2	1	30,64
15	1425	1450	1403	n.v.t.	2	1	29,21
16	500	1467	1450	n.v.t.	2	1	28,25
17	2350	1545	1467	n.v.t.	2	1	26,83
18	2850	1640	1545	n.v.t.	2	1	24,23
19	2300	1717	1640	n.v.t.	2	1	21,65
20	550	1735	1717	n.v.t.	2	1	20,23
21	2850	1830	1735	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1925	1830	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2020	1925	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2115	2020	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2210	2115	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2305	2210	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2400	2305	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	557	18,0	30480	239,27	1,11E+09	190,67	3,98E+06
3	643	18,0	35315	277,22	1,72E+09	220,89	5,36E+06
4	738	18,0	40687	319,39	2,63E+09	254,46	7,14E+06
5	793	20,0	48538	381,02	3,62E+09	273,21	9,14E+06
6	840	20,0	51522	404,45	4,33E+09	290,00	1,03E+07
7	904	20,0	55528	435,89	5,42E+09	312,53	1,20E+07
8	951	20,0	58512	459,32	6,35E+09	329,32	1,33E+07
9	1023	20,0	62989	494,46	7,92E+09	354,51	1,55E+07
10	1102	22,0	74621	585,78	1,09E+10	381,80	1,97E+07
11	1149	22,0	77904	611,55	1,24E+10	398,59	2,15E+07
12	1213	22,0	82281	645,91	1,46E+10	420,98	2,41E+07
13	1308	22,0	88847	697,45	1,84E+10	454,56	2,81E+07
14	1379	25,0	106323	834,64	2,44E+10	478,70	3,53E+07
15	1426	25,0	110054	863,92	2,70E+10	495,50	3,79E+07
16	1458	25,0	112574	883,70	2,89E+10	506,84	3,97E+07
17	1506	25,0	116304	912,99	3,19E+10	523,63	4,24E+07
18	1593	28,0	137621	1080,32	4,21E+10	553,22	5,29E+07
19	1678	28,0	145171	1139,59	4,94E+10	583,56	5,89E+07
20	1726	28,0	149349	1172,39	5,38E+10	600,36	6,24E+07
21	1783	28,0	154334	1211,52	5,94E+10	620,39	6,66E+07
22	1878	30,0	174123	1366,86	7,43E+10	653,28	7,92E+07
23	1973	30,0	183076	1437,15	8,64E+10	686,86	8,76E+07
24	2068	30,0	192030	1507,43	9,97E+10	720,44	9,64E+07
25	2163	30,0	200983	1577,72	1,14E+11	754,03	1,06E+08
26	2258	30,0	209937	1648,00	1,30E+11	787,61	1,15E+08
27	2353	30,0	218890	1718,29	1,48E+11	821,20	1,25E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	56430	2 -- 3	2	2280	3,05E+04	1,11E+09
3	54150	3 -- 4	3	2850	3,53E+04	1,72E+09
4	51300	4 -- 5	4	2850	4,07E+04	2,63E+09
5	48450	5 -- 6	5	450	4,85E+04	3,62E+09
6	48000	6 -- 7	6	2400	5,15E+04	4,33E+09
7	45600	7 -- 8	7	1425	5,55E+04	5,42E+09
8	44175	8 -- 9	8	1425	5,85E+04	6,35E+09
9	42750	9 -- 10	9	2850	6,30E+04	7,92E+09
10	39900	10 -- 11	10	1900	7,46E+04	1,09E+10
11	38000	11 -- 12	11	950	7,79E+04	1,24E+10
12	37050	12 -- 13	12	2850	8,23E+04	1,46E+10
13	34200	13 -- 14	13	2850	8,88E+04	1,84E+10
14	31350	14 -- 15	14	1425	1,06E+05	2,44E+10
15	29925	15 -- 16	15	1425	1,10E+05	2,70E+10
16	28500	16 -- 17	16	500	1,13E+05	2,89E+10
17	28000	17 -- 18	17	2350	1,16E+05	3,19E+10
18	25650	18 -- 19	18	2850	1,38E+05	4,21E+10
19	22800	19 -- 20	19	2300	1,45E+05	4,94E+10
20	20500	20 -- 21	20	550	1,49E+05	5,38E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	1,54E+05	5,94E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,74E+05	7,43E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,83E+05	8,64E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,92E+05	9,97E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	2,01E+05	1,14E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,10E+05	1,30E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,19E+05	1,48E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,72	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,29	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
3	52,73	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
4	49,88	0,21	1,16	31,20	0,18	1380
5	48,23	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
6	46,80	0,21	1,14	30,84	0,18	1357
7	44,89	0,21	1,13	30,60	0,18	1342
8	43,46	0,21	1,13	30,42	0,19	1331
9	41,33	0,21	1,12	30,13	0,19	1313
10	38,95	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
11	37,53	0,21	1,10	29,59	0,19	1279
12	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
13	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
14	30,64	0,21	1,05	28,44	0,20	1209
15	29,21	0,21	1,04	28,17	0,20	1193
16	28,25	0,21	1,04	27,98	0,20	1182
17	26,83	0,21	1,03	27,69	0,20	1164
18	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
19	21,65	0,21	0,98	26,48	0,21	1093
20	20,23	0,21	0,97	26,10	0,22	1071
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	400	0,40	0,00	1,78E-02	591,68
2	2 -- 3	5797	1855	3,58	0,61	1,78E-02	581,52
3	3 -- 4	8328		9,38	15,39	1,78E-02	540,95
4	4 -- 5	9530		17,71	53,99	1,75E-02	490,65
5	5 -- 6	1782		27,24	118,05	1,71E-02	441,33
6	6 -- 7	10067	15447	44,47	130,70	1,70E-02	433,67
7	7 -- 8	6425		54,54	249,51	1,65E-02	393,43
8	8 -- 9	6759		60,96	331,80	1,61E-02	370,18
9	9 -- 10	14520		67,72	423,49	1,57E-02	347,47
10	10 -- 11	11415		82,24	637,18	1,48E-02	303,85
11	11 -- 12	5952	15891	109,55	804,28	1,42E-02	276,23
12	12 -- 13	18836		115,50	911,17	1,39E-02	262,86
13	13 -- 14	20305		134,33	1267,18	1,29E-02	224,57
14	14 -- 15	12107		154,64	1678,97	1,18E-02	189,27
15	15 -- 16	12525		166,75	1907,96	1,13E-02	172,78
16	16 -- 17	4494	15261	194,53	2154,49	1,08E-02	157,01
17	17 -- 18	21808	16335	215,36	2252,88	1,06E-02	151,65
18	18 -- 19	31217		237,17	2784,60	9,74E-03	127,68
19	19 -- 20	26556		268,38	3505,01	8,73E-03	101,29
20	20 -- 21	6531	3847	298,79	4152,84	7,89E-03	82,15
21	21 -- 22	34956		305,32	4318,96	7,68E-03	77,87
22	22 -- 23	39383		340,27	5238,93	6,59E-03	57,49
23	23 -- 24	41386		379,66	6264,83	5,54E-03	40,16
24	24 -- 25	43389		421,04	7405,83	4,47E-03	25,85
25	25 -- 26	45393		464,43	8667,63	3,38E-03	14,63
26	26 -- 27	47396		509,82	10055,94	2,27E-03	6,55
27	27 -- 28	49399		557,22	11576,48	1,14E-03	1,66
28			49096	655,71	13234,95	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	40,0	0,592	997,03	59,739
2	2 -- 3	579,7	185,5	0,582	4250,04	245,336
3	3 -- 4	832,8		0,541	4214,10	221,573
4	4 -- 5	953,0		0,491	4356,60	206,946
5	5 -- 6	178,2		0,441	764,85	34,111
6	6 -- 7	1006,7	1544,7	0,434	10655,73	462,682
7	7 -- 8	642,5		0,393	2406,56	93,663
8	8 -- 9	675,9		0,370	2379,22	87,025
9	9 -- 10	1452,0		0,347	4638,61	153,986
10	10 -- 11	1141,5		0,304	3247,81	96,024
11	11 -- 12	595,2	1589,1	0,276	5880,08	164,499
12	12 -- 13	1883,6		0,263	4503,41	111,881
13	13 -- 14	2030,5		0,225	4121,73	86,940
14	14 -- 15	1210,7		0,189	2150,14	39,678
15	15 -- 16	1252,5		0,173	2026,05	34,056
16	16 -- 17	449,4	1526,1	0,157	3030,88	48,324
17	17 -- 18	2180,8	1633,5	0,152	5418,12	80,108
18	18 -- 19	3121,7		0,128	3506,01	40,917
19	19 -- 20	2655,6		0,101	2389,51	22,342
20	20 -- 21	653,1	384,7	0,082	822,66	6,778
21	21 -- 22	3495,6		0,078	2320,88	16,012
22	22 -- 23	3938,3		0,057	1886,22	9,387
23	23 -- 24	4138,6		0,040	1339,87	4,507
24	24 -- 25	4338,9		0,026	861,44	1,777
25	25 -- 26	4539,3		0,015	471,53	0,509
26	26 -- 27	4739,6		0,007	190,86	0,080
27	27 -- 28	4939,9		0,002	40,22	0,003
28			4909,6	0,000	0,00	0,000
				Som	78870	2329

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,93	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	629	0,991	0,570	0,56	352,29	0,57
2 -- 3	254	0,949	2,280	2,05	521,60	2,16
3 -- 4	292	0,872	2,850	2,17	632,91	2,48
4 -- 5	334	0,788	2,850	1,77	591,13	2,24
5 -- 6	3829	0,739	0,450	0,25	942,00	0,33
6 -- 7	419	0,699	2,400	1,17	491,78	1,68
7 -- 8	451	0,645	1,425	0,59	267,54	0,92
8 -- 9	474	0,606	1,425	0,52	248,58	0,86
9 -- 10	509	0,550	2,850	0,86	439,85	1,57
10 -- 11	1437	0,490	1,900	0,46	656,13	0,93
11 -- 12	627	0,456	0,950	0,20	123,53	0,43
12 -- 13	661	0,412	2,850	0,48	319,58	1,17
13 -- 14	712	0,350	2,850	0,35	248,34	1,00
14 -- 15	850	0,306	1,425	0,13	113,34	0,44
15 -- 16	1950	0,279	1,425	0,11	215,81	0,40
16 -- 17	4166	0,261	0,500	0,03	141,71	0,13
17 -- 18	928	0,236	2,350	0,13	121,51	0,55
18 -- 19	1095	0,193	2,850	0,11	116,88	0,55
19 -- 20	1322	0,155	2,300	0,06	73,06	0,36
20 -- 21	1187	0,135	0,550	0,01	11,94	0,07
21 -- 22	1227	0,114	2,850	0,04	45,74	0,33
22 -- 23	1382	0,083	2,850	0,02	26,81	0,24
23 -- 24	1452	0,056	2,850	0,01	12,88	0,16
24 -- 25	1522	0,034	2,850	0,00	5,08	0,10
25 -- 26	1593	0,018	2,850	0,00	1,45	0,05
26 -- 27	1663	0,007	2,850	0,00	0,23	0,02
27 -- 28	3456	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	12,08	6721,73	19,75

m_e = 6721,7 / 12,1 = 556,4 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,93	Hz
b =	1,45	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	105,91	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 =	0,55	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,061	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,073	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,06

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	3,07	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,53	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,89	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,15	
R^2 =	0,62	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,67	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,64

$c_s c_d$ =	**1,07**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_T

$C_T = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_T
1	47,77	1,62E+06	0,80	0,81	0,65
2	47,62	1,77E+06	0,80	0,81	0,65
3	47,33	2,03E+06	0,80	0,81	0,65
4	46,99	2,31E+06	0,80	0,81	0,64
5	46,78	2,47E+06	0,80	0,81	0,64
6	46,60	2,61E+06	0,80	0,81	0,64
7	46,34	2,79E+06	0,79	0,81	0,64
8	46,14	2,93E+06	0,79	0,81	0,64
9	45,83	3,12E+06	0,79	0,81	0,64
10	45,47	3,34E+06	0,79	0,81	0,64
11	45,24	3,47E+06	0,79	0,81	0,64
12	44,92	3,63E+06	0,79	0,81	0,64
13	44,40	3,87E+06	0,79	0,81	0,64
14	43,98	4,04E+06	0,79	0,81	0,64
15	43,69	4,15E+06	0,79	0,81	0,64
16	43,48	4,23E+06	0,79	0,81	0,64
17	43,16	4,33E+06	0,79	0,81	0,64
18	42,52	4,51E+06	0,79	0,81	0,64
19	41,82	4,68E+06	0,78	0,81	0,64
20	41,39	4,76E+06	0,78	0,81	0,63
21	40,84	4,85E+06	0,78	0,81	0,63
22	39,79	4,98E+06	0,78	0,81	0,63
23	38,52	5,07E+06	0,78	0,81	0,63
24	36,92	5,09E+06	0,78	0,81	0,63
25	34,74	5,01E+06	0,77	0,81	0,63
26	31,38	4,72E+06	0,77	0,81	0,62
27	30,93	4,85E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - L en L2		
1e traverse - 380C1F1	48,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,00	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Retourstroomgeleider	20,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	48,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	38,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	28,00	0,000
Retourstroomgeleider	20,50	1,358

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	48,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,00	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Retourstroomgeleider	20,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,188	0,068	393	0,689
2	5455	342	5797	0,822	0,274	1666	0,731
3	7901	428	8328	1,183	0,342	2290	0,804
4	9103	428	9530	1,355	0,342	2513	0,882
5	1715	68	1782	0,230	0,054	416	0,925
6	9707	360	10067	1,297	0,288	2309	0,962
7	6211	214	6425	0,828	0,171	1439	1,010
8	6545	214	6759	0,871	0,171	1488	1,044
9	14092	428	14520	1,870	0,342	3116	1,093
10	11130	285	11415	1,342	0,228	2176	1,145
11	5810	143	5952	0,699	0,114	1116	1,175
12	18408	428	18836	2,211	0,342	3455	1,212
13	19877	428	20305	2,381	0,342	3601	1,263
14	11894	214	12107	1,254	0,171	1849	1,298
15	12311	214	12525	1,296	0,171	1878	1,318
16	4419	75	4494	0,465	0,060	665	1,331
17	21455	353	21808	2,255	0,282	3168	1,348
18	30789	428	31217	2,887	0,342	3916	1,374
19	26211	345	26556	2,452	0,276	3200	1,391
20	6448	83	6531	0,602	0,066	768	1,397
21	34528	428	34956	3,220	0,342	3986	1,398
22	38956	428	39383	3,385	0,342	3957	1,389
23	40959	428	41386	3,546	0,342	3870	1,358
24	42962	428	43389	3,705	0,342	3699	1,298
25	44965	428	45393	3,857	0,342	3399	1,193
26	46968	428	47396	3,995	0,342	2864	1,005
27	48971	428	49399	4,158	0,342	2887	1,013
	529033	8550	537583	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	66083

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2798	480	480	480	480
2	2 -- 3	3051	2226	2225	9244	2978
3	3 -- 4	3507				
4	4 -- 5	4013				
5	5 -- 6	4752				
6	6 -- 7	5033	18540	18530	30870	21547
7	7 -- 8	5411				
8	8 -- 9	5692				
9	9 -- 10	6114				
10	10 -- 11	7209				
11	11 -- 12	7519	19072	19063	31403	22080
12	12 -- 13	7931				
13	13 -- 14	8549				
14	14 -- 15	10196				
15	15 -- 16	10547				
16	16 -- 17	10784	18313	18313	18313	18313
17	17 -- 18	11136	19605	19596	31936	22613
18	18 -- 19	13144				
19	19 -- 20	13855				
20	20 -- 21	14249	4617	4615	18676	6122
21	21 -- 22	14718				
22	22 -- 23	16582				
23	23 -- 24	17426				
24	24 -- 25	18269				
25	25 -- 26	19113				
26	26 -- 27	19956				
27	27 -- 28	20799				
28			58915	58915	58915	58915

KEMA rapport - bijlage L - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3070 / 1670 , t = 120 mm ; G = 4910 kg
Flenzen op 28,5m : 2 * rond 1450 / 930 , t = 100 mm ; G = 1526 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 48m : 2 * rond 1070 / 800 , t = 20 mm ; G = 125 kg
Bevestigingsringen op 38m : 2 * rond 1403 / 1133 , t = 20 mm ; G = 169 kg
Bevestigingsringen op 28m : 2 * rond 1737 / 1467 , t = 20 mm ; G = 213 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	689				
2	2 -- 3	731	28576	19882	50967	21278
3	3 -- 4	804				
4	4 -- 5	882				
5	5 -- 6	925				
6	6 -- 7	962	182742	151666	207653	147712
7	7 -- 8	1010				
8	8 -- 9	1044				
9	9 -- 10	1093				
10	10 -- 11	1145				
11	11 -- 12	1175	175071	151136	205550	147277
12	12 -- 13	1212				
13	13 -- 14	1263				
14	14 -- 15	1298				
15	15 -- 16	1318				
16	16 -- 17	1331				
17	17 -- 18	1348	165217	150503	203011	146759
18	18 -- 19	1374				
19	19 -- 20	1391				
20	20 -- 21	1397	45646	39776	98129	43009
21	21 -- 22	1398				
22	22 -- 23	1389				
23	23 -- 24	1358				
24	24 -- 25	1298				
25	25 -- 26	1193				
26	26 -- 27	1005				
27	27 -- 28	1013				
28						

KEMA rapport - bijlage L2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

Opmerking:
De maximale horizontale belasting is gerekend met de vectoriele som van transversale en longitudinale belastingen.

$$F_{hor} = \{ F^2_{transver.} + F^2_{longit.} \}^{0,5}$$

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1102				
2	2 -- 3	1169	37809	23355	66280	25962
3	3 -- 4	1286				
4	4 -- 5	1411				
5	5 -- 6	1480				
6	6 -- 7	1539	235849	175380	258657	176175
7	7 -- 8	1615				
8	8 -- 9	1670				
9	9 -- 10	1749				
10	10 -- 11	1833				
11	11 -- 12	1880	224419	174456	255422	175439
12	12 -- 13	1939				
13	13 -- 14	2021				
14	14 -- 15	2076				
15	15 -- 16	2109				
16	16 -- 17	2130				
17	17 -- 18	2157	209481	173351	251491	174559
18	18 -- 19	2199				
19	19 -- 20	2226				
20	20 -- 21	2235	58310	46141	126880	52051
21	21 -- 22	2238				
22	22 -- 23	2222				
23	23 -- 24	2172				
24	24 -- 25	2077				
25	25 -- 26	1908				
26	26 -- 27	1608				
27	27 -- 28	1621				
28						

KEMA rapport - bijlage L - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	393		0	0,00E+00	3,03E-03	94
2	2 -- 3	1666		393	1,18E+05	3,03E-03	92
3	3 -- 4	2290		2058	2,98E+06	3,01E-03	86
4	4 -- 5	2513		4349	1,23E+07	2,96E-03	77
5	5 -- 6	416		6861	2,85E+07	2,86E-03	69
6	6 -- 7	2309		7278	3,17E+07	2,84E-03	67
7	7 -- 8	1439		9586	5,23E+07	2,73E-03	61
8	8 -- 9	1488		11025	6,72E+07	2,66E-03	57
9	9 -- 10	3116		12512	8,42E+07	2,58E-03	53
10	10 -- 11	2176		15628	1,25E+08	2,40E-03	46
11	11 -- 12	1116		17804	1,57E+08	2,28E-03	42
12	12 -- 13	3455		18921	1,75E+08	2,22E-03	40
13	13 -- 14	3601		22375	2,34E+08	2,03E-03	33
14	14 -- 15	1849		25976	3,04E+08	1,83E-03	28
15	15 -- 16	1878		27825	3,43E+08	1,74E-03	25
16	16 -- 17	665		29703	3,84E+08	1,65E-03	23
17	17 -- 18	3168		30369	4,00E+08	1,62E-03	22
18	18 -- 19	3916		33537	4,76E+08	1,47E-03	19
19	19 -- 20	3200		37453	5,78E+08	1,30E-03	15
20	20 -- 21	768		40653	6,68E+08	1,16E-03	12
21	21 -- 22	3986		41421	6,91E+08	1,13E-03	11
22	22 -- 23	3957		45407	8,16E+08	9,54E-04	8
23	23 -- 24	3870		49364	9,52E+08	7,93E-04	6
24	24 -- 25	3699		53234	1,10E+09	6,32E-04	4
25	25 -- 26	3399		56933	1,26E+09	4,72E-04	2
26	26 -- 27	2864		60332	1,42E+09	3,13E-04	1
27	27 -- 28	2887		63196	1,60E+09	1,56E-04	0
28				66083	1,79E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,54E-02	1401
2	2 -- 3		28576	28576	9,17E+04	4,54E-02	1376
3	3 -- 4			28576	6,62E+07	4,51E-02	1272
4	4 -- 5			28576	1,50E+08	4,42E-02	1145
5	5 -- 6			28576	2,35E+08	4,32E-02	1020
6	6 -- 7		182742	211318	2,48E+08	4,31E-02	1001
7	7 -- 8			211318	7,61E+08	4,18E-02	899
8	8 -- 9			211318	1,07E+09	4,06E-02	840
9	9 -- 10			211318	1,37E+09	3,93E-02	783
10	10 -- 11			211318	1,98E+09	3,65E-02	675
11	11 -- 12		175071	386389	2,39E+09	3,47E-02	607
12	12 -- 13			386389	2,76E+09	3,37E-02	574
13	13 -- 14			386389	3,87E+09	3,06E-02	482
14	14 -- 15			386389	4,99E+09	2,74E-02	400
15	15 -- 16			386389	5,55E+09	2,59E-02	362
16	16 -- 17			386389	6,10E+09	2,44E-02	326
17	17 -- 18		165217	551606	6,30E+09	2,39E-02	314
18	18 -- 19			551606	7,61E+09	2,15E-02	260
19	19 -- 20			551606	9,19E+09	1,88E-02	203
20	20 -- 21		45646	597252	1,05E+10	1,66E-02	162
21	21 -- 22			597252	1,08E+10	1,61E-02	153
22	22 -- 23			597252	1,25E+10	1,34E-02	111
23	23 -- 24			597252	1,42E+10	1,10E-02	76
24	24 -- 25			597252	1,60E+10	8,61E-03	48
25	25 -- 26			597252	1,77E+10	6,32E-03	27
26	26 -- 27			597252	1,94E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			597252	2,11E+10	2,02E-03	3
28	28 -- 29			597252	2,28E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,71E-02	1164
2	2 -- 3		19882	19882	7,49E+04	3,71E-02	1142
3	3 -- 4			19882	4,62E+07	3,68E-02	1058
4	4 -- 5			19882	1,05E+08	3,63E-02	954
5	5 -- 6			19882	1,64E+08	3,56E-02	851
6	6 -- 7		151666	171548	1,74E+08	3,55E-02	835
7	7 -- 8			171548	5,90E+08	3,45E-02	751
8	8 -- 9			171548	8,37E+08	3,36E-02	703
9	9 -- 10			171548	1,08E+09	3,26E-02	656
10	10 -- 11			171548	1,58E+09	3,03E-02	566
11	11 -- 12		151136	322684	1,91E+09	2,88E-02	510
12	12 -- 13			322684	2,22E+09	2,81E-02	483
13	13 -- 14			322684	3,15E+09	2,56E-02	406
14	14 -- 15			322684	4,08E+09	2,29E-02	337
15	15 -- 16			322684	4,55E+09	2,17E-02	305
16	16 -- 17			322684	5,01E+09	2,05E-02	275
17	17 -- 18		150503	473187	5,18E+09	2,01E-02	265
18	18 -- 19			473187	6,30E+09	1,81E-02	220
19	19 -- 20			473187	7,66E+09	1,58E-02	171
20	20 -- 21		39776	512963	8,76E+09	1,40E-02	137
21	21 -- 22			512963	9,04E+09	1,36E-02	129
22	22 -- 23			512963	1,05E+10	1,13E-02	94
23	23 -- 24			512963	1,20E+10	9,29E-03	64
24	24 -- 25			512963	1,35E+10	7,29E-03	41
25	25 -- 26			512963	1,49E+10	5,36E-03	23
26	26 -- 27			512963	1,64E+10	3,50E-03	10
27	27 -- 28			512963	1,79E+10	1,71E-03	2
28				512963	1,93E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,84E-02	1757
2	2 -- 3		50967	50967	1,18E+05	5,84E-02	1724
3	3 -- 4			50967	1,18E+08	5,78E-02	1591
4	4 -- 5			50967	2,66E+08	5,63E-02	1428
5	5 -- 6			50967	4,15E+08	5,46E-02	1269
6	6 -- 7		207653	258620	4,39E+08	5,44E-02	1245
7	7 -- 8			258620	1,07E+09	5,24E-02	1117
8	8 -- 9			258620	1,44E+09	5,08E-02	1043
9	9 -- 10			258620	1,81E+09	4,91E-02	972
10	10 -- 11			258620	2,56E+09	4,53E-02	837
11	11 -- 12		205550	464170	3,06E+09	4,30E-02	753
12	12 -- 13			464170	3,51E+09	4,18E-02	713
13	13 -- 14			464170	4,85E+09	3,79E-02	599
14	14 -- 15			464170	6,18E+09	3,39E-02	496
15	15 -- 16			464170	6,85E+09	3,20E-02	449
16	16 -- 17			464170	7,52E+09	3,02E-02	405
17	17 -- 18		203011	667181	7,76E+09	2,96E-02	390
18	18 -- 19			667181	9,34E+09	2,66E-02	324
19	19 -- 20			667181	1,13E+10	2,33E-02	253
20	20 -- 21		98129	765310	1,28E+10	2,06E-02	202
21	21 -- 22			765310	1,32E+10	2,00E-02	191
22	22 -- 23			765310	1,54E+10	1,67E-02	138
23	23 -- 24			765310	1,76E+10	1,37E-02	95
24	24 -- 25			765310	1,98E+10	1,08E-02	60
25	25 -- 26			765310	2,20E+10	7,91E-03	33
26	26 -- 27			765310	2,42E+10	5,16E-03	15
27	27 -- 28			765310	2,64E+10	2,53E-03	4
28				765310	2,86E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,67E-02	1148
2	2 -- 3		21278	21278	7,42E+04	3,67E-02	1127
3	3 -- 4			21278	4,94E+07	3,65E-02	1043
4	4 -- 5			21278	1,12E+08	3,59E-02	940
5	5 -- 6			21278	1,75E+08	3,51E-02	838
6	6 -- 7		147712	168989	1,85E+08	3,50E-02	823
7	7 -- 8			168989	5,96E+08	3,40E-02	740
8	8 -- 9			168989	8,39E+08	3,31E-02	692
9	9 -- 10			168989	1,08E+09	3,21E-02	645
10	10 -- 11			168989	1,57E+09	2,98E-02	557
11	11 -- 12		147277	316266	1,90E+09	2,84E-02	501
12	12 -- 13			316266	2,20E+09	2,76E-02	475
13	13 -- 14			316266	3,11E+09	2,52E-02	399
14	14 -- 15			316266	4,03E+09	2,25E-02	331
15	15 -- 16			316266	4,48E+09	2,13E-02	300
16	16 -- 17			316266	4,94E+09	2,02E-02	270
17	17 -- 18		146759	463026	5,10E+09	1,98E-02	260
18	18 -- 19			463026	6,20E+09	1,78E-02	216
19	19 -- 20			463026	7,53E+09	1,56E-02	169
20	20 -- 21		43009	506035	8,60E+09	1,38E-02	135
21	21 -- 22			506035	8,88E+09	1,34E-02	127
22	22 -- 23			506035	1,03E+10	1,12E-02	92
23	23 -- 24			506035	1,18E+10	9,14E-03	63
24	24 -- 25			506035	1,32E+10	7,17E-03	40
25	25 -- 26			506035	1,47E+10	5,27E-03	22
26	26 -- 27			506035	1,61E+10	3,44E-03	10
27	27 -- 28			506035	1,76E+10	1,68E-03	2
28				506035	1,90E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,56E-05	1
2	2 -- 3				1,41E+06	5,56E-05	1
3	3 -- 4				1,41E+06	4,18E-05	1
4	4 -- 5				1,41E+06	3,07E-05	0
5	5 -- 6				1,41E+06	2,35E-05	0
6	6 -- 7				1,41E+06	2,26E-05	0
7	7 -- 8				1,41E+06	1,89E-05	0
8	8 -- 9				1,41E+06	1,72E-05	0
9	9 -- 10				1,41E+06	1,57E-05	0
10	10 -- 11				1,41E+06	1,32E-05	0
11	11 -- 12				1,41E+06	1,21E-05	0
12	12 -- 13				1,41E+06	1,16E-05	0
13	13 -- 14				1,41E+06	1,02E-05	0
14	14 -- 15				1,41E+06	9,21E-06	0
15	15 -- 16				1,41E+06	8,82E-06	0
16	16 -- 17				1,41E+06	8,46E-06	0
17	17 -- 18				1,41E+06	8,35E-06	0
18	18 -- 19				1,41E+06	7,85E-06	0
19	19 -- 20				1,41E+06	7,40E-06	0
20	20 -- 21				6,63E+06	7,09E-06	0
21	21 -- 22				6,63E+06	6,76E-06	0
22	22 -- 23				6,63E+06	5,25E-06	0
23	23 -- 24				6,63E+06	4,04E-06	0
24	24 -- 25				6,63E+06	2,99E-06	0
25	25 -- 26				6,63E+06	2,09E-06	0
26	26 -- 27				6,63E+06	1,30E-06	0
27	27 -- 28				6,63E+06	6,10E-07	0
28					6,63E+06	0,00E+00	0

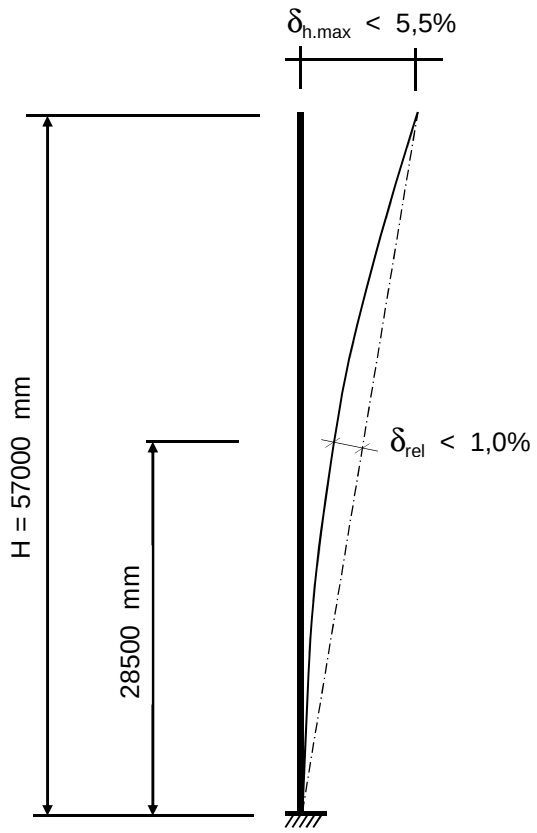
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,9E-02	1786
2	2 -- 3	5,9E-02	1752
3	3 -- 4	5,9E-02	1617
4	4 -- 5	5,7E-02	1451
5	5 -- 6	5,5E-02	1291
6	6 -- 7	5,5E-02	1266
7	7 -- 8	5,3E-02	1135
8	8 -- 9	5,2E-02	1060
9	9 -- 10	5,0E-02	988
10	10 -- 11	4,6E-02	851
11	11 -- 12	4,4E-02	766
12	12 -- 13	4,2E-02	725
13	13 -- 14	3,9E-02	609
14	14 -- 15	3,4E-02	505
15	15 -- 16	3,3E-02	457
16	16 -- 17	3,1E-02	412
17	17 -- 18	3,0E-02	397
18	18 -- 19	2,7E-02	329
19	19 -- 20	2,4E-02	257
20	20 -- 21	2,1E-02	206
21	21 -- 22	2,0E-02	194
22	22 -- 23	1,7E-02	141
23	23 -- 24	1,4E-02	97
24	24 -- 25	1,1E-02	61
25	25 -- 26	8,1E-03	34
26	26 -- 27	5,3E-03	15
27	27 -- 28	2,6E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1786 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,13 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 412 mm
α = 1,79 graden

δ_{rel} = 481 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,84 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	589	480	0	0,00E+00	4,49E-03	140
2	2 -- 3	2498	4301	589	1,68E+05	4,49E-03	137
3	3 -- 4	3435	11258	3087	4,36E+06	4,47E-03	127
4	4 -- 5	3769	21252	6523	1,81E+07	4,39E-03	114
5	5 -- 6	625	32688	10292	4,20E+07	4,24E-03	102
6	6 -- 7	3463	53366	10916	4,68E+07	4,21E-03	100
7	7 -- 8	2158	65447	14379	7,71E+07	4,05E-03	90
8	8 -- 9	2231	73157	16537	9,92E+07	3,94E-03	85
9	9 -- 10	4674	81268	18768	1,24E+08	3,82E-03	79
10	10 -- 11	3264	98691	23443	1,84E+08	3,56E-03	68
11	11 -- 12	1674	131461	26707	2,32E+08	3,38E-03	62
12	12 -- 13	5182	138604	28381	2,58E+08	3,29E-03	59
13	13 -- 14	5401	161207	33563	3,47E+08	3,01E-03	50
14	14 -- 15	2773	185573	38964	4,50E+08	2,72E-03	41
15	15 -- 16	2818	200101	41737	5,07E+08	2,59E-03	38
16	16 -- 17	998	233444	44555	5,69E+08	2,45E-03	34
17	17 -- 18	4753	258440	45553	5,91E+08	2,40E-03	33
18	18 -- 19	5874	284610	50306	7,04E+08	2,18E-03	28
19	19 -- 20	4800	322070	56180	8,56E+08	1,93E-03	22
20	20 -- 21	1152	358553	60980	9,91E+08	1,72E-03	17
21	21 -- 22	5978	366390	62132	1,02E+09	1,67E-03	17
22	22 -- 23	5936	408337	68110	1,21E+09	1,42E-03	12
23	23 -- 24	5805	455597	74046	1,41E+09	1,18E-03	8
24	24 -- 25	5548	505260	79851	1,63E+09	9,41E-04	5
25	25 -- 26	5099	557328	85399	1,87E+09	7,02E-04	3
26	26 -- 27	4295	611799	90498	2,12E+09	4,66E-04	1
27	27 -- 28	4331	668673	94793	2,38E+09	2,32E-04	0
28			786867	99125	2,66E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,80E-02	1788
2	2 -- 3		37809	37809	0,00E+00	5,80E-02	1755
3	3 -- 4			37809	8,62E+07	5,76E-02	1623
4	4 -- 5			37809	1,94E+08	5,65E-02	1460
5	5 -- 6			37809	3,02E+08	5,52E-02	1301
6	6 -- 7		235849	273659	3,19E+08	5,51E-02	1276
7	7 -- 8			273659	9,76E+08	5,34E-02	1146
8	8 -- 9			273659	1,37E+09	5,19E-02	1071
9	9 -- 10			273659	1,76E+09	5,02E-02	998
10	10 -- 11			273659	2,54E+09	4,65E-02	860
11	11 -- 12		224419	498077	3,06E+09	4,42E-02	774
12	12 -- 13			498077	3,53E+09	4,30E-02	732
13	13 -- 14			498077	4,95E+09	3,91E-02	615
14	14 -- 15			498077	6,37E+09	3,49E-02	509
15	15 -- 16			498077	7,08E+09	3,30E-02	461
16	16 -- 17			498077	7,79E+09	3,11E-02	415
17	17 -- 18		209481	707558	8,04E+09	3,05E-02	400
18	18 -- 19			707558	9,70E+09	2,74E-02	332
19	19 -- 20			707558	1,17E+10	2,39E-02	258
20	20 -- 21		58310	765868	1,33E+10	2,12E-02	206
21	21 -- 22			765868	1,38E+10	2,05E-02	195
22	22 -- 23			765868	1,59E+10	1,71E-02	141
23	23 -- 24			765868	1,81E+10	1,40E-02	97
24	24 -- 25			765868	2,03E+10	1,10E-02	61
25	25 -- 26			765868	2,25E+10	8,06E-03	34
26	26 -- 27			765868	2,47E+10	5,26E-03	15
27	27 -- 28			765868	2,69E+10	2,57E-03	4
28				765868	2,90E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,25E-02	1332
2	2 -- 3		23355	23355	0,00E+00	4,25E-02	1308
3	3 -- 4			23355	5,32E+07	4,22E-02	1211
4	4 -- 5			23355	1,20E+08	4,15E-02	1092
5	5 -- 6			23355	1,86E+08	4,07E-02	975
6	6 -- 7		175380	198734	1,97E+08	4,06E-02	956
7	7 -- 8			198734	6,74E+08	3,95E-02	860
8	8 -- 9			198734	9,57E+08	3,84E-02	804
9	9 -- 10			198734	1,24E+09	3,73E-02	750
10	10 -- 11			198734	1,81E+09	3,47E-02	648
11	11 -- 12		174456	373190	2,18E+09	3,30E-02	583
12	12 -- 13			373190	2,54E+09	3,21E-02	553
13	13 -- 14			373190	3,60E+09	2,93E-02	465
14	14 -- 15			373190	4,67E+09	2,62E-02	386
15	15 -- 16			373190	5,20E+09	2,48E-02	349
16	16 -- 17			373190	5,73E+09	2,35E-02	315
17	17 -- 18		173351	546542	5,92E+09	2,30E-02	303
18	18 -- 19			546542	7,20E+09	2,07E-02	252
19	19 -- 20			546542	8,76E+09	1,81E-02	196
20	20 -- 21		46141	592682	1,00E+10	1,60E-02	157
21	21 -- 22			592682	1,03E+10	1,55E-02	148
22	22 -- 23			592682	1,20E+10	1,30E-02	107
23	23 -- 24			592682	1,37E+10	1,06E-02	74
24	24 -- 25			592682	1,54E+10	8,35E-03	47
25	25 -- 26			592682	1,71E+10	6,14E-03	26
26	26 -- 27			592682	1,88E+10	4,01E-03	11
27	27 -- 28			592682	2,05E+10	1,96E-03	3
28				592682	2,22E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,28E-02	2182
2	2 -- 3		66280	66280	0,00E+00	7,28E-02	2141
3	3 -- 4			66280	1,51E+08	7,21E-02	1975
4	4 -- 5			66280	3,40E+08	7,01E-02	1772
5	5 -- 6			66280	5,29E+08	6,79E-02	1575
6	6 -- 7		258657	324937	5,59E+08	6,76E-02	1545
7	7 -- 8			324937	1,34E+09	6,51E-02	1385
8	8 -- 9			324937	1,80E+09	6,31E-02	1294
9	9 -- 10			324937	2,26E+09	6,09E-02	1205
10	10 -- 11			324937	3,19E+09	5,63E-02	1038
11	11 -- 12		255422	580360	3,81E+09	5,33E-02	934
12	12 -- 13			580360	4,36E+09	5,18E-02	884
13	13 -- 14			580360	6,01E+09	4,70E-02	743
14	14 -- 15			580360	7,67E+09	4,20E-02	615
15	15 -- 16			580360	8,49E+09	3,97E-02	557
16	16 -- 17			580360	9,32E+09	3,75E-02	502
17	17 -- 18		251491	831851	9,61E+09	3,67E-02	484
18	18 -- 19			831851	1,16E+10	3,30E-02	402
19	19 -- 20			831851	1,39E+10	2,89E-02	313
20	20 -- 21		126880	958731	1,59E+10	2,56E-02	251
21	21 -- 22			958731	1,64E+10	2,48E-02	237
22	22 -- 23			958731	1,91E+10	2,07E-02	172
23	23 -- 24			958731	2,18E+10	1,70E-02	118
24	24 -- 25			958731	2,46E+10	1,33E-02	75
25	25 -- 26			958731	2,73E+10	9,82E-03	41
26	26 -- 27			958731	3,00E+10	6,41E-03	18
27	27 -- 28			958731	3,28E+10	3,14E-03	5
28				958731	3,55E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,35E-02	1357
2	2 -- 3		25962	25962	0,00E+00	4,35E-02	1332
3	3 -- 4			25962	5,92E+07	4,32E-02	1233
4	4 -- 5			25962	1,33E+08	4,24E-02	1111
5	5 -- 6			25962	2,07E+08	4,16E-02	991
6	6 -- 7		176175	202137	2,19E+08	4,14E-02	973
7	7 -- 8			202137	7,04E+08	4,02E-02	874
8	8 -- 9			202137	9,92E+08	3,92E-02	818
9	9 -- 10			202137	1,28E+09	3,79E-02	763
10	10 -- 11			202137	1,86E+09	3,53E-02	658
11	11 -- 12		175439	377575	2,24E+09	3,36E-02	593
12	12 -- 13			377575	2,60E+09	3,27E-02	561
13	13 -- 14			377575	3,68E+09	2,98E-02	472
14	14 -- 15			377575	4,75E+09	2,66E-02	392
15	15 -- 16			377575	5,29E+09	2,52E-02	355
16	16 -- 17			377575	5,83E+09	2,38E-02	320
17	17 -- 18		174559	552135	6,02E+09	2,34E-02	308
18	18 -- 19			552135	7,31E+09	2,10E-02	256
19	19 -- 20			552135	8,89E+09	1,84E-02	199
20	20 -- 21		52051	604186	1,02E+10	1,63E-02	159
21	21 -- 22			604186	1,05E+10	1,58E-02	151
22	22 -- 23			604186	1,22E+10	1,32E-02	109
23	23 -- 24			604186	1,39E+10	1,08E-02	75
24	24 -- 25			604186	1,57E+10	8,49E-03	47
25	25 -- 26			604186	1,74E+10	6,24E-03	26
26	26 -- 27			604186	1,91E+10	4,07E-03	12
27	27 -- 28			604186	2,08E+10	1,99E-03	3
28				604186	2,25E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	6,68E-05	1
2	2 -- 3				1,69E+06	6,68E-05	1
3	3 -- 4				1,69E+06	5,02E-05	1
4	4 -- 5				1,69E+06	3,69E-05	1
5	5 -- 6				1,69E+06	2,82E-05	0
6	6 -- 7				1,69E+06	2,72E-05	0
7	7 -- 8				1,69E+06	2,27E-05	0
8	8 -- 9				1,69E+06	2,06E-05	0
9	9 -- 10				1,69E+06	1,88E-05	0
10	10 -- 11				1,69E+06	1,59E-05	0
11	11 -- 12				1,69E+06	1,45E-05	0
12	12 -- 13				1,69E+06	1,39E-05	0
13	13 -- 14				1,69E+06	1,23E-05	0
14	14 -- 15				1,69E+06	1,11E-05	0
15	15 -- 16				1,69E+06	1,06E-05	0
16	16 -- 17				1,69E+06	1,02E-05	0
17	17 -- 18				1,69E+06	1,00E-05	0
18	18 -- 19				1,69E+06	9,42E-06	0
19	19 -- 20				1,69E+06	8,88E-06	0
20	20 -- 21				7,96E+06	8,50E-06	0
21	21 -- 22				7,96E+06	8,12E-06	0
22	22 -- 23				7,96E+06	6,30E-06	0
23	23 -- 24				7,96E+06	4,84E-06	0
24	24 -- 25				7,96E+06	3,59E-06	0
25	25 -- 26				7,96E+06	2,51E-06	0
26	26 -- 27				7,96E+06	1,56E-06	0
27	27 -- 28				7,96E+06	7,32E-07	0
28					7,96E+06	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	11,32	66,46	7,07
3	3 -- 4	18,28	67,21	159,45
4	4 -- 5	28,27	68,24	352,45
5	5 -- 6	39,71	69,37	548,54
6	6 -- 7	72,71	328,21	579,80
7	7 -- 8	84,79	329,25	1368,75
8	8 -- 9	92,50	329,90	1838,40
9	9 -- 10	100,62	330,57	2308,98
10	10 -- 11	118,04	331,97	3253,09
11	11 -- 12	163,14	588,37	3884,77
12	12 -- 13	170,28	588,87	4443,96
13	13 -- 14	192,89	590,43	6124,46
14	14 -- 15	217,25	592,05	7809,49
15	15 -- 16	231,78	592,88	8653,76
16	16 -- 17	265,12	593,73	9499,21
17	17 -- 18	302,45	845,52	9796,15
18	18 -- 19	328,62	846,94	11784,79
19	19 -- 20	366,08	848,70	14201,09
20	20 -- 21	416,62	977,02	16180,13
21	21 -- 22	424,46	977,37	16717,59
22	22 -- 23	466,41	979,16	19505,65
23	23 -- 24	513,67	980,94	22298,81
24	24 -- 25	563,33	982,69	25096,98
25	25 -- 26	615,40	984,35	27900,01
26	26 -- 27	669,87	985,88	30707,59
27	27 -- 28	726,74	987,17	33519,18
28		844,94	988,47	36334,46

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 785	7,07	11,32	34	7,5	1217,6	0,01
2	500 / 785	159,45	18,28	135	162,3	1621,9	0,10
3	500 / 785	352,45	28,27	166	360,0	2208,8	0,17
4	500 / 785	548,54	39,71	161	562,5	2886,3	0,20
5	785 / 1070	579,80	72,71	25	595,5	3310,0	0,18
6	785 / 1070	1368,75	84,79	130	1395,5	4032,7	0,35
7	785 / 1070	1838,40	92,50	75	1872,1	4495,6	0,42
8	785 / 1070	2308,98	100,62	72	2350,0	4983,6	0,48
9	785 / 1070	3253,09	118,04	137	3310,3	6035,2	0,55
10	1070 / 1355	3884,77	163,14	85	3955,9	7431,7	0,54
11	1070 / 1355	4443,96	170,28	41	4522,0	7865,3	0,58
12	1070 / 1355	6124,46	192,89	116	6224,8	9239,9	0,68
13	1070 / 1355	7809,49	217,25	104	7932,5	10725,3	0,75
14	1355/ 1545	8653,76	231,78	48	8787,8	12994,9	0,68
15	1355/ 1545	9499,21	265,12	45	9645,3	13914,5	0,70
16	1355/ 1545	9796,15	302,45	15	9946,8	14244,7	0,71
17	1355/ 1545	11784,79	328,62	67	11957,5	15848,1	0,76
18	1545/ 1830	14201,09	366,08	72	14400,4	19946,1	0,73
19	1545/ 1830	16180,13	416,62	51	16400,8	21904,9	0,76
20	1545/ 1830	16717,59	424,46	11	16943,1	22386,9	0,76
21	1545/ 1830	19505,65	466,41	53	19756,1	24968,6	0,80
22	1830/ 2400	22298,81	513,67	44	22571,9	29576,4	0,77
23	1830/ 2400	25096,98	563,33	36	25390,1	32639,7	0,79
24	1830/ 2400	27900,01	615,40	27	28209,8	35854,0	0,80
25	1830/ 2400	30707,59	669,87	19	31030,2	39219,2	0,80
26	1830/ 2400	33519,18	726,74	11	33849,9	42735,4	0,80
27	1830/ 2400	36334,46	844,94	4	36668,3	46402,7	0,80

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
595	18,0	33,06	0,81	355	355
690	18,0	38,33	0,81	355	355
785	18,0	43,61	0,81	355	355
800	20,0	40,00	0,81	355	355
880	20,0	44,00	0,81	355	355
928	20,0	46,38	0,81	355	355
975	20,0	48,75	0,81	355	355
1070	20,0	53,50	0,81	355	355
1133	22,0	51,52	0,81	355	355
1165	22,0	52,95	0,81	355	355
1260	22,0	57,27	0,81	355	355
1355	22,0	61,59	0,81	347	355
1403	25,0	56,10	0,81	355	355
1450	25,0	58,00	0,81	355	355
1467	25,0	58,67	0,81	355	355
1545	25,0	61,80	0,81	346	355
1640	28,0	58,57	0,81	355	355
1717	28,0	61,31	0,81	348	355
1735	28,0	61,96	0,81	345	355
1830	28,0	65,36	0,81	333	355
1925	30,0	64,17	0,81	337	355
2020	30,0	67,33	0,81	326	355
2115	30,0	70,50	0,81	317	355
2210	30,0	73,67	0,81	307	355
2305	30,0	76,83	0,81	299	355
2400	30,0	80,00	0,81	292	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 785	2,26	0,41	355	355	0,01
2	500 / 785	40,79	0,60	355	355	0,12
3	500 / 785	67,12	0,80	355	355	0,19
4	500 / 785	78,73	0,98	355	355	0,22
5	785 / 1070	65,13	1,50	355	355	0,19
6	785 / 1070	135,27	1,65	355	355	0,39
7	785 / 1070	155,97	1,67	355	355	0,44
8	785 / 1070	176,13	1,72	355	355	0,50
9	785 / 1070	213,79	1,87	355	355	0,61
10	1070 / 1355	200,32	2,19	355	355	0,57
11	1070 / 1355	209,93	2,19	355	355	0,60
12	1070 / 1355	258,80	2,34	355	355	0,74
13	1070 / 1355	282,49	2,45	355	347	0,80
14	1355/ 1545	248,64	2,18	355	355	0,71
15	1355/ 1545	254,56	2,41	355	355	0,72
16	1355/ 1545	250,81	2,69	355	355	0,71
17	1355/ 1545	282,32	2,83	355	346	0,80
18	1545/ 1830	272,23	2,66	355	355	0,77
19	1545/ 1830	278,39	2,87	355	348	0,79
20	1545/ 1830	271,61	2,84	355	345	0,77
21	1545/ 1830	296,42	3,02	355	333	0,84
22	1830/ 2400	285,15	2,95	355	337	0,81
23	1830/ 2400	289,92	3,08	355	326	0,83
24	1830/ 2400	292,58	3,20	355	317	0,83
25	1830/ 2400	293,61	3,33	355	307	0,84
26	1830/ 2400	293,39	3,46	355	299	0,84
27	1830/ 2400	292,19	3,86	355	292	0,84

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

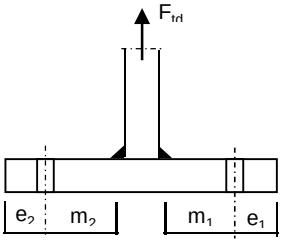
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1.} / 2)^2 + (d_{stc2.} / 2)^2]$

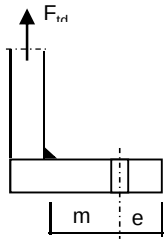
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld.} / 2)^2$$

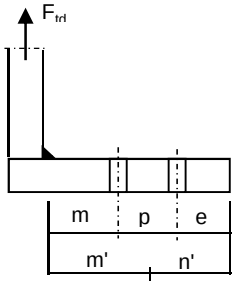
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	629,99	10,30	28	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 28,50 m hoogte.							
st.c buitenkant		1250,00					
st.c binnenkant		1050,00					
	56	631,77	10,60	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,60

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN-EN 1993-1-8 ,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2800,00	1940,00	193,2	135,0	135,0			127,0
2800,00	1940,00	193,2	135,0	135,0			183,3
flenzen op 28,50 m hoogte.							
1250,00	1050,0	68,2	60,0	60,0	118,2	110	117,8
1250,00	1050,0	68,2	60,0	60,0	118,2	110	117,8

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
120	1,26E+08	2602,39	1463,95	1696,90	1463,95	1259,98	0,86
120	1,81E+08	3756,02	1803,52	1696,90	1696,90	1259,98	0,74
flenzen op 28,50 m hoogte.							
100	9,87E+07	2364,85	1454,74	2121,12	1454,74	1263,54	0,87
100	9,87E+07	2364,85	1454,74	2121,12	1454,74	1263,54	0,87
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	0,93	1,450	0,18	7,46

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	592	1,000		1,000			
2	582	0,983	1 -- 2	0,991	133	226	628,8
3	541	0,914	2 -- 3	0,949	580		254,3
4	491	0,829	3 -- 4	0,872	833		292,2
5	441	0,746	4 -- 5	0,788	953		334,4
6	434	0,733	5 -- 6	0,739	178	1545	3828,7
7	393	0,665	6 -- 7	0,699	1007		419,4
8	370	0,626	7 -- 8	0,645	643		450,9
9	347	0,587	8 -- 9	0,606	676		474,3
10	304	0,514	9 -- 10	0,550	1452		509,5
11	276	0,467	10 -- 11	0,490	1141	1589	1437,1
12	263	0,444	11 -- 12	0,456	595		626,5
13	225	0,380	12 -- 13	0,412	1884		660,9
14	189	0,320	13 -- 14	0,350	2030		712,5
15	173	0,292	14 -- 15	0,306	1211		849,6
16	157	0,265	15 -- 16	0,279	1252	1526	1949,8
17	152	0,256	16 -- 17	0,261	449	1633	4165,7
18	128	0,216	17 -- 18	0,236	2181		928,0
19	101	0,171	18 -- 19	0,193	3122		1095,3
20	82	0,139	19 -- 20	0,155	2656	385	1321,9
21	78	0,132	20 -- 21	0,135	653		1187,4
22	57	0,097	21 -- 22	0,114	3496		1226,5
23	40	0,068	22 -- 23	0,083	3938		1381,9
24	26	0,044	23 -- 24	0,056	4139		1452,1
25	15	0,025	24 -- 25	0,034	4339		1522,4
26	7	0,011	25 -- 26	0,018	4539		1592,7
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	4740		1663,0
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4940	4910	3456,0

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	629	0,991	0,570	0,56	352,29	0,57
2 -- 3	254	0,949	2,280	2,05	521,60	2,16
3 -- 4	292	0,872	2,850	2,17	632,91	2,48
4 -- 5	334	0,788	2,850	1,77	591,13	2,24
5 -- 6	3829	0,739	0,450	0,25	942,00	0,33
6 -- 7	419	0,699	2,400	1,17	491,78	1,68
7 -- 8	451	0,645	1,425	0,59	267,54	0,92
8 -- 9	474	0,606	1,425	0,52	248,58	0,86
9 -- 10	509	0,550	2,850	0,86	439,85	1,57
10 -- 11	1437	0,490	1,900	0,46	656,13	0,93
11 -- 12	627	0,456	0,950	0,20	123,53	0,43
12 -- 13	661	0,412	2,850	0,48	319,58	1,17
13 -- 14	712	0,350	2,850	0,35	248,34	1,00
14 -- 15	850	0,306	1,425	0,13	113,34	0,44
15 -- 16	1950	0,279	1,425	0,11	215,81	0,40
16 -- 17	4166	0,261	0,500	0,03	141,71	0,13
17 -- 18	928	0,236	2,350	0,13	121,51	0,55
18 -- 19	1095	0,193	2,850	0,11	116,88	0,55
19 -- 20	1322	0,155	2,300	0,06	73,06	0,36
20 -- 21	1187	0,135	0,550	0,01	11,94	0,07
21 -- 22	1227	0,114	2,850	0,04	45,74	0,33
22 -- 23	1382	0,083	2,850	0,02	26,81	0,24
23 -- 24	1452	0,056	2,850	0,01	12,88	0,16
24 -- 25	1522	0,034	2,850	0,00	5,08	0,10
25 -- 26	1593	0,018	2,850	0,00	1,45	0,05
26 -- 27	1663	0,007	2,850	0,00	0,23	0,02
27 -- 28	3456	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	12,08	6721,73	19,75

m_e = 6721,7 / 12,1 = 556,4 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	556,4	0,030	1,25	1,450	12,7

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 12,7

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,75 / (4 * π * 12,08) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 7,46 / $15*10^{-6}$ = 7,2E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,57 / 19,75 = 0,38

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,079 * 0,130 * 0,38 * 0,2 = 0,024

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,024 = 0,035 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		155445	155445	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			155445	8,86E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			155445	4,43E+08	4,9E-02	856
4	4 -- 5			155445	8,86E+08	4,3E-02	725
5	5 -- 6			155445	1,33E+09	3,8E-02	609
6	6 -- 7			155445	1,40E+09	3,7E-02	592
7	7 -- 8			155445	1,77E+09	3,3E-02	508
8	8 -- 9			155445	1,99E+09	3,0E-02	463
9	9 -- 10			155445	2,22E+09	2,8E-02	422
10	10 -- 11			155445	2,66E+09	2,4E-02	347
11	11 -- 12			155445	2,95E+09	2,2E-02	304
12	12 -- 13			155445	3,10E+09	2,0E-02	284
13	13 -- 14			155445	3,54E+09	1,7E-02	230
14	14 -- 15			155445	3,99E+09	1,5E-02	185
15	15 -- 16			155445	4,21E+09	1,3E-02	165
16	16 -- 17			155445	4,43E+09	1,2E-02	147
17	17 -- 18			155445	4,51E+09	1,2E-02	141
18	18 -- 19			155445	4,87E+09	1,0E-02	114
19	19 -- 20			155445	5,32E+09	8,7E-03	87
20	20 -- 21			155445	5,67E+09	7,5E-03	69
21	21 -- 22			155445	5,76E+09	7,2E-03	65
22	22 -- 23			155445	6,20E+09	5,8E-03	46
23	23 -- 24			155445	6,65E+09	4,6E-03	31
24	24 -- 25			155445	7,09E+09	3,6E-03	19
25	25 -- 26			155445	7,53E+09	2,6E-03	11
26	26 -- 27			155445	7,97E+09	1,6E-03	5
27	27 -- 28			155445	8,42E+09	7,9E-04	1
28	28 -- 29			155445	8,86E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	18,0	3429797	26	0,0351	1,8
2	595	18,0	4568728	97	0,0351	6,8
3	690	18,0	6222037	142	0,0351	10,0
4	785	18,0	8130513	163	0,0351	11,5
5	800	20,0	9323933	150	0,0351	10,5
6	880	20,0	11359713	156	0,0351	11,0
7	928	20,0	12663587	157	0,0351	11,1
8	975	20,0	14038342	158	0,0351	11,1
9	1070	20,0	17000494	156	0,0351	11,0
10	1133	22,0	20934283	141	0,0351	9,9
11	1165	22,0	22155736	140	0,0351	9,8
12	1260	22,0	26028017	136	0,0351	9,6
13	1355	22,0	30212175	132	0,0351	9,3
14	1403	25,0	36605376	115	0,0351	8,1
15	1450	25,0	39195854	113	0,0351	7,9
16	1467	25,0	40125792	112	0,0351	7,9
17	1545	25,0	44642616	109	0,0351	7,7
18	1640	28,0	56186268	95	0,0351	6,6
19	1717	28,0	61703971	92	0,0351	6,5
20	1735	28,0	63061723	91	0,0351	6,4
21	1830	28,0	70334115	88	0,0351	6,2
22	1925	30,0	83313787	80	0,0351	5,6
23	2020	30,0	91942792	77	0,0351	5,4
24	2115	30,0	100997086	75	0,0351	5,2
25	2210	30,0	110476672	72	0,0351	5,1
26	2305	30,0	120381548	70	0,0351	4,9
27	2400	30,0	130711715	68	0,0351	4,8

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,93 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 7,46 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 52,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,5 m/s

V_o = 31,5 * 20 / 100 = 6,30 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,93 * [7,46 / 6,30]^2 * \exp[-(7,46 / 6,30)^2]$ = 3,07E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

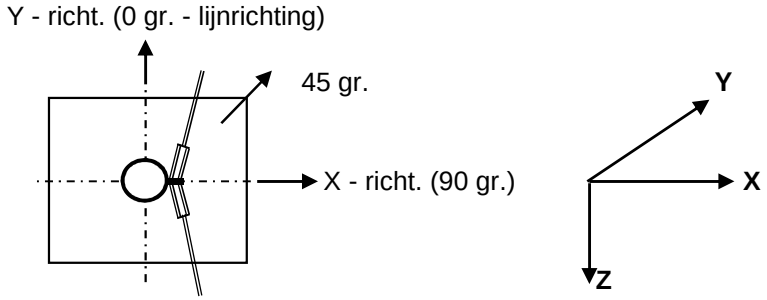
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	8,17	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
4	Lasnaad	12,00	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
5	Lasnaad	13,78	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
7	Lasnaad	13,15	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
9	Lasnaad	13,30	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
10	Lasnaad	13,18	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
12	Lasnaad	11,80	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
13	Lasnaad	11,48	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
14	Lasnaad	11,13	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
16	flenzen	9,53	35	19,25	1,000E+10	3,07E+08	0,03
18	Lasnaad	9,20	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
19	Lasnaad	7,98	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
21	Lasnaad	7,70	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
22	Lasnaad	7,43	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
23	Lasnaad	6,72	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
24	Lasnaad	6,50	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
25	Lasnaad	6,29	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
26	Lasnaad	6,08	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
27	Lasnaad	5,89	45	24,75	1,000E+10	3,07E+08	0,03
28	voetplaat	5,71	35	19,25	1,000E+10	3,07E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 0 graden						
1 - EG mast			729			
2 - Windbelasting mast	106				2836	
3 - Belasting geval 1a	766		58		29051	
4 - Belasting geval 1b	593		58		22173	
5 - Belasting geval 3	959		116		35537	
6 - Belasting geval 4	604		69		22553	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	872		787		31887	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	613		787		22705	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	988		**845**		**36334**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	624		798		23085	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	30129	kNm	36334	kNm	36334	kNm
Dwarskracht	831	kN	988	kN	988	kN
Verticale kracht	656	kN	845	kN	590	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	629,99	10,30	28	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2800,00					
st.c binnenkant		1940,00					
2370	96	522,87	8,66	28	M 48 - 8,8	848,45	0,62

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 630,0 kN

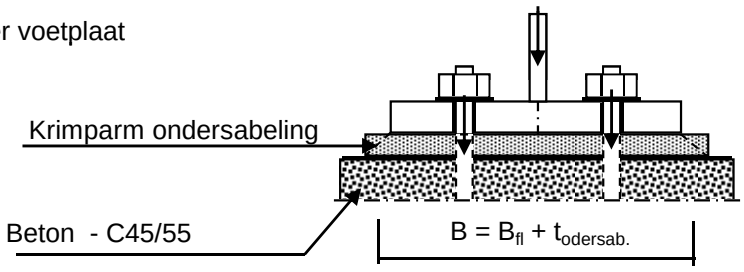
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 522,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 647,6 + 1,00 * 522,9 = 1170,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

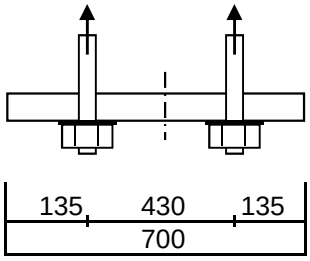
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	700,0	mm	D =	2370	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	740,0	mm			

A_{voetpl} = 740 * $2*\pi*D / n$ = 114786 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,4 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

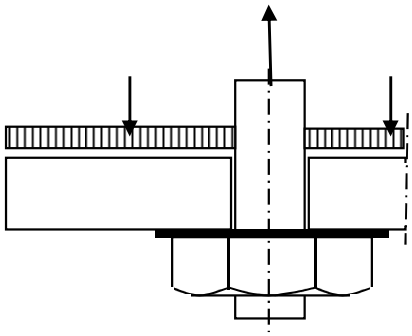


D = 2370 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 700 * 2*π*D / n = 108581 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 135 mm
L_{veld} = 430 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 105742 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2495 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 162456 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 162456 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2495 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 162456 / 179718,8 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 320,9 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2495 / 9223 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,4 N/mm^2

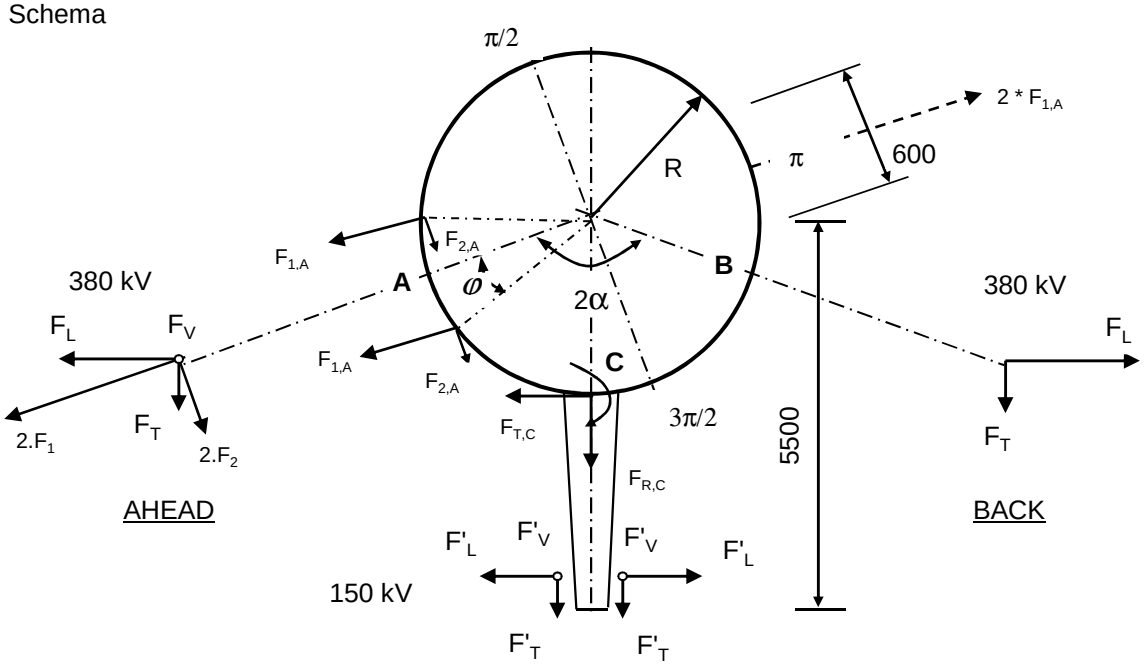
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (320,9^2 + 3*55,4^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 335 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\sin\alpha + F_{T,Ah}.\cos\alpha) / 4$; $F_{1;B} = 0$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\cos\alpha - F_{T,Ah}.\sin\alpha) / 4$; $F_{2;B} = 0$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = 0$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

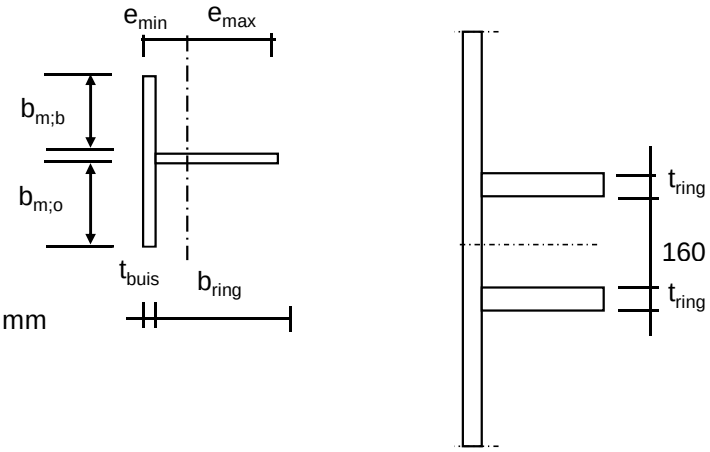
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

Opmerking:
In mast W2E400 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 48,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8918	mm^2
e_{min} =	33,5	mm
e_{max} =	121,5	mm
I =	15614845	mm^4
W_{min} =	128480	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4413	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 48,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix L
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17055	122112	201776	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	122004	228076	0,0	0,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	66910	134937	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	102975	216051	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 800 mm

R = 400,0 mm

Mast 5 : Lijnhoek = 2. α = 174,3 graden

Mast 153 : Lijnhoek = 2. α = 179,8 graden

Lijnhoek = 2. α = 174,3 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (400+80)) = 38,7 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	51,9	103,8	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58,5	116,9	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	34,5	69,0	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,2	110,5	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	28,0					
	27,6					
	15,0					
	23,0					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

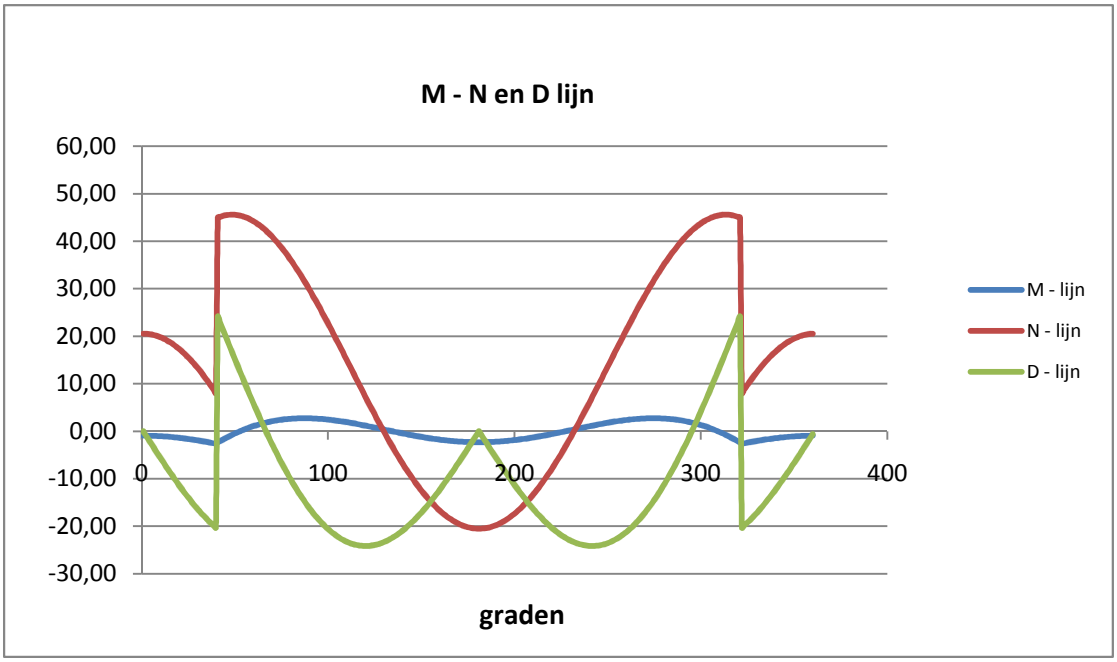
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,93	20,54	0,00	0,28	3,23
15,0	-1,20	18,58	-9,02	0,78	9,08
30,0	-1,98	12,92	-16,78	0,69	8,10
45,0	-1,29	45,53	19,21	2,48	28,96
60,0	1,19	44,03	5,05	1,28	14,98
75,0	2,48	38,26	-7,28	0,24	2,83
90,0	2,72	29,23	-16,68	0,55	6,47
105,0	2,16	18,21	-22,41	1,05	12,28
120,0	1,11	6,61	-24,19	1,24	14,42
135,0	-0,12	-4,19	-22,13	1,13	13,13
150,0	-1,25	-12,92	-16,78	0,78	9,08
165,0	-2,03	-18,58	-9,02	0,28	3,23
180,0	-2,30	-20,54	0,00	0,28	3,23
195,0	-2,03	-18,58	-9,02	0,78	9,08
210,0	-1,25	-12,92	-16,78	1,13	13,13
225,0	-0,12	-4,19	-22,13	1,24	14,42
240,0	1,11	6,61	-24,19	1,05	12,28
255,0	2,16	18,21	-22,41	0,55	6,47
270,0	2,72	29,23	-16,68	0,24	2,83
285,0	2,48	38,26	-7,28	1,28	14,98
300,0	1,19	44,03	5,05	2,48	28,96
315,0	-1,29	45,53	19,21	0,69	8,10
330,0	-1,98	12,92	-16,78	0,78	9,08
345,0	-1,20	18,58	-9,02	0,28	3,22
360,0	-0,93	20,54	-0,62	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	45,6	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	2,74	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$V_{Ed;max}$ =	24,2	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 45,61 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,1 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 2,74 / 30,4 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 21,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 24,19 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 31,89

V_{Ed} = 14,50

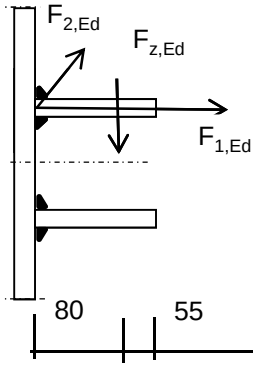
$\sigma_b + \sigma_N$ = 21,4 + 3,6 = 24,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 5,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 27 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	58,47	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	27,63	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	28,96	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 25,8 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 17,27 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 18,10 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 70,36 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 153,5 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

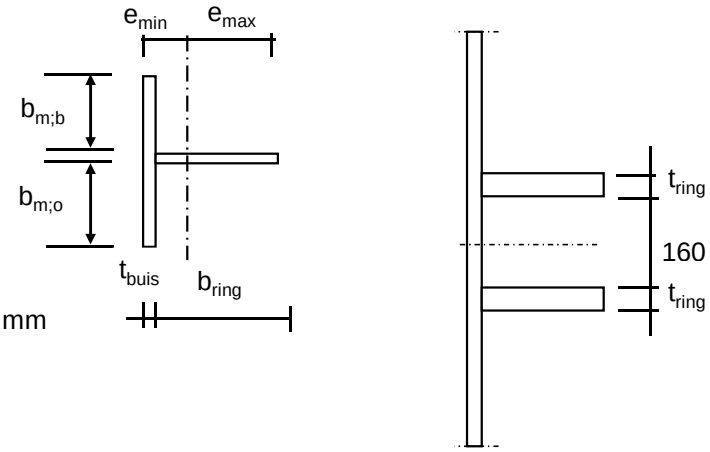
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	153,5	/	302,2	=	0,51	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	70,4	/	244,8	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 38,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	10004	mm^2
e_{min} =	32,2	mm
e_{max} =	124,8	mm
I =	16542576	mm^4
W_{min} =	132539	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm
$M_{w;Rd}$ =	9909	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 38,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 48 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17055	122112	201776	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	122004	228076	0,0	0,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	66910	134937	0,0	0,0	0,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	102975	216051	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1133 mm

R = 566,7 mm

Mast 5 : Lijnhoek = 2. α = 174,3 graden

Mast 153 : Lijnhoek = 2. α = 179,8 graden

Lijnhoek = 2. α = 174,3 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (567+80)) = 27,6 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	51,9	103,8	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58,5	116,9	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	34,5	69,0	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,2	110,5	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	28,0					
	27,6					
	15,0					
	23,0					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

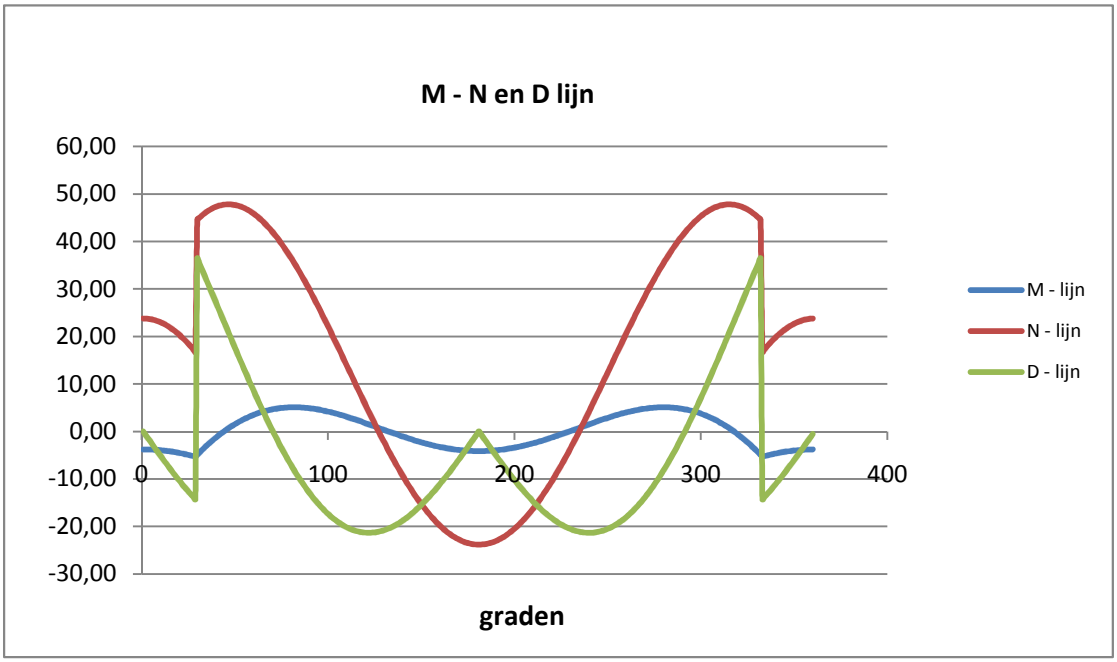
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-3,77	23,81	0,00	0,46	5,02
15,0	-4,23	21,74	-8,18	0,28	3,04
30,0	-4,51	44,98	35,49	4,97	54,79
45,0	0,47	47,84	21,53	3,13	34,50
60,0	3,60	45,66	7,88	1,37	15,12
75,0	4,97	39,11	-4,12	0,14	1,50
90,0	4,83	29,23	-13,41	1,26	13,94
105,0	3,57	17,37	-19,25	1,94	21,35
120,0	1,63	4,97	-21,35	2,13	23,51
135,0	-0,50	-6,50	-19,82	1,89	20,81
150,0	-2,39	-15,75	-15,14	1,29	14,18
165,0	-3,68	-21,74	-8,18	0,46	5,02
180,0	-4,13	-23,81	0,00	0,46	5,02
195,0	-3,68	-21,74	-8,18	1,29	14,18
210,0	-2,39	-15,75	-15,14	1,89	20,81
225,0	-0,50	-6,50	-19,82	2,13	23,51
240,0	1,63	4,97	-21,35	1,94	21,35
255,0	3,57	17,37	-19,25	1,26	13,94
270,0	4,83	29,23	-13,41	0,14	1,50
285,0	4,97	39,11	-4,12	1,37	15,12
300,0	3,60	45,66	7,88	3,13	34,50
315,0	0,47	47,84	21,53	4,97	54,79
330,0	-4,51	44,98	35,49	0,28	3,04
345,0	-4,23	21,74	-8,18	0,45	5,00
360,0	-3,78	23,80	-0,56	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 16542576 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	47,9	kN		N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	5,30	kNm		M_{Rd} =	31	kNm
$V_{Ed;max}$ =	36,4	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 47,85 / 2367 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,8 N/mm²

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 5,30 / 31,4 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 40,0 N/mm²

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 36,40 / 369 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 13,5 N/mm²

Bij maximale moment : N_{Ed} = 16,76

V_{Ed} = 14,32

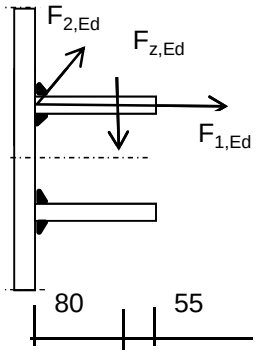
$\sigma_b + \sigma_N$ = 40,0 + 1,7 = 41,7 N/mm² < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 5,3 N/mm²

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm² < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	58,47	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	27,63	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	54,79	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 25,8 N/mm²

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 17,27 N/mm²

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 34,24 N/mm²

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm²

$\sigma_1 = \tau_1$ = 70,36 N/mm²

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 166,6 N/mm²

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 166,6 / 302,2 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 70,4 / 244,8 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

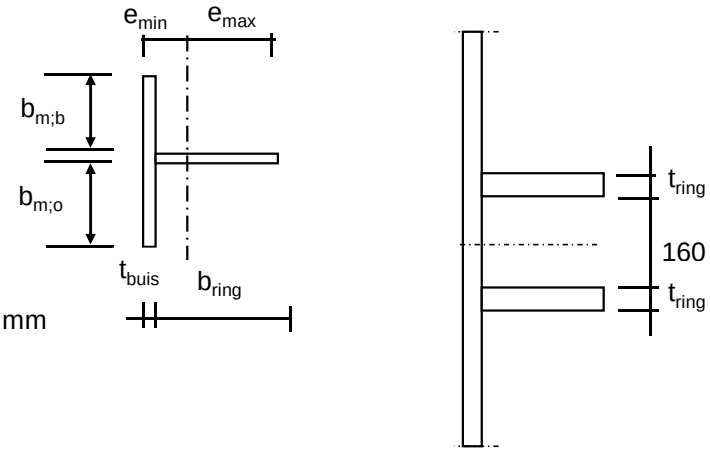
9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 28,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 25 mm
$t_{buis;reken}$ = 25 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 135 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 263,6 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 11790 mm^2
e_{min} = 30,8 mm
e_{max} = 129,2 mm

I = 17896923 mm^4
W_{min} = 138543 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 2790 kN
$M_{y;Rd}$ = 33 kNm
$M_{w;Rd}$ = 18993 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 28,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 48 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17055	122112	201776	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	122004	228076	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	66910	134937	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	102975	216051	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1467 mm

R = 733,3 mm

Mast 5 : Lijnhoek = 2. α = 174,3 graden

Mast 153 : Lijnhoek = 2. α = 179,8 graden

Lijnhoek = 2. α = 174,3 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (733+80)) = 21,6 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	51,9	103,8	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58,5	116,9	0,0	0,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	34,5	69,0	0,0	0,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,2	110,5	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	28,0					
	27,6					
	15,0					
	23,0					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

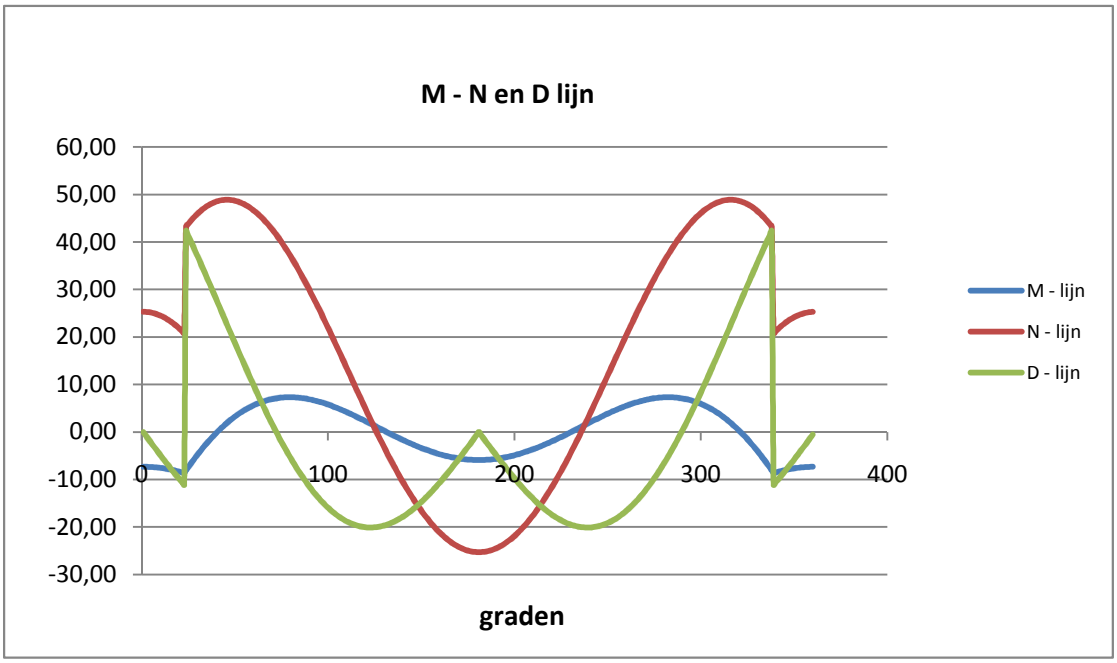
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-7,29	25,30	0,00	0,63	6,38
15,0	-7,92	23,18	-7,79	3,60	36,67
30,0	-4,32	46,27	36,24	6,26	63,77
45,0	1,94	48,90	22,58	3,83	38,96
60,0	5,77	46,41	9,17	1,51	15,40
75,0	7,28	39,49	-2,68	0,46	4,67
90,0	6,82	29,23	-11,92	1,92	19,55
105,0	4,90	16,98	-17,82	2,77	28,22
120,0	2,13	4,23	-20,06	2,99	30,42
135,0	-0,86	-7,56	-18,76	2,62	26,66
150,0	-3,48	-17,04	-14,40	1,78	18,08
165,0	-5,25	-23,18	-7,79	0,63	6,38
180,0	-5,88	-25,30	0,00	0,63	6,38
195,0	-5,25	-23,18	-7,79	1,78	18,08
210,0	-3,48	-17,04	-14,40	2,62	26,66
225,0	-0,86	-7,56	-18,76	2,99	30,42
240,0	2,13	4,23	-20,06	2,77	28,22
255,0	4,90	16,98	-17,82	1,92	19,55
270,0	6,82	29,23	-11,92	0,46	4,67
285,0	7,28	39,49	-2,68	1,51	15,40
300,0	5,77	46,41	9,17	3,83	38,96
315,0	1,94	48,90	22,58	6,26	63,77
330,0	-4,32	46,27	36,24	3,60	36,67
345,0	-7,92	23,18	-7,79	0,62	6,36
360,0	-7,30	25,29	-0,53	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	48,9	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,62	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$V_{Ed;max}$ =	42,3	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 48,90 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,1 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,62 / 32,8 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 62,2 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 42,28 / 369 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 15,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 20,78

V_{Ed} = 11,09

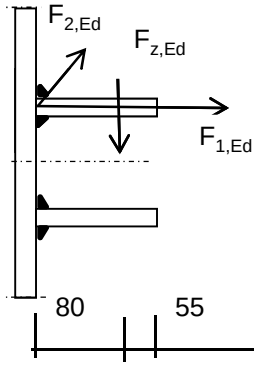
$\sigma_b + \sigma_N$ = 62,2 + 1,8 = 64,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 4,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 64 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	58,47	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	27,63	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	63,77	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 25,8 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 17,27 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 39,85 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 70,36 N/mm^2

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 172,0 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

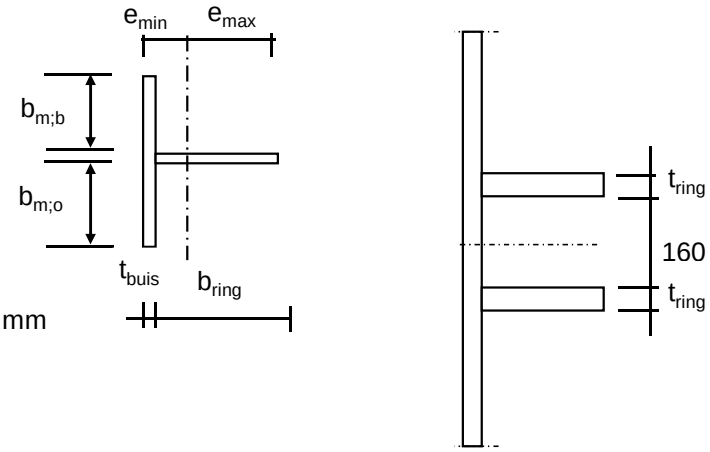
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	172,0	/	302,2	=	0,57	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	70,4	/	244,8	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet

9.1.4 - Afspanpunt trekisolatoren op 51,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	18	mm
$t_{buis;reken}$ =	18	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm²

E = 210000,0 N/mm²

$b_{m;b}$ =	189,8	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	7316	mm^2
e_{min} =	26,7	mm
e_{max} =	96,3	mm
I =	7733172,9	mm^4
W_{min} =	80263	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1732	kN
$M_{y;Rd}$ =	19	kNm
$M_{w;Rd}$ =	2886	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 51,5 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 683 mm

R = 341,7 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (342+50)) = 50,0 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

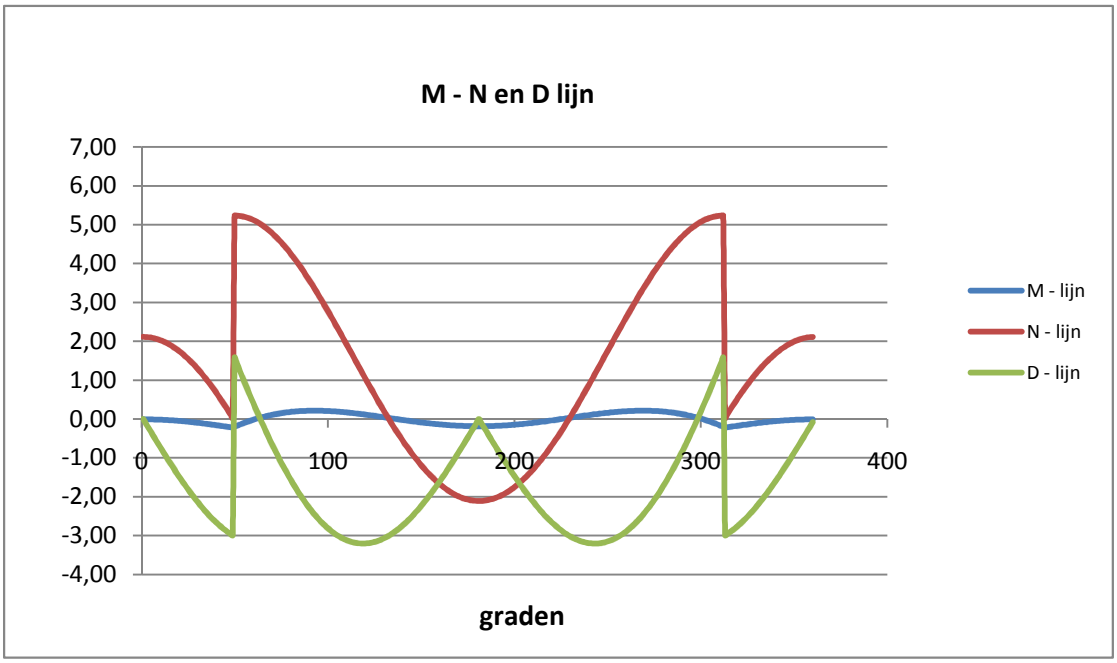
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,01	2,11	0,00	0,02	0,25
15,0	-0,03	1,89	-1,17	0,07	0,69
30,0	-0,10	1,25	-2,18	0,10	0,98
45,0	-0,20	0,26	-2,90	0,19	1,96
60,0	0,00	5,10	0,30	0,16	1,63
75,0	0,16	4,49	-1,21	0,06	0,57
90,0	0,21	3,50	-2,34	0,03	0,26
105,0	0,19	2,27	-3,02	0,08	0,80
120,0	0,11	0,96	-3,20	0,10	1,04
135,0	0,01	-0,26	-2,90	0,10	0,98
150,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,07	0,69
165,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,02	0,25
180,0	-0,18	-2,11	0,00	0,02	0,25
195,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,07	0,69
210,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,10	0,98
225,0	0,01	-0,26	-2,90	0,10	1,04
240,0	0,11	0,96	-3,20	0,08	0,80
255,0	0,19	2,27	-3,02	0,03	0,26
270,0	0,21	3,50	-2,34	0,06	0,57
285,0	0,16	4,49	-1,21	0,16	1,63
300,0	0,00	5,10	0,30	0,19	1,96
315,0	-0,20	0,26	-2,90	0,10	0,98
330,0	-0,10	1,25	-2,18	0,07	0,69
345,0	-0,03	1,89	-1,17	0,02	0,25
360,0	-0,01	2,11	-0,08	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 7733173 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,2	kN	N_{Rd} =	1732	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,22	kNm	M_{Rd} =	19	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,2	kN	V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,23 / 1732 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,22 / 19,0 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 2,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 3,20 / 287 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 0,03

V_{Ed} = 2,99

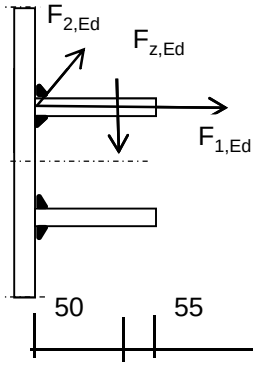
$\sigma_b + \sigma_N$ = 2,7 + 0,0 = 2,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 1,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	1,96	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 1,96 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 94,5 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

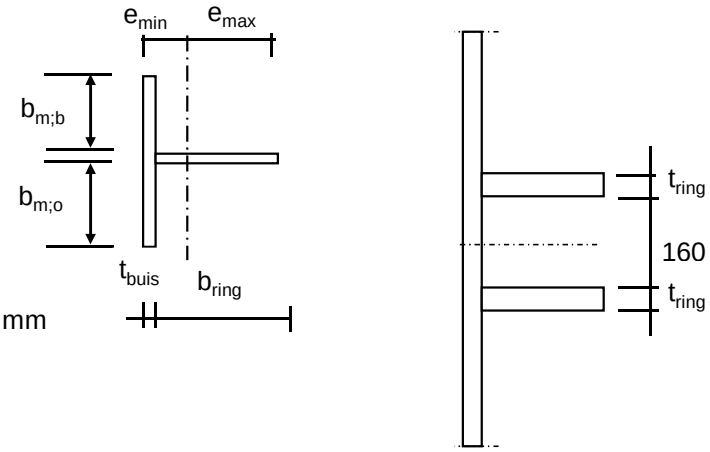
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	94,5	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Afspanpunt trekisolatoren op 41,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm²

E = 210000,0 N/mm²

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8318	mm^2
e_{min} =	25,8	mm
e_{max} =	99,2	mm
I =	8268707,8	mm^4
W_{min} =	83337	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y;Rd}$ =	20	kNm
$M_{w;Rd}$ =	7243	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 41,5 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1017 mm

R = 508,3 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (508+50)) = 32,5 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

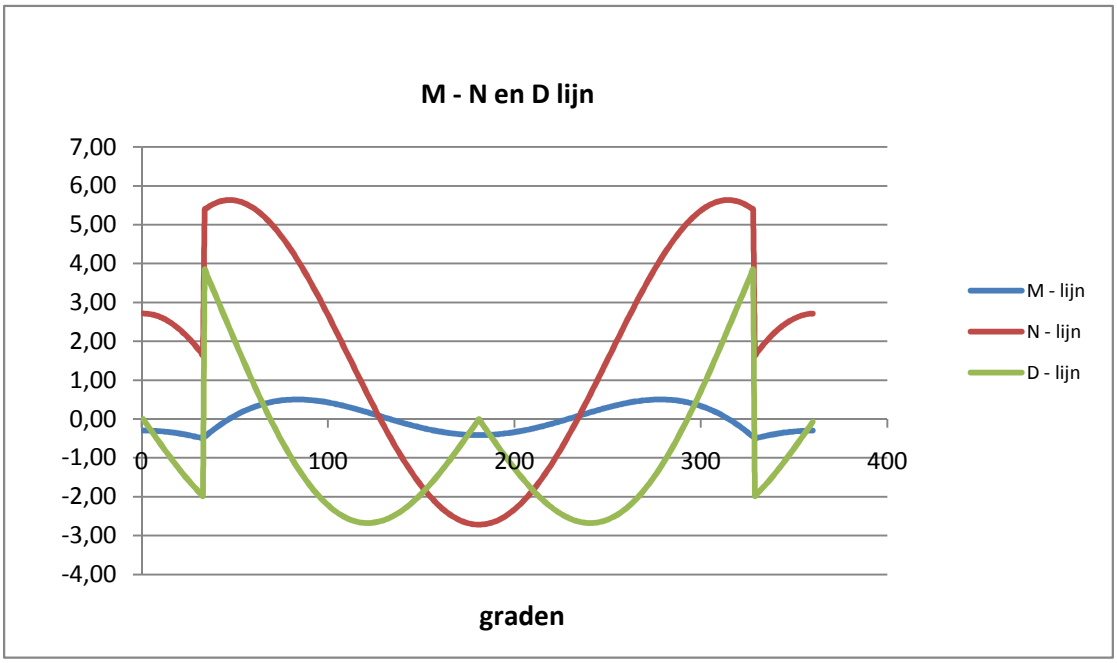
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,29	2,72	0,00	0,05	0,47
15,0	-0,34	2,47	-1,01	0,13	1,34
30,0	-0,47	1,77	-1,88	0,44	4,47
45,0	-0,03	5,63	2,48	0,35	3,57
60,0	0,32	5,40	0,83	0,16	1,67
75,0	0,48	4,65	-0,62	0,00	0,03
90,0	0,48	3,50	-1,74	0,12	1,20
105,0	0,37	2,11	-2,44	0,19	1,95
120,0	0,17	0,66	-2,67	0,22	2,19
135,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,19	1,95
150,0	-0,23	-1,77	-1,88	0,13	1,34
165,0	-0,36	-2,47	-1,01	0,05	0,47
180,0	-0,41	-2,72	0,00	0,05	0,47
195,0	-0,36	-2,47	-1,01	0,13	1,34
210,0	-0,23	-1,77	-1,88	0,19	1,95
225,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,22	2,19
240,0	0,17	0,66	-2,67	0,19	1,95
255,0	0,37	2,11	-2,44	0,12	1,20
270,0	0,48	3,50	-1,74	0,00	0,03
285,0	0,48	4,65	-0,62	0,16	1,67
300,0	0,32	5,40	0,83	0,35	3,57
315,0	-0,03	5,63	2,48	0,44	4,47
330,0	-0,47	1,77	-1,88	0,13	1,34
345,0	-0,34	2,47	-1,01	0,05	0,47
360,0	-0,29	2,72	-0,07	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 8268708 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,6	kN	N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,50	kNm	M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,8	kN	V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,64 / 1969 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,50 / 19,7 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 6,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 3,85 / 287 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 4,08

V_{Ed} = 1,27

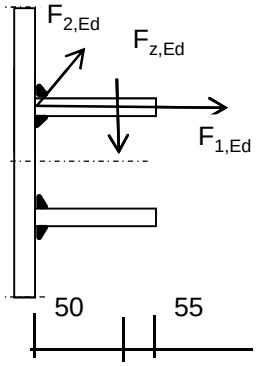
$\sigma_b + \sigma_N$ = 6,0 + 0,5 = 6,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	4,47	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 4,47 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,0 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

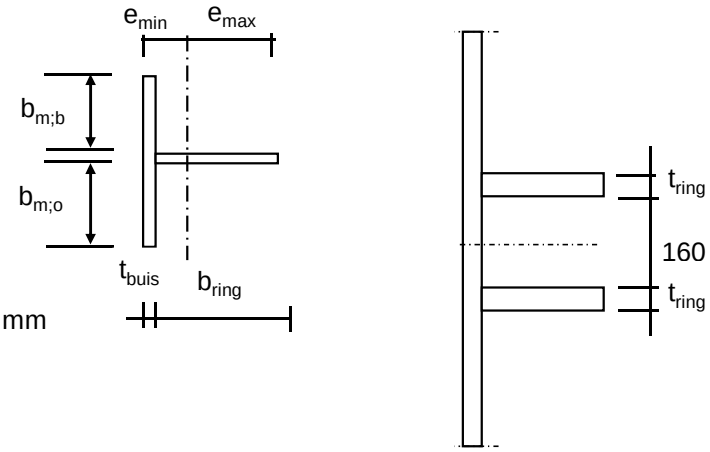
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,0	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.6 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	105	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	9404	mm^2
e_{min} =	25,2	mm
e_{max} =	101,8	mm
I =	8800657,6	mm^4
W_{min} =	86434	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2225	kN
$M_{y;Rd}$ =	20	kNm
$M_{w;Rd}$ =	13836	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	287	kN

Belastingen - bevestiging op 32,0 meter hoogte

Voor belastingen zie : ontwerpbelasting opstijgpunten

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a / BG 3	17400	8500	28000	0	0	0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1333 mm

R = 666,7 mm

Lijnhoek = 2. α = 180 graden

hoek φ = boogsin(300 / (667+50)) = 24,7 graden

	A		B		C	
	$F_{1;A;Ed}$ kN	$2*F_{1;A;Ed}$ kN	$F_{1;B;Ed}$ kN	$2*F_{1;B;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a / BG 3	7,0	14,0	0,0	0,0		
	$F_{1;A;Ed}$ kN					
	2,1					
	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 4	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 20	tabel 9.2 - 19

Roark's Formulas for stress & strain

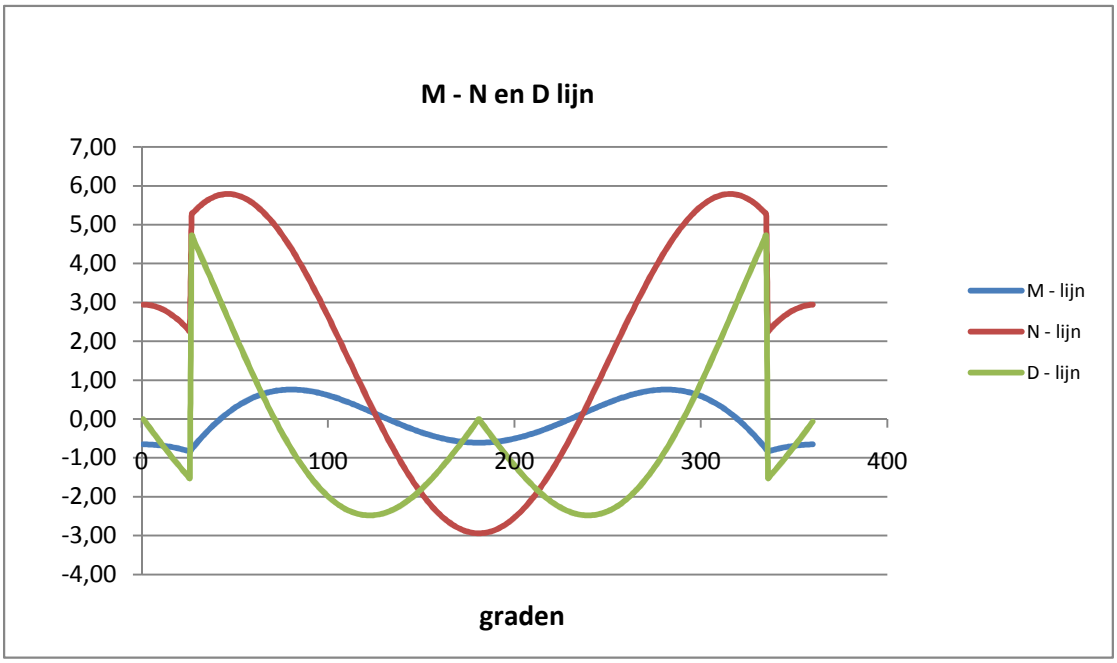
Krachten in de mast

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-0,66	2,94	0,00	0,07	0,68
15,0	-0,72	2,69	-0,95	0,17	1,77
30,0	-0,55	5,47	4,30	0,69	7,03
45,0	0,14	5,79	2,64	0,43	4,36
60,0	0,57	5,51	1,02	0,18	1,82
75,0	0,75	4,71	-0,40	0,04	0,36
90,0	0,71	3,50	-1,51	0,19	1,98
105,0	0,52	2,06	-2,22	0,29	2,93
120,0	0,23	0,55	-2,48	0,31	3,19
135,0	-0,08	-0,84	-2,31	0,28	2,81
150,0	-0,36	-1,97	-1,77	0,19	1,91
165,0	-0,55	-2,69	-0,95	0,07	0,68
180,0	-0,61	-2,94	0,00	0,07	0,68
195,0	-0,55	-2,69	-0,95	0,19	1,91
210,0	-0,36	-1,97	-1,77	0,28	2,81
225,0	-0,08	-0,84	-2,31	0,31	3,19
240,0	0,23	0,55	-2,48	0,29	2,93
255,0	0,52	2,06	-2,22	0,19	1,98
270,0	0,71	3,50	-1,51	0,04	0,36
285,0	0,75	4,71	-0,40	0,18	1,82
300,0	0,57	5,51	1,02	0,43	4,36
315,0	0,14	5,79	2,64	0,69	7,03
330,0	-0,55	5,47	4,30	0,17	1,77
345,0	-0,72	2,69	-0,95	0,07	0,67
360,0	-0,66	2,94	-0,07	0,00	0,00

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 110250 mm^3

$I =$ 8800658 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,8	kN	N_{Rd} =	2225	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,84	kNm	M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	4,7	kN	V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,79 / 2225 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,84 / 20,5 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 9,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 4,72 / 287 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 2,26

V_{Ed} = 1,52

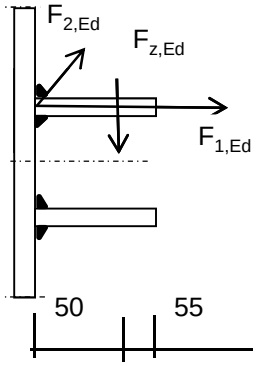
$\sigma_b + \sigma_N$ = 9,7 + 0,2 = 9,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 10 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{1,h,Ed}$ =	7,00	kN
$F_{2,h,Ed}$ =	2,13	kN
F_z =	8,70	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	7,03	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of L_{las} = 2 * 50 = 100 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{1,h,Ed}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{1,h,Ed} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 4,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{2,h,Ed}$:

$\tau_2 = F_{2,h,Ed} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,13 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 7,03 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 50)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 42,18 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 47,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

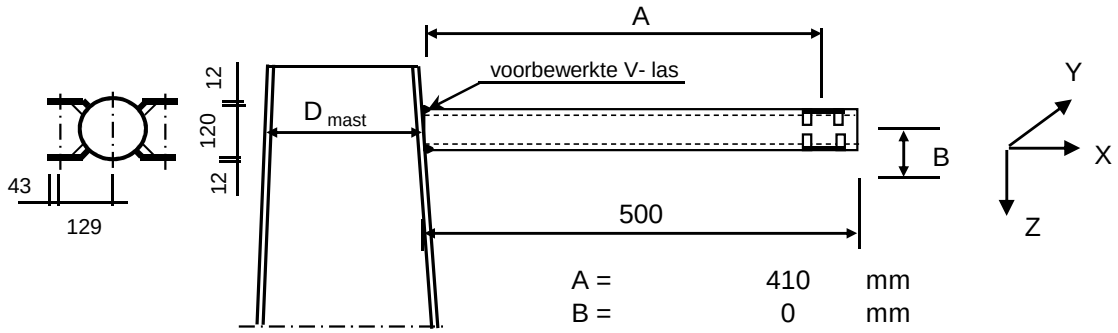
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,6	/	302,2	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,1	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	56,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix L

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	19999	32087	2228	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	32192	57937	9246	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	9067	17908	2226	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	26364	54957	9244	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	21053	33538	2228	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	32831	58473	9246	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	19,999	32,087	2,228	0,00	0,91	13,16
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	32,192	57,937	9,246	0,00	3,79	23,75
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,067	17,908	2,226	0,00	0,91	7,34
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	26,364	54,957	9,244	0,00	3,79	22,53
BG 1a - (+wind (-45 gr))	21,053	33,538	2,228	0,00	0,91	13,75
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	32,831	58,473	9,246	0,00	3,79	23,97

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,79	/	36	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =			24,6	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	23,97	/	36	=	0,66	< 1,0 -- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =			155,5	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	32,83	/	953	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
		σ_N =			8,1	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,25	/	275	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
		τ_z =			4,6	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	58,47	/	275	=	0,21	< 1,0 -- Voldoet
		τ_y =			29,0	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 166 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 173 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	18,0	28331	S355	355	3429797
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 11,32 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 7,07 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,005

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,79 / 69,7 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,2 kNm

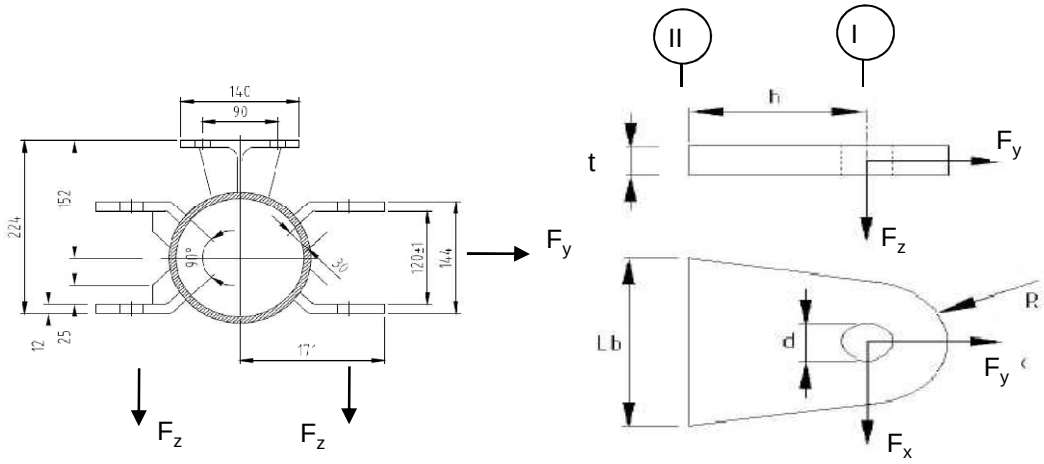
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 23,97 / 47,2 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,00	32,09	2,23
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	32,19	57,94	9,25
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,07	17,91	2,23
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	26,36	54,96	9,24
BG 1a - (+wind (-45 gr))	21,05	33,54	2,23
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	**32,83**	**58,47**	**9,25**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**16,42**	**29,24**	**9,25**

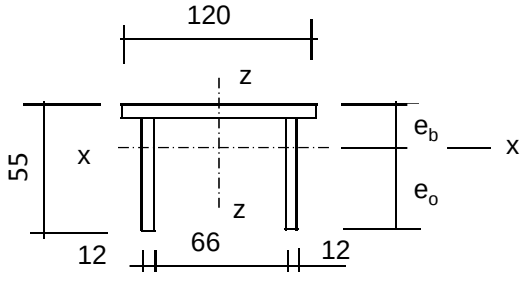
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	29,24	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,07	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,25	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,60	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,42	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	29,24	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,07	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		24,0	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,60	/	4,0	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		35,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,25	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		9,0	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,42	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,4	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 71,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 76 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

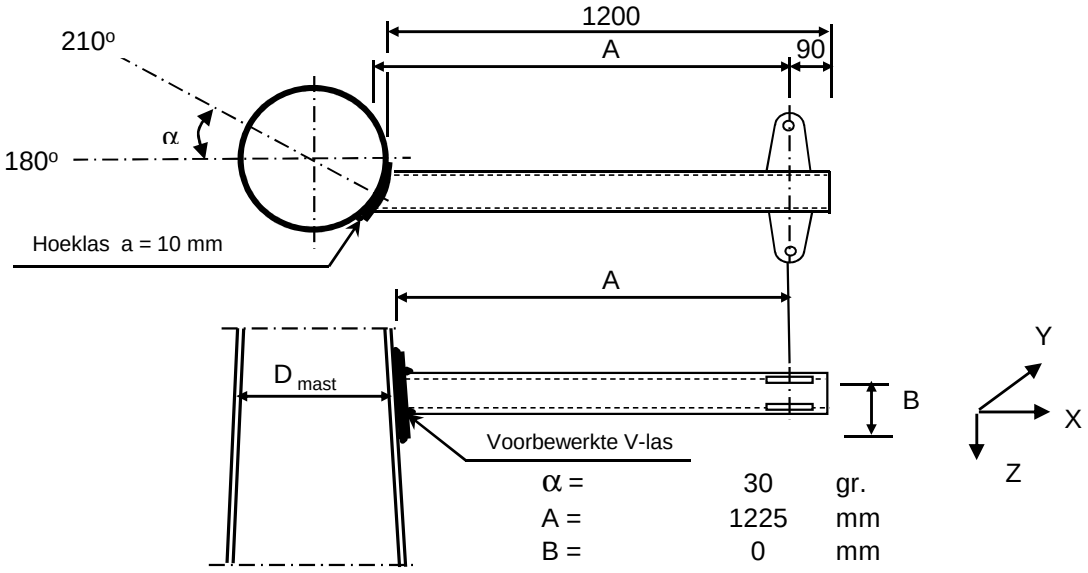
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		60,7	N/mm^2
τ_1 =		60,7	N/mm^2
τ_2 =	0	13,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	123,7	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	123,7	/ 302,2 =	0,41	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,7	/ 244,8 =	0,25	< 1,0	-- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1225	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1717	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	20,5	m

Buisgegevens

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10013	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2370	kN
$W_y = W_z$ =	9,78E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	231,5	kNm
W_x =	1,96E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	231,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	267,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	684,1	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix L

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	29627	50223	4619	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	58797	112434	18678	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	17921	36536	4617	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52601	110859	18676	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	30889	51929	4619	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	59452	112815	18678	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	29,627	50,223	4,619	0,00	5,66	61,52
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	58,797	112,434	18,678	0,00	22,88	137,73
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,921	36,536	4,617	0,00	5,66	44,76
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,601	110,859	18,676	0,00	22,88	135,80
BG 1a - (+wind (-45 gr))	30,889	51,929	4,619	0,00	5,66	63,61
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	59,452	112,815	18,678	0,00	22,88	138,20

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 22,88 / 231 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 23,4 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 138,20 / 231 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 141,3 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 59,45 / 2370 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,9 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 18,68 / 684 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 3,7 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 112,82 / 684 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 22,5 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 149 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 154 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

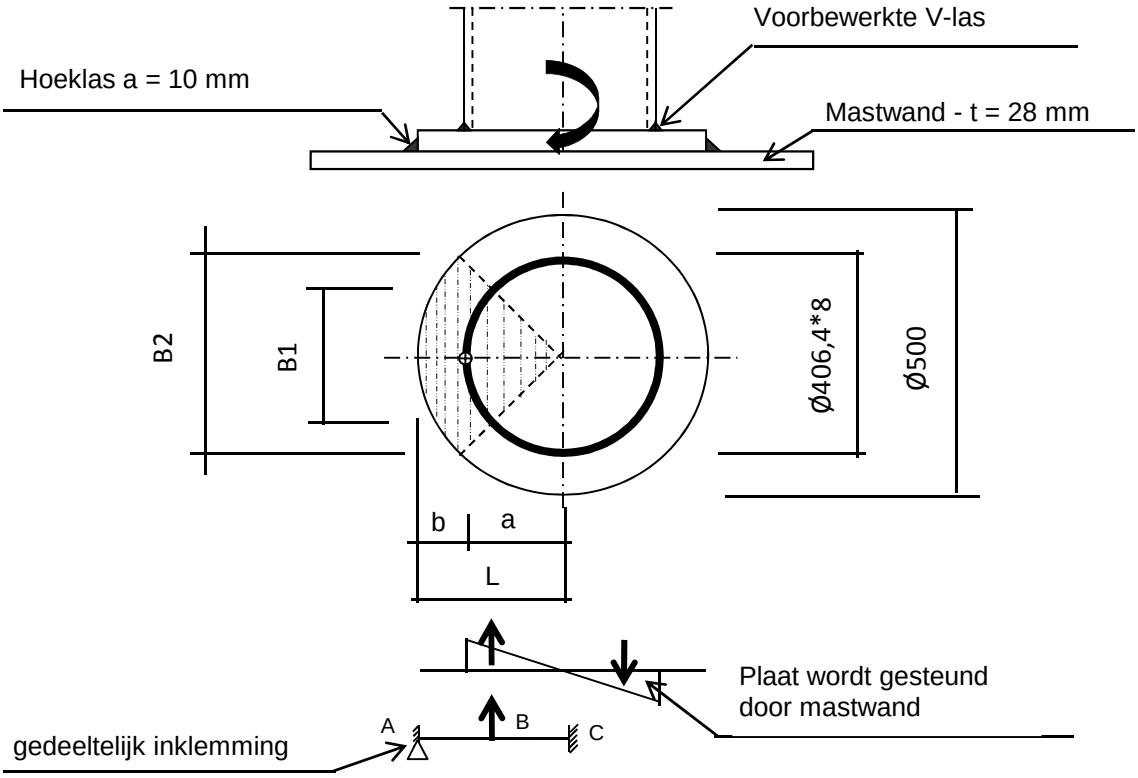
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 406,4*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 500 * 25 - S355

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ; A = 10013 mm^2
W = 978046 mm^3
I = 198738928 mm^4
R = 203 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 140,1 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 306,0 kN

a = R_{buis} = 203,2
b = R_{pl} - a = 46,8

B1 = 287,4 mm ; Boog B1 = 319 mm
B2 = 353,6 mm ; Boog B2 = 393 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 10,35 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 221,1 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 9,46 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,54 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 277,9 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 9,5 * 40,0% = 3,78 kNm

$M_{B;Ed} =$ 10,3 * 60,0% + 3,5 * 40,0% = 7,63 kNm

$R_{A;Ed} =$ 221,1 * 60,0% + 277,9 * 40,0% = 243,8 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 14,52 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 11,80 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 3,78 / 14,52 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 61,7 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 7,63 / 11,80 = 0,65 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 152,9 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 243,8 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 24,8 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 30,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 161,8 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 109,0 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 43,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	109,0	+	43,9	=	152,9	N/mm^2	
$\tau_{1,max}$ =	109,0	-	43,9	=	65,1	N/mm^2	
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	190,0	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	190,0	/	302,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	152,9	/	244,8	=	0,62	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1716,7	28,0	148543	S355	355	61703971
Plaat	500,0		196350	S355	355	12271846

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,29

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 30,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 416,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 16180,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,75 of n_p = -0,731

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,61

$M_{ip,1,Rd}$ = 441,8 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 956,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,88 / 441,8 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 199,6 kNm

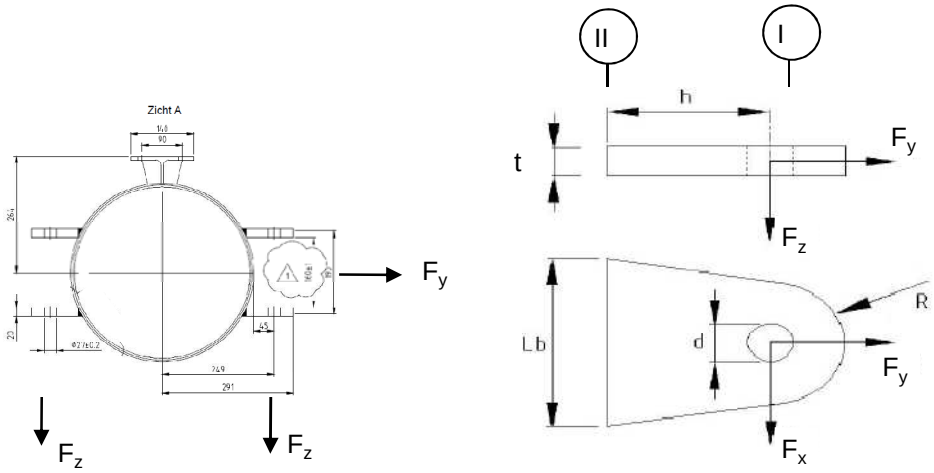
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 956,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,20 / 199,6 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	29,63	50,22	4,62
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	58,80	112,43	18,68
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,92	36,54	4,62
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,60	110,86	18,68
BG 1a - (+wind (-45 gr))	30,89	51,93	4,62
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	**59,45**	**112,82**	**18,68**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**29,73**	**56,41**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	56,41	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	2,23	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	29,73	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,41	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,1	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,23	/	15,5	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		34,1	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,40	/	2,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		150,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,68	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		6,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	29,73	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,6	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 204,4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

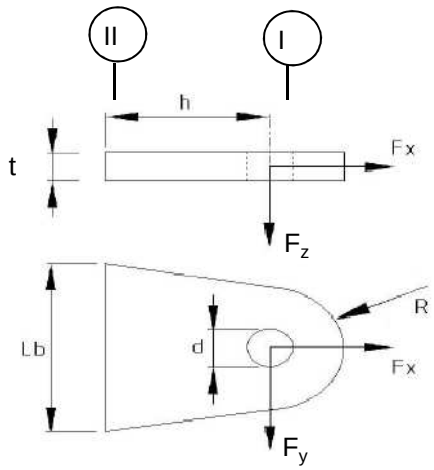
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	60	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2383,3	30,0	221796	S355	355	128868644
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 844,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 36334,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,80 of $n_p =$ -0,783

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,56

$N_{1,Rd} =$ 607,7 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 607,7 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 66,9 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 66,9 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

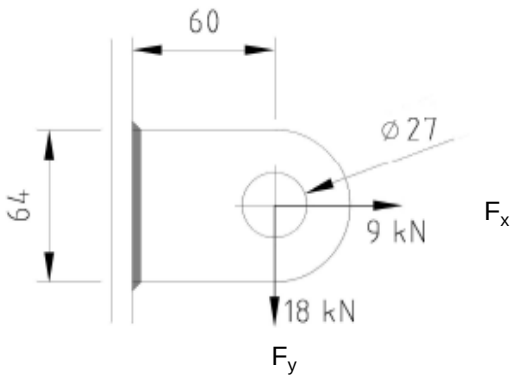
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8198 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
56,43 - 54,93 - 47,8 - 45,3 - 37,3 - 35,8 - 27,8 - 25,3 - 51,3 - 48,8 - 41,8 - 38,3 - 31,8 - 29,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN

N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,00	/	303	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	1,08	/	3	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		79,1	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	18,00	/	175	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		14,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 25.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1557	25,0	120297	S355	355	45335951
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 328,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11784,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,74 of $n_p =$ -0,725

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,61

$N_{1,Rd} =$ 458,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 458,6 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 29,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 29,4 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

Clip op 41,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	450,6	18,0	24463	S355	355	2544380
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,14 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,14

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 28,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 352,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,39 of $n_p =$ -0,387

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,84

$N_{1,Rd} =$ 331,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 331,7 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 21,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 21,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

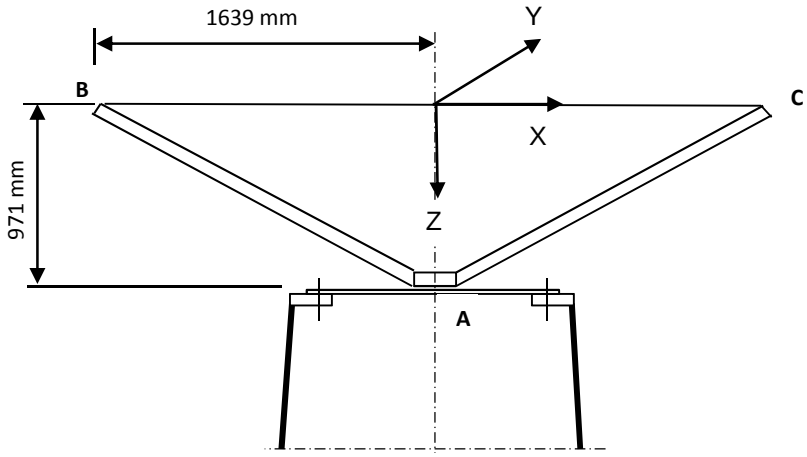
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



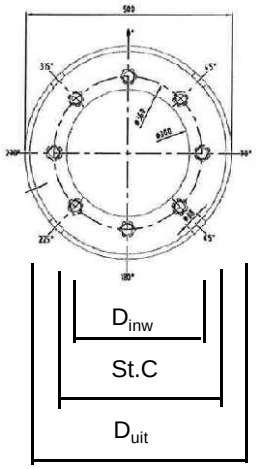
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

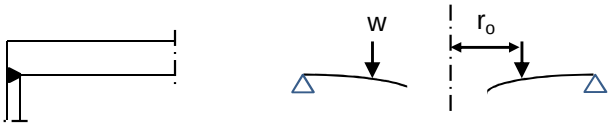
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

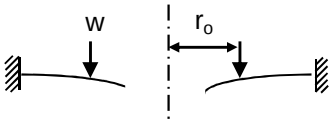
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 60,0%

Percentage vrij oplegging = 40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

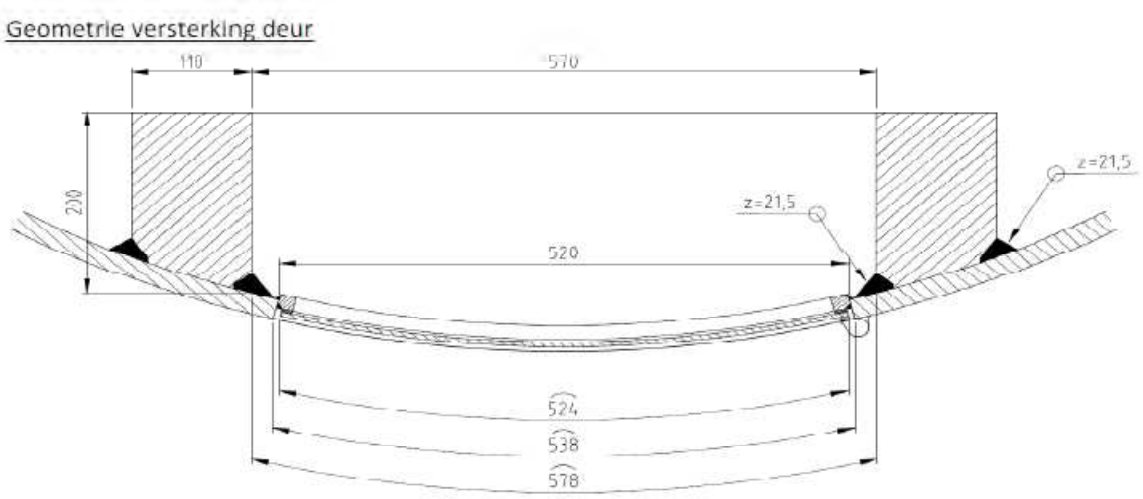
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

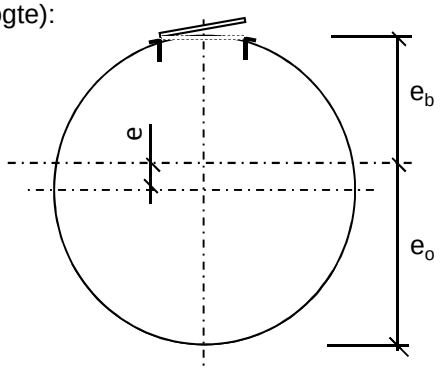
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 2359 mm
dikte t ; 30 mm

A_{buis} = 219519 mm^2
$A_{versterking}$ = 40249 mm^2
$A_{verlies}$ = 15529 mm^2

A_{tot} = 244238 mm^2

e = 92,2 mm
e_b = 1087,4 mm ; e_o = 1271,8 mm

I_{tot} = 1,67E+11 mm^4
W_{min} = 1,31E+08 mm^3
W_{max} = 1,53E+08 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 36668 kNm ; N_{Ed} = 845 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,5 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 279,5 N/mm^2

σ_{max} = 3,5 + 279,5 = 282,9 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage L en L2

W2E400 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix L

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	6511	-147783	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6505	-147783	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	6498	-147784	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	856	-19378	0	0	0
	Comp. gl	4617	1767	-40154	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	7424	-169771	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7423	-169771	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	7421	-169771	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	961	-21970	0	0	0
	Comp. gl	4615	1971	-45077	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	10453	-238677	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10450	-238677	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	10446	-238678	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	2664	-60775	0	0	0
	Comp. gl	18676	5363	-122498	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	7508	-171693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	-171693	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	7505	-171693	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	1094	-25008	0	0	0
	Comp. gl	6122	2243	-51307	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	-162441	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	-162441	0	0	0
Permanent loads γg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	-162441	0	0	0
	GW / opgw	2505	932	-21353	0	0	0
	Comp. gl	5195	1931	-44221	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17050	25061	-192208	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23196	-185441	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	20721	-176872	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2227	4187	-28949	0	0	0
	Comp. gl	4618	6189	-50216	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10840	-171973	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10508	-171570	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	10068	-171092	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	1567	-22512	0	0	0
	Comp. gl	4615	2788	-45554	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	29378	20093	-246924	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19151	-245449	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	17902	-243688	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9245	5751	-62903	0	0	0
	Comp. gl	18677	9533	-124432	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10904	-173394	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10576	-173079	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	10140	-172707	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	1692	-25363	0	0	0
	Comp. gl	6122	3053	-51618	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17058	41910	-258537	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17057	38408	-244420	0	0	0

W2E400 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix L

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17054	33730	-225684	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	7175	-41353	0	0	0
	Comp. gl	4620	10232	-66205	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	13853	-177198	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13220	-175887	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	12381	-174315	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	2109	-23747	0	0	0
	Comp. gl	4615	3506	-46701	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	29382	28679	-265206	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	26874	-260748	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	24482	-255296	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9247	8471	-67631	0	0	0
	Comp. gl	18679	13164	-129045	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	13871	-177524	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	13249	-176480	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	12424	-175236	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	2217	-26208	0	0	0
	Comp. gl	6122	3755	-52395	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	21892	-180860	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	20345	-175619	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17047	18296	-169071	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	3618	-26670	0	0	0
	Comp. gl	4618	5433	-47577	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10277	-171310	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10001	-171026	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	9634	-170690	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	1466	-22351	0	0	0
	Comp. gl	4615	2653	-45410	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	29377	18493	-244493	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	17711	-243441	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	16672	-242189	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9245	5242	-62273	0	0	0
0	Comp. gl	18677	8850	-123844	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10347	-172876	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10073	-172655	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	9710	-172394	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	1593	-25256	0	0	0
	Comp. gl	6122	2921	-51522	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	5160	-116856	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5155	-116856	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	5148	-116856	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	675	-15226	0	0	0
	Comp. gl	3462	1394	-31599	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	6004	-137241	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6003	-137241	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	6001	-137241	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	769	-17575	0	0	0

W2E400 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix L

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	1578	-36072	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	9298	-212205	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9295	-212206	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	9291	-212206	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	2546	-58078	0	0	0
	Comp. gl	17518	5119	-116923	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	6213	-142035	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	6212	-142035	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	6210	-142035	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	926	-21162	0	0	0
	Comp. gl	4966	1897	-43378	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	-116857	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	-116857	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	-116857	0	0	0
	GW / opgw	1669	665	-15226	0	0	0
	Comp. gl	3462	1380	-31600	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	24257	-173840	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	22336	-165790	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	19781	-155368	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1670	4101	-26984	0	0	0
	Comp. gl	3463	5947	-44672	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9464	-140493	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9125	-139908	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8675	-139212	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	1386	-18361	0	0	0
	Comp. gl	3461	2404	-36775	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	19016	-222312	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18062	-220528	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	16796	-218388	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8686	5641	-60388	0	0	0
	Comp. gl	17519	9297	-119037	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9636	-144385	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9304	-143956	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8862	-143448	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1529	-21628	0	0	0
	Comp. gl	4966	2711	-43794	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	41442	-247868	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12791	37890	-232608	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12790	33132	-212028	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7129	-40302	0	0	0
	Comp. gl	3465	10084	-62830	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12573	-147893	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	11917	-146064	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	11050	-143849	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1948	-20057	0	0	0
	Comp. gl	3461	3143	-38405	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25114	27748	-243938	0	0	0

W2E400 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix L

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK			AHEAD		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	25911	-238738	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	23476	-232319	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	8375	-65448	0	0	0
	Comp. gl	17521	12944	-124027	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12665	-149921	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12028	-148536	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11185	-146872	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2064	-22708	0	0	0
	Comp. gl	4966	3424	-44804	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	20990	-160254	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	19391	-153818	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12783	17269	-145602	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	3519	-24397	0	0	0
	Comp. gl	3463	5165	-41448	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	8888	-139529	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8607	-139114	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8233	-138621	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1282	-18132	0	0	0
	Comp. gl	3461	2267	-36566	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	17395	-219367	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	16603	-218086	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	15552	-216557	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5129	-59708	0	0	0
0	Comp. gl	17518	8612	-118398	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9071	-143680	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8795	-143377	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8427	-143019	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1429	-21489	0	0	0
	Comp. gl	4966	2578	-43667	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15		**BACK**			**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	5603	-127432	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5599	-127432	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5594	-127433	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	733	-16643	0	0	0
	Comp. gl	3847	1517	-34520	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	-148420	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6487	-148420	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6486	-148420	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	835	-19082	0	0	0
	Comp. gl	3845	1712	-39161	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	-194794	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8525	-194794	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8522	-194794	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	2063	-47087	0	0	0
	Comp. gl	13213	4160	-95055	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	6340	-145038	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	-145038	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	-145038	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	905	-20697	0	0	0
	Comp. gl	4850	1860	-42552	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	17838	-154110	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	16606	-149838	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	14974	-144523	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2932	-22543	0	0	0
	Comp. gl	3848	4431	-40476	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8755	-149656	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8535	-149428	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8244	-149158	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1236	-19388	0	0	0
	Comp. gl	3845	2254	-39427	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14940	-200043	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14314	-199098	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13483	-197972	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6531	4123	-48592	0	0	0
	Comp. gl	13214	6942	-96419	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8597	-146023	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8380	-145839	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8091	-145622	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1302	-20909	0	0	0
	Comp. gl	4850	2399	-42736	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14209	29071	-198460	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	26723	-188723	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14207	23597	-176017	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	4937	-31126	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15		**BACK**			**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3849	7117	-50945	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10742	-152653	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10325	-151895	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	9772	-150992	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1593	-20104	0	0	0
	Comp. gl	3846	2728	-40080	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	20650	-211949	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	19448	-209016	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	17857	-205455	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	5945	-51964	0	0	0
	Comp. gl	13215	9369	-99683	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10561	-148456	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	10150	-147838	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9604	-147103	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1651	-21421	0	0	0
	Comp. gl	4850	2864	-43202	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14204	15746	-146983	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	14726	-143754	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	13378	-139782	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	2555	-21055	0	0	0
	Comp. gl	3848	3933	-38851	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8382	-149281	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8200	-149120	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	7956	-148931	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1169	-19296	0	0	0
	Comp. gl	3845	2165	-39346	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	13877	-198486	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13357	-197814	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	12666	-197017	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6530	3783	-48146	0	0	0
	Comp. gl	13213	6486	-96005	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8228	-145721	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8046	-145592	0	0	0
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7805	-145440	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1237	-20844	0	0	0
	Comp. gl	4850	2311	-42679	0	0	0

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+5)"

Tracé Vijfhuizen – Beverwijk

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – afmeting voetplaat gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-detailberekening toegevoegd	22 - 33 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummer tracé VHZ-BWK toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
04- Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 52m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 42m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32m hoogte	71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	79
9.3 Berekening draagarm " Retourstroomgeleider "	82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	87
9.3.2 Berekening clip " Retourstroomgeleider "	88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	97
9.7 Berekening versterking deur	100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage N, N1 en N2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Beverwijk – Vijfhuizen & Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+5) zijn de bijlage N en N1 (berekening maststerkte) en bijlage N2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 62,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,567 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 19,95 meter, 22,80 meter en 19,25 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+5) zijn de bijlage N en N1 (berekening maststerkte) en bijlage N2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2H400(+5)"

Berekening

W2H400+5

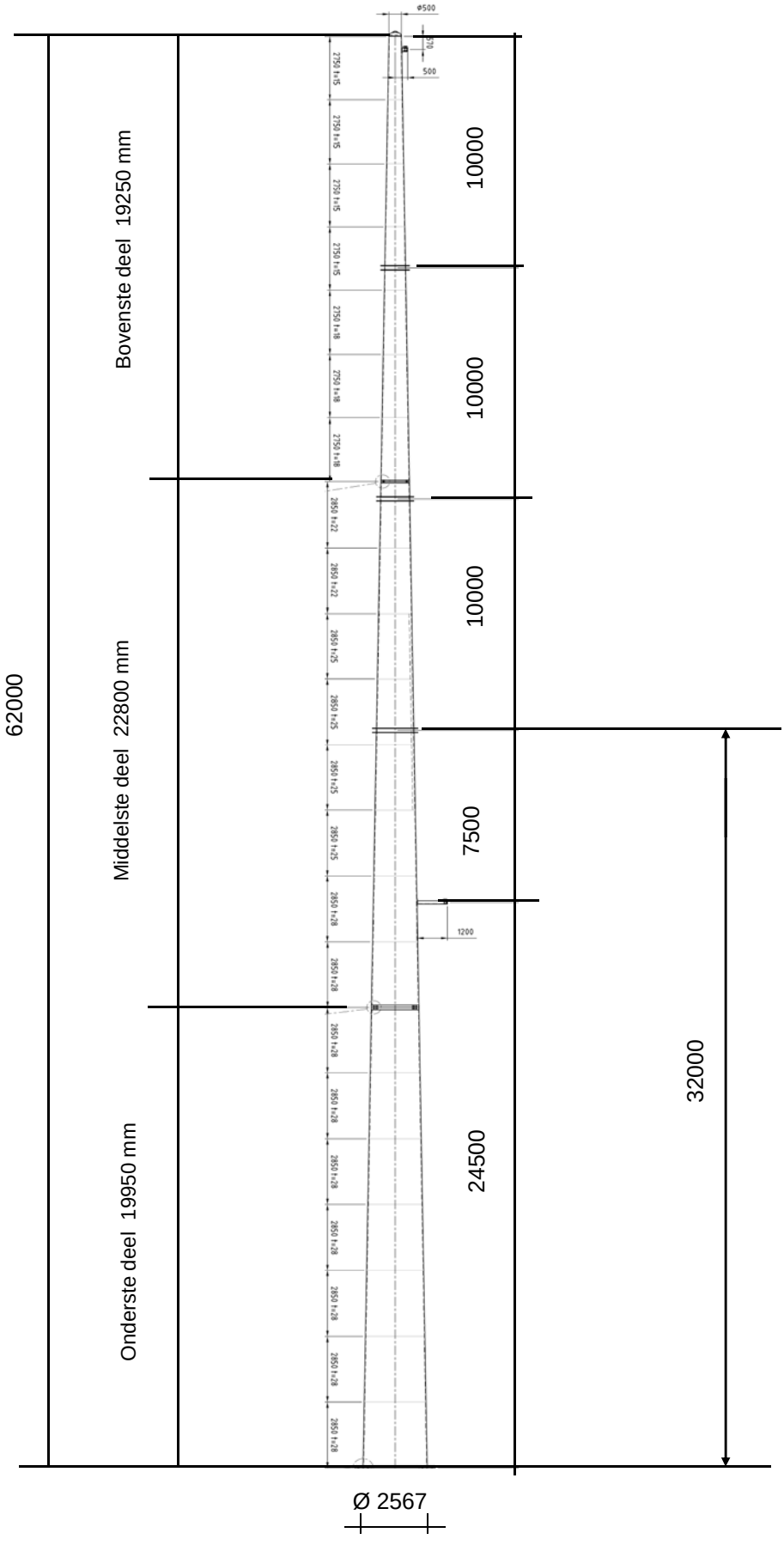
62,0 m - 2567 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,534

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	61,72
2	2180	592	519	n.v.t.	2	1	60,34
3	2750	683	592	n.v.t.	2	1	57,88
4	2750	775	683	n.v.t.	2	1	55,13
5	1750	833	775	n.v.t.	2	1	52,88
6	1000	867	833	n.v.t.	2	1	51,50
7	2750	958	867	n.v.t.	2	1	49,63
8	2750	1050	958	n.v.t.	2	1	46,88
9	2750	1142	1050	n.v.t.	2	1	44,13
10	750	1167	1142	n.v.t.	2	1	42,38
11	2100	1237	1167	n.v.t.	2	1	40,95
12	2850	1332	1237	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1427	1332	n.v.t.	2	1	35,63
14	2200	1500	1427	n.v.t.	2	1	33,10
15	650	1522	1500	n.v.t.	2	1	31,68
16	2850	1617	1522	n.v.t.	2	1	29,93
17	2850	1712	1617	n.v.t.	2	1	27,08
18	1150	1750	1712	n.v.t.	2	1	25,08
19	1700	1807	1750	n.v.t.	2	1	23,65
20	2850	1902	1807	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	1997	1902	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	2092	1997	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	2187	2092	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	2282	2187	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	2377	2282	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	2472	2377	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	2567	2472	n.v.t.	2	1	1,43
	62000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	15,0	23303	182,93	7,13E+08	174,91	2,80E+06
2	555	15,0	25463	199,88	9,30E+08	191,11	3,35E+06
3	638	15,0	29336	230,28	1,42E+09	220,16	4,46E+06
4	729	15,0	33656	264,20	2,15E+09	252,56	5,89E+06
5	804	15,0	37191	291,95	2,90E+09	279,08	7,20E+06
6	850	15,0	39351	308,91	3,43E+09	295,28	8,07E+06
7	913	18,0	50587	397,10	5,06E+09	316,34	1,11E+07
8	1004	18,0	55771	437,80	6,78E+09	348,75	1,35E+07
9	1096	18,0	60955	478,50	8,86E+09	381,16	1,62E+07
10	1154	22,0	78257	614,32	1,25E+10	400,39	2,17E+07
11	1202	22,0	81541	640,09	1,42E+10	417,19	2,36E+07
12	1284	22,0	87243	684,86	1,74E+10	446,36	2,71E+07
13	1379	25,0	106367	834,98	2,44E+10	478,90	3,54E+07
14	1463	25,0	112979	886,88	2,92E+10	508,66	3,99E+07
15	1511	25,0	116710	916,17	3,22E+10	525,45	4,27E+07
16	1569	25,0	121292	952,14	3,62E+10	546,08	4,61E+07
17	1664	25,0	128755	1010,72	4,33E+10	579,67	5,20E+07
18	1731	28,0	149807	1175,98	5,43E+10	602,19	6,28E+07
19	1779	28,0	153985	1208,79	5,90E+10	618,99	6,63E+07
20	1854	28,0	160657	1261,16	6,70E+10	645,80	7,23E+07
21	1949	28,0	169015	1326,77	7,80E+10	679,39	8,00E+07
22	2044	28,0	177373	1392,38	9,02E+10	712,98	8,82E+07
23	2139	28,0	185731	1457,99	1,04E+11	746,57	9,68E+07
24	2234	28,0	194089	1523,60	1,18E+11	780,16	1,06E+08
25	2329	28,0	202447	1589,21	1,34E+11	813,75	1,15E+08
26	2424	28,0	210805	1654,82	1,51E+11	847,34	1,25E+08
27	2519	28,0	219163	1720,43	1,70E+11	880,93	1,35E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	62000	1 -- 2	1	570	2,33E+04	7,13E+08
2	61430	2 -- 3	2	2180	2,55E+04	9,30E+08
3	59250	3 -- 4	3	2750	2,93E+04	1,42E+09
4	56500	4 -- 5	4	2750	3,37E+04	2,15E+09
5	53750	5 -- 6	5	1750	3,72E+04	2,90E+09
6	52000	6 -- 7	6	1000	3,94E+04	3,43E+09
7	51000	7 -- 8	7	2750	5,06E+04	5,06E+09
8	48250	8 -- 9	8	2750	5,58E+04	6,78E+09
9	45500	9 -- 10	9	2750	6,10E+04	8,86E+09
10	42750	10 -- 11	10	750	7,83E+04	1,25E+10
11	42000	11 -- 12	11	2100	8,15E+04	1,42E+10
12	39900	12 -- 13	12	2850	8,72E+04	1,74E+10
13	37050	13 -- 14	13	2850	1,06E+05	2,44E+10
14	34200	14 -- 15	14	2200	1,13E+05	2,92E+10
15	32000	15 -- 16	15	650	1,17E+05	3,22E+10
16	31350	16 -- 17	16	2850	1,21E+05	3,62E+10
17	28500	17 -- 18	17	2850	1,29E+05	4,33E+10
18	25650	18 -- 19	18	1150	1,50E+05	5,43E+10
19	24500	19 -- 20	19	1700	1,54E+05	5,90E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	1,61E+05	6,70E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	1,69E+05	7,80E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,77E+05	9,02E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,86E+05	1,04E+11
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,94E+05	1,18E+11
25	8550	25 -- 26	25	2850	2,02E+05	1,34E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,11E+05	1,51E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,19E+05	1,70E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	61,72	0,21	1,20	32,40	0,17	1457
2	60,34	0,21	1,20	32,27	0,18	1449
3	57,88	0,21	1,19	32,04	0,18	1434
4	55,13	0,21	1,18	31,76	0,18	1416
5	52,88	0,21	1,17	31,53	0,18	1401
6	51,50	0,21	1,16	31,38	0,18	1391
7	49,63	0,21	1,15	31,17	0,18	1378
8	46,88	0,21	1,14	30,85	0,18	1358
9	44,13	0,21	1,13	30,50	0,19	1336
10	42,38	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
11	40,95	0,21	1,11	30,08	0,19	1310
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
14	33,10	0,21	1,07	28,88	0,20	1236
15	31,68	0,21	1,06	28,63	0,20	1220
16	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
17	27,08	0,21	1,03	27,74	0,20	1167
18	25,08	0,21	1,01	27,31	0,21	1142
19	23,65	0,21	1,00	26,98	0,21	1122
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1128	400	0,40	0,00	2,28E-02	816,69
2	2 -- 3	4684	3710	5,24	0,55	2,28E-02	803,68
3	3 -- 4	6745		9,92	17,07	2,27E-02	754,01
4	4 -- 5	7678		16,67	53,64	2,24E-02	691,86
5	5 -- 6	5372		24,35	110,03	2,19E-02	630,82
6	6 -- 7	3239	29694	59,41	157,34	2,15E-02	592,76
7	7 -- 8	11333		62,65	218,37	2,13E-02	571,34
8	8 -- 9	12452		73,98	406,24	2,05E-02	513,80
9	9 -- 10	13571		86,44	626,81	1,95E-02	458,74
10	10 -- 11	4720	4425	104,43	883,17	1,84E-02	406,58
11	11 -- 12	13757	30138	139,29	963,26	1,81E-02	392,89
12	12 -- 13	19946		153,05	1270,22	1,73E-02	355,64
13	13 -- 14	24224		172,99	1734,82	1,62E-02	307,82
14	14 -- 15	19841		197,22	2262,36	1,51E-02	263,27
15	15 -- 16	6053	30582	247,64	2718,06	1,42E-02	231,11
16	16 -- 17	27564		253,69	2881,00	1,39E-02	221,99
17	17 -- 18	29233		281,26	3643,30	1,27E-02	184,07
18	18 -- 19	13696		310,49	4486,53	1,14E-02	149,71
19	19 -- 20	20804	7694	331,88	4851,47	1,09E-02	136,87
20	20 -- 21	36371		352,68	5433,35	1,02E-02	118,88
21	21 -- 22	38240	20997	410,05	6490,32	9,02E-03	91,41
22	22 -- 23	40110		448,29	7713,46	7,78E-03	67,42
23	23 -- 24	41980		488,40	9048,24	6,52E-03	46,99
24	24 -- 25	43850		530,38	10500,00	5,24E-03	30,18
25	25 -- 26	45720		574,23	12074,08	3,95E-03	17,04
26	26 -- 27	47590		619,95	13775,79	2,64E-03	7,61
27	27 -- 28	49460		667,54	15610,46	1,32E-03	1,92
28			40090	757,09	17583,43	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	112,8	40,0	0,817	1217,14	100,733
2	2 -- 3	468,4	371,0	0,804	6504,17	523,791
3	3 -- 4	674,5		0,754	4783,79	352,536
4	4 -- 5	767,8		0,692	4981,29	335,813
5	5 -- 6	537,2		0,631	3223,84	201,051
6	6 -- 7	323,9	2969,4	0,593	19116,23	1153,060
7	7 -- 8	1133,3		0,571	6032,04	333,619
8	8 -- 9	1245,2		0,514	5940,01	294,439
9	9 -- 10	1357,1		0,459	5760,19	254,047
10	10 -- 11	472,0	442,5	0,407	3615,64	148,561
11	11 -- 12	1375,7	3013,8	0,393	16666,87	657,924
12	12 -- 13	1994,6		0,356	6491,01	219,497
13	13 -- 14	2422,4		0,308	6785,87	197,523
14	14 -- 15	1984,1		0,263	4811,45	121,239
15	15 -- 16	605,3	3058,2	0,231	8278,56	194,405
16	16 -- 17	2756,4		0,222	5489,90	113,620
17	17 -- 18	2923,3		0,184	4785,97	81,419
18	18 -- 19	1369,6		0,150	1925,21	28,120
19	19 -- 20	2080,4	769,4	0,137	3642,79	48,430
20	20 -- 21	3637,1		0,119	3751,48	40,208
21	21 -- 22	3824,0	2099,7	0,091	4862,01	41,662
22	22 -- 23	4011,0		0,067	2250,87	13,125
23	23 -- 24	4198,0		0,047	1588,90	6,249
24	24 -- 25	4385,0		0,030	1015,50	2,444
25	25 -- 26	4572,0		0,017	552,74	0,694
26	26 -- 27	4759,0		0,008	222,53	0,108
27	27 -- 28	4946,0		0,002	46,66	0,005
28			4009,0	0,000	0,00	0,000
				Som	134343	5464

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,79	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	919	0,992	0,570	0,56	515,51	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	426,04	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,56	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,48	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1967,74	1,31
6 -- 7	324	0,713	1,000	0,51	164,52	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	500,20	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	441,45	1,64
9 -- 10	654	0,530	2,750	0,77	505,08	1,46
10 -- 11	4648	0,489	0,750	0,18	835,10	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,92	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	329,09	1,16
13 -- 14	850	0,350	2,850	0,35	296,15	1,00
14 -- 15	2292	0,303	2,200	0,20	461,94	0,67
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,58	0,18
16 -- 17	967	0,249	2,850	0,18	170,35	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	122,07	0,58
18 -- 19	1860	0,175	1,150	0,04	65,84	0,20
19 -- 20	1224	0,157	1,700	0,04	51,00	0,27
20 -- 21	2013	0,129	2,850	0,05	95,09	0,37
21 -- 22	1342	0,097	2,850	0,03	36,16	0,28
22 -- 23	1407	0,070	2,850	0,01	19,68	0,20
23 -- 24	1473	0,047	2,850	0,01	9,37	0,13
24 -- 25	1539	0,029	2,850	0,00	3,66	0,08
25 -- 26	1604	0,015	2,850	0,00	1,04	0,04
26 -- 27	1670	0,006	2,850	0,00	0,16	0,02
27 -- 28	3142	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,11	8384,80	21,46

m_e = 8384,8 / 13,1 = 639,4 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,79	Hz
b =	1,53	m
h =	62,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	111,30	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,067	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,079	
$v_m(z_s)$ =	29,54	m/s
$v_m(z)$ =	32,43	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,71	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,47	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,05	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,67	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,59	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,60

$c_s c_d$ = 1,08

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,3	1,64E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,2	1,78E+06	0,80	0,81	0,65
3	47,9	2,04E+06	0,80	0,81	0,65
4	47,6	2,31E+06	0,80	0,81	0,65
5	47,3	2,54E+06	0,80	0,81	0,65
6	47,2	2,67E+06	0,80	0,81	0,65
7	47,0	2,86E+06	0,80	0,81	0,65
8	46,6	3,12E+06	0,79	0,81	0,65
9	46,2	3,38E+06	0,79	0,81	0,64
10	46,0	3,54E+06	0,79	0,81	0,64
11	45,8	3,67E+06	0,79	0,81	0,64
12	45,4	3,89E+06	0,79	0,81	0,64
13	44,9	4,13E+06	0,79	0,81	0,64
14	44,5	4,34E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,2	4,45E+06	0,79	0,81	0,64
16	43,8	4,59E+06	0,79	0,81	0,64
17	43,2	4,80E+06	0,79	0,81	0,64
18	42,7	4,93E+06	0,79	0,81	0,64
19	42,4	5,02E+06	0,79	0,81	0,64
20	41,7	5,16E+06	0,78	0,81	0,64
21	40,8	5,31E+06	0,78	0,81	0,64
22	39,8	5,42E+06	0,78	0,81	0,63
23	38,5	5,49E+06	0,78	0,81	0,63
24	36,9	5,50E+06	0,78	0,81	0,63
25	34,7	5,40E+06	0,77	0,81	0,63
26	31,4	5,07E+06	0,77	0,81	0,62
27	30,9	5,20E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	61,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - N, N1 en N2		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	61,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	52,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	42,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	32,00	0,000
Retourstroomgeleider	24,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	61,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1043	86	1128	0,189	0,068	404	0,709
2	4357	327	4684	0,787	0,262	1637	0,751
3	6333	413	6745	1,138	0,330	2267	0,824
4	7266	413	7678	1,299	0,330	2485	0,904
5	5109	263	5372	0,911	0,210	1691	0,966
6	3089	150	3239	0,550	0,120	1004	1,004
7	10920	413	11333	1,621	0,330	2896	1,053
8	12040	413	12452	1,781	0,330	3088	1,123
9	13159	413	13571	1,941	0,330	3269	1,189
10	4607	113	4720	0,557	0,090	921	1,229
11	13442	315	13757	1,623	0,252	2646	1,260
12	19519	428	19946	2,352	0,342	3737	1,311
13	23797	428	24224	2,523	0,342	3891	1,365
14	19511	330	19841	2,064	0,264	3098	1,408
15	5955	98	6053	0,629	0,078	930	1,430
16	27136	428	27564	2,863	0,342	4146	1,455
17	28806	428	29233	3,032	0,342	4242	1,488
18	13524	173	13696	1,271	0,138	1733	1,507
19	20549	255	20804	1,929	0,204	2578	1,517
20	35943	428	36371	3,367	0,342	4351	1,527
21	37813	428	38240	3,533	0,342	4353	1,527
22	39683	428	40110	3,698	0,342	4306	1,511
23	41553	428	41980	3,859	0,342	4197	1,473
24	43423	428	43850	4,018	0,342	4000	1,404
25	45292	428	45720	4,169	0,342	3666	1,286
26	47162	428	47590	4,305	0,342	3081	1,081
27	49032	428	49460	4,469	0,342	3099	1,087
	580063	9300	589363	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	77717

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2375	480	480	480	480
2	2 -- 3	2579	4452	4450	18488	5956
3	3 -- 4	2943				
4	4 -- 5	3350				
5	5 -- 6	3683				
6	6 -- 7	3887	35640	35620	60300	41654
7	7 -- 8	4945				
8	8 -- 9	5434				
9	9 -- 10	5922				
10	10 -- 11	7552	5309	5309	5309	5309
11	11 -- 12	7861	36172	36152	60832	42186
12	12 -- 13	8398				
13	13 -- 14	10200				
14	14 -- 15	10823				
15	15 -- 16	11174	36703	36685	61365	42719
16	16 -- 17	11606				
17	17 -- 18	12309				
18	18 -- 19	14292				
19	19 -- 20	14685	9234	9230	37352	12244
20	20 -- 21	15314				
21	21 -- 22	16101	25196	25196	25196	25196
22	22 -- 23	16889				
23	23 -- 24	17676				
24	24 -- 25	18463				
25	25 -- 26	19251				
26	26 -- 27	20038				
27	27 -- 28	20825				
28			48108	48108	48108	48108

KEMA rapport - bijlage N - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3180 / 1900 , t = 100 mm ; G = 4009 kg
Flenzen op 19,95m : 2 * rond 1903 / 1385 , t = 100 mm ; G = 2100 kg
Flenzen op 42,75m : 2 * rond 1142 / 840 , t = 60 mm ; G = 442 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 52m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 42m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 27m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	709				
2	2 -- 3	751	30124	17972	49018	19140
3	3 -- 4	824				
4	4 -- 5	904				
5	5 -- 6	966				
6	6 -- 7	1004	188346	134720	193882	131344
7	7 -- 8	1053				
8	8 -- 9	1123				
9	9 -- 10	1189				
10	10 -- 11	1229				
11	11 -- 12	1260	180120	133816	190890	130514
12	12 -- 13	1311				
13	13 -- 14	1365				
14	14 -- 15	1408				
15	15 -- 16	1430	169778	132702	187214	129488
16	16 -- 17	1455				
17	17 -- 18	1488				
18	18 -- 19	1507				
19	19 -- 20	1517	48330	35300	91506	37994
20	20 -- 21	1527				
21	21 -- 22	1527				
22	22 -- 23	1511				
23	23 -- 24	1473				
24	24 -- 25	1404				
25	25 -- 26	1286				
26	26 -- 27	1081				
27	27 -- 28	1087				
28						

KEMA rapport - bijlage N2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1134				
2	2 -- 3	1201	40858	21496	64900	23680
3	3 -- 4	1319				
4	4 -- 5	1446				
5	5 -- 6	1546				
6	6 -- 7	1606	249960	158060	246154	158668
7	7 -- 8	1685				
8	8 -- 9	1796				
9	9 -- 10	1902				
10	10 -- 11	1966				
11	11 -- 12	2016	237744	156606	241614	157360
12	12 -- 13	2098				
13	13 -- 14	2184				
14	14 -- 15	2253				
15	15 -- 16	2288	222234	154820	236024	155744
16	16 -- 17	2328				
17	17 -- 18	2382				
18	18 -- 19	2411				
19	19 -- 20	2427	63902	41552	120024	46474
20	20 -- 21	2443				
21	21 -- 22	2444				
22	22 -- 23	2418				
23	23 -- 24	2356				
24	24 -- 25	2246				
25	25 -- 26	2058				
26	26 -- 27	1729				
27	27 -- 28	1740				
28						

KEMA rapport - bijlage N - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	404		0	0,00E+00	3,69E-03	123
2	2 -- 3	1637		404	1,26E+05	3,69E-03	120
3	3 -- 4	2267		2041	2,87E+06	3,68E-03	112
4	4 -- 5	2485		4308	1,18E+07	3,61E-03	102
5	5 -- 6	1691		6793	2,73E+07	3,50E-03	93
6	6 -- 7	1004		8484	4,10E+07	3,40E-03	87
7	7 -- 8	2896		9488	5,02E+07	3,34E-03	83
8	8 -- 9	3088		12384	8,09E+07	3,17E-03	74
9	9 -- 10	3269		15472	1,20E+08	2,98E-03	66
10	10 -- 11	921		18741	1,68E+08	2,77E-03	58
11	11 -- 12	2646		19662	1,82E+08	2,72E-03	56
12	12 -- 13	3737		22308	2,27E+08	2,58E-03	50
13	13 -- 14	3891		26045	2,97E+08	2,37E-03	43
14	14 -- 15	3098		29936	3,79E+08	2,19E-03	37
15	15 -- 16	930		33034	4,49E+08	2,04E-03	32
16	16 -- 17	4146		33964	4,71E+08	1,99E-03	31
17	17 -- 18	4242		38110	5,75E+08	1,80E-03	25
18	18 -- 19	1733		42352	6,91E+08	1,60E-03	20
19	19 -- 20	2578		44085	7,42E+08	1,53E-03	19
20	20 -- 21	4351		46663	8,20E+08	1,42E-03	16
21	21 -- 22	4353		51014	9,60E+08	1,24E-03	12
22	22 -- 23	4306		55367	1,11E+09	1,06E-03	9
23	23 -- 24	4197		59673	1,28E+09	8,80E-04	6
24	24 -- 25	4000		63871	1,46E+09	7,01E-04	4
25	25 -- 26	3666		67871	1,64E+09	5,24E-04	2
26	26 -- 27	3081		71537	1,84E+09	3,47E-04	1
27	27 -- 28	3099		74618	2,05E+09	1,72E-04	0
28				77717	2,27E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,03E-02	1662
2	2 -- 3		30124	30124	1,48E+05	5,03E-02	1634
3	3 -- 4			30124	6,69E+07	4,99E-02	1524
4	4 -- 5			30124	1,52E+08	4,89E-02	1388
5	5 -- 6			30124	2,38E+08	4,78E-02	1255
6	6 -- 7		188346	218470	2,96E+08	4,70E-02	1172
7	7 -- 8			218470	5,17E+08	4,64E-02	1125
8	8 -- 9			218470	1,13E+09	4,43E-02	1000
9	9 -- 10			218470	1,74E+09	4,16E-02	882
10	10 -- 11			218470	2,35E+09	3,86E-02	771
11	11 -- 12		180120	398590	2,52E+09	3,79E-02	743
12	12 -- 13			398590	3,37E+09	3,58E-02	665
13	13 -- 14			398590	4,52E+09	3,27E-02	567
14	14 -- 15			398590	5,67E+09	2,99E-02	478
15	15 -- 16		169778	568368	6,56E+09	2,77E-02	414
16	16 -- 17			568368	6,94E+09	2,71E-02	397
17	17 -- 18			568368	8,58E+09	2,42E-02	323
18	18 -- 19			568368	1,02E+10	2,12E-02	259
19	19 -- 20		48330	616698	1,09E+10	2,01E-02	235
20	20 -- 21			616698	1,19E+10	1,86E-02	202
21	21 -- 22			616698	1,37E+10	1,60E-02	153
22	22 -- 23			616698	1,55E+10	1,34E-02	111
23	23 -- 24			616698	1,73E+10	1,10E-02	76
24	24 -- 25			616698	1,90E+10	8,60E-03	48
25	25 -- 26			616698	2,08E+10	6,31E-03	27
26	26 -- 27			616698	2,26E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			616698	2,43E+10	2,01E-03	3
28	28 -- 29			616698	2,61E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,53E-02	1188
2	2 -- 3		17972	17972	1,04E+05	3,53E-02	1168
3	3 -- 4			17972	4,00E+07	3,51E-02	1091
4	4 -- 5			17972	9,10E+07	3,45E-02	995
5	5 -- 6			17972	1,43E+08	3,37E-02	901
6	6 -- 7		134720	152692	1,78E+08	3,33E-02	843
7	7 -- 8			152692	3,32E+08	3,29E-02	809
8	8 -- 9			152692	7,59E+08	3,15E-02	721
9	9 -- 10			152692	1,19E+09	2,97E-02	636
10	10 -- 11			152692	1,61E+09	2,76E-02	557
11	11 -- 12		133816	286508	1,73E+09	2,71E-02	537
12	12 -- 13			286508	2,34E+09	2,57E-02	481
13	13 -- 14			286508	3,17E+09	2,36E-02	411
14	14 -- 15			286508	4,00E+09	2,16E-02	347
15	15 -- 16		132702	419210	4,64E+09	2,00E-02	301
16	16 -- 17			419210	4,92E+09	1,96E-02	288
17	17 -- 18			419210	6,13E+09	1,75E-02	235
18	18 -- 19			419210	7,33E+09	1,54E-02	188
19	19 -- 20		35300	454510	7,82E+09	1,46E-02	171
20	20 -- 21			454510	8,60E+09	1,35E-02	147
21	21 -- 22			454510	9,91E+09	1,16E-02	111
22	22 -- 23			454510	1,12E+10	9,78E-03	81
23	23 -- 24			454510	1,25E+10	7,99E-03	55
24	24 -- 25			454510	1,38E+10	6,26E-03	35
25	25 -- 26			454510	1,51E+10	4,60E-03	19
26	26 -- 27			454510	1,64E+10	3,00E-03	9
27	27 -- 28			454510	1,77E+10	1,47E-03	2
28				454510	1,90E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,93E-02	1896
2	2 -- 3		49018	49018	1,75E+05	5,93E-02	1862
3	3 -- 4			49018	1,08E+08	5,87E-02	1733
4	4 -- 5			49018	2,46E+08	5,71E-02	1574
5	5 -- 6			49018	3,84E+08	5,52E-02	1419
6	6 -- 7		193882	242900	4,76E+08	5,40E-02	1324
7	7 -- 8			242900	7,22E+08	5,31E-02	1270
8	8 -- 9			242900	1,40E+09	5,04E-02	1127
9	9 -- 10			242900	2,08E+09	4,70E-02	993
10	10 -- 11			242900	2,76E+09	4,35E-02	868
11	11 -- 12		190890	433790	2,95E+09	4,27E-02	836
12	12 -- 13			433790	3,87E+09	4,03E-02	749
13	13 -- 14			433790	5,13E+09	3,68E-02	639
14	14 -- 15			433790	6,38E+09	3,36E-02	538
15	15 -- 16		187214	621004	7,35E+09	3,11E-02	467
16	16 -- 17			621004	7,76E+09	3,04E-02	447
17	17 -- 18			621004	9,56E+09	2,71E-02	365
18	18 -- 19			621004	1,13E+10	2,39E-02	292
19	19 -- 20		91506	712510	1,21E+10	2,27E-02	266
20	20 -- 21			712510	1,33E+10	2,09E-02	228
21	21 -- 22			712510	1,53E+10	1,80E-02	173
22	22 -- 23			712510	1,74E+10	1,52E-02	125
23	23 -- 24			712510	1,94E+10	1,24E-02	86
24	24 -- 25			712510	2,15E+10	9,74E-03	54
25	25 -- 26			712510	2,35E+10	7,16E-03	30
26	26 -- 27			712510	2,56E+10	4,67E-03	13
27	27 -- 28			712510	2,76E+10	2,28E-03	3
28				712510	2,97E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,50E-02	1172
2	2 -- 3		19140	19140	1,03E+05	3,50E-02	1152
3	3 -- 4			19140	4,26E+07	3,48E-02	1076
4	4 -- 5			19140	9,68E+07	3,41E-02	981
5	5 -- 6			19140	1,52E+08	3,34E-02	888
6	6 -- 7		131344	150484	1,89E+08	3,29E-02	830
7	7 -- 8			150484	3,41E+08	3,25E-02	798
8	8 -- 9			150484	7,61E+08	3,11E-02	710
9	9 -- 10			150484	1,18E+09	2,93E-02	627
10	10 -- 11			150484	1,60E+09	2,72E-02	549
11	11 -- 12		130514	280998	1,72E+09	2,67E-02	529
12	12 -- 13			280998	2,32E+09	2,53E-02	474
13	13 -- 14			280998	3,13E+09	2,32E-02	405
14	14 -- 15			280998	3,94E+09	2,12E-02	341
15	15 -- 16		129488	410486	4,57E+09	1,97E-02	296
16	16 -- 17			410486	4,84E+09	1,92E-02	283
17	17 -- 18			410486	6,03E+09	1,72E-02	231
18	18 -- 19			410486	7,21E+09	1,51E-02	185
19	19 -- 20		37994	448480	7,69E+09	1,44E-02	168
20	20 -- 21			448480	8,46E+09	1,33E-02	145
21	21 -- 22			448480	9,75E+09	1,14E-02	109
22	22 -- 23			448480	1,10E+10	9,63E-03	79
23	23 -- 24			448480	1,23E+10	7,87E-03	54
24	24 -- 25			448480	1,36E+10	6,17E-03	34
25	25 -- 26			448480	1,49E+10	4,53E-03	19
26	26 -- 27			448480	1,62E+10	2,95E-03	8
27	27 -- 28			448480	1,75E+10	1,45E-03	2
28				448480	1,88E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,36E-04	2
2	2 -- 3				2,82E+06	1,36E-04	2
3	3 -- 4				2,82E+06	1,04E-04	2
4	4 -- 5				2,82E+06	7,83E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	6,12E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	5,30E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	4,91E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	4,18E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	3,64E-05	1
10	10 -- 11				2,82E+06	3,22E-05	1
11	11 -- 12				2,82E+06	3,14E-05	1
12	12 -- 13				2,82E+06	2,95E-05	1
13	13 -- 14				2,82E+06	2,73E-05	1
14	14 -- 15				2,82E+06	2,57E-05	0
15	15 -- 16				2,82E+06	2,47E-05	0
16	16 -- 17				2,82E+06	2,44E-05	0
17	17 -- 18				2,82E+06	2,33E-05	0
18	18 -- 19				2,82E+06	2,25E-05	0
19	19 -- 20				1,88E+07	2,22E-05	0
20	20 -- 21				1,88E+07	1,96E-05	0
21	21 -- 22				1,88E+07	1,58E-05	0
22	22 -- 23				1,88E+07	1,25E-05	0
23	23 -- 24				1,88E+07	9,71E-06	0
24	24 -- 25				1,88E+07	7,24E-06	0
25	25 -- 26				1,88E+07	5,08E-06	0
26	26 -- 27				1,88E+07	3,18E-06	0
27	27 -- 28				1,88E+07	1,50E-06	0
28					1,88E+07	0,00E+00	0

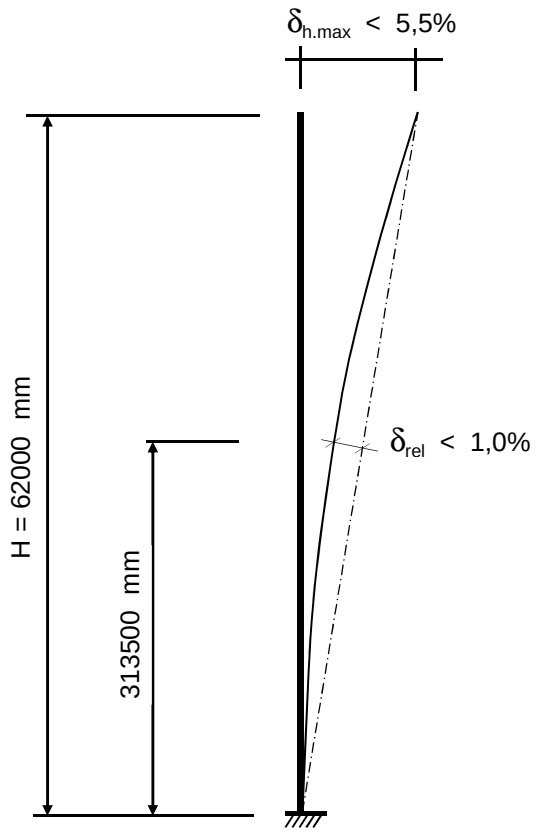
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,1E-02	1935
2	2 -- 3	6,1E-02	1900
3	3 -- 4	6,0E-02	1768
4	4 -- 5	5,8E-02	1606
5	5 -- 6	5,6E-02	1448
6	6 -- 7	5,5E-02	1351
7	7 -- 8	5,4E-02	1296
8	8 -- 9	5,1E-02	1150
9	9 -- 10	4,8E-02	1013
10	10 -- 11	4,4E-02	886
11	11 -- 12	4,4E-02	853
12	12 -- 13	4,1E-02	764
13	13 -- 14	3,7E-02	652
14	14 -- 15	3,4E-02	550
15	15 -- 16	3,2E-02	477
16	16 -- 17	3,1E-02	457
17	17 -- 18	2,8E-02	373
18	18 -- 19	2,4E-02	299
19	19 -- 20	2,3E-02	271
20	20 -- 21	2,1E-02	233
21	21 -- 22	1,8E-02	177
22	22 -- 23	1,6E-02	128
23	23 -- 24	1,3E-02	88
24	24 -- 25	1,0E-02	56
25	25 -- 26	7,3E-03	31
26	26 -- 27	4,8E-03	14
27	27 -- 28	2,3E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1935 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 3,12 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 31350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 457 mm
α = 1,79 graden

δ_{rel} = 521 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 0,84 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	606	480	0	0,00E+00	5,82E-03	193
2	2 -- 3	2455	6286	647	1,84E+05	5,82E-03	190
3	3 -- 4	3401	11907	3266	4,45E+06	5,80E-03	177
4	4 -- 5	3728	20002	6893	1,84E+07	5,70E-03	162
5	5 -- 6	2537	29215	10869	4,28E+07	5,52E-03	146
6	6 -- 7	1505	71301	13575	6,42E+07	5,36E-03	137
7	7 -- 8	4344	75188	15181	7,86E+07	5,27E-03	131
8	8 -- 9	4632	88787	19814	1,27E+08	5,00E-03	117
9	9 -- 10	4904	103729	24755	1,88E+08	4,70E-03	104
10	10 -- 11	1382	125324	29985	2,63E+08	4,37E-03	91
11	11 -- 12	3969	167161	31460	2,86E+08	4,29E-03	88
12	12 -- 13	5605	183669	35693	3,57E+08	4,06E-03	79
13	13 -- 14	5837	207604	41672	4,67E+08	3,74E-03	68
14	14 -- 15	4647	236674	47897	5,95E+08	3,45E-03	58
15	15 -- 16	1394	297186	52854	7,06E+08	3,22E-03	51
16	16 -- 17	6219	304450	54342	7,40E+08	3,15E-03	48
17	17 -- 18	6363	337526	60976	9,05E+08	2,84E-03	40
18	18 -- 19	2599	372606	67763	1,09E+09	2,53E-03	32
19	19 -- 20	3868	398275	70535	1,17E+09	2,41E-03	29
20	20 -- 21	6527	423240	74661	1,29E+09	2,24E-03	25
21	21 -- 22	6529	492081	81623	1,51E+09	1,96E-03	19
22	22 -- 23	6460	537969	88587	1,76E+09	1,68E-03	14
23	23 -- 24	6296	586102	95477	2,02E+09	1,39E-03	10
24	24 -- 25	6000	636478	102193	2,30E+09	1,11E-03	6
25	25 -- 26	5499	689098	108594	2,60E+09	8,29E-04	4
26	26 -- 27	4621	743962	114460	2,92E+09	5,50E-04	2
27	27 -- 28	4649	801070	119389	3,25E+09	2,73E-04	0
28			908529	124347	3,60E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,60E-02	2175
2	2 -- 3		40858	40858	0,00E+00	6,60E-02	2138
3	3 -- 4			40858	8,91E+07	6,55E-02	1994
4	4 -- 5			40858	2,01E+08	6,41E-02	1816
5	5 -- 6			40858	3,14E+08	6,25E-02	1642
6	6 -- 7		249960	290818	3,85E+08	6,15E-02	1533
7	7 -- 8			290818	6,76E+08	6,08E-02	1472
8	8 -- 9			290818	1,48E+09	5,80E-02	1308
9	9 -- 10			290818	2,28E+09	5,44E-02	1153
10	10 -- 11			290818	3,08E+09	5,04E-02	1009
11	11 -- 12		237744	528562	3,29E+09	4,95E-02	971
12	12 -- 13			528562	4,40E+09	4,68E-02	870
13	13 -- 14			528562	5,91E+09	4,28E-02	742
14	14 -- 15			528562	7,42E+09	3,91E-02	625
15	15 -- 16		222234	750796	8,58E+09	3,62E-02	542
16	16 -- 17			750796	9,07E+09	3,54E-02	519
17	17 -- 18			750796	1,12E+10	3,16E-02	423
18	18 -- 19			750796	1,33E+10	2,77E-02	338
19	19 -- 20		63902	814698	1,42E+10	2,63E-02	307
20	20 -- 21			814698	1,56E+10	2,43E-02	264
21	21 -- 22			814698	1,79E+10	2,09E-02	200
22	22 -- 23			814698	2,02E+10	1,76E-02	145
23	23 -- 24			814698	2,26E+10	1,44E-02	99
24	24 -- 25			814698	2,49E+10	1,12E-02	63
25	25 -- 26			814698	2,72E+10	8,26E-03	35
26	26 -- 27			814698	2,95E+10	5,39E-03	15
27	27 -- 28			814698	3,18E+10	2,63E-03	4
28				814698	3,42E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,09E-02	1375
2	2 -- 3		21496	21496	0,00E+00	4,09E-02	1352
3	3 -- 4			21496	4,69E+07	4,06E-02	1263
4	4 -- 5			21496	1,06E+08	3,99E-02	1152
5	5 -- 6			21496	1,65E+08	3,91E-02	1044
6	6 -- 7		158060	179556	2,03E+08	3,85E-02	976
7	7 -- 8			179556	3,82E+08	3,81E-02	937
8	8 -- 9			179556	8,76E+08	3,65E-02	834
9	9 -- 10			179556	1,37E+09	3,43E-02	737
10	10 -- 11			179556	1,86E+09	3,20E-02	645
11	11 -- 12		156606	336162	2,00E+09	3,14E-02	622
12	12 -- 13			336162	2,70E+09	2,97E-02	557
13	13 -- 14			336162	3,66E+09	2,73E-02	476
14	14 -- 15			336162	4,62E+09	2,50E-02	401
15	15 -- 16		154820	490982	5,36E+09	2,32E-02	348
16	16 -- 17			490982	5,68E+09	2,26E-02	334
17	17 -- 18			490982	7,08E+09	2,02E-02	272
18	18 -- 19			490982	8,48E+09	1,78E-02	218
19	19 -- 20		41552	532534	9,04E+09	1,69E-02	198
20	20 -- 21			532534	9,95E+09	1,56E-02	170
21	21 -- 22			532534	1,15E+10	1,35E-02	129
22	22 -- 23			532534	1,30E+10	1,13E-02	93
23	23 -- 24			532534	1,45E+10	9,26E-03	64
24	24 -- 25			532534	1,60E+10	7,26E-03	40
25	25 -- 26			532534	1,75E+10	5,33E-03	22
26	26 -- 27			532534	1,91E+10	3,48E-03	10
27	27 -- 28			532534	2,06E+10	1,70E-03	2
28				532534	2,21E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,51E-02	2392
2	2 -- 3		64900	64900	0,00E+00	7,51E-02	2349
3	3 -- 4			64900	1,41E+08	7,43E-02	2186
4	4 -- 5			64900	3,20E+08	7,22E-02	1984
5	5 -- 6			64900	4,98E+08	6,97E-02	1789
6	6 -- 7		246154	311054	6,12E+08	6,81E-02	1668
7	7 -- 8			311054	9,23E+08	6,71E-02	1600
8	8 -- 9			311054	1,78E+09	6,36E-02	1420
9	9 -- 10			311054	2,63E+09	5,93E-02	1251
10	10 -- 11			311054	3,49E+09	5,48E-02	1094
11	11 -- 12		241614	552668	3,72E+09	5,38E-02	1053
12	12 -- 13			552668	4,88E+09	5,07E-02	943
13	13 -- 14			552668	6,46E+09	4,63E-02	805
14	14 -- 15			552668	8,03E+09	4,23E-02	678
15	15 -- 16		236024	788692	9,25E+09	3,92E-02	589
16	16 -- 17			788692	9,76E+09	3,83E-02	564
17	17 -- 18			788692	1,20E+10	3,42E-02	460
18	18 -- 19			788692	1,43E+10	3,01E-02	368
19	19 -- 20		120024	908716	1,52E+10	2,86E-02	335
20	20 -- 21			908716	1,67E+10	2,64E-02	288
21	21 -- 22			908716	1,93E+10	2,27E-02	218
22	22 -- 23			908716	2,19E+10	1,92E-02	158
23	23 -- 24			908716	2,45E+10	1,57E-02	108
24	24 -- 25			908716	2,71E+10	1,23E-02	68
25	25 -- 26			908716	2,97E+10	9,02E-03	38
26	26 -- 27			908716	3,22E+10	5,89E-03	17
27	27 -- 28			908716	3,48E+10	2,88E-03	4
28				908716	3,74E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,18E-02	1399
2	2 -- 3		23680	23680	0,00E+00	4,18E-02	1376
3	3 -- 4			23680	5,16E+07	4,16E-02	1285
4	4 -- 5			23680	1,17E+08	4,08E-02	1171
5	5 -- 6			23680	1,82E+08	3,99E-02	1060
6	6 -- 7		158668	182348	2,23E+08	3,93E-02	991
7	7 -- 8			182348	4,06E+08	3,88E-02	952
8	8 -- 9			182348	9,07E+08	3,71E-02	847
9	9 -- 10			182348	1,41E+09	3,49E-02	748
10	10 -- 11			182348	1,91E+09	3,25E-02	655
11	11 -- 12		157360	339708	2,05E+09	3,19E-02	631
12	12 -- 13			339708	2,76E+09	3,02E-02	566
13	13 -- 14			339708	3,73E+09	2,77E-02	483
14	14 -- 15			339708	4,70E+09	2,53E-02	407
15	15 -- 16		155744	495452	5,44E+09	2,35E-02	354
16	16 -- 17			495452	5,77E+09	2,30E-02	338
17	17 -- 18			495452	7,18E+09	2,05E-02	276
18	18 -- 19			495452	8,59E+09	1,81E-02	221
19	19 -- 20		46474	541926	9,16E+09	1,72E-02	201
20	20 -- 21			541926	1,01E+10	1,59E-02	173
21	21 -- 22			541926	1,16E+10	1,37E-02	131
22	22 -- 23			541926	1,32E+10	1,15E-02	95
23	23 -- 24			541926	1,47E+10	9,40E-03	65
24	24 -- 25			541926	1,63E+10	7,37E-03	41
25	25 -- 26			541926	1,78E+10	5,41E-03	23
26	26 -- 27			541926	1,93E+10	3,53E-03	10
27	27 -- 28			541926	2,09E+10	1,73E-03	2
28				541926	2,24E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,63E-04	2
2	2 -- 3				3,38E+06	1,63E-04	2
3	3 -- 4				3,38E+06	1,25E-04	2
4	4 -- 5				3,38E+06	9,40E-05	2
5	5 -- 6				3,38E+06	7,34E-05	1
6	6 -- 7				3,38E+06	6,37E-05	1
7	7 -- 8				3,38E+06	5,90E-05	1
8	8 -- 9				3,38E+06	5,02E-05	1
9	9 -- 10				3,38E+06	4,37E-05	1
10	10 -- 11				3,38E+06	3,87E-05	1
11	11 -- 12				3,38E+06	3,77E-05	1
12	12 -- 13				3,38E+06	3,53E-05	1
13	13 -- 14				3,38E+06	3,27E-05	1
14	14 -- 15				3,38E+06	3,08E-05	1
15	15 -- 16				3,38E+06	2,96E-05	0
16	16 -- 17				3,38E+06	2,93E-05	0
17	17 -- 18				3,38E+06	2,80E-05	0
18	18 -- 19				3,38E+06	2,70E-05	0
19	19 -- 20				2,25E+07	2,66E-05	0
20	20 -- 21				2,25E+07	2,35E-05	0
21	21 -- 22				2,25E+07	1,90E-05	0
22	22 -- 23				2,25E+07	1,50E-05	0
23	23 -- 24				2,25E+07	1,16E-05	0
24	24 -- 25				2,25E+07	8,69E-06	0
25	25 -- 26				2,25E+07	6,10E-06	0
26	26 -- 27				2,25E+07	3,82E-06	0
27	27 -- 28				2,25E+07	1,80E-06	0
28					2,25E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	Q_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	20,32	65,08	14,09
3	3 -- 4	25,94	65,82	156,77
4	4 -- 5	34,04	66,84	339,18
5	5 -- 6	43,25	67,96	524,52
6	6 -- 7	110,00	314,87	644,11
7	7 -- 8	113,88	315,32	959,21
8	8 -- 9	127,48	316,63	1828,14
9	9 -- 10	142,43	318,02	2700,78
10	10 -- 11	164,02	320,80	3577,34
11	11 -- 12	230,52	561,52	3817,11
12	12 -- 13	247,02	564,25	4997,55
13	13 -- 14	270,96	570,23	6603,66
14	14 -- 15	300,03	576,46	8214,66
15	15 -- 16	385,20	803,65	9461,70
16	16 -- 17	392,47	805,14	9984,15
17	17 -- 18	425,54	811,77	12278,14
18	18 -- 19	460,62	818,56	14577,51
19	19 -- 20	514,41	928,55	15584,38
20	20 -- 21	539,38	929,71	17163,90
21	21 -- 22	608,22	931,67	19816,38
22	22 -- 23	654,11	933,63	22474,44
23	23 -- 24	702,24	935,57	25138,05
24	24 -- 25	752,61	937,46	27807,11
25	25 -- 26	805,23	939,26	30481,43
26	26 -- 27	860,10	940,91	33160,67
27	27 -- 28	917,21	942,29	35844,23
28		1024,67	943,69	38531,76

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 867	14,09	20,32	35	14,8	1032,6	0,02
2	500 / 867	156,77	25,94	132	160,9	1356,5	0,12
3	500 / 867	339,18	34,04	163	348,8	1828,2	0,19
4	500 / 867	524,52	43,25	158	541,0	2370,1	0,23
5	500 / 867	644,11	110,00	97	671,3	2751,6	0,25
6	500 / 867	959,21	113,88	55	992,6	2982,4	0,34
7	867 / 1142	1828,14	127,48	146	1880,1	4356,6	0,44
8	867 / 1142	2700,78	142,43	137	2772,2	5255,9	0,53
9	867 / 1142	3577,34	164,02	127	3669,7	6239,6	0,60
10	1142 / 1332	3817,11	230,52	33	3917,0	7889,9	0,50
11	1142 / 1332	4997,55	247,02	89	5119,4	8893,8	0,58
12	1142 / 1332	6603,66	270,96	112	6755,9	10352,4	0,66
13	1332/ 1712	8214,66	300,03	102	8397,7	13461,7	0,63
14	1332/ 1712	9461,70	385,20	73	9672,7	14919,8	0,66
15	1332/ 1712	9984,15	392,47	20	10203,1	15365,0	0,67
16	1332/ 1712	12278,14	425,54	84	12532,8	17394,0	0,73
17	1332/ 1712	14577,51	460,62	74	14866,4	19549,0	0,77
18	1750/ 2567	15584,38	514,41	27	15887,3	22790,6	0,71
19	1750/ 2567	17163,90	539,38	38	17487,3	24327,3	0,73
20	1750/ 2567	19816,38	608,22	57	20174,3	27016,0	0,76
21	1750/ 2567	22474,44	654,11	48	22864,1	29845,7	0,78
22	1750/ 2567	25138,05	702,24	40	25556,0	32816,4	0,79
23	1750/ 2567	27807,11	752,61	32	28249,4	35928,0	0,80
24	1750/ 2567	30481,43	805,23	25	30943,6	39180,6	0,80
25	1750/ 2567	33160,67	860,10	17	33637,7	42574,2	0,80
26	1750/ 2567	35844,23	917,21	10	36330,6	46108,7	0,80
27	1750/ 2567	38531,76	1024,67	3	39021,6	49784,2	0,80

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	15,0	34,60	0,81	355	355
592	15,0	39,45	0,81	355	355
683	15,0	45,56	0,81	355	355
775	15,0	51,67	0,81	355	355
833	15,0	55,56	0,81	355	355
867	15,0	57,78	0,81	355	355
958	18,0	53,24	0,81	355	355
1050	18,0	58,34	0,81	355	355
1142	18,0	63,43	0,81	340	355
1167	22,0	53,04	0,81	355	355
1237	22,0	56,22	0,81	355	355
1332	22,0	60,54	0,81	351	355
1427	25,0	57,07	0,81	355	355
1500	25,0	60,01	0,81	353	355
1522	25,0	60,87	0,81	350	355
1617	25,0	64,67	0,81	335	355
1712	25,0	68,47	0,81	323	355
1750	28,0	62,51	0,81	343	355
1807	28,0	64,53	0,81	336	355
1902	28,0	67,92	0,81	324	355
1997	28,0	71,32	0,81	314	355
2092	28,0	74,71	0,81	305	355
2187	28,0	78,10	0,81	296	355
2282	28,0	81,50	0,81	288	355
2377	28,0	84,89	0,81	281	355
2472	28,0	88,29	0,81	274	355
2567	28,0	91,68	0,81	268	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 867	5,29	0,87	355	355	0,02
2	500 / 867	48,04	1,02	355	355	0,14
3	500 / 867	78,20	1,16	355	355	0,22
4	500 / 867	91,88	1,29	355	355	0,26
5	500 / 867	93,19	2,96	355	355	0,27
6	500 / 867	122,96	2,89	355	355	0,35
7	867 / 1142	169,46	2,52	355	355	0,48
8	867 / 1142	205,21	2,55	355	355	0,59
9	867 / 1142	227,07	2,69	355	340	0,65
10	1142 / 1332	180,19	2,95	355	355	0,52
11	1142 / 1332	216,76	3,03	355	355	0,62
12	1142 / 1332	249,59	3,11	355	351	0,71
13	1332/ 1712	237,40	2,82	355	355	0,68
14	1332/ 1712	242,13	3,41	355	353	0,69
15	1332/ 1712	239,22	3,36	355	350	0,68
16	1332/ 1712	271,89	3,51	355	335	0,78
17	1332/ 1712	285,96	3,58	355	323	0,82
18	1750/ 2567	253,12	3,43	355	343	0,72
19	1750/ 2567	263,58	3,50	355	336	0,75
20	1750/ 2567	279,17	3,79	355	324	0,80
21	1750/ 2567	285,67	3,87	355	314	0,82
22	1750/ 2567	289,73	3,96	355	305	0,83
23	1750/ 2567	291,91	4,05	355	296	0,84
24	1750/ 2567	292,65	4,15	355	288	0,84
25	1750/ 2567	292,25	4,25	355	281	0,84
26	1750/ 2567	290,98	4,35	355	274	0,84
27	1750/ 2567	289,03	4,68	355	268	0,83

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a \ / \ I_p \ - \ N_{Ed} \ / \ n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

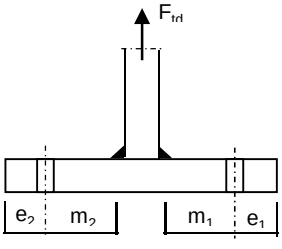
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

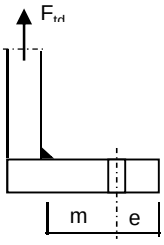
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

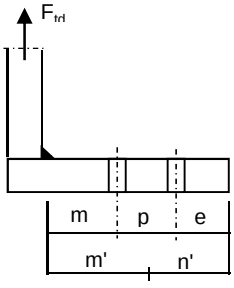
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$
$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	621,66	9,83	28	M 48 - 8,8	848,4	0,73
flenzen op 19,95 m hoogte.							
st.c buitenkant		1698,00					
st.c binnenkant		1500,00					
	80	647,90	11,65	22	M 48 - 10,9	1060,6	0,61
flenzen op 42,75 m hoogte.							
st.c buitenkant		955,00					
955,00	24	617,48	13,37	10	M 48 - 10,9	1060,6	0,58

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2	m	e	n	m'	n'	l_{ef}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
voetplaat							
2927,00	2151,00	173,2	125,0	125,0			140,8
2927,00	2151,00	173,2	126,5	126,5			191,6
flenzen op 19,95 m hoogte.							
1698,00	1500,0	67,2	57,5	57,5	116,7	107	117,8
1698,00	1500,0	67,2	57,5	57,5	116,7	107	117,8
flenzen op 42,75 m hoogte.							
955,00	955,0	64,6	57,5	57,5			125,0
955,00	955,0	68,6	57,5	57,5			125,0

flens dikte	$M_{pl;d}$	bezwijk-	bezwijk-	bezwijk-	maatgev.	$F_{t,Ed}$	toetsing-
mm	Nmm	vorm 1	vorm 2	vorm 3	$F_{t,Rd}$	kN	regel
voetplaat							
100	1,18E+08	2722,80	1502,03	1696,90	1502,03	1243,32	0,83
100	1,60E+08	3705,09	1786,85	1696,90	1696,90	1243,32	0,73
flenzen op 19,95 m hoogte.							
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1295,80	0,89
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1295,80	0,89
flenzen op 42,75 m hoogte.							
60	3,77E+07	1166,94	808,15	1060,56	808,15	617,48	0,76
60	3,77E+07	1098,89	782,51	1060,56	782,51	617,48	0,79
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2567	0,79	1,534	0,18	6,72

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	817	1,000		1,000			
2	804	0,984	1 -- 2	0,992	113	411	919,0
3	754	0,923	2 -- 3	0,954	468		214,9
4	692	0,847	3 -- 4	0,885	675		245,3
5	631	0,772	4 -- 5	0,810	768		279,2
6	593	0,726	5 -- 6	0,749	537	2969	2003,7
7	571	0,700	6 -- 7	0,713	324		323,9
8	514	0,629	7 -- 8	0,664	1133		412,1
9	459	0,562	8 -- 9	0,595	1245		452,8
10	407	0,498	9 -- 10	0,530	1357	442	654,4
11	393	0,481	10 -- 11	0,489	472	3014	4647,7
12	356	0,435	11 -- 12	0,458	1376		655,1
13	308	0,377	12 -- 13	0,406	1995		699,9
14	263	0,322	13 -- 14	0,350	2422		850,0
15	231	0,283	14 -- 15	0,303	1984	3058	2292,0
16	222	0,272	15 -- 16	0,277	605		931,2
17	184	0,225	16 -- 17	0,249	2756		967,1
18	150	0,183	17 -- 18	0,204	2923		1025,7
19	137	0,168	18 -- 19	0,175	1370	769	1860,0
20	119	0,146	19 -- 20	0,157	2080		1223,8
21	91	0,112	20 -- 21	0,129	3637	2100	2012,9
22	67	0,083	21 -- 22	0,097	3824		1341,8
23	47	0,058	22 -- 23	0,070	4011		1407,4
24	30	0,037	23 -- 24	0,047	4198		1473,0
25	17	0,021	24 -- 25	0,029	4385		1538,6
26	8	0,009	25 -- 26	0,015	4572		1604,2
27	2	0,002	26 -- 27	0,006	4759		1669,8
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4946	4009	3142,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	919	0,992	0,570	0,56	515,51	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	426,04	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,56	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,48	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1967,74	1,31
6 -- 7	324	0,713	1,000	0,51	164,52	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	500,20	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	441,45	1,64
9 -- 10	654	0,530	2,750	0,77	505,08	1,46
10 -- 11	4648	0,489	0,750	0,18	835,10	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,92	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	329,09	1,16
13 -- 14	850	0,350	2,850	0,35	296,15	1,00
14 -- 15	2292	0,303	2,200	0,20	461,94	0,67
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,58	0,18
16 -- 17	967	0,249	2,850	0,18	170,35	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	122,07	0,58
18 -- 19	1860	0,175	1,150	0,04	65,84	0,20
19 -- 20	1224	0,157	1,700	0,04	51,00	0,27
20 -- 21	2013	0,129	2,850	0,05	95,09	0,37
21 -- 22	1342	0,097	2,850	0,03	36,16	0,28
22 -- 23	1407	0,070	2,850	0,01	19,68	0,20
23 -- 24	1473	0,047	2,850	0,01	9,37	0,13
24 -- 25	1539	0,029	2,850	0,00	3,66	0,08
25 -- 26	1604	0,015	2,850	0,00	1,04	0,04
26 -- 27	1670	0,006	2,850	0,00	0,16	0,02
27 -- 28	3142	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,11	8384,80	21,46

m_e = 8384,8 / 13,1 = 639,4 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2567	639,4	0,030	1,25	1,534	13,1

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,1

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 21,46 / (4 * π * 13,11) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,534 * 6,72 / $15*10^{-6}$ = 6,9E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,20 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,02 / 21,46 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,077 * 0,130 * 0,37 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,534 * 0,023 = 0,035 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		134278	134278	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			134278	7,65E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			134278	3,69E+08	4,8E-02	863
4	4 -- 5			134278	7,39E+08	4,3E-02	737
5	5 -- 6			134278	1,11E+09	3,7E-02	626
6	6 -- 7			134278	1,34E+09	3,4E-02	564
7	7 -- 8			134278	1,48E+09	3,2E-02	531
8	8 -- 9			134278	1,85E+09	2,8E-02	449
9	9 -- 10			134278	2,22E+09	2,4E-02	379
10	10 -- 11			134278	2,58E+09	2,0E-02	319
11	11 -- 12			134278	2,69E+09	1,9E-02	304
12	12 -- 13			134278	2,97E+09	1,7E-02	265
13	13 -- 14			134278	3,35E+09	1,5E-02	219
14	14 -- 15			134278	3,73E+09	1,3E-02	180
15	15 -- 16			134278	4,03E+09	1,1E-02	153
16	16 -- 17			134278	4,12E+09	1,1E-02	146
17	17 -- 18			134278	4,50E+09	9,5E-03	116
18	18 -- 19			134278	4,88E+09	8,0E-03	91
19	19 -- 20			134278	5,04E+09	7,5E-03	82
20	20 -- 21			134278	5,26E+09	6,8E-03	70
21	21 -- 22			134278	5,65E+09	5,7E-03	52
22	22 -- 23			134278	6,03E+09	4,7E-03	37
23	23 -- 24			134278	6,41E+09	3,8E-03	25
24	24 -- 25			134278	6,79E+09	2,9E-03	16
25	25 -- 26			134278	7,18E+09	2,1E-03	9
26	26 -- 27			134278	7,56E+09	1,3E-03	4
27	27 -- 28			134278	7,94E+09	6,5E-04	1
28	28 -- 29			134278	8,33E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	15,0	2908675	26	0,0353	1,9
2	592	15,0	3821157	97	0,0353	6,8
3	683	15,0	5149742	143	0,0353	10,1
4	775	15,0	6676372	166	0,0353	11,7
5	833	15,0	7750979	173	0,0353	12,2
6	867	15,0	8401049	176	0,0353	12,4
7	958	18,0	12272111	150	0,0353	10,6
8	1050	18,0	14805380	150	0,0353	10,6
9	1142	18,0	17576306	147	0,0353	10,4
10	1167	22,0	22225196	121	0,0353	8,5
11	1237	22,0	25052979	118	0,0353	8,4
12	1332	22,0	29161614	115	0,0353	8,1
13	1427	25,0	37920420	98	0,0353	6,9
14	1500	25,0	42027656	96	0,0353	6,8
15	1522	25,0	43281586	95	0,0353	6,7
16	1617	25,0	48997274	92	0,0353	6,5
17	1712	25,0	55067484	89	0,0353	6,3
18	1750	28,0	64198753	78	0,0353	5,5
19	1807	28,0	68527498	77	0,0353	5,4
20	1902	28,0	76101468	74	0,0353	5,2
21	1997	28,0	84072503	72	0,0353	5,1
22	2092	28,0	92440605	69	0,0353	4,9
23	2187	28,0	101205773	67	0,0353	4,7
24	2282	28,0	110368007	65	0,0353	4,6
25	2377	28,0	119927309	63	0,0353	4,4
26	2472	28,0	129883677	61	0,0353	4,3
27	2567	28,0	140237112	59	0,0353	4,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,79 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,72 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 57,3995 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,18

$V_m(z)$ = 32,0 m/s

V_o = 32,0 * 20 / 100 = 6,40 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,79 * [6,72 / 6,40]^2 * \exp[-(6,72 / 6,40)^2]$ = 2,77E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

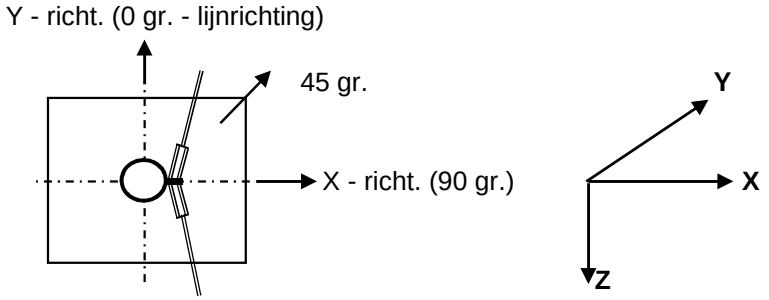
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	8,18	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
4	Lasnaad	12,15	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
5	Lasnaad	14,05	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
7	Lasnaad	14,89	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
8	Lasnaad	12,74	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
9	Lasnaad	12,67	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
10	flenzen	12,46	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
12	Lasnaad	10,03	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
13	Lasnaad	9,73	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
14	Lasnaad	8,34	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
16	Lasnaad	8,05	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
17	Lasnaad	7,78	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
18	Lasnaad	7,51	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
20	Lasnaad	6,51	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
21	flenzen	6,28	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
22	Lasnaad	6,07	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
23	Lasnaad	5,87	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
24	Lasnaad	5,69	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
25	Lasnaad	5,51	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
26	Lasnaad	5,34	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
27	Lasnaad	5,18	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
28	voetplaat	5,03	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			793			
2 - Windbelasting mast	124				3599	
3 - Belasting geval 1a	815		116		34193	
4 - Belasting geval 1b	533		116		22112	
5 - Belasting geval 3	909		232		37520	
6 - Belasting geval 4	542		139		22467	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	939		909		37792	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	556		908		22787	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	944		**1025**		**38532**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	565		931		23142	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	31611	kNm	38532	kNm	38532	kNm
Dwarskracht	790	kN	944	kN	944	kN
Verticale kracht	757	kN	1025	kN	681	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	621,66	9,83	28	M 48 - 8,8	848,45	0,73
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	510,88	8,23	28	M 48 - 8,8	848,45	0,60

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 621,7 kN

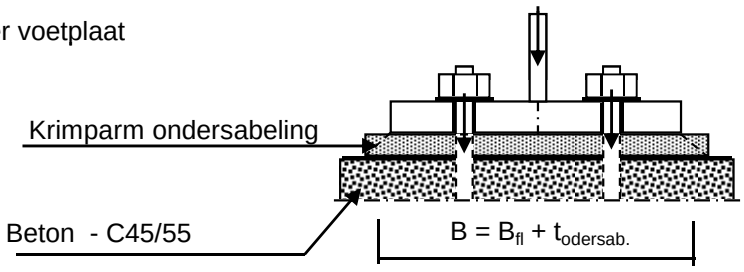
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 510,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 643,0 + 1,00 * 510,9 = 1153,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

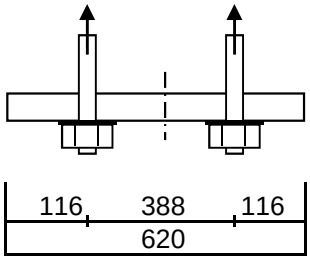
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	640,0	mm	D =	2539	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	680,0	mm			

A_{voetpl} = 680 * 2*π*D / n = 113000 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A =$ 20,4 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

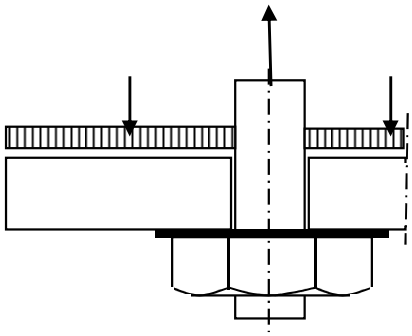


D = 2539 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 620 * 2*π*D / n = 103030 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 116 mm
L_{veld} = 388 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 81190 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2341 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 145896 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 145896 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2341 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 145896 / 179718,8 = 0,81 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 288,2 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2341 / 9223 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 52,0 N/mm^2

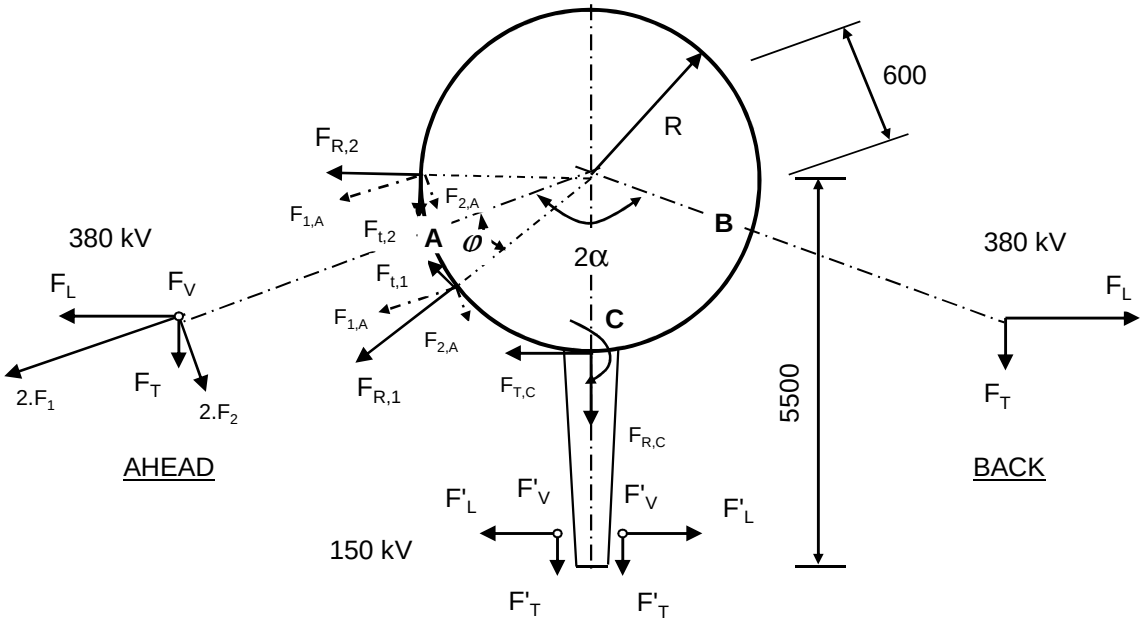
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (288,2^2 + 3*52,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 302 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;A} + F_{T;2;A}\, \text{I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;B} + F_{T;2;B}\, \text{I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

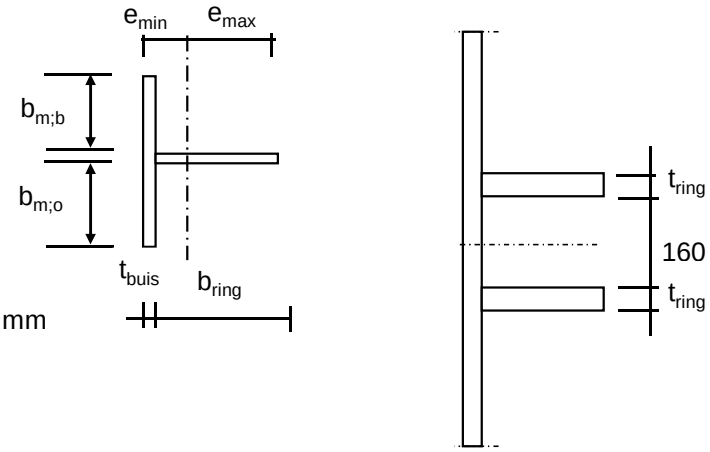
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

Opmerking:
In mast W2H400+5 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 52,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	15	mm
$t_{buis;reken}$ =	15	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	158,2	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	6573	mm^2
e_{min} =	38,3	mm
e_{max} =	111,7	mm
I =	13121674	mm^4
W_{min} =	117483	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y;Rd}$ =	28	kNm
$M_{w;Rd}$ =	3669	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 52,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix N en N1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,7 mm

Mast 8 :	Lijnhoek = 2. α =	130,1	graden
Mast 7 :	Lijnhoek = 2. α =	161,1	graden
Mast 15 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 176 :	Lijnhoek = 2. α =	139,3	graden
Mast 149 :	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden
Mast 148 :	Lijnhoek = 2. α =	173,4	graden
Mast 132 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 106 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden
Mast 105 :	Lijnhoek = 2. α =	155,2	graden
	Lijnhoek = 2. α =	180	graden maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) =	37,2	graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,8	22,1	59,8	22,1		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,2	27,1	64,2	27,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,0	16,8	62,3	22,8		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,6	27,5	65,0	27,2		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	18,0	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,3	20,6	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,4	16,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,6	20,4	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

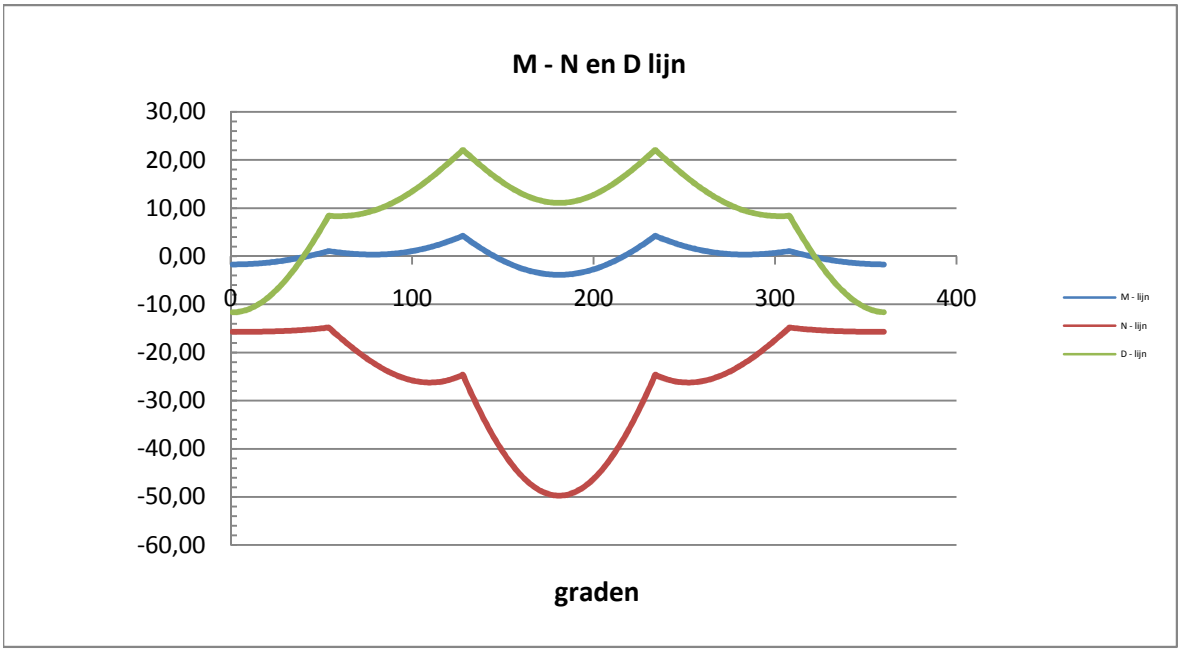
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-1,69	-15,68	-11,64	0,22	3,11
15,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,67	9,31
30,0	-0,80	-15,47	-4,62	1,11	15,44
45,0	0,31	-15,10	3,34	0,42	5,83
60,0	0,73	-17,09	8,32	0,38	5,22
75,0	0,36	-21,48	9,16	0,24	3,27
90,0	0,59	-24,66	11,42	0,94	12,99
105,0	1,53	-26,16	15,04	1,68	23,30
120,0	3,21	-25,62	19,68	1,07	14,82
135,0	2,14	-31,17	19,40	3,22	44,76
150,0	-1,08	-41,21	15,05	2,05	28,53
165,0	-3,14	-47,58	12,11	0,71	9,80
180,0	-3,84	-49,77	11,08	0,71	9,80
195,0	-3,14	-47,58	12,11	2,05	28,53
210,0	-1,08	-41,21	15,05	3,22	44,76
225,0	2,14	-31,17	19,40	1,07	14,82
240,0	3,21	-25,62	19,68	1,68	23,30
255,0	1,53	-26,16	15,04	0,94	12,99
270,0	0,59	-24,66	11,42	0,24	3,27
285,0	0,36	-21,48	9,16	0,38	5,22
300,0	0,73	-17,09	8,32	0,42	5,83
315,0	0,31	-15,10	3,34	1,11	15,44
330,0	-0,80	-15,47	-4,62	0,67	9,31
345,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,22	3,10
360,0	-1,69	-15,68	-11,63	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

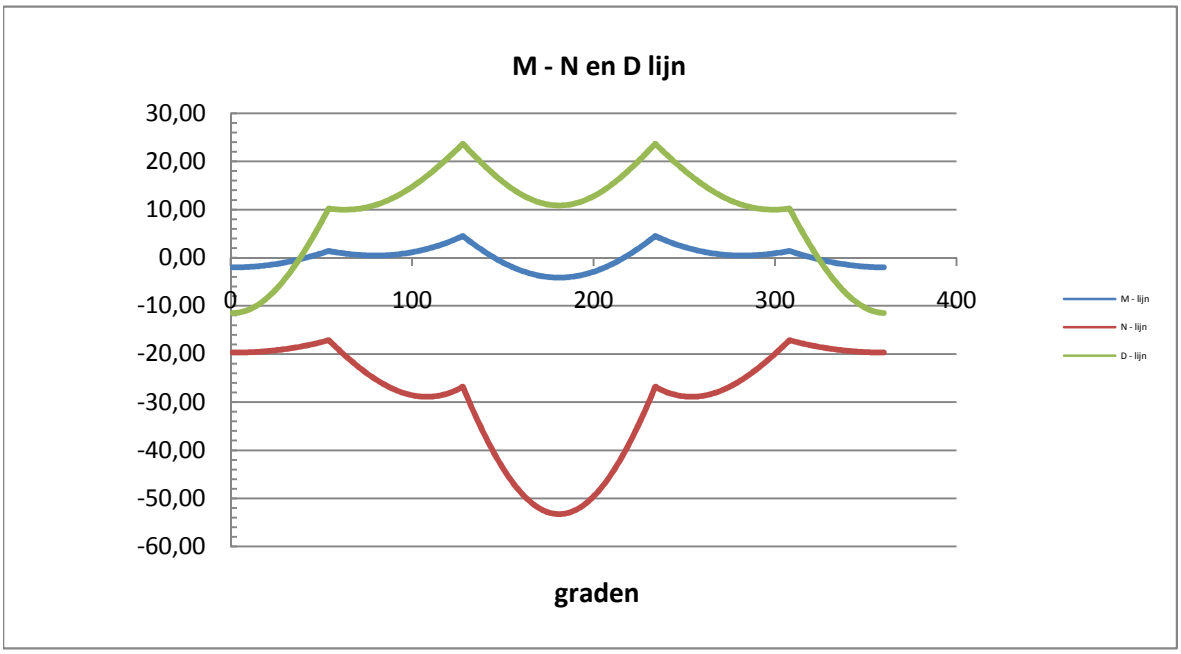
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 13121674 mm^4



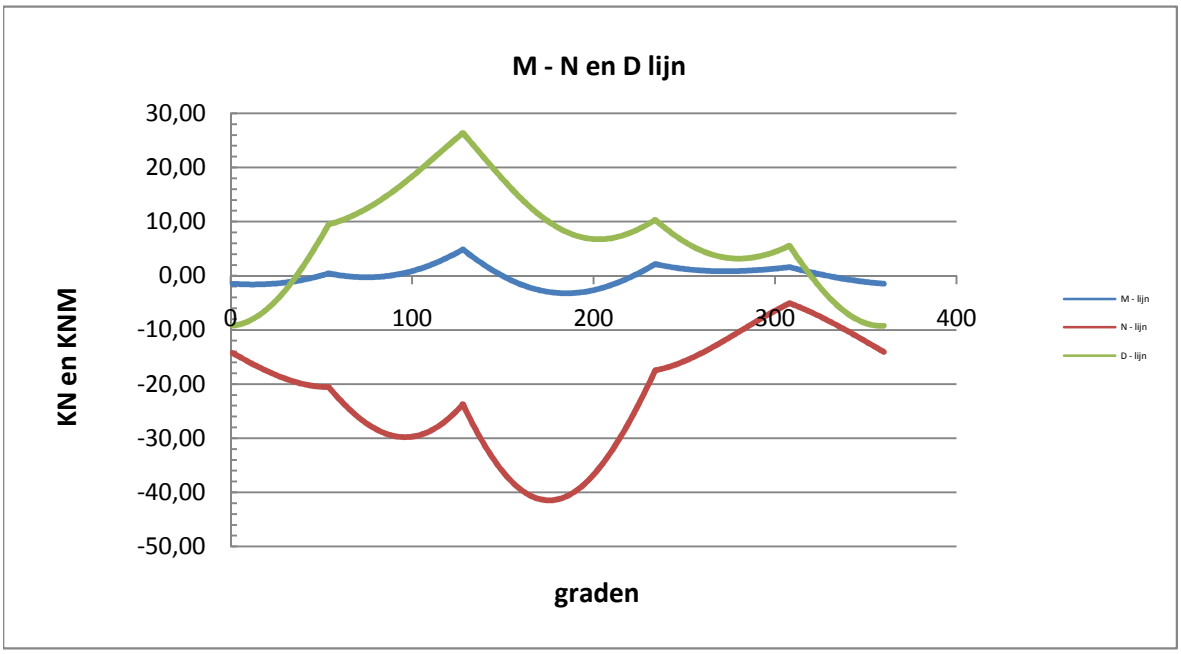
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-2,02	-19,67	-11,49	0,28	3,90
15,0	-1,74	-19,49	-9,53	0,84	11,61
30,0	-0,91	-18,90	-3,88	1,37	19,10
45,0	0,47	-17,87	4,76	0,51	7,08
60,0	0,98	-19,59	10,01	0,50	6,98
75,0	0,48	-24,23	10,58	0,19	2,59
90,0	0,66	-27,47	12,72	0,97	13,42
105,0	1,63	-28,84	16,37	1,78	24,79
120,0	3,41	-27,99	21,19	1,15	15,93
135,0	2,27	-33,69	20,58	3,45	47,97
150,0	-1,19	-44,24	15,49	2,20	30,54
165,0	-3,39	-50,94	12,08	0,75	10,48
180,0	-4,14	-53,24	10,87	0,75	10,48
195,0	-3,39	-50,94	12,08	2,20	30,54
210,0	-1,19	-44,24	15,49	3,45	47,97
225,0	2,27	-33,69	20,58	1,15	15,93
240,0	3,41	-27,99	21,19	1,78	24,79
255,0	1,63	-28,84	16,37	0,97	13,42
270,0	0,66	-27,47	12,72	0,19	2,59
285,0	0,48	-24,23	10,58	0,50	6,98
300,0	0,98	-19,59	10,01	0,51	7,08
315,0	0,47	-17,87	4,76	1,37	19,10
330,0	-0,91	-18,90	-3,88	0,84	11,61
345,0	-1,74	-19,49	-9,53	0,28	3,88
360,0	-2,02	-19,67	-11,49	0,00	0,02



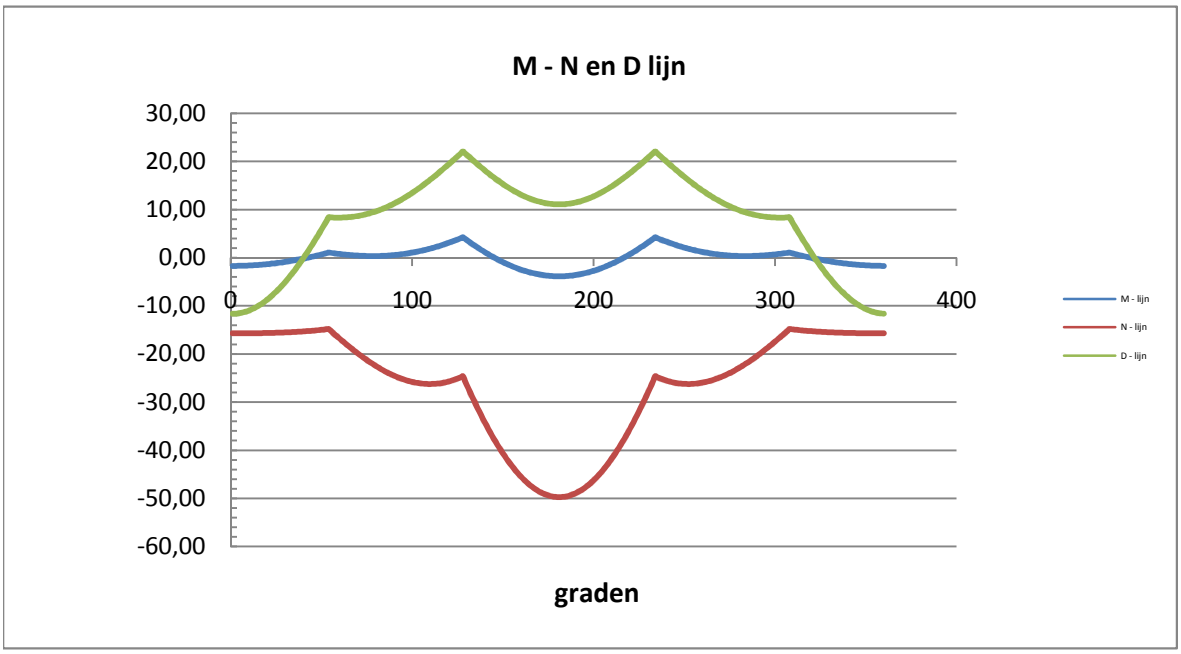
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,49	-14,25	-9,23	0,11	1,46
15,0	-1,60	-16,95	-7,22	0,38	5,24
30,0	-1,22	-19,11	-2,33	0,92	12,79
45,0	-0,30	-20,37	4,91	0,34	4,75
60,0	0,04	-23,18	10,21	0,32	4,48
75,0	-0,28	-27,52	12,59	0,46	6,36
90,0	0,18	-29,65	15,94	1,30	18,04
105,0	1,48	-29,23	20,00	2,13	29,54
120,0	3,60	-26,09	24,36	0,75	10,40
135,0	2,85	-29,00	23,22	3,09	42,96
150,0	-0,24	-36,59	17,43	2,06	28,56
165,0	-2,30	-40,75	12,39	0,90	12,52
180,0	-3,20	-41,25	8,76	0,27	3,72
195,0	-2,93	-38,15	6,93	1,35	18,75
210,0	-1,58	-31,85	7,00	2,25	31,30
225,0	0,67	-22,97	8,79	1,02	14,22
240,0	1,70	-16,87	8,38	0,65	8,96
255,0	1,05	-14,86	5,17	0,22	3,09
270,0	0,83	-12,16	3,43	0,12	1,73
285,0	0,96	-9,17	3,26	0,39	5,37
300,0	1,34	-6,27	4,53	0,41	5,64
315,0	0,94	-6,14	1,65	1,08	15,02
330,0	-0,15	-8,56	-4,41	0,84	11,61
345,0	-0,98	-11,35	-8,23	0,49	6,80
360,0	-1,47	-14,05	-9,26	0,02	0,31



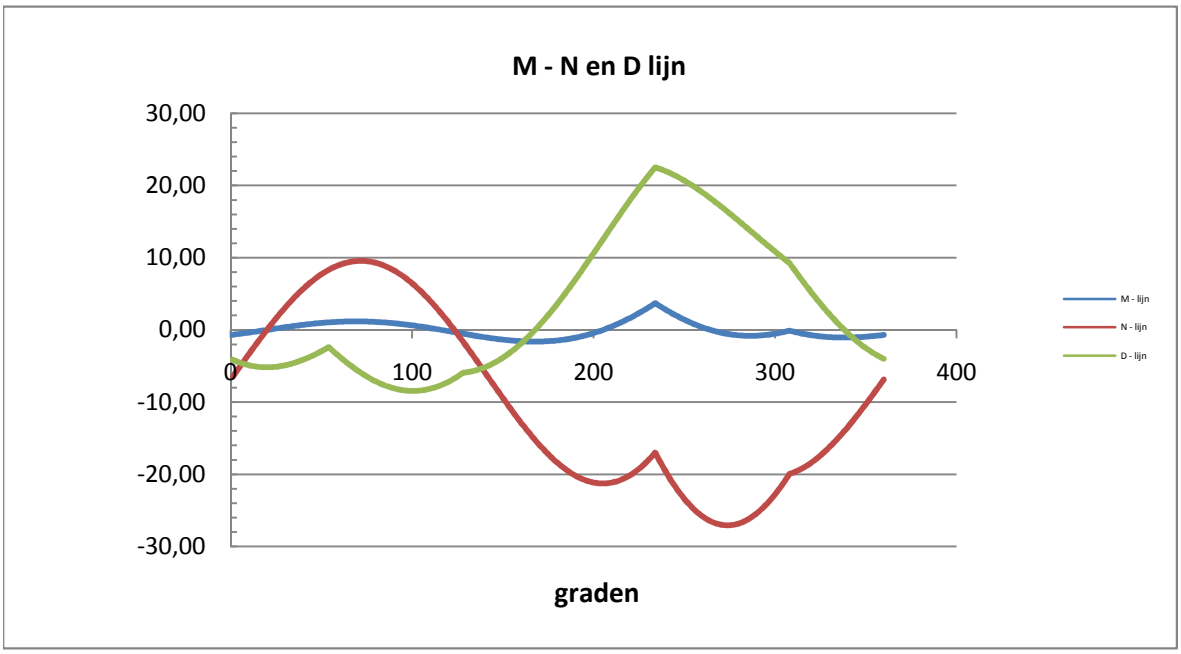
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,69	-15,68	-11,64	0,22	3,11
15,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,67	9,31
30,0	-0,80	-15,47	-4,62	1,11	15,44
45,0	0,31	-15,10	3,34	0,42	5,83
60,0	0,73	-17,09	8,32	0,38	5,22
75,0	0,36	-21,48	9,16	0,24	3,27
90,0	0,59	-24,66	11,42	0,94	12,99
105,0	1,53	-26,16	15,04	1,68	23,30
120,0	3,21	-25,62	19,68	1,07	14,82
135,0	2,14	-31,17	19,40	3,22	44,76
150,0	-1,08	-41,21	15,05	2,05	28,53
165,0	-3,14	-47,58	12,11	0,71	9,80
180,0	-3,84	-49,77	11,08	0,71	9,80
195,0	-3,14	-47,58	12,11	2,05	28,53
210,0	-1,08	-41,21	15,05	3,22	44,76
225,0	2,14	-31,17	19,40	1,07	14,82
240,0	3,21	-25,62	19,68	1,68	23,30
255,0	1,53	-26,16	15,04	0,94	12,99
270,0	0,59	-24,66	11,42	0,24	3,27
285,0	0,36	-21,48	9,16	0,38	5,22
300,0	0,73	-17,09	8,32	0,42	5,83
315,0	0,31	-15,10	3,34	1,11	15,44
330,0	-0,80	-15,47	-4,62	0,67	9,31
345,0	-1,47	-15,64	-9,83	0,22	3,10
360,0	-1,69	-15,68	-11,63	0,00	0,01



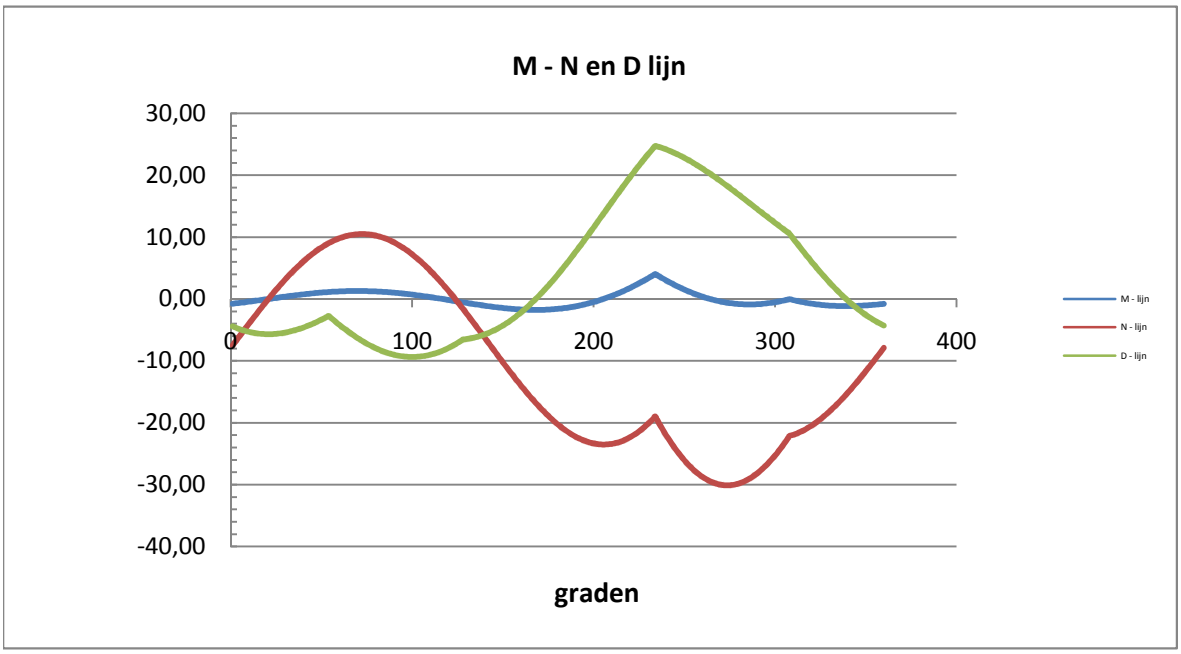
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,68	-6,51	-4,14	0,52	7,21
15,0	-0,16	-1,30	-5,15	0,56	7,74
30,0	0,40	3,38	-4,86	0,46	6,44
45,0	0,86	6,99	-3,48	0,27	3,72
60,0	1,13	9,11	-3,93	0,01	0,16
75,0	1,14	9,50	-6,61	0,26	3,55
90,0	0,88	8,10	-8,17	0,48	6,71
105,0	0,40	5,07	-8,36	0,62	8,67
120,0	-0,22	0,73	-7,07	0,64	8,94
135,0	-0,87	-4,41	-5,55	0,52	7,18
150,0	-1,38	-9,78	-3,69	0,24	3,31
165,0	-1,62	-14,72	-0,47	0,18	2,49
180,0	-1,44	-18,60	3,92	0,71	9,81
195,0	-0,74	-20,87	9,13	1,30	18,02
210,0	0,56	-21,10	14,67	1,89	26,32
225,0	2,46	-19,04	19,98	0,16	2,17
240,0	2,61	-20,15	21,84	1,87	26,03
255,0	0,74	-25,00	19,73	1,17	16,21
270,0	-0,43	-27,02	16,94	0,40	5,58
285,0	-0,83	-26,11	13,81	0,34	4,68
300,0	-0,49	-22,47	10,65	0,07	1,02
315,0	-0,57	-19,04	6,50	0,45	6,25
330,0	-1,02	-16,00	1,88	0,00	0,05
345,0	-1,01	-11,62	-1,75	0,30	4,22
360,0	-0,71	-6,86	-4,02	0,03	0,41



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,77	-7,50	-4,43	0,56	7,81
15,0	-0,21	-1,73	-5,63	0,61	8,51
30,0	0,40	3,48	-5,38	0,52	7,17
45,0	0,92	7,53	-3,91	0,31	4,24
60,0	1,23	9,95	-4,44	0,03	0,36
75,0	1,25	10,46	-7,39	0,27	3,72
90,0	0,98	9,00	-9,09	0,52	7,23
105,0	0,46	5,73	-9,26	0,68	9,46
120,0	-0,22	1,00	-7,79	0,71	9,82
135,0	-0,93	-4,66	-6,13	0,57	7,97
150,0	-1,50	-10,59	-4,13	0,27	3,78
165,0	-1,77	-16,08	-0,62	0,18	2,56
180,0	-1,59	-20,42	4,19	0,76	10,60
195,0	-0,82	-23,00	9,92	1,41	19,65
210,0	0,59	-23,35	16,04	2,08	28,83
225,0	2,67	-21,17	21,92	0,17	2,39
240,0	2,84	-22,45	24,04	2,05	28,48
255,0	0,79	-27,82	21,80	1,26	17,55
270,0	-0,48	-30,04	18,83	0,41	5,74
285,0	-0,89	-29,01	15,48	0,41	5,67
300,0	-0,48	-24,93	12,08	0,08	1,16
315,0	-0,56	-21,17	7,52	0,53	7,38
330,0	-1,10	-17,89	2,37	0,02	0,34
345,0	-1,12	-13,12	-1,72	0,32	4,40
360,0	-0,80	-7,88	-4,29	0,03	0,44



Maatgevende belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	41,5	kN	N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	4,86	kNm	M_{Rd} =	28	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	20,8	kNm	M_{Rd} =	3669	kNm
$V_{Ed;max}$ =	26,3	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 41,49 / 1555 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 4,86 / 27,8 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 41,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 26,34 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 23,71

V_{Ed} = 26,34

$\sigma_b + \sigma_N$ = 41,3 + 3,6 = 44,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

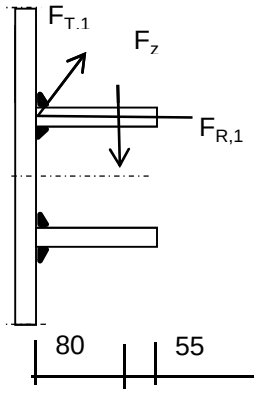
τ_z = 9,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 48 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 64,23 kN

$F_{T,1,h}$ = 59,12 kN

F_z = 14,69 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 47,97 kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} =160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,4 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 36,95 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 29,98 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 72,90 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 186,3 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

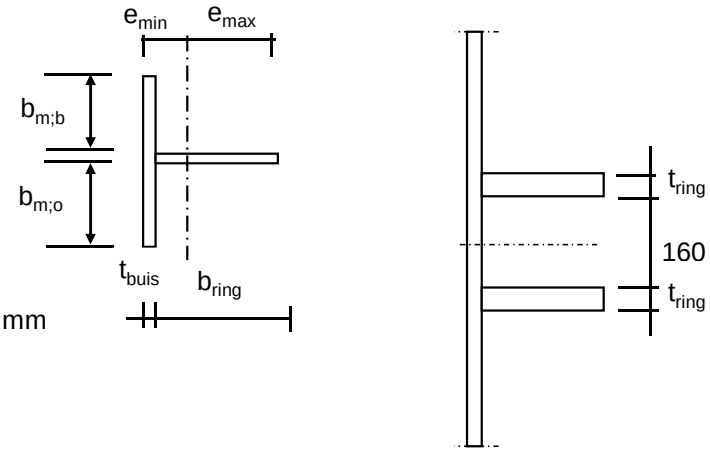
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	186,3	/	302,2	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	72,9	/	244,8	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 42,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	10004	mm^2	
e_{min} =	32,2	mm	
e_{max} =	124,8	mm	
I =	16542576	mm^4	
W_{min} =	132539	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2367	kN	
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	10520	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 42,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,4 mm

Mast 8 :	Lijnhoek = 2. α =	130,1	graden
Mast 7 :	Lijnhoek = 2. α =	161,1	graden
Mast 15 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 176 :	Lijnhoek = 2. α =	139,3	graden
Mast 149 :	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden
Mast 148 :	Lijnhoek = 2. α =	173,4	graden
Mast 132 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 106 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden
Mast 105 :	Lijnhoek = 2. α =	155,2	graden
	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) =	26,9	graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	60,2	36,4	60,2	36,4		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	42,0	64,9	42,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	25,3	62,6	37,7		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,4	40,8	65,6	42,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,2	28,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,7	32,1	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,9	25,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,2	30,3	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

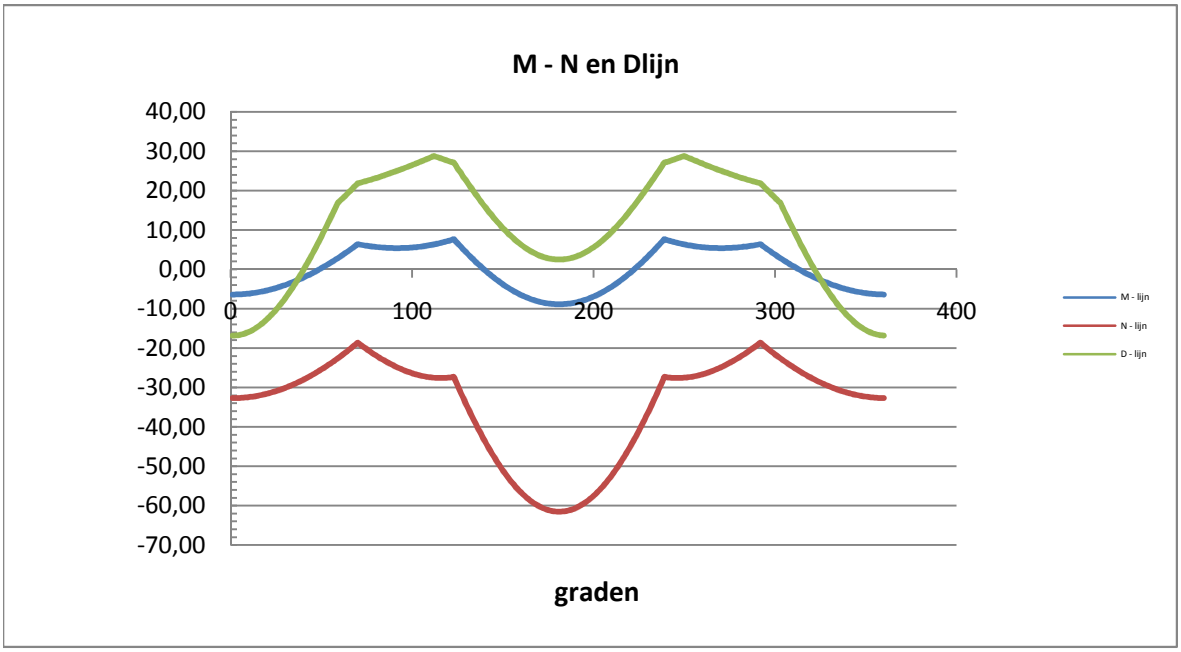
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-6,40	-32,70	-16,79	0,65	7,18
15,0	-5,75	-32,00	-14,18	1,93	21,22
30,0	-3,82	-29,93	-6,68	3,12	34,36
45,0	-0,70	-26,53	4,79	4,18	46,00
60,0	3,47	-21,92	17,73	2,49	27,38
75,0	5,96	-20,63	22,61	0,53	5,83
90,0	5,43	-24,71	24,90	0,45	5,00
105,0	5,88	-27,12	27,61	1,53	16,87
120,0	7,41	-27,46	27,38	5,89	64,89
135,0	1,52	-40,10	18,44	5,62	61,90
150,0	-4,09	-51,68	10,04	3,57	39,28
165,0	-7,66	-59,02	4,47	1,22	13,46
180,0	-8,88	-61,54	2,52	1,22	13,46
195,0	-7,66	-59,02	4,47	3,57	39,28
210,0	-4,09	-51,68	10,04	5,62	61,90
225,0	1,52	-40,10	18,44	5,89	64,89
240,0	7,41	-27,46	27,38	1,53	16,87
255,0	5,88	-27,12	27,61	0,45	5,00
270,0	5,43	-24,71	24,90	0,53	5,83
285,0	5,96	-20,63	22,61	2,49	27,38
300,0	3,47	-21,92	17,73	4,18	46,00
315,0	-0,70	-26,53	4,79	3,12	34,36
330,0	-3,82	-29,93	-6,68	1,93	21,22
345,0	-5,75	-32,00	-14,18	0,65	7,14
360,0	-6,40	-32,70	-16,77	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S = 182250\ mm^3$

$I = 16542576\ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	61,5	kN	N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,88	kNm	M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	26,3	kNm	M_{Rd} =	10520	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,8	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 61,54 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,2 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,88 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 67,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,77 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 61,54

V_{Ed} = 2,52

$\sigma_b + \sigma_N$ = 67,0 + 6,2 = 73,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

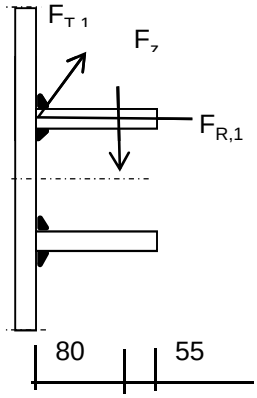
τ_z = 0,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 73 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,86	kN
$F_{T,1,h}$ =	49,61	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	64,89	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} =160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 31,01 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 40,56 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,18 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 191,8 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

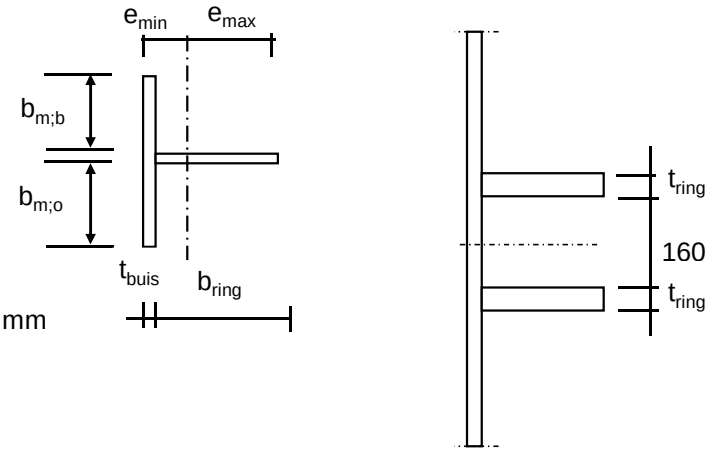
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	191,8	/	302,2	=	0,63	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	73,2	/	244,8	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	263,6	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	11790	mm^2	
e_{min} =	30,8	mm	
e_{max} =	129,2	mm	
I =	17896923	mm^4	
W_{min} =	138543	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2790	kN	
$M_{y;Rd}$ =	33	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	19893	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 32,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 750,1 mm

Mast 8 :	Lijnhoek = 2. α =	130,1	graden
Mast 7 :	Lijnhoek = 2. α =	161,1	graden
Mast 15 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 176 :	Lijnhoek = 2. α =	139,3	graden
Mast 149 :	Lijnhoek = 2. α =	169,2	graden
Mast 148 :	Lijnhoek = 2. α =	173,4	graden
Mast 132 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden
Mast 106 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden
Mast 105 :	Lijnhoek = 2. α =	155,2	graden

hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) = 21,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,2	36,6	59,2	36,6		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,5	42,3	64,5	42,3		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	25,4	61,6	38,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,7	41,0	65,2	42,6		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	28,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,5	32,3	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,1	25,4	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,3	30,5	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

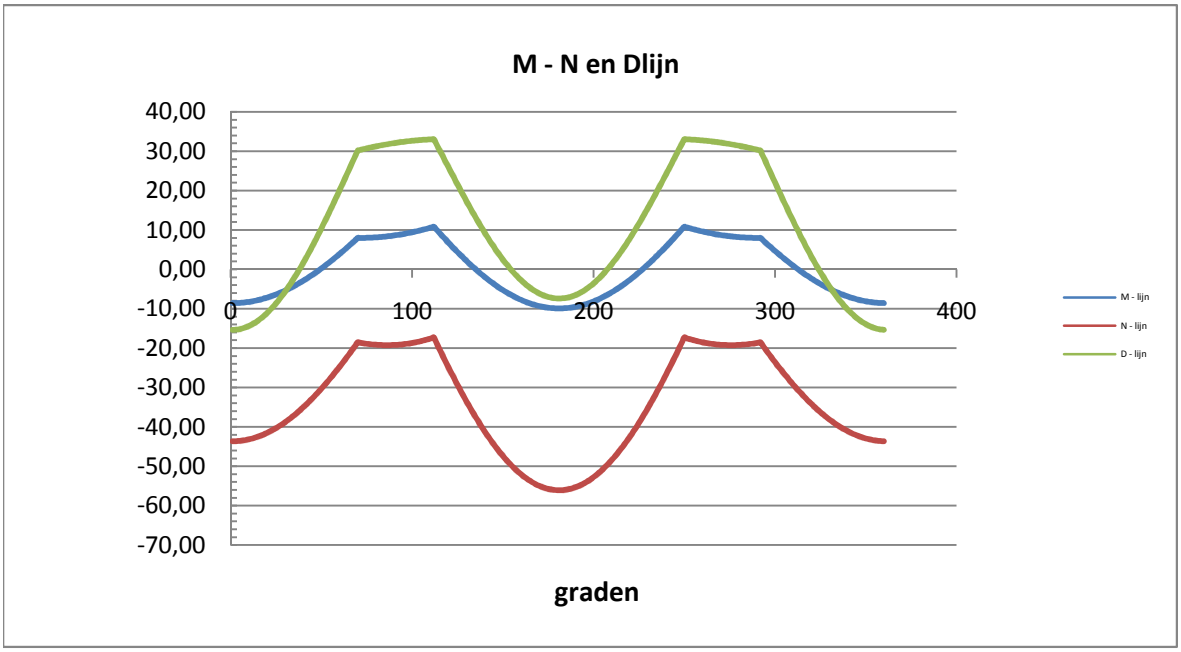
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-8,58	-43,63	-15,39	0,87	8,84
15,0	-7,71	-42,32	-12,71	2,55	25,98
30,0	-5,16	-38,45	-5,02	4,08	41,56
45,0	-1,08	-32,26	6,75	5,36	54,63
60,0	4,29	-24,12	21,09	3,75	38,14
75,0	8,03	-18,92	30,83	0,64	6,50
90,0	8,67	-19,14	32,13	1,40	14,25
105,0	10,07	-18,05	32,89	3,77	38,41
120,0	6,30	-25,74	25,08	6,68	68,06
135,0	-0,39	-38,25	12,38	5,16	52,59
150,0	-5,55	-47,91	1,88	3,26	33,20
165,0	-8,81	-54,00	-5,02	1,11	11,35
180,0	-9,93	-56,09	-7,42	1,11	11,35
195,0	-8,81	-54,00	-5,02	3,26	33,20
210,0	-5,55	-47,91	1,88	5,16	52,59
225,0	-0,39	-38,25	12,38	6,68	68,06
240,0	6,30	-25,74	25,08	3,77	38,41
255,0	10,07	-18,05	32,89	1,40	14,25
270,0	8,67	-19,14	32,13	0,64	6,50
285,0	8,03	-18,92	30,83	3,75	38,14
300,0	4,29	-24,12	21,09	5,36	54,63
315,0	-1,08	-32,26	6,75	4,08	41,56
330,0	-5,16	-38,45	-5,02	2,55	25,98
345,0	-7,71	-42,32	-12,71	0,86	8,80
360,0	-8,58	-43,62	-15,38	0,00	0,04

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	56,1	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,83	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	43,0	kNm		M_{Rd} =	19893	kNm
$V_{Ed;max}$ =	33,0	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 56,09 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,8 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,83 / 32,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 78,2 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 33,03 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 56,09

V_{Ed} = 7,42

$\sigma_b + \sigma_N$ = 78,2 + 4,8 = 83,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

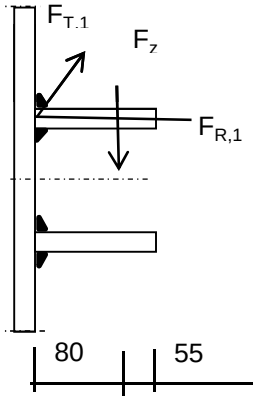
τ_z = 2,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 83 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,53	kN
$F_{T,1,h}$ =	49,39	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	68,06	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} =160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,5 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 30,87 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 42,54 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,03 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 193,7 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

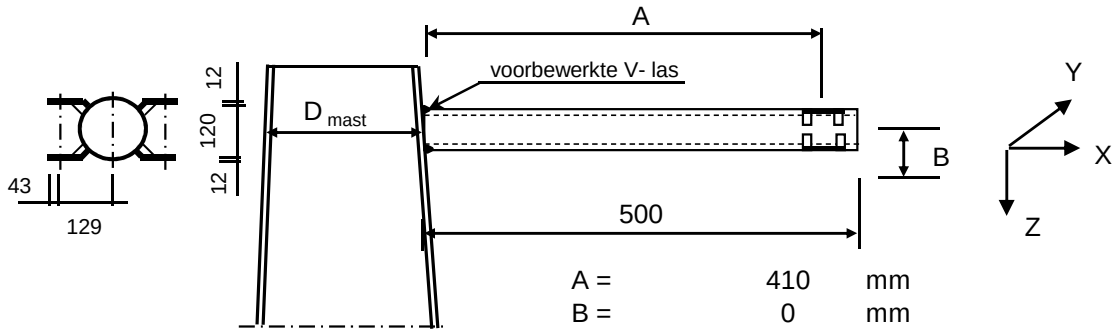
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	193,7	/	302,2	=	0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	73,0	/	244,8	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	15	mm
Hoogte :	61,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix N en N1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20429	32679	2228	20429	-32679	2228
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32450	58151	9246	32450	-58151	9246
BG 1a - (wind (45 gr))	9102	17936	2226	21514	-34170	2228
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26385	54955	9244	33116	-58719	9247
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13529	23228	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20828	35526	3797	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8595	17608	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13832	28363	3796	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14071	23957	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21594	36481	3798	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	40,858	0	4,456	0,00	1,83	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	0	18,492	0,00	7,58	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,616	16,234	4,454	0,00	1,83	6,66
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,501	3,764	18,491	0,00	7,58	1,54
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,529	23,228	2,227	0,00	0,91	9,52
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,828	35,526	3,797	0,00	1,56	14,57
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,595	17,608	2,226	0,00	0,91	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,832	28,363	3,796	0,00	1,56	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,071	23,957	2,227	0,00	0,91	9,82
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**21,594**	**36,481**	**3,798**	**0,00**	**1,56**	**14,96**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,56	/	36	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,1	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	14,96	/	36	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		97,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	21,59	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,80	/	275	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		1,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	36,48	/	275	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		18,1	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 103 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 108 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	15,0	23751	S355	355	2908675
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 17,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,32 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14,09 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,02 of n_p = -0,011

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 7,58 / 58,1 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 32,7 kNm

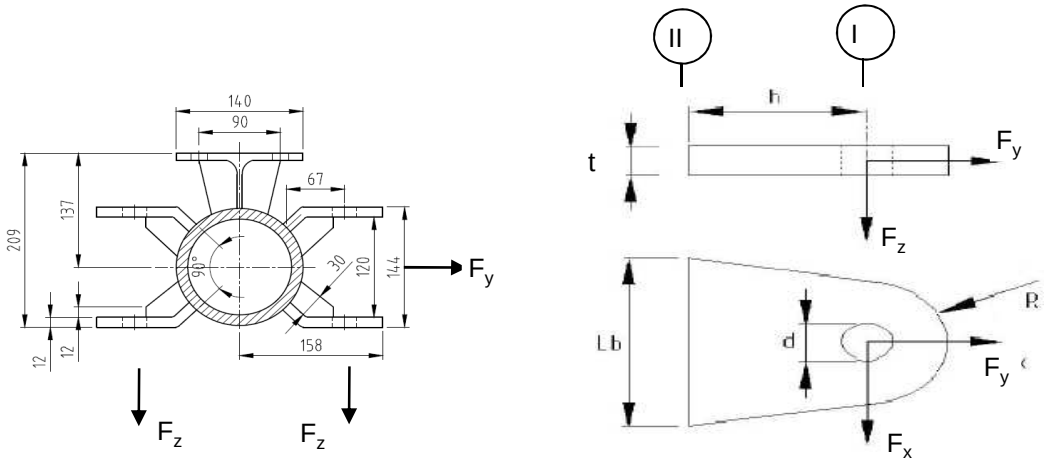
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,96 / 32,7 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,43	32,68	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**32,45**	**58,15**	**9,25**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,10	17,94	2,23
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,39	54,96	9,24

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,23**	**29,08**	**9,25**

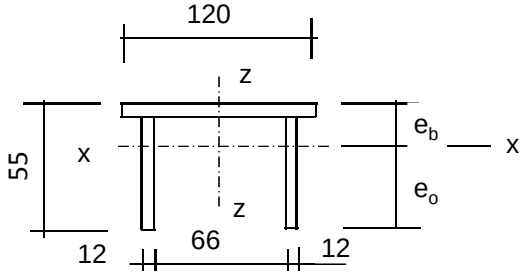
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	29,08	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,05	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,25	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,60	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,23	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	29,08	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,05	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		23,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,60	/	4,0	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		35,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,25	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		9,0	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,23	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 71,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 75 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

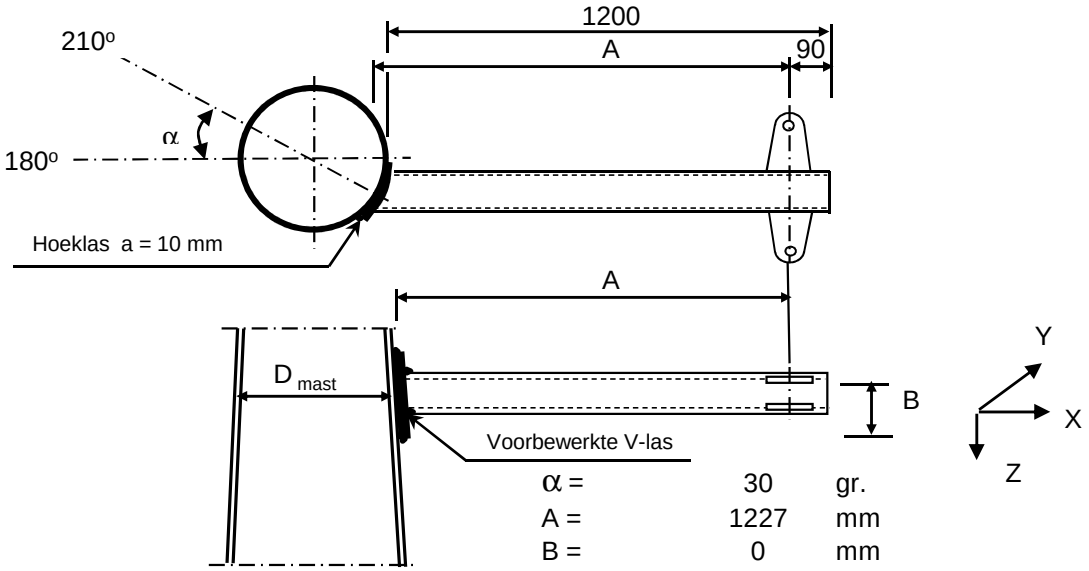
a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =	60,4	N/mm^2	
τ_1 =	60,4	N/mm^2	
τ_2 = 0	13,5	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	123,1	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 123,1 / 302,2 =	0,41	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 60,4 / 244,8 =	0,25	< 1,0	-- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	24,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix N en N1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	31951	53373	4620	31951	-53373	4620
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60012	113159	18678	60012	-113159	18678
BG 1a - (wind (45 gr))	18081	36619	4617	33409	-55362	4620
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52715	110835	18676	60793	-113667	18679
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23161	41797	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	35850	64466	7763	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17489	36384	4617	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27716	57669	7762	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	23814	42605	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	36772	65513	7764	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	63,902	0	9,24	0,00	11,34	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	120,024	0	37,356	0,00	45,84	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	51,49	18,743	9,237	0,00	11,34	23,00
BG 3 - (wind (45) + ijs)	113,508	2,832	37,355	0,00	45,84	3,48
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23,161	41,797	4,618	0,00	5,67	51,30
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	35,85	64,466	7,763	0,00	9,53	79,12
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17,489	36,384	4,617	0,00	5,67	44,65
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27,716	57,669	7,762	0,00	9,53	70,77
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	23,814	42,605	4,618	0,00	5,67	52,29
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**36,772**	**65,513**	**7,764**	**0,00**	**9,53**	**80,40**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 9,53 / 101 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,2 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 80,40 / 101 = 0,79 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 187,5 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 36,77 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 7,76 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 65,51 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 194 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 197 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

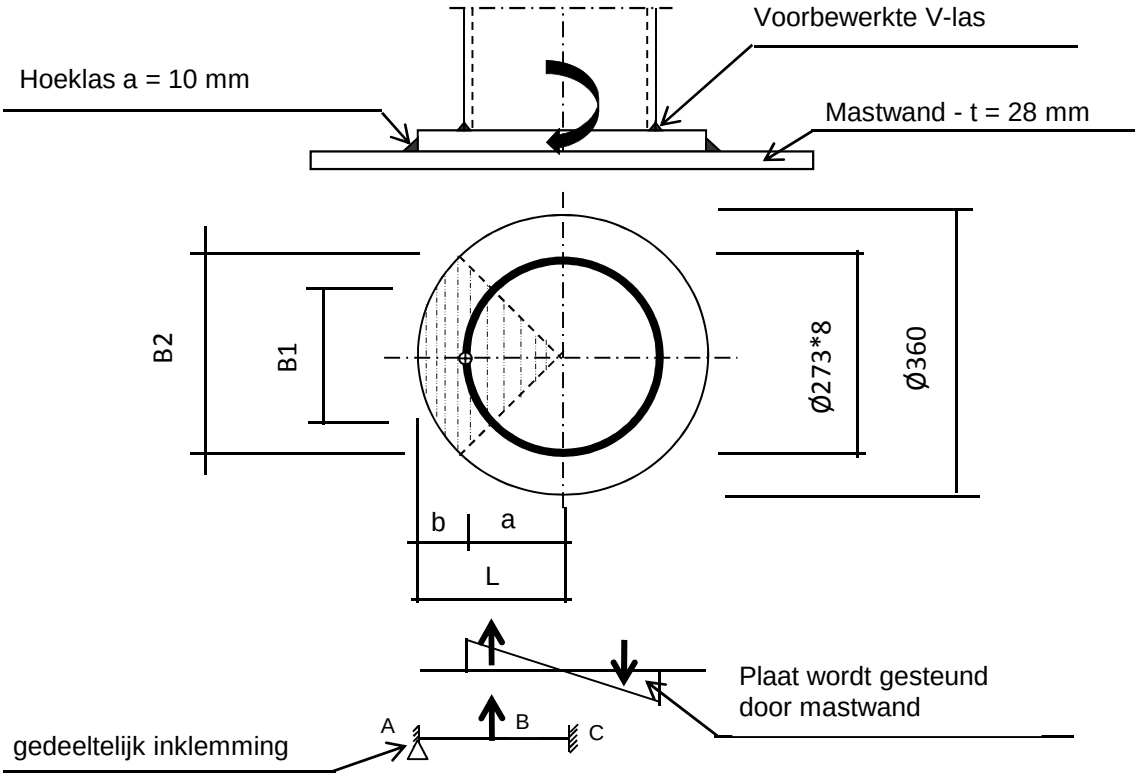
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 81,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 268,4 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,53 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 173,0 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,71 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,25 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 229,0 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 6,7 * 40,0% = 2,69 kNm

$M_{B;Ed} =$ 7,5 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,81 kNm

$R_{A;Ed} =$ 173,0 * 60,0% + 229,0 * 40,0% = 195,4 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,69 / 10,46 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 60,8 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 5,81 / 7,93 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 173,5 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 195,4 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 27,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 36,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 184,7 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 107,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 48,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	107,5	+	48,9	=		156,3	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	107,5	-	48,9	=		58,6	N/mm^2
τ_2 = 0							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		186,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	186,4	/	302,2	=	0,62	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	156,3	/	244,8	=	0,64	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1750,2	28,0	151493	S355	355	64198753
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 514,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 15584,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,69 of n_p = -0,674

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 241,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 45,84 / 241,3 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 140,2 kNm

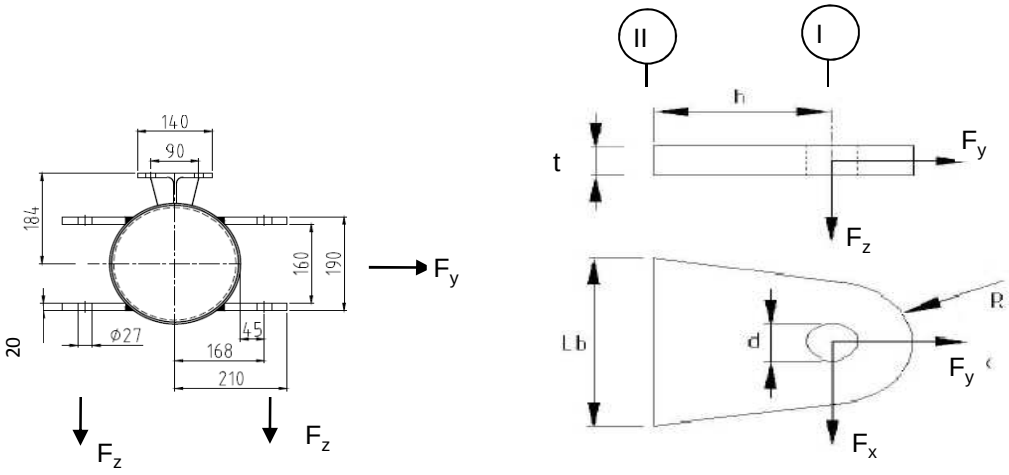
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 80,40 / 140,2 = 0,57 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	4,62
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**60,01**	**113,16**	**18,68**
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	4,62
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,72	110,84	18,68

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**30,01**	**56,58**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	56,58	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,25	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	30,01	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,58	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,25	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		34,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,40	/	2,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		150,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,68	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		6,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	30,01	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 204,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

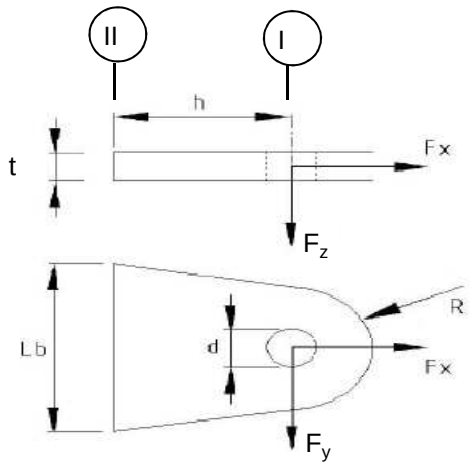
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2550,3	28,0	221876	S355	355	138392000
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1024,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 38531,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,80 of $n_p =$ -0,771

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 534,6 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 534,6 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 58,8 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 58,8 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

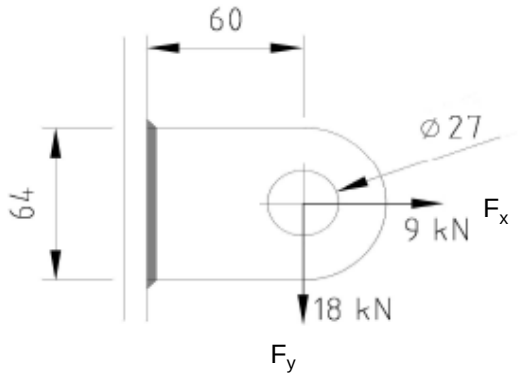
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
61,43 - 59,93 - 51,8 - 49,3 - 41,8 - 39,3 - 31,8 - 29,3 m



R =	32	mm	;	t =	20	mm
Lb =	64	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 29.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1590,2	25,0	122929	S355	355	47357080
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 425,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 12278,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,74 of $n_p =$ -0,721

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,61

$N_{1,Rd} =$ 458,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 458,4 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 29,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 29,3 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

Clip op 51,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	840,1	15,0	38880	S355	355	7878898
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,08 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,08

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 113,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 959,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,35 of $n_p =$ -0,335

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,86

$N_{1,Rd} =$ 232,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 232,7 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 14,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 14,9 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

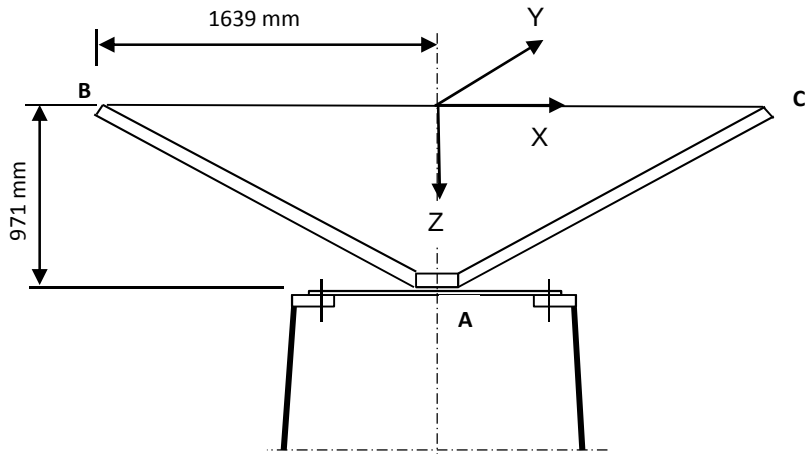
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



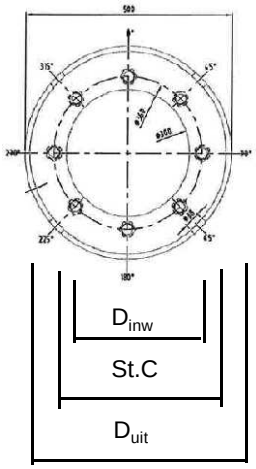
Buis rond 500 * 15

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

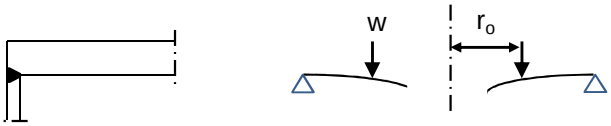
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

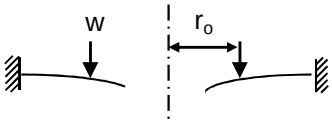
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 50,0%

Percentage vrij oplegging = 50,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 769 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 17550 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 18318 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 18318 / 35500 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 122,1 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 126 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 15 - S355 ;

A = 22855 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 8114 kN

$W_y = W_z$ = 2,69E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 955,2 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 8114 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,5 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 955 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 26,7 N/mm^2

σ_{max} = 28,3 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

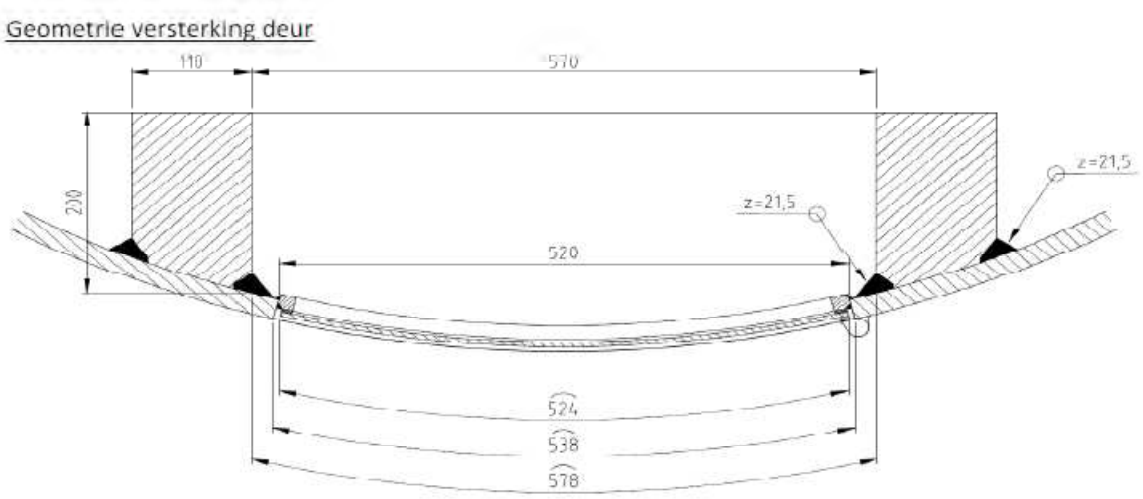
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

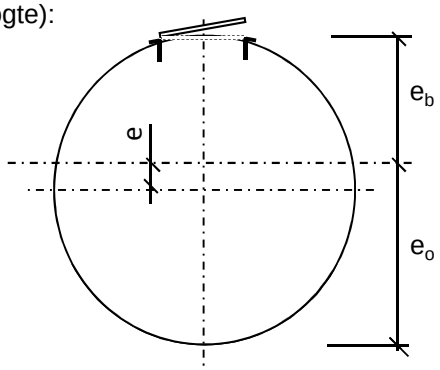
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2526	mm
dikte t ;	28	mm

A_{buis} =	219750	mm^2
$A_{versterking}$ =	40531	mm^2
$A_{verlies}$ =	14502	mm^2
A_{tot} =	245778	mm^2

e =	107,2	mm			
e_b =	1155,9	mm ;	e_o =	1370,3	mm

I_{tot} =	1,95E+11	mm^4
W_{min} =	1,42E+08	mm^3
W_{max} =	1,69E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} =	39022	kNm ;	N_{Ed} =	1025 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,2	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	274,3	N/mm^2

σ_{max} = 4,2 + 274,3 = 278,5 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage N, N1 en N2

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70458	137544	17046	70458	-137544
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	69655	136876	17046	69655	-136876
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68668	136110	17045	68668	-136110
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9796	18590	2226	9796	-18590
	Comp. gl	4617	18864	37163	4617	18864	-37163
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72973	153782	17036	72973	-153782
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72875	153781	17036	72875	-153781
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72751	153785	17036	72751	-153785
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9509	19909	2225	9509	-19909
	Comp. gl	4615	19347	40832	4615	19347	-40832
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104312	216126	29376	104312	-216126
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	104020	216089	29376	104020	-216089
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103654	216058	29376	103654	-216058
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26783	54949	9244	26783	-54949
	Comp. gl	18676	53224	110761	18676	53224	-110761
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73762	155471	20053	73762	-155471
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73667	155479	20053	73667	-155479
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73547	155493	20053	73547	-155493
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10784	22643	2978	10784	-22643
	Comp. gl	6122	21974	46465	6122	21974	-46465
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
	Comp. gl	5195	18706	40116	5195	18706	-40116
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66677	134803	17056	124305	-204739
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	66131	134516	17054	115909	-193419
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9102	17936	2228	21514	-34170
	Comp. gl	4617	18081	36619	4620	33409	-55362

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72547	153803	17037	79755	-157640
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72487	153812	17036	78948	-156952
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72410	153824	17036	77958	-156163
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9428	19902	2225	10900	-20985
	Comp. gl	4615	19245	40840	4615	20946	-41664
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102881	216055	29380	122823	-228863
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102659	216072	29379	119728	-225957
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26385	54955	9247	33116	-58719
	Comp. gl	18676	52715	110835	18679	60793	-113667
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73350	155525	20053	79986	-158127
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73291	155536	20053	79261	-157616
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73217	155553	20053	78368	-157037
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10709	22648	2978	11966	-23269
	Comp. gl	6122	21877	46484	6122	23381	-46885
1a	380C1F1 / 380C2F1	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	118872	197406	17055	118872	-197406
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	111117	186995	17053	111117	-186995
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	20429	32679	2228	20429	-32679
	Comp. gl	4620	31951	53373	4620	31951	-53373
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	79030	157020	17036	79030	-157020
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78303	156430	17036	78303	-156430
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77410	155757	17036	77410	-155757
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10748	20825	2225	10748	-20825
	Comp. gl	4615	20776	41527	4615	20776	-41527
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	120807	226950	29380	120807	-226950
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	118012	224428	29379	118012	-224428
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32450	58151	9246	32450	-58151
	Comp. gl	18678	60012	113159	18678	60012	-113159
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79334	157666	20053	79334	-157666
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78680	157232	20053	78680	-157232

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77872	156743	20053	77872	-156743
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11840	23167	2978	11840	-23167
	Comp. gl	6122	23237	46803	6122	23237	-46803
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	130900	213662	17045	67119	-135061
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17056	124305	204739	17045	66677	-134803
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17054	115909	193419	17045	66131	-134516
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21514	34170	2226	9102	-17936
	Comp. gl	4620	33409	55362	4617	18081	-36619
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79755	157640	17036	72547	-153803
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78948	156952	17036	72487	-153812
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77958	156163	17036	72410	-153824
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10900	20985	2225	9428	-19902
	Comp. gl	4615	20946	41664	4615	19245	-40840
3	380C1F1 / 380C2F1	29381	125336	231339	29376	103058	-216048
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	122823	228863	29376	102881	-216055
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	119728	225957	29376	102659	-216072
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9247	33116	58719	9244	26385	-54955
	Comp. gl	18679	60793	113667	18676	52715	-110835
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79986	158127	20053	73350	-155525
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	79261	157616	20053	73291	-155536
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	78368	157037	20053	73217	-155553
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11966	23269	2978	10709	-22648
	Comp. gl	6122	23381	46885	6122	21877	-46484
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58487	111876	12782	58487	-111876
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	57534	110884	12782	57534	-110884
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	56365	109729	12781	56365	-109729
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8291	15363	1669	8291	-15363
	Comp. gl	3462	15495	29938	3462	15495	-29938
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59266	124389	12774	59266	-124389
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59160	124371	12774	59160	-124371
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	59026	124354	12774	59026	-124354
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7663	15950	1668	7663	-15950

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	15550	32688	3461	15550	-32688
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93214	192328	25109	93214	-192328
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92908	192258	25109	92908	-192258
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92524	192190	25109	92524	-192190
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25652	52524	8685	25652	-52524
	Comp. gl	17518	50875	105724	17518	50875	-105724
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61248	128638	15788	61248	-128638
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61149	128635	15788	61149	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	61023	128636	15788	61023	-128636
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9163	19167	2421	9163	-19167
	Comp. gl	4966	18625	39284	4966	18625	-39284
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
	Comp. gl	3462	13367	28666	3462	13367	-28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54545	108097	12792	126013	-203187
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	54030	107683	12791	119007	-193383
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53398	107211	12789	110005	-180763
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7466	14428	1671	21038	-33151
	Comp. gl	3462	14575	29100	3465	31889	-52105
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58810	124344	12775	67185	-130687
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58746	124344	12775	66217	-129653
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58665	124348	12774	65032	-128446
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7574	15927	1669	9312	-17579
	Comp. gl	3461	15441	32682	3461	17403	-34068
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91902	192127	25114	116091	-211518
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91720	192120	25113	113341	-208533
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91490	192121	25112	109949	-204991
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25248	52517	8688	32173	-56698
	Comp. gl	17518	50360	105786	17520	58644	-109062
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60818	128650	15789	68194	-132843

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60757	128657	15788	67364	-132105
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60680	128668	15788	66345	-131256
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9084	19165	2421	10470	-20062
	Comp. gl	4966	18525	39296	4966	20153	-39964
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	119726	194390	12791	119726	-194390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	113193	185234	12790	113193	-185234
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12789	104817	173489	12789	104817	-173489
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19913	31574	1671	19913	-31574
	Comp. gl	3464	30325	49888	3464	30325	-49888
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66315	129755	12775	66315	-129755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	65444	128858	12774	65444	-128858
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64379	127815	12774	64379	-127815
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9129	17354	1669	9129	-17354
	Comp. gl	3461	17200	33860	3461	17200	-33860
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	113619	208830	25113	113619	-208830
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	111132	206207	25112	111132	-206207
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	108069	203109	25112	108069	-203109
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31486	56084	8688	31486	-56084
	Comp. gl	17520	57838	108499	17520	57838	-108499
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67448	132178	15788	67448	-132178
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66700	131544	15788	66700	-131544
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65782	130818	15788	65782	-130818
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10329	19926	2421	10329	-19926
	Comp. gl	4966	19993	39847	4966	19993	-39847
1a	380C1F1 / 380C2F1	12792	126013	203187	12781	54545	-108097
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12791	119007	193383	12781	54030	-107683
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12789	110005	180763	12781	53398	-107211
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	21038	33151	1669	7466	-14428
	Comp. gl	3465	31889	52105	3462	14575	-29100
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	67185	130687	12774	58810	-124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	66217	129653	12774	58746	-124344
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	65032	128446	12774	58665	-124348

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9312	17579	1668	7574	-15927
	Comp. gl	3461	17403	34068	3461	15441	-32682
3	380C1F1 / 380C2F1	25114	116091	211518	25109	91902	-192127
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	113341	208533	25109	91720	-192120
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	109949	204991	25109	91490	-192121
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	32173	56698	8685	25248	-52517
	Comp. gl	17520	58644	109062	17518	50360	-105786
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	68194	132843	15788	60818	-128650
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	67364	132105	15788	60757	-128657
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	66345	131256	15788	60680	-128668
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10470	20062	2421	9084	-19165
	Comp. gl	4966	20153	39964	4966	18525	-39296

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	65978	134443	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65655	134298	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	134141	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	8869	17762	0	0	0
	Comp. gl	4617	17812	36487	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72723	153787	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72647	153793	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	153803	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9461	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19287	40835	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	77768	160718	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77517	160650	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	160581	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3796	14234	28538	0	0	0
	Comp. gl	7762	28198	57773	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71802	151812	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71728	151822	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	151838	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2828	10310	21723	0	0	0
	Comp. gl	5821	21063	44642	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	0	0	0
	GW / opgw	2505	9033	19371	0	0	0
	Comp. gl	5195	18706	40116	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	64613	133947	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64427	133907	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	133866	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	8595	17608	0	0	0
	Comp. gl	4617	17489	36384	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72393	153827	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72346	153837	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	153850	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9399	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19208	40847	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	76696	160509	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76547	160498	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	160493	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3796	13832	28363	0	0	0
	Comp. gl	7762	27716	57669	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71480	151870	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71434	151881	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	151896	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2828	10251	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20986	44660	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	88694	157786	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	85924	154369	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	150248	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2227	13529	23228	0	0	0
	Comp. gl	4618	23161	41797	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77213	155617	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76684	155257	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	154852	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10368	20455	0	0	0
	Comp. gl	4615	20350	41219	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19805	94794	175433	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	92704	173118	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	170380	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3797	20828	35526	0	0	0
	Comp. gl	7763	35850	64466	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76022	153058	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75535	152787	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	152486	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2828	11112	22051	0	0	0
	Comp. gl	5821	22032	44825	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	91433	161228	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	88385	157402	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	152765	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	14071	23957	0	0	0
	Comp. gl	4618	23814	42605	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77740	155999	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77154	155575	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	155096	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10478	20558	0	0	0
	Comp. gl	4615	20473	41302	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19806	96873	177802	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	94560	175171	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	172045	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3798	21594	36481	0	0	0
	Comp. gl	7764	36772	65513	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76507	153348	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75968	153026	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	152666	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2828	11206	22119	0	0	0
	Comp. gl	5821	22141	44877	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	53222	107088	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52851	106842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	106564	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	7191	14164	0	0	0
	Comp. gl	3462	14265	28881	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58997	124352	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58915	124346	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	124344	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7610	15934	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3461	15485	32682	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65149	133659	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64872	133536	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	133402	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12761	25380	0	0	0
	Comp. gl	6606	25101	51132	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59156	124693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59079	124696	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	124702	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17660	37346	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	51673	106197	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51465	106111	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	106018	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	3462	13901	28691	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58647	124349	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58597	124354	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	124361	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7543	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15402	32684	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63979	133237	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63819	133203	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	133169	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12329	25139	0	0	0
	Comp. gl	6606	24590	50966	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58821	124722	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58773	124730	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	124742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17581	37358	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	79869	138866	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76688	134567	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	129277	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12565	21162	0	0	0
	Comp. gl	3463	20558	36215	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64146	127595	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63519	127026	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	126371	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8672	16819	0	0	0
	Comp. gl	3461	16694	33380	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	84746	153890	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82341	150899	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	147304	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19918	33574	0	0	0
	Comp. gl	6608	33469	59363	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	63819	126890	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63265	126476	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	126005	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9546	18692	0	0	0
	Comp. gl	4665	18707	37695	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	82990	143126	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	79515	138386	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	132522	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	13162	22007	0	0	0
	Comp. gl	3463	21310	37236	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64772	128192	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64075	127530	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	126766	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8804	16969	0	0	0
	Comp. gl	3461	16840	33512	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	87128	156909	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84477	153553	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	149498	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20730	34631	0	0	0
	Comp. gl	6608	34473	60583	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64373	127328	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63757	126842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	126289	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9652	18786	0	0	0
	Comp. gl	4665	18828	37773	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58927	117336	14202	58927	-117336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58429	116970	14202	58429	-116970
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57816	116556	14202	57816	-116556
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8041	15633	1855	8041	-15633
	Comp. gl	3847	15792	31671	3847	15792	-31671
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63543	134464	14194	63543	-134464
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63480	134467	14194	63480	-134467
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63399	134474	14194	63399	-134474
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8213	17290	1854	8213	-17290
	Comp. gl	3845	16749	35479	3845	16749	-35479
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84618	176416	22419	84618	-176416
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84425	176396	22419	84425	-176396
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84184	176381	22419	84184	-176381
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20638	42602	6530	20638	-42602
	Comp. gl	13213	41150	85996	13213	41150	-85996
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62101	131369	16206	62101	-131369
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62039	131376	16206	62039	-131376
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61960	131388	16206	61960	-131388
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8891	18744	2356	8891	-18744
	Comp. gl	4850	18179	38547	4850	18179	-38547
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56851	116000	14208	98189	-165882
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56574	115867	14208	93717	-159769
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56231	115721	14207	88077	-152129
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7613	15270	1856	15816	-25944
	Comp. gl	3847	15304	31383	3849	25141	-43062
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63266	134493	14195	67811	-136493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63227	134500	14195	67309	-136112
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63177	134510	14195	66693	-135679
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8160	17289	1854	9080	-17879
	Comp. gl	3845	16682	35488	3846	17755	-35908
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83790	176382	22421	98433	-186136

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83673	176389	22421	96774	-184519
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83526	176403	22420	94735	-182634
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20371	42601	6531	24969	-45353
	Comp. gl	13213	40808	86040	13214	46287	-88135
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61831	131414	16207	66084	-132786
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61792	131422	16207	65626	-132496
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61743	131435	16207	65059	-132172
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8841	18749	2356	9651	-19102
	Comp. gl	4850	18115	38561	4850	19090	-38769
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	94173	160390	14208	94173	-160390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	90060	154804	14207	90060	-154804
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84889	147858	14206	84889	-147858
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	15062	24884	1856	15062	-24884
	Comp. gl	3848	24165	41727	3848	24165	-41727
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67360	136149	14195	67360	-136149
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66908	135825	14195	66908	-135825
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66351	135458	14195	66351	-135458
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8986	17788	1854	8986	-17788
	Comp. gl	3846	17650	35833	3846	17650	-35833
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96941	184679	22421	96941	-184679
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95445	183276	22420	95445	-183276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93607	181648	22420	93607	-181648
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24509	44940	6531	24509	-44940
	Comp. gl	13214	45753	87767	13214	45753	-87767
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65672	132524	16207	65672	-132524
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65257	132281	16207	65257	-132281
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64744	132009	16206	64744	-132009
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9570	19041	2356	9570	-19041
	Comp. gl	4850	18997	38722	4850	18997	-38722
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	98189	165882	14202	56851	-116000
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	93717	159769	14202	56574	-115867
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14207	88077	152129	14202	56231	-115721

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15816	25944	1855	7613	-15270
	Comp. gl	3849	25141	43062	3847	15304	-31383
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67811	136493	14194	63266	-134493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67309	136112	14194	63227	-134500
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66693	135679	14194	63177	-134510
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9080	17879	1854	8160	-17289
	Comp. gl	3846	17755	35908	3845	16682	-35488
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	98433	186136	22419	83790	-176382
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	96774	184519	22419	83673	-176389
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	94735	182634	22419	83526	-176403
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24969	45353	6530	20371	-42601
	Comp. gl	13214	46287	88135	13213	40808	-86040
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	66084	132786	16206	61831	-131414
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65626	132496	16206	61792	-131422
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	65059	132172	16206	61743	-131435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9651	19102	2356	8841	-18749
	Comp. gl	4850	19090	38769	4850	18115	-38561

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+10)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Fundatiebel. SLS toestaand gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400(+10)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 57m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 47m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 37m hoogte	71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	79
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	87
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	97
9.7 Berekening versterking deur	100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage O, O1 en O2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+10) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+10) zijn de bijlage O en O1 (berekening maststerkte) en bijlage O2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 67,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,733 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 19,80 meter en 2* 23,60 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+10) zijn de bijlage O en O1 (berekening maststerkte) en bijlage O2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2H400(+10)”

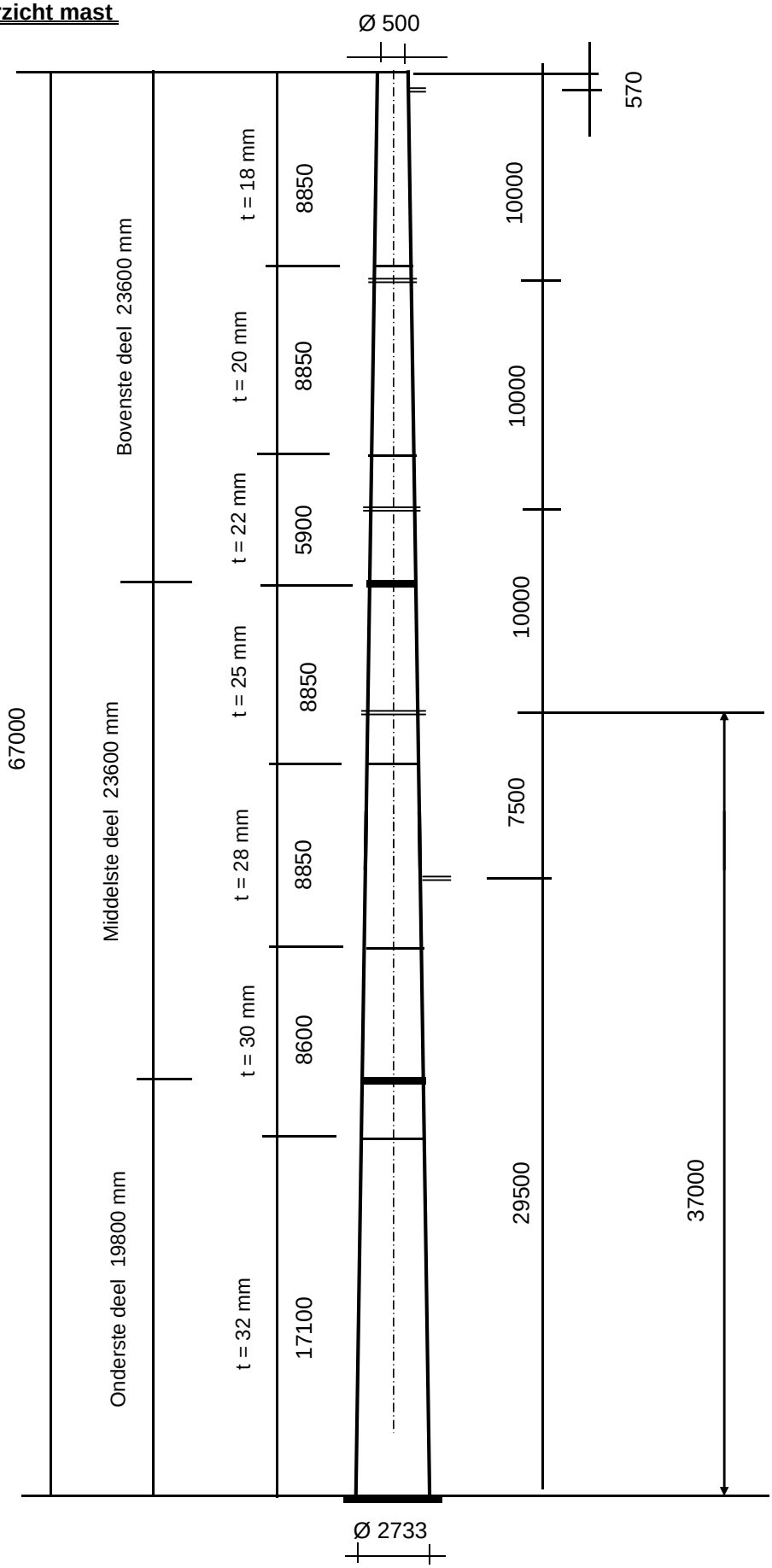
Berekening

W2H400+10

67,0 m - 2733 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,617

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	66,72
2	2380	598	519	n.v.t.	2	1	65,24
3	2950	697	598	n.v.t.	2	1	62,58
4	2950	795	697	n.v.t.	2	1	59,63
5	1150	833	795	n.v.t.	2	1	57,58
6	1800	893	833	n.v.t.	2	1	56,10
7	2950	992	893	n.v.t.	2	1	53,73
8	2950	1090	992	n.v.t.	2	1	50,78
9	2300	1167	1090	n.v.t.	2	1	48,15
10	650	1188	1167	n.v.t.	2	1	46,68
11	2950	1287	1188	n.v.t.	2	1	44,88
12	2950	1385	1287	n.v.t.	2	1	41,93
13	2950	1483	1385	n.v.t.	2	1	38,98
14	500	1500	1483	n.v.t.	2	1	37,25
15	2450	1582	1500	n.v.t.	2	1	35,78
16	1475	1631	1582	n.v.t.	2	1	33,81
17	1475	1680	1631	n.v.t.	2	1	32,34
18	2100	1750	1680	n.v.t.	2	1	30,55
19	850	1778	1750	n.v.t.	2	1	29,08
20	1475	1827	1778	n.v.t.	2	1	27,91
21	1475	1876	1827	n.v.t.	2	1	26,44
22	2950	1975	1876	n.v.t.	2	1	24,23
23	2950	2073	1975	n.v.t.	2	1	21,28
24	1350	2118	2073	n.v.t.	2	1	19,13
25	1350	2163	2118	n.v.t.	2	1	17,78
26	1425	2211	2163	n.v.t.	2	1	16,39
27	1425	2258	2211	n.v.t.	2	1	14,96
28	2850	2353	2258	n.v.t.	2	1	12,83
29	2850	2448	2353	n.v.t.	2	1	9,98
30	2850	2543	2448	n.v.t.	2	1	7,13
31	2850	2638	2543	n.v.t.	2	1	4,28
32	2850	2733	2638	n.v.t.	2	1	1,43
	67000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	559	18,0	30573	240,00	1,12E+09	191,26	4,00E+06
3	647	18,0	35596	279,43	1,76E+09	222,65	5,45E+06
4	746	18,0	41156	323,07	2,73E+09	257,39	7,31E+06
5	814	20,0	49896	391,68	3,94E+09	280,85	9,67E+06
6	863	20,0	52985	415,93	4,71E+09	298,23	1,09E+07
7	942	20,0	57958	454,97	6,17E+09	326,21	1,31E+07
8	1041	20,0	64136	503,47	8,36E+09	360,96	1,61E+07
9	1128	22,0	76458	600,19	1,17E+10	391,19	2,07E+07
10	1177	22,0	79855	626,87	1,33E+10	408,57	2,26E+07
11	1237	22,0	84002	659,41	1,55E+10	429,78	2,51E+07
12	1336	25,0	102943	808,10	2,21E+10	463,49	3,31E+07
13	1434	25,0	110665	868,72	2,75E+10	498,24	3,83E+07
14	1492	25,0	115180	904,16	3,10E+10	518,57	4,15E+07
15	1541	25,0	119041	934,47	3,42E+10	535,95	4,44E+07
16	1606	28,0	138816	1089,70	4,32E+10	558,03	5,38E+07
17	1655	28,0	143140	1123,65	4,74E+10	575,40	5,73E+07
18	1715	28,0	148380	1164,79	5,28E+10	596,46	6,16E+07
19	1764	28,0	152705	1198,73	5,75E+10	613,84	6,52E+07
20	1803	28,0	156113	1225,48	6,15E+10	627,54	6,82E+07
21	1852	28,0	160437	1259,43	6,67E+10	644,92	7,21E+07
22	1926	30,0	178658	1402,47	8,03E+10	670,29	8,34E+07
23	2024	30,0	187924	1475,21	9,34E+10	705,04	9,23E+07
24	2096	30,0	194678	1528,22	1,04E+11	730,38	9,91E+07
25	2141	30,0	198918	1561,51	1,11E+11	746,28	1,04E+08
26	2187	32,0	216627	1700,52	1,26E+11	761,93	1,15E+08
27	2234	32,0	221402	1738,00	1,34E+11	778,72	1,20E+08
28	2306	32,0	228564	1794,22	1,48E+11	803,91	1,28E+08
29	2401	32,0	238113	1869,18	1,67E+11	837,49	1,39E+08
30	2496	32,0	247662	1944,14	1,88E+11	871,06	1,51E+08
31	2591	32,0	257211	2019,10	2,10E+11	904,64	1,63E+08
32	2686	32,0	266760	2094,06	2,35E+11	938,22	1,75E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	67000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	66430	2 -- 3	2	2380	3,06E+04	1,12E+09
3	64050	3 -- 4	3	2950	3,56E+04	1,76E+09
4	61100	4 -- 5	4	2950	4,12E+04	2,73E+09
5	58150	5 -- 6	5	1150	4,99E+04	3,94E+09
6	57000	6 -- 7	6	1800	5,30E+04	4,71E+09
7	55200	7 -- 8	7	2950	5,80E+04	6,17E+09
8	52250	8 -- 9	8	2950	6,41E+04	8,36E+09
9	49300	9 -- 10	9	2300	7,65E+04	1,17E+10
10	47000	10 -- 11	10	650	7,99E+04	1,33E+10
11	46350	11 -- 12	11	2950	8,40E+04	1,55E+10
12	43400	12 -- 13	12	2950	1,03E+05	2,21E+10
13	40450	13 -- 14	13	2950	1,11E+05	2,75E+10
14	37500	14 -- 15	14	500	1,15E+05	3,10E+10
15	37000	15 -- 16	15	2450	1,19E+05	3,42E+10
16	34550	16 -- 17	16	1475	1,39E+05	4,32E+10
17	33075	17 -- 18	17	1475	1,43E+05	4,74E+10
18	31600	18 -- 19	18	2100	1,48E+05	5,28E+10
19	29500	19 -- 20	19	850	1,53E+05	5,75E+10
20	28650	20 -- 21	20	1475	1,56E+05	6,15E+10
21	27175	21 -- 22	21	1475	1,60E+05	6,67E+10
22	25700	22 -- 23	22	2950	1,79E+05	8,03E+10
23	22750	23 -- 24	23	2950	1,88E+05	9,34E+10
24	19800	24 -- 25	24	1350	1,95E+05	1,04E+11
25	18450	25 -- 26	25	1350	1,99E+05	1,11E+11
26	17100	26 -- 27	26	1425	2,17E+05	1,26E+11
27	15675	27 -- 28	27	1425	2,21E+05	1,34E+11
28	14250	28 -- 29	28	2850	2,29E+05	1,48E+11
29	11400	29 -- 30	29	2850	2,38E+05	1,67E+11
30	8550	30 -- 31	30	2850	2,48E+05	1,88E+11
31	5700	31 -- 32	31	2850	2,57E+05	2,10E+11
32	2850	32 -- 33	32	2850	2,67E+05	2,35E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	66,72	0,21	1,22	32,84	0,17	1486
2	65,24	0,21	1,21	32,72	0,17	1478
3	62,58	0,21	1,20	32,48	0,17	1463
4	59,63	0,21	1,19	32,21	0,18	1445
5	57,58	0,21	1,19	32,01	0,18	1432
6	56,10	0,21	1,18	31,86	0,18	1422
7	53,73	0,21	1,17	31,62	0,18	1407
8	50,78	0,21	1,16	31,30	0,18	1386
9	48,15	0,21	1,15	31,00	0,18	1367
10	46,68	0,21	1,14	30,82	0,18	1356
11	44,88	0,21	1,13	30,60	0,18	1342
12	41,93	0,21	1,12	30,22	0,19	1318
13	38,98	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
14	37,25	0,21	1,09	29,55	0,19	1276
15	35,78	0,21	1,09	29,32	0,19	1262
16	33,81	0,21	1,07	29,00	0,19	1243
17	32,34	0,21	1,06	28,75	0,20	1228
18	30,55	0,21	1,05	28,43	0,20	1208
19	29,08	0,21	1,04	28,15	0,20	1191
20	27,91	0,21	1,03	27,92	0,20	1177
21	26,44	0,21	1,02	27,61	0,20	1159
22	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
23	21,28	0,21	0,98	26,38	0,21	1087
24	19,13	0,21	0,95	25,78	0,22	1053
25	17,78	0,21	0,94	25,37	0,22	1029
26	16,39	0,21	0,92	24,91	0,23	1004
27	14,96	0,21	0,90	24,39	0,23	975
28	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
29	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
30	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
31	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
32	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	400	0,40	0,00	2,58E-02	981,84
2	2 -- 3	6069	4098	5,83	0,61	2,58E-02	967,11
3	3 -- 4	8686		11,90	21,70	2,57E-02	905,67
4	4 -- 5	9973		20,58	69,61	2,54E-02	830,14
5	5 -- 6	4677		30,56	145,03	2,49E-02	755,92
6	6 -- 7	7757	33460	68,69	182,86	2,46E-02	727,46
7	7 -- 8	13864		76,45	313,49	2,42E-02	683,49
8	8 -- 9	15295		90,31	559,46	2,32E-02	613,48
9	9 -- 10	14149		105,61	848,45	2,20E-02	546,67
10	10 -- 11	4172	34118	153,88	1107,62	2,11E-02	497,03
11	11 -- 12	19895		158,05	1208,99	2,08E-02	483,40
12	12 -- 13	24281	7046	184,99	1704,58	1,95E-02	423,77
13	13 -- 14	26070		209,27	2286,12	1,83E-02	367,95
14	14 -- 15	4596		235,34	2941,92	1,69E-02	315,98
15	15 -- 16	23262	34857	274,79	3060,74	1,67E-02	307,57
16	16 -- 17	16294		298,06	3762,48	1,55E-02	268,05
17	17 -- 18	16795		314,35	4214,13	1,49E-02	245,61
18	18 -- 19	24775		331,15	4690,18	1,42E-02	224,14
19	19 -- 20	10317	8799	364,72	5411,60	1,33E-02	195,25
20	20 -- 21	18297		375,04	5726,00	1,29E-02	184,13
21	21 -- 22	18798		393,33	6292,67	1,22E-02	165,64
22	22 -- 23	41815		412,13	6886,70	1,15E-02	148,16
23	23 -- 24	43961		453,95	8164,17	1,02E-02	116,13
24	24 -- 25	20833	33251	531,16	9568,15	8,85E-03	88,01
25	25 -- 26	21283		551,99	10299,28	8,23E-03	76,48
26	26 -- 27	24446		573,28	11058,83	7,62E-03	65,77
27	27 -- 28	24980		597,72	11893,17	7,00E-03	55,36
28	28 -- 29	51563		622,70	12762,72	6,37E-03	45,83
29	29 -- 30	53699		674,26	14610,90	5,12E-03	29,41
30	30 -- 31	55836		727,96	16609,07	3,85E-03	16,60
31	31 -- 32	57972		783,80	18763,34	2,57E-03	7,41
32	32 -- 33	60108		841,77	21079,78	1,29E-03	1,87
33			44762	946,64	23564,48	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	40,0	0,982	1655,86	164,773
2	2 -- 3	606,9	409,8	0,967	9463,34	915,475
3	3 -- 4	868,6		0,906	7395,13	654,260
4	4 -- 5	997,3		0,830	7758,78	627,213
5	5 -- 6	467,7		0,756	3402,88	257,276
6	6 -- 7	775,7	3346,0	0,727	29246,66	2156,754
7	7 -- 8	1386,4		0,683	8819,90	583,036
8	8 -- 9	1529,5		0,613	8703,51	514,647
9	9 -- 10	1414,9		0,547	7243,63	385,332
10	10 -- 11	417,2	3411,8	0,497	18642,14	943,129
11	11 -- 12	1989,5		0,483	8852,69	409,321
12	12 -- 13	2428,1	704,6	0,424	12358,70	507,039
13	13 -- 14	2607,0		0,368	8745,53	304,859
14	14 -- 15	459,6		0,316	1405,64	44,673
15	15 -- 16	2326,2	3485,7	0,308	17085,23	522,442
16	16 -- 17	1629,4		0,268	4105,36	107,480
17	17 -- 18	1679,5		0,246	3869,75	92,650
18	18 -- 19	2477,5		0,224	5096,47	108,938
19	19 -- 20	1031,7	879,9	0,195	3605,19	70,666
20	20 -- 21	1829,7		0,184	3139,12	55,962
21	21 -- 22	1879,8		0,166	2893,37	46,277
22	22 -- 23	4181,5		0,148	5420,85	73,023
23	23 -- 24	4396,1		0,116	4402,01	45,803
24	24 -- 25	2083,3	3325,1	0,088	4551,80	39,849
25	25 -- 26	2128,3		0,076	1484,97	10,766
26	26 -- 27	2444,6		0,066	1452,45	8,967
27	27 -- 28	2498,0		0,055	1239,79	6,394
28	28 -- 29	5156,3		0,046	1902,94	7,298
29	29 -- 30	5369,9		0,029	1211,93	2,842
30	30 -- 31	5583,6		0,017	657,54	0,805
31	31 -- 32	5797,2		0,007	263,93	0,125
32	32 -- 33	6010,8		0,002	55,17	0,005
33			4476,2	0,000	0,00	0,000
				Som	196132	9668

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,72	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	1022	0,992	0,570	0,56	574,05	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	552,02	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,31	678,69	2,61
4 -- 5	338	0,808	2,950	1,92	650,63	2,38
5 -- 6	3316	0,755	1,150	0,66	2176,27	0,87
6 -- 7	431	0,719	1,800	0,93	400,47	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,29	604,81	1,95
8 -- 9	518	0,591	2,950	1,03	533,86	1,74
9 -- 10	2099	0,532	2,300	0,65	1363,56	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	104,01	0,32
11 -- 12	913	0,462	2,950	0,63	574,99	1,36
12 -- 13	823	0,403	2,950	0,48	394,71	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	316,24	1,03
14 -- 15	7891	0,318	0,500	0,05	397,82	0,16
15 -- 16	949	0,293	2,450	0,21	199,89	0,72
16 -- 17	1105	0,262	1,475	0,10	111,49	0,39
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	96,11	0,35
18 -- 19	1599	0,214	2,100	0,10	153,14	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,51	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	58,05	0,26
21 -- 22	1274	0,160	1,475	0,04	48,00	0,24
22 -- 23	1417	0,135	2,950	0,05	75,75	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	83,45	0,31
24 -- 25	1543	0,084	1,350	0,01	14,62	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,17	0,10
26 -- 27	1716	0,062	1,425	0,01	9,30	0,09
27 -- 28	1753	0,052	1,425	0,00	6,63	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,57	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,95	0,07
30 -- 31	1959	0,012	2,850	0,00	0,83	0,03
31 -- 32	2034	0,005	2,850	0,00	0,13	0,01
32 -- 33	3680	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	67,00	13,91	10239,71	22,84

m_e = 10239,7 / 13,9 = 736,0 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,72	Hz
b =	1,62	m
h =	67,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	40,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	116,50	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,069	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,081	
$v_m(z_s)$ =	29,98	m/s
$v_m(z)$ =	32,87	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,54	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,44	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	18,42	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,71	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,54	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,58

$c_s c_d$ = **1,08**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,77	1,66E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,63	1,81E+06	0,80	0,81	0,65
3	48,37	2,09E+06	0,80	0,81	0,65
4	48,08	2,39E+06	0,80	0,81	0,65
5	47,87	2,60E+06	0,80	0,81	0,65
6	47,71	2,75E+06	0,80	0,81	0,65
7	47,44	2,98E+06	0,80	0,81	0,65
8	47,10	3,27E+06	0,79	0,81	0,65
9	46,77	3,52E+06	0,79	0,81	0,65
10	46,58	3,66E+06	0,79	0,81	0,65
11	46,34	3,82E+06	0,79	0,81	0,65
12	45,92	4,09E+06	0,79	0,81	0,65
13	45,47	4,35E+06	0,79	0,81	0,64
14	45,19	4,49E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,94	4,62E+06	0,79	0,81	0,64
16	44,59	4,77E+06	0,79	0,81	0,64
17	44,32	4,89E+06	0,79	0,81	0,64
18	43,96	5,03E+06	0,79	0,81	0,64
19	43,66	5,13E+06	0,79	0,81	0,64
20	43,40	5,22E+06	0,79	0,81	0,64
21	43,07	5,32E+06	0,79	0,81	0,64
22	42,52	5,46E+06	0,79	0,81	0,64
23	41,71	5,63E+06	0,78	0,81	0,64
24	41,04	5,73E+06	0,78	0,81	0,64
25	40,58	5,79E+06	0,78	0,81	0,64
26	40,07	5,84E+06	0,78	0,81	0,64
27	39,50	5,88E+06	0,78	0,81	0,64
28	38,52	5,92E+06	0,78	0,81	0,63
29	36,92	5,91E+06	0,78	0,81	0,63
30	34,74	5,78E+06	0,77	0,81	0,63
31	31,38	5,42E+06	0,77	0,81	0,62
32	30,93	5,54E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	66,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - O, O1 en O2		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	66,43	0,759
1e traverse - 380C1F1	57,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	47,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	37,00	0,000
Retourstroomgeleider	29,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	66,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,190	0,068	414	0,727
2	5712	357	6069	0,868	0,286	1840	0,773
3	8243	443	8686	1,244	0,354	2523	0,855
4	9531	443	9973	1,431	0,354	2783	0,943
5	4504	173	4677	0,608	0,138	1153	1,003
6	7487	270	7757	1,009	0,216	1880	1,045
7	13422	443	13864	1,803	0,354	3274	1,110
8	14852	443	15295	1,988	0,354	3504	1,188
9	13804	345	14149	1,678	0,276	2884	1,254
10	4075	98	4172	0,495	0,078	838	1,289
11	19453	443	19895	2,357	0,354	3927	1,331
12	23839	443	24281	2,542	0,354	4119	1,396
13	25627	443	26070	2,725	0,354	4295	1,456
14	4521	75	4596	0,480	0,060	744	1,488
15	22895	368	23262	2,429	0,294	3709	1,514
16	16073	221	16294	1,523	0,177	2280	1,546
17	16574	221	16795	1,568	0,177	2313	1,568
18	24460	315	24775	2,312	0,252	3343	1,592
19	10189	128	10317	0,962	0,102	1368	1,609
20	18076	221	18297	1,705	0,177	2391	1,621
21	18577	221	18798	1,750	0,177	2411	1,635
22	41373	443	41815	3,635	0,354	4866	1,649
23	43519	443	43961	3,815	0,354	4892	1,658
24	20631	203	20833	1,805	0,162	2235	1,656
25	21080	203	21283	1,842	0,162	2227	1,649
26	24232	214	24446	1,984	0,171	2335	1,638
27	24767	214	24980	2,025	0,171	2311	1,622
28	51135	428	51563	4,171	0,342	4518	1,585
29	53272	428	53699	4,329	0,342	4294	1,507
30	55408	428	55836	4,480	0,342	3926	1,378
31	57544	428	57972	4,614	0,342	3292	1,155
32	59681	428	60108	4,778	0,342	3305	1,160
	735799	10050	745849	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	70860

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2798	480	480	480	480
2	2 -- 3	3060	4819	5453	21145	7149
3	3 -- 4	3533				
4	4 -- 5	4057				
5	5 -- 6	4880				
6	6 -- 7	5171	39296	43700	70823	49971
7	7 -- 8	5640				
8	8 -- 9	6222				
9	9 -- 10	7382				
10	10 -- 11	7702	40078	44296	71548	50550
11	11 -- 12	8093				
12	12 -- 13	9877	8456	8456	8456	8456
13	13 -- 14	10605				
14	14 -- 15	11030				
15	15 -- 16	11394	40966	44905	72318	51138
16	16 -- 17	13256				
17	17 -- 18	13664				
18	18 -- 19	14157				
19	19 -- 20	14565	10328	11401	43125	14765
20	20 -- 21	14886				
21	21 -- 22	15293				
22	22 -- 23	17010				
23	23 -- 24	17882				
24	24 -- 25	18519	39901	39901	39901	39901
25	25 -- 26	18918				
26	26 -- 27	20586				
27	27 -- 28	21036				
28	28 -- 29	21711				
29	29 -- 30	22610				
30	30 -- 31	23510				
31	31 -- 32	24409				
32	32 -- 33	25309				
33			53715	53715	53715	53715

KEMA rapport - bijlage O - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3373 / 2029 , t = 100 mm ; G = 4476 kg
Flenzen op 19,8m : 2 * rond 2073 / 1540 , t = 140 mm ; G = 3325 kg
Flenzen op 43,4m : 2 * rond 1287 / 970 , t = 80 mm ; G = 705 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 57m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 47m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 37m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	727				
2	2 -- 3	773	30896	18835	51044	20078
3	3 -- 4	855				
4	4 -- 5	943				
5	5 -- 6	1003				
6	6 -- 7	1045	193927	141513	202486	137963
7	7 -- 8	1110				
8	8 -- 9	1188				
9	9 -- 10	1254				
10	10 -- 11	1289	185663	140625	199531	137150
11	11 -- 12	1331				
12	12 -- 13	1396				
13	13 -- 14	1456				
14	14 -- 15	1488				
15	15 -- 16	1514	175287	139532	195906	136146
16	16 -- 17	1546				
17	17 -- 18	1568				
18	18 -- 19	1592				
19	19 -- 20	1609	49831	37096	95708	39947
20	20 -- 21	1621				
21	21 -- 22	1635				
22	22 -- 23	1649				
23	23 -- 24	1658				
24	24 -- 25	1656				
25	25 -- 26	1649				
26	26 -- 27	1638				
27	27 -- 28	1622				
28	28 -- 29	1585				
29	29 -- 30	1507				
30	30 -- 31	1378				
31	31 -- 32	1155				
32	32 -- 33	1160				
33		0				

KEMA rapport - bijlage O2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1163				
2	2 -- 3	1237	41802	22478	67473	24801
3	3 -- 4	1368				
4	4 -- 5	1509				
5	5 -- 6	1604				
6	6 -- 7	1671	256563	165751	256544	166433
7	7 -- 8	1776				
8	8 -- 9	1900				
9	9 -- 10	2006				
10	10 -- 11	2063	244261	164321	252057	165148
11	11 -- 12	2130				
12	12 -- 13	2234				
13	13 -- 14	2329				
14	14 -- 15	2381				
15	15 -- 16	2422	228663	162565	246540	163566
16	16 -- 17	2473				
17	17 -- 18	2508				
18	18 -- 19	2547				
19	19 -- 20	2575	65673	43600	125377	48811
20	20 -- 21	2594				
21	21 -- 22	2615				
22	22 -- 23	2639				
23	23 -- 24	2653				
24	24 -- 25	2649				
25	25 -- 26	2639				
26	26 -- 27	2621				
27	27 -- 28	2595				
28	28 -- 29	2536				
29	29 -- 30	2411				
30	30 -- 31	2204				
31	31 -- 32	1848				
32	32 -- 33	1855				
33		0				

KEMA rapport - bijlage O - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	414		0	0,00E+00	3,80E-03	136
2	2 -- 3	1840		414	1,30E+05	3,80E-03	133
3	3 -- 4	2523		2254	3,41E+06	3,79E-03	124
4	4 -- 5	2783		4777	1,40E+07	3,72E-03	113
5	5 -- 6	1153		7560	3,25E+07	3,61E-03	102
6	6 -- 7	1880		8714	4,22E+07	3,55E-03	98
7	7 -- 8	3274		10594	6,00E+07	3,46E-03	92
8	8 -- 9	3504		13868	9,70E+07	3,29E-03	82
9	9 -- 10	2884		17372	1,44E+08	3,09E-03	73
10	10 -- 11	838		20256	1,88E+08	2,93E-03	66
11	11 -- 12	3927		21094	2,02E+08	2,89E-03	64
12	12 -- 13	4119		25021	2,72E+08	2,67E-03	56
13	13 -- 14	4295		29140	3,53E+08	2,48E-03	48
14	14 -- 15	744		33435	4,47E+08	2,27E-03	41
15	15 -- 16	3709		34179	4,64E+08	2,24E-03	40
16	16 -- 17	2280		37888	5,54E+08	2,06E-03	34
17	17 -- 18	2313		40168	6,13E+08	1,97E-03	31
18	18 -- 19	3343		42481	6,74E+08	1,87E-03	29
19	19 -- 20	1368		45823	7,68E+08	1,74E-03	25
20	20 -- 21	2391		47191	8,09E+08	1,68E-03	23
21	21 -- 22	2411		49583	8,81E+08	1,59E-03	21
22	22 -- 23	4866		51994	9,57E+08	1,49E-03	19
23	23 -- 24	4892		56859	1,12E+09	1,31E-03	15
24	24 -- 25	2235		61752	1,30E+09	1,13E-03	11
25	25 -- 26	2227		63987	1,38E+09	1,04E-03	10
26	26 -- 27	2335		66214	1,47E+09	9,62E-04	8
27	27 -- 28	2311		68549	1,57E+09	8,80E-04	7
28	28 -- 29	4518		70860	1,67E+09	7,98E-04	6
29	29 -- 30	4294		75377	1,88E+09	6,36E-04	4
30	30 -- 31	3926		79672	2,10E+09	4,74E-04	2
31	31 -- 32	3292		83598	2,33E+09	3,14E-04	1
32	32 -- 33	3305		86890	2,58E+09	1,56E-04	0
33		0		90195	2,83E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,11E-02	1786
2	2 -- 3		30896	30896	1,67E+05	5,11E-02	1757
3	3 -- 4			30896	7,51E+07	5,07E-02	1636
4	4 -- 5			30896	1,69E+08	4,98E-02	1487
5	5 -- 6			30896	2,65E+08	4,87E-02	1342
6	6 -- 7		193927	224823	3,04E+08	4,83E-02	1286
7	7 -- 8			224823	7,15E+08	4,73E-02	1200
8	8 -- 9			224823	1,39E+09	4,50E-02	1064
9	9 -- 10			224823	2,07E+09	4,21E-02	935
10	10 -- 11		185663	410486	2,60E+09	3,99E-02	841
11	11 -- 12			410486	2,87E+09	3,93E-02	815
12	12 -- 13			410486	4,10E+09	3,61E-02	703
13	13 -- 14			410486	5,33E+09	3,31E-02	601
14	14 -- 15			410486	6,57E+09	3,01E-02	508
15	15 -- 16		175287	585773	6,77E+09	2,96E-02	493
16	16 -- 17			585773	8,23E+09	2,70E-02	423
17	17 -- 18			585773	9,11E+09	2,56E-02	385
18	18 -- 19			585773	9,98E+09	2,42E-02	348
19	19 -- 20		49831	635604	1,12E+10	2,22E-02	299
20	20 -- 21			635604	1,18E+10	2,14E-02	281
21	21 -- 22			635604	1,27E+10	2,00E-02	250
22	22 -- 23			635604	1,37E+10	1,86E-02	222
23	23 -- 24			635604	1,56E+10	1,60E-02	170
24	24 -- 25			635604	1,75E+10	1,36E-02	127
25	25 -- 26			635604	1,83E+10	1,24E-02	109
26	26 -- 27			635604	1,92E+10	1,14E-02	93
27	27 -- 28			635604	2,01E+10	1,03E-02	78
28	28 -- 29			635604	2,10E+10	9,25E-03	64
29	29 -- 30			635604	2,29E+10	7,24E-03	40
30	30 -- 31			635604	2,47E+10	5,31E-03	22
31	31 -- 32			635604	2,65E+10	3,46E-03	10
32	32 -- 33			635604	2,83E+10	1,69E-03	2
33				635604	3,01E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,67E-02	1305
2	2 -- 3		18835	18835	1,20E+05	3,67E-02	1284
3	3 -- 4			18835	4,60E+07	3,65E-02	1197
4	4 -- 5			18835	1,04E+08	3,59E-02	1090
5	5 -- 6			18835	1,62E+08	3,52E-02	985
6	6 -- 7		141513	160348	1,87E+08	3,50E-02	945
7	7 -- 8			160348	4,80E+08	3,43E-02	882
8	8 -- 9			160348	9,62E+08	3,27E-02	783
9	9 -- 10			160348	1,44E+09	3,07E-02	689
10	10 -- 11		140625	300973	1,82E+09	2,92E-02	621
11	11 -- 12			300973	2,02E+09	2,87E-02	602
12	12 -- 13			300973	2,93E+09	2,65E-02	520
13	13 -- 14			300973	3,83E+09	2,44E-02	445
14	14 -- 15			300973	4,73E+09	2,22E-02	376
15	15 -- 16		139532	440505	4,89E+09	2,18E-02	365
16	16 -- 17			440505	5,98E+09	2,00E-02	314
17	17 -- 18			440505	6,64E+09	1,89E-02	285
18	18 -- 19			440505	7,30E+09	1,79E-02	258
19	19 -- 20		37096	477601	8,24E+09	1,64E-02	222
20	20 -- 21			477601	8,65E+09	1,58E-02	208
21	21 -- 22			477601	9,36E+09	1,48E-02	186
22	22 -- 23			477601	1,01E+10	1,38E-02	165
23	23 -- 24			477601	1,15E+10	1,19E-02	127
24	24 -- 25			477601	1,29E+10	1,01E-02	94
25	25 -- 26			477601	1,36E+10	9,24E-03	81
26	26 -- 27			477601	1,42E+10	8,43E-03	69
27	27 -- 28			477601	1,49E+10	7,65E-03	58
28	28 -- 29			477601	1,56E+10	6,88E-03	47
29	29 -- 30			477601	1,70E+10	5,38E-03	30
30	30 -- 31			477601	1,83E+10	3,95E-03	17
31	31 -- 32			477601	1,97E+10	2,57E-03	7
32	32 -- 33			477601	2,11E+10	1,26E-03	2
33				477601	2,24E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,07E-02	2063
2	2 -- 3		51044	51044	1,99E+05	6,07E-02	2029
3	3 -- 4			51044	1,23E+08	6,01E-02	1885
4	4 -- 5			51044	2,78E+08	5,85E-02	1709
5	5 -- 6			51044	4,33E+08	5,67E-02	1539
6	6 -- 7		202486	253530	4,96E+08	5,61E-02	1474
7	7 -- 8			253530	9,60E+08	5,48E-02	1374
8	8 -- 9			253530	1,72E+09	5,17E-02	1217
9	9 -- 10			253530	2,49E+09	4,82E-02	1069
10	10 -- 11		199531	453061	3,08E+09	4,56E-02	961
11	11 -- 12			453061	3,38E+09	4,49E-02	932
12	12 -- 13			453061	4,74E+09	4,12E-02	804
13	13 -- 14			453061	6,10E+09	3,78E-02	688
14	14 -- 15			453061	7,47E+09	3,43E-02	581
15	15 -- 16		195906	648968	7,70E+09	3,37E-02	564
16	16 -- 17			648968	9,31E+09	3,08E-02	485
17	17 -- 18			648968	1,03E+10	2,92E-02	441
18	18 -- 19			648968	1,13E+10	2,76E-02	399
19	19 -- 20		95708	744676	1,26E+10	2,54E-02	343
20	20 -- 21			744676	1,33E+10	2,45E-02	322
21	21 -- 22			744676	1,44E+10	2,29E-02	287
22	22 -- 23			744676	1,55E+10	2,13E-02	255
23	23 -- 24			744676	1,77E+10	1,84E-02	196
24	24 -- 25			744676	1,99E+10	1,56E-02	146
25	25 -- 26			744676	2,10E+10	1,43E-02	126
26	26 -- 27			744676	2,20E+10	1,31E-02	107
27	27 -- 28			744676	2,30E+10	1,18E-02	89
28	28 -- 29			744676	2,41E+10	1,06E-02	73
29	29 -- 30			744676	2,63E+10	8,33E-03	46
30	30 -- 31			744676	2,84E+10	6,11E-03	26
31	31 -- 32			744676	3,05E+10	3,99E-03	11
32	32 -- 33			744676	3,27E+10	1,95E-03	3
33				744676	3,48E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,64E-02	1288
2	2 -- 3		20078	20078	1,19E+05	3,64E-02	1267
3	3 -- 4			20078	4,89E+07	3,61E-02	1180
4	4 -- 5			20078	1,10E+08	3,55E-02	1075
5	5 -- 6			20078	1,73E+08	3,48E-02	971
6	6 -- 7		137963	158041	1,98E+08	3,45E-02	931
7	7 -- 8			158041	4,88E+08	3,39E-02	869
8	8 -- 9			158041	9,62E+08	3,23E-02	771
9	9 -- 10			158041	1,44E+09	3,03E-02	679
10	10 -- 11		137150	295191	1,81E+09	2,88E-02	611
11	11 -- 12			295191	2,01E+09	2,83E-02	592
12	12 -- 13			295191	2,89E+09	2,61E-02	512
13	13 -- 14			295191	3,78E+09	2,40E-02	438
14	14 -- 15			295191	4,66E+09	2,18E-02	370
15	15 -- 16		136146	431337	4,82E+09	2,15E-02	360
16	16 -- 17			431337	5,89E+09	1,96E-02	309
17	17 -- 18			431337	6,53E+09	1,86E-02	281
18	18 -- 19			431337	7,18E+09	1,76E-02	254
19	19 -- 20		39947	471285	8,10E+09	1,62E-02	219
20	20 -- 21			471285	8,50E+09	1,56E-02	205
21	21 -- 22			471285	9,20E+09	1,46E-02	183
22	22 -- 23			471285	9,91E+09	1,36E-02	162
23	23 -- 24			471285	1,13E+10	1,17E-02	125
24	24 -- 25			471285	1,27E+10	9,91E-03	93
25	25 -- 26			471285	1,34E+10	9,10E-03	80
26	26 -- 27			471285	1,40E+10	8,31E-03	68
27	27 -- 28			471285	1,47E+10	7,53E-03	57
28	28 -- 29			471285	1,54E+10	6,77E-03	47
29	29 -- 30			471285	1,67E+10	5,30E-03	29
30	30 -- 31			471285	1,81E+10	3,89E-03	16
31	31 -- 32			471285	1,94E+10	2,53E-03	7
32	32 -- 33			471285	2,08E+10	1,24E-03	2
33				471285	2,21E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,33E-04	2
2	2 -- 3				3,11E+06	1,33E-04	2
3	3 -- 4				3,11E+06	1,02E-04	2
4	4 -- 5				3,11E+06	7,70E-05	2
5	5 -- 6				3,11E+06	6,10E-05	1
6	6 -- 7				3,11E+06	5,67E-05	1
7	7 -- 8				3,11E+06	5,10E-05	1
8	8 -- 9				3,11E+06	4,39E-05	1
9	9 -- 10				3,11E+06	3,87E-05	1
10	10 -- 11				3,11E+06	3,58E-05	1
11	11 -- 12				3,11E+06	3,50E-05	1
12	12 -- 13				3,11E+06	3,22E-05	1
13	13 -- 14				3,11E+06	3,03E-05	1
14	14 -- 15				3,11E+06	2,87E-05	1
15	15 -- 16				3,11E+06	2,84E-05	0
16	16 -- 17				3,11E+06	2,74E-05	0
17	17 -- 18				3,11E+06	2,69E-05	0
18	18 -- 19				3,11E+06	2,64E-05	0
19	19 -- 20				2,14E+07	2,58E-05	0
20	20 -- 21				2,14E+07	2,43E-05	0
21	21 -- 22				2,14E+07	2,19E-05	0
22	22 -- 23				2,14E+07	1,96E-05	0
23	23 -- 24				2,14E+07	1,59E-05	0
24	24 -- 25				2,14E+07	1,27E-05	0
25	25 -- 26				2,14E+07	1,13E-05	0
26	26 -- 27				2,14E+07	1,01E-05	0
27	27 -- 28				2,14E+07	8,94E-06	0
28	28 -- 29				2,14E+07	7,86E-06	0
29	29 -- 30				2,14E+07	5,89E-06	0
30	30 -- 31				2,14E+07	4,16E-06	0
31	31 -- 32				2,14E+07	2,61E-06	0
32	32 -- 33				2,14E+07	1,24E-06	0
33					2,14E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

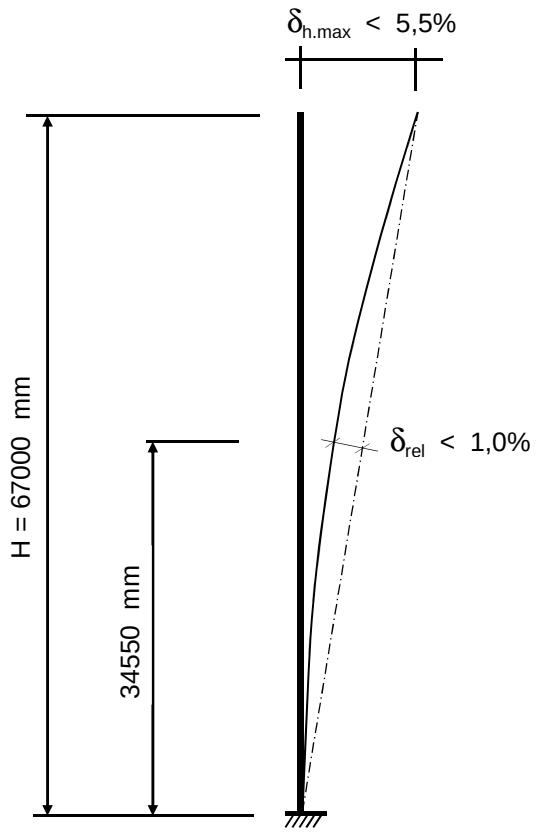
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,2E-02	2106
2	2 -- 3	6,2E-02	2071
3	3 -- 4	6,1E-02	1924
4	4 -- 5	6,0E-02	1745
5	5 -- 6	5,8E-02	1571
6	6 -- 7	5,7E-02	1505
7	7 -- 8	5,6E-02	1403
8	8 -- 9	5,3E-02	1242
9	9 -- 10	4,9E-02	1092
10	10 -- 11	4,7E-02	982
11	11 -- 12	4,6E-02	952
12	12 -- 13	4,2E-02	822
13	13 -- 14	3,9E-02	703
14	14 -- 15	3,5E-02	594
15	15 -- 16	3,4E-02	577
16	16 -- 17	3,1E-02	496
17	17 -- 18	3,0E-02	451
18	18 -- 19	2,8E-02	408
19	19 -- 20	2,6E-02	351
20	20 -- 21	2,5E-02	329
21	21 -- 22	2,3E-02	294
22	22 -- 23	2,2E-02	260
23	23 -- 24	1,9E-02	201
24	24 -- 25	1,6E-02	149
25	25 -- 26	1,5E-02	129
26	26 -- 27	1,3E-02	110
27	27 -- 28	1,2E-02	92
28	28 -- 29	1,1E-02	75
29	29 -- 30	8,5E-03	47
30	30 -- 31	6,3E-03	26
31	31 -- 32	4,1E-03	12
32	32 -- 33	2,0E-03	3
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 2106 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 3,14 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 34550 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 496 mm
α = 1,80 graden

δ_{rel} = 590 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 0,88 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	621	480	0	0,00E+00	5,98E-03	213
2	2 -- 3	2760	6894	663	1,89E+05	5,98E-03	210
3	3 -- 4	3785	14176	3607	5,27E+06	5,96E-03	196
4	4 -- 5	4175	24599	7644	2,19E+07	5,86E-03	178
5	5 -- 6	1730	36567	12097	5,10E+07	5,67E-03	161
6	6 -- 7	2820	81475	13942	6,60E+07	5,59E-03	155
7	7 -- 8	4911	90783	16950	9,38E+07	5,45E-03	145
8	8 -- 9	5256	107420	22189	1,51E+08	5,17E-03	129
9	9 -- 10	4325	125774	27795	2,25E+08	4,86E-03	114
10	10 -- 11	1257	182832	32409	2,94E+08	4,62E-03	103
11	11 -- 12	5891	187838	33750	3,16E+08	4,54E-03	101
12	12 -- 13	6178	220168	40033	4,25E+08	4,21E-03	88
13	13 -- 14	6442	249306	46624	5,53E+08	3,90E-03	76
14	14 -- 15	1116	280589	53495	7,00E+08	3,58E-03	65
15	15 -- 16	5564	327070	54686	7,27E+08	3,53E-03	63
16	16 -- 17	3420	354985	60621	8,69E+08	3,25E-03	54
17	17 -- 18	3469	374538	64269	9,61E+08	3,11E-03	50
18	18 -- 19	5014	394692	67969	1,06E+09	2,96E-03	45
19	19 -- 20	2052	434751	73317	1,21E+09	2,74E-03	39
20	20 -- 21	3587	447131	75506	1,27E+09	2,66E-03	37
21	21 -- 22	3616	469088	79332	1,38E+09	2,50E-03	33
22	22 -- 23	7299	491645	83190	1,50E+09	2,35E-03	30
23	23 -- 24	7339	541823	90975	1,76E+09	2,07E-03	23
24	24 -- 25	3353	634478	98803	2,04E+09	1,78E-03	17
25	25 -- 26	3340	659478	102379	2,18E+09	1,65E-03	15
26	26 -- 27	3502	685017	105942	2,32E+09	1,52E-03	13
27	27 -- 28	3467	714353	109678	2,47E+09	1,39E-03	11
28	28 -- 29	6777	744329	113376	2,63E+09	1,26E-03	9
29	29 -- 30	6441	806205	120604	2,96E+09	1,01E-03	6
30	30 -- 31	5890	870644	127475	3,32E+09	7,50E-04	3
31	31 -- 32	4938	937647	133757	3,69E+09	4,98E-04	1
32	32 -- 33	4957	1007213	139024	4,08E+09	2,47E-04	0
33		0	1133058	144311	4,48E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,66E-02	2325
2	2 -- 3		41802	41802	0,00E+00	6,66E-02	2287
3	3 -- 4			41802	9,95E+07	6,61E-02	2129
4	4 -- 5			41802	2,23E+08	6,48E-02	1936
5	5 -- 6			41802	3,46E+08	6,34E-02	1747
6	6 -- 7		256563	298365	3,94E+08	6,29E-02	1674
7	7 -- 8			298365	9,31E+08	6,17E-02	1562
8	8 -- 9			298365	1,81E+09	5,85E-02	1384
9	9 -- 10			298365	2,69E+09	5,48E-02	1217
10	10 -- 11		244261	542627	3,38E+09	5,19E-02	1094
11	11 -- 12			542627	3,73E+09	5,11E-02	1060
12	12 -- 13			542627	5,33E+09	4,70E-02	915
13	13 -- 14			542627	6,93E+09	4,31E-02	782
14	14 -- 15			542627	8,53E+09	3,91E-02	661
15	15 -- 16		228663	771289	8,80E+09	3,85E-02	641
16	16 -- 17			771289	1,07E+10	3,51E-02	551
17	17 -- 18			771289	1,18E+10	3,33E-02	500
18	18 -- 19			771289	1,30E+10	3,15E-02	453
19	19 -- 20		65673	836962	1,46E+10	2,89E-02	389
20	20 -- 21			836962	1,53E+10	2,78E-02	365
21	21 -- 22			836962	1,65E+10	2,60E-02	325
22	22 -- 23			836962	1,78E+10	2,42E-02	288
23	23 -- 24			836962	2,02E+10	2,09E-02	222
24	24 -- 25			836962	2,27E+10	1,76E-02	165
25	25 -- 26			836962	2,38E+10	1,62E-02	142
26	26 -- 27			836962	2,50E+10	1,48E-02	121
27	27 -- 28			836962	2,62E+10	1,34E-02	101
28	28 -- 29			836962	2,74E+10	1,20E-02	83
29	29 -- 30			836962	2,97E+10	9,42E-03	52
30	30 -- 31			836962	3,21E+10	6,91E-03	29
31	31 -- 32			836962	3,45E+10	4,50E-03	13
32	32 -- 33			836962	3,69E+10	2,20E-03	3
33				836962	3,93E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,23E-02	1506
2	2 -- 3		22478	22478	0,00E+00	4,23E-02	1482
3	3 -- 4			22478	5,35E+07	4,21E-02	1381
4	4 -- 5			22478	1,20E+08	4,14E-02	1258
5	5 -- 6			22478	1,86E+08	4,06E-02	1137
6	6 -- 7		165751	188229	2,12E+08	4,03E-02	1090
7	7 -- 8			188229	5,51E+08	3,96E-02	1018
8	8 -- 9			188229	1,11E+09	3,77E-02	904
9	9 -- 10			188229	1,66E+09	3,54E-02	796
10	10 -- 11		164321	352549	2,09E+09	3,37E-02	716
11	11 -- 12			352549	2,32E+09	3,31E-02	694
12	12 -- 13			352549	3,36E+09	3,06E-02	600
13	13 -- 14			352549	4,40E+09	2,81E-02	514
14	14 -- 15			352549	5,44E+09	2,56E-02	434
15	15 -- 16		162565	515114	5,62E+09	2,52E-02	422
16	16 -- 17			515114	6,88E+09	2,30E-02	362
17	17 -- 18			515114	7,64E+09	2,18E-02	329
18	18 -- 19			515114	8,40E+09	2,07E-02	298
19	19 -- 20		43600	558714	9,48E+09	1,90E-02	256
20	20 -- 21			558714	9,96E+09	1,83E-02	241
21	21 -- 22			558714	1,08E+10	1,71E-02	214
22	22 -- 23			558714	1,16E+10	1,59E-02	190
23	23 -- 24			558714	1,33E+10	1,37E-02	146
24	24 -- 25			558714	1,49E+10	1,16E-02	109
25	25 -- 26			558714	1,57E+10	1,07E-02	94
26	26 -- 27			558714	1,64E+10	9,74E-03	80
27	27 -- 28			558714	1,72E+10	8,84E-03	67
28	28 -- 29			558714	1,80E+10	7,95E-03	55
29	29 -- 30			558714	1,96E+10	6,22E-03	35
30	30 -- 31			558714	2,12E+10	4,56E-03	19
31	31 -- 32			558714	2,28E+10	2,97E-03	8
32	32 -- 33			558714	2,44E+10	1,45E-03	2
33				558714	2,60E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,66E-02	2593
2	2 -- 3		67473	67473	0,00E+00	7,66E-02	2549
3	3 -- 4			67473	1,61E+08	7,58E-02	2368
4	4 -- 5			67473	3,60E+08	7,37E-02	2147
5	5 -- 6			67473	5,59E+08	7,14E-02	1932
6	6 -- 7		256544	324016	6,36E+08	7,05E-02	1851
7	7 -- 8			324016	1,22E+09	6,88E-02	1725
8	8 -- 9			324016	2,18E+09	6,50E-02	1527
9	9 -- 10			324016	3,13E+09	6,05E-02	1342
10	10 -- 11		252057	576073	3,88E+09	5,72E-02	1206
11	11 -- 12			576073	4,25E+09	5,63E-02	1169
12	12 -- 13			576073	5,95E+09	5,17E-02	1010
13	13 -- 14			576073	7,65E+09	4,74E-02	863
14	14 -- 15			576073	9,35E+09	4,30E-02	730
15	15 -- 16		246540	822613	9,64E+09	4,23E-02	709
16	16 -- 17			822613	1,17E+10	3,86E-02	609
17	17 -- 18			822613	1,29E+10	3,67E-02	554
18	18 -- 19			822613	1,41E+10	3,47E-02	501
19	19 -- 20		125377	947990	1,58E+10	3,18E-02	431
20	20 -- 21			947990	1,66E+10	3,07E-02	405
21	21 -- 22			947990	1,80E+10	2,87E-02	361
22	22 -- 23			947990	1,94E+10	2,67E-02	320
23	23 -- 24			947990	2,22E+10	2,31E-02	246
24	24 -- 25			947990	2,50E+10	1,95E-02	183
25	25 -- 26			947990	2,63E+10	1,80E-02	158
26	26 -- 27			947990	2,76E+10	1,64E-02	135
27	27 -- 28			947990	2,89E+10	1,49E-02	112
28	28 -- 29			947990	3,03E+10	1,34E-02	92
29	29 -- 30			947990	3,30E+10	1,05E-02	58
30	30 -- 31			947990	3,57E+10	7,69E-03	32
31	31 -- 32			947990	3,84E+10	5,01E-03	14
32	32 -- 33			947990	4,11E+10	2,45E-03	4
33				947990	4,38E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,33E-02	1532
2	2 -- 3		24801	24801	0,00E+00	4,33E-02	1507
3	3 -- 4			24801	5,90E+07	4,30E-02	1405
4	4 -- 5			24801	1,32E+08	4,23E-02	1279
5	5 -- 6			24801	2,05E+08	4,14E-02	1155
6	6 -- 7		166433	191234	2,34E+08	4,11E-02	1108
7	7 -- 8			191234	5,78E+08	4,03E-02	1034
8	8 -- 9			191234	1,14E+09	3,84E-02	918
9	9 -- 10			191234	1,71E+09	3,60E-02	808
10	10 -- 11		165148	356382	2,15E+09	3,42E-02	727
11	11 -- 12			356382	2,38E+09	3,37E-02	705
12	12 -- 13			356382	3,43E+09	3,10E-02	609
13	13 -- 14			356382	4,48E+09	2,85E-02	521
14	14 -- 15			356382	5,53E+09	2,60E-02	441
15	15 -- 16		163566	519948	5,71E+09	2,55E-02	428
16	16 -- 17			519948	6,98E+09	2,34E-02	368
17	17 -- 18			519948	7,75E+09	2,22E-02	335
18	18 -- 19			519948	8,52E+09	2,10E-02	303
19	19 -- 20		48811	568758	9,61E+09	1,92E-02	260
20	20 -- 21			568758	1,01E+10	1,86E-02	244
21	21 -- 22			568758	1,09E+10	1,74E-02	218
22	22 -- 23			568758	1,18E+10	1,62E-02	193
23	23 -- 24			568758	1,34E+10	1,40E-02	149
24	24 -- 25			568758	1,51E+10	1,18E-02	111
25	25 -- 26			568758	1,59E+10	1,08E-02	95
26	26 -- 27			568758	1,67E+10	9,90E-03	81
27	27 -- 28			568758	1,75E+10	8,98E-03	68
28	28 -- 29			568758	1,83E+10	8,07E-03	56
29	29 -- 30			568758	1,99E+10	6,32E-03	35
30	30 -- 31			568758	2,15E+10	4,64E-03	20
31	31 -- 32			568758	2,31E+10	3,02E-03	9
32	32 -- 33			568758	2,48E+10	1,48E-03	2
33				568758	2,64E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,57E-04	3
2	2 -- 3				3,66E+06	1,57E-04	2
3	3 -- 4				3,66E+06	1,20E-04	2
4	4 -- 5				3,66E+06	9,05E-05	2
5	5 -- 6				3,66E+06	7,17E-05	2
6	6 -- 7				3,66E+06	6,66E-05	1
7	7 -- 8				3,66E+06	5,99E-05	1
8	8 -- 9				3,66E+06	5,16E-05	1
9	9 -- 10				3,66E+06	4,54E-05	1
10	10 -- 11				3,66E+06	4,20E-05	1
11	11 -- 12				3,66E+06	4,12E-05	1
12	12 -- 13				3,66E+06	3,78E-05	1
13	13 -- 14				3,66E+06	3,55E-05	1
14	14 -- 15				3,66E+06	3,37E-05	1
15	15 -- 16				3,66E+06	3,34E-05	1
16	16 -- 17				3,66E+06	3,21E-05	0
17	17 -- 18				3,66E+06	3,15E-05	0
18	18 -- 19				3,66E+06	3,10E-05	0
19	19 -- 20				2,51E+07	3,03E-05	0
20	20 -- 21				2,51E+07	2,85E-05	0
21	21 -- 22				2,51E+07	2,57E-05	0
22	22 -- 23				2,51E+07	2,30E-05	0
23	23 -- 24				2,51E+07	1,86E-05	0
24	24 -- 25				2,51E+07	1,49E-05	0
25	25 -- 26				2,51E+07	1,33E-05	0
26	26 -- 27				2,51E+07	1,18E-05	0
27	27 -- 28				2,51E+07	1,05E-05	0
28	28 -- 29				2,51E+07	9,22E-06	0
29	29 -- 30				2,51E+07	6,92E-06	0
30	30 -- 31				2,51E+07	4,88E-06	0
31	31 -- 32				2,51E+07	3,07E-06	0
32	32 -- 33				2,51E+07	1,45E-06	0
33					2,51E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,89	67,66	16,11
3	3 -- 4	14,18	68,49	178,13
4	4 -- 5	24,60	69,62	381,84
5	5 -- 6	36,57	70,87	589,07
6	6 -- 7	81,48	327,94	670,88
7	7 -- 8	90,78	328,78	1261,92
8	8 -- 9	107,42	330,26	2234,01
9	9 -- 10	125,77	331,83	3210,59
10	10 -- 11	182,83	585,19	3975,30
11	11 -- 12	187,84	585,56	4355,80
12	12 -- 13	220,17	587,33	6085,82
13	13 -- 14	249,31	589,25	7821,18
14	14 -- 15	280,59	596,12	9562,13
15	15 -- 16	327,07	837,99	9857,78
16	16 -- 17	354,98	839,66	11912,90
17	17 -- 18	374,54	840,69	13152,16
18	18 -- 19	394,69	841,73	14392,95
19	19 -- 20	434,75	968,61	16251,64
20	20 -- 21	447,13	969,23	17075,22
21	21 -- 22	469,09	970,30	18505,62
22	22 -- 23	491,65	971,39	19937,62
23	23 -- 24	541,82	973,58	22806,44
24	24 -- 25	634,48	975,78	25681,74
25	25 -- 26	659,48	976,78	26999,72
26	26 -- 27	685,02	977,79	28319,05
27	27 -- 28	714,35	978,84	29713,14
28	28 -- 29	744,33	979,88	31108,73
29	29 -- 30	806,20	981,91	33904,27
30	30 -- 31	870,64	983,84	36705,47
31	31 -- 32	937,65	985,61	39511,94
32	32 -- 33	1007,21	987,09	42323,03
33		1133,06	988,58	45138,36

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 32

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 795	16,11	6,89	35	16,4	1217,6	0,01
2	500 / 795	178,13	14,18	147	180,5	1640,9	0,11
3	500 / 795	381,84	24,60	179	388,6	2253,2	0,17
4	500 / 795	589,07	36,57	174	602,2	2962,6	0,21
5	795 / 1090	670,88	81,48	66	689,3	3602,0	0,20
6	795 / 1090	1261,92	90,78	102	1289,6	4159,5	0,31
7	795 / 1090	2234,01	107,42	161	2279,0	5160,0	0,45
8	795 / 1090	3210,59	125,77	151	3274,5	6268,3	0,53
9	1090 / 1287	3975,30	182,83	110	4059,4	7887,1	0,52
10	1090 / 1287	4355,80	187,84	30	4445,5	8191,2	0,55
11	1090 / 1287	6085,82	220,17	130	6204,1	9643,9	0,65
12	1287/ 1582	7821,18	249,31	119	7969,1	12661,5	0,64
13	1287/ 1582	9562,13	280,59	109	9740,6	14575,7	0,68
14	1287/ 1582	9857,78	327,07	17	10041,9	14913,5	0,68
15	1287/ 1582	11912,90	354,98	81	12125,7	16624,6	0,74
16	1582/ 1876	13152,16	374,54	45	13381,9	19713,9	0,69
17	1582/ 1876	14392,95	394,69	43	14639,6	20952,1	0,71
18	1582/ 1876	16251,64	434,75	57	16523,0	22780,2	0,73
19	1582/ 1876	17075,22	447,13	22	17356,2	23541,9	0,75
20	1582/ 1876	18505,62	469,09	36	18803,4	24893,3	0,76
21	1582/ 1876	19937,62	491,65	33	20251,7	26282,5	0,78
22	1876/ 2163	22806,44	541,82	60	23153,0	31162,7	0,75
23	1876/ 2163	25681,74	634,48	51	26060,9	34417,6	0,77
24	1876/ 2163	26999,72	659,48	21	27392,5	35961,1	0,77
25	1876/ 2163	28319,05	685,02	19	28724,7	37538,4	0,77
26	2163/ 2733	29713,14	714,35	18	30131,8	41742,2	0,73
27	2163/ 2733	31108,73	744,33	16	31539,6	43595,1	0,73
28	2163/ 2733	33904,27	806,20	28	34357,5	47421,5	0,73
29	2163/ 2733	36705,47	870,64	21	37177,1	51409,0	0,73
30	2163/ 2733	39511,94	937,65	15	39997,4	55557,5	0,73
31	2163/ 2733	42323,03	1007,21	9	42817,2	59866,9	0,73
32	2163/ 2733	45138,36	1133,06	3	45635,8	64337,4	0,72

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
598	18,0	33,24	0,81	355	355
697	18,0	38,70	0,81	355	355
795	18,0	44,16	0,81	355	355
833	20,0	41,66	0,81	355	355
893	20,0	44,66	0,81	355	355
992	20,0	49,58	0,81	355	355
1090	20,0	54,50	0,81	355	355
1167	22,0	53,03	0,81	355	355
1188	22,0	54,01	0,81	355	355
1287	22,0	58,48	0,81	355	355
1385	25,0	55,39	0,81	355	355
1483	25,0	59,33	0,81	355	355
1500	25,0	59,99	0,81	353	355
1582	25,0	63,26	0,81	341	355
1631	28,0	58,24	0,81	355	355
1680	28,0	59,99	0,81	353	355
1750	28,0	62,49	0,81	343	355
1778	28,0	63,51	0,81	340	355
1827	28,0	65,26	0,81	333	355
1876	28,0	67,02	0,81	327	355
1975	30,0	65,83	0,81	331	355
2073	30,0	69,10	0,81	321	355
2118	30,0	70,60	0,81	316	355
2163	30,0	72,10	0,81	312	355
2211	32,0	69,08	0,81	321	355
2258	32,0	70,56	0,81	316	355
2353	32,0	73,53	0,81	308	355
2448	32,0	76,50	0,81	300	355
2543	32,0	79,47	0,81	293	355
2638	32,0	82,44	0,81	286	355
2733	32,0	85,41	0,81	280	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 795	4,96	0,25	355	355	0,01
2	500 / 795	45,07	0,46	355	355	0,13
3	500 / 795	71,29	0,69	355	355	0,20
4	500 / 795	82,35	0,89	355	355	0,23
5	795 / 1090	71,30	1,63	355	355	0,21
6	795 / 1090	118,13	1,71	355	355	0,34
7	795 / 1090	174,13	1,85	355	355	0,50
8	795 / 1090	203,91	1,96	355	355	0,58
9	1090 / 1287	195,72	2,39	355	355	0,56
10	1090 / 1287	196,33	2,35	355	355	0,56
11	1090 / 1287	247,39	2,62	355	355	0,70
12	1287/ 1582	240,67	2,42	355	355	0,68
13	1287/ 1582	254,22	2,54	355	355	0,72
14	1287/ 1582	241,78	2,84	355	353	0,69
15	1287/ 1582	273,18	2,98	355	341	0,78
16	1582/ 1876	248,60	2,70	355	355	0,71
17	1582/ 1876	255,66	2,76	355	353	0,73
18	1582/ 1876	268,37	2,93	355	343	0,76
19	1582/ 1876	266,05	2,93	355	340	0,76
20	1582/ 1876	275,69	3,00	355	333	0,79
21	1582/ 1876	281,02	3,06	355	327	0,80
22	1876/ 2163	277,72	3,03	355	331	0,79
23	1876/ 2163	282,32	3,38	355	321	0,81
24	1876/ 2163	276,38	3,39	355	316	0,79
25	1876/ 2163	277,51	3,44	355	312	0,79
26	2163/ 2733	261,98	3,30	355	321	0,75
27	2163/ 2733	262,44	3,36	355	316	0,75
28	2163/ 2733	268,13	3,53	355	308	0,77
29	2163/ 2733	267,19	3,66	355	300	0,76
30	2163/ 2733	265,59	3,79	355	293	0,76
31	2163/ 2733	263,47	3,92	355	286	0,76
32	2163/ 2733	260,96	4,25	355	280	0,75

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a \ / \ I_p \ - \ N_{Ed} \ / \ n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

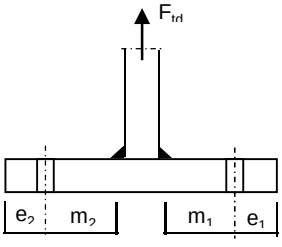
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

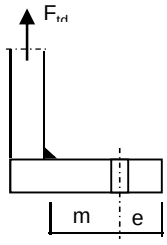
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

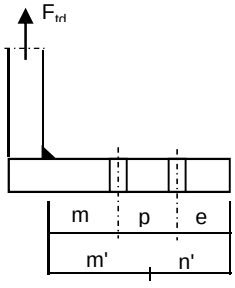
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		3083					
st.c binnenkant		2319					
2701	104	631,86	9,51	33	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 19,80 m hoogte.							
st.c buitenkant		1860,00					
st.c binnenkant		1660,00					
	80	760,64	12,20	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,72
flenzen op 43,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		1090,00					
1090,00	28	789,75	20,98	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,74

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
3083,00	2319,00	168,2	145,0	145,0			140,1
3083,00	2319,00	168,2	145,0	145,0			186,3
flenzen op 19,80 m hoogte.							
1860,00	1660,0	69,8	60,0	60,0	119,8	110	130,4
1860,00	1660,0	69,8	60,0	60,0	119,8	110	130,4
flenzen op 43,40 m hoogte.							
1090,00	1090,0	66,5	60,0	60,0			122,3
1090,00	1090,0	69,5	60,0	60,0			122,3

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,17E+08	2790,20	1534,82	1696,90	1534,82	1263,73	0,82
100	1,56E+08	3709,44	1781,66	1696,90	1696,90	1263,73	0,74
flenzen op 19,80 m hoogte.							
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1521,27	0,85
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1521,27	0,85
flenzen op 43,40 m hoogte.							
80	6,56E+07	1971,88	1021,34	1060,56	1021,34	789,75	0,77
80	6,56E+07	1886,75	997,67	1060,56	997,67	789,75	0,79
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2733	0,72	1,617	0,18	6,44

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	982	1,000		1,000			
2	967	0,985	1 -- 2	0,992	133	450	1022,4
3	906	0,922	2 -- 3	0,954	607		255,0
4	830	0,845	3 -- 4	0,884	869		294,4
5	756	0,770	4 -- 5	0,808	997		338,1
6	727	0,741	5 -- 6	0,755	468	3346	3316,3
7	683	0,696	6 -- 7	0,719	776		430,9
8	613	0,625	7 -- 8	0,660	1386		470,0
9	547	0,557	8 -- 9	0,591	1529		518,5
10	497	0,506	9 -- 10	0,532	1415	3412	2098,6
11	483	0,492	10 -- 11	0,499	417		641,9
12	424	0,432	11 -- 12	0,462	1990	705	913,3
13	368	0,375	12 -- 13	0,403	2428		823,1
14	316	0,322	13 -- 14	0,348	2607		883,7
15	308	0,313	14 -- 15	0,318	460	3486	7890,6
16	268	0,273	15 -- 16	0,293	2326		949,5
17	246	0,250	16 -- 17	0,262	1629		1104,7
18	224	0,228	17 -- 18	0,239	1680		1138,6
19	195	0,199	18 -- 19	0,214	2478	880	1598,8
20	184	0,188	19 -- 20	0,193	1032		1213,7
21	166	0,169	20 -- 21	0,178	1830		1240,5
22	148	0,151	21 -- 22	0,160	1880		1274,4
23	116	0,118	22 -- 23	0,135	4182		1417,5
24	88	0,090	23 -- 24	0,104	4396	3325	2617,4
25	76	0,078	24 -- 25	0,084	2083		1543,2
26	66	0,067	25 -- 26	0,072	2128		1576,5
27	55	0,056	26 -- 27	0,062	2445		1715,5
28	46	0,047	27 -- 28	0,052	2498		1753,0
29	29	0,030	28 -- 29	0,038	5156		1809,2
30	17	0,017	29 -- 30	0,023	5370		1884,2
31	7	0,008	30 -- 31	0,012	5584		1959,1
32	2	0,002	31 -- 32	0,005	5797		2034,1
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	6011	4476	3679,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	1022	0,992	0,570	0,56	574,05	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	552,02	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,31	678,69	2,61
4 -- 5	338	0,808	2,950	1,92	650,63	2,38
5 -- 6	3316	0,755	1,150	0,66	2176,27	0,87
6 -- 7	431	0,719	1,800	0,93	400,47	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,29	604,81	1,95
8 -- 9	518	0,591	2,950	1,03	533,86	1,74
9 -- 10	2099	0,532	2,300	0,65	1363,56	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	104,01	0,32
11 -- 12	913	0,462	2,950	0,63	574,99	1,36
12 -- 13	823	0,403	2,950	0,48	394,71	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	316,24	1,03
14 -- 15	7891	0,318	0,500	0,05	397,82	0,16
15 -- 16	949	0,293	2,450	0,21	199,89	0,72
16 -- 17	1105	0,262	1,475	0,10	111,49	0,39
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	96,11	0,35
18 -- 19	1599	0,214	2,100	0,10	153,14	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,51	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	58,05	0,26
21 -- 22	1274	0,160	1,475	0,04	48,00	0,24
22 -- 23	1417	0,135	2,950	0,05	75,75	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	83,45	0,31
24 -- 25	1543	0,084	1,350	0,01	14,62	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,17	0,10
26 -- 27	1716	0,062	1,425	0,01	9,30	0,09
27 -- 28	1753	0,052	1,425	0,00	6,63	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,57	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,95	0,07
30 -- 31	1959	0,012	2,850	0,00	0,83	0,03
31 -- 32	2034	0,005	2,850	0,00	0,13	0,01
32 -- 33	3680	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	67,00	13,91	10239,71	22,84

m_e = 10239,7 / 13,9 = 736,0 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2733	736,0	0,030	1,25	1,617	13,5

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,5

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 22,84 / (4 * π * 13,91) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,617 * 6,44 / $15*10^{-6}$ = 6,9E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6

Lj = 9,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,47 / 22,84 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,074 * 0,131 * 0,37 * 0,2 = 0,022

$y_{F;max}$ = 1,617 * 0,022 = 0,036 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		137168	137168	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			137168	7,82E+07	4,7E-02	973
3	3 -- 4			137168	4,05E+08	4,5E-02	863
4	4 -- 5			137168	8,09E+08	4,0E-02	738
5	5 -- 6			137168	1,21E+09	3,5E-02	628
6	6 -- 7			137168	1,37E+09	3,3E-02	589
7	7 -- 8			137168	1,62E+09	3,0E-02	532
8	8 -- 9			137168	2,02E+09	2,6E-02	449
9	9 -- 10			137168	2,43E+09	2,2E-02	378
10	10 -- 11			137168	2,74E+09	2,0E-02	330
11	11 -- 12			137168	2,83E+09	1,9E-02	317
12	12 -- 13			137168	3,24E+09	1,6E-02	265
13	13 -- 14			137168	3,64E+09	1,4E-02	220
14	14 -- 15			137168	4,05E+09	1,2E-02	181
15	15 -- 16			137168	4,12E+09	1,2E-02	175
16	16 -- 17			137168	4,45E+09	1,0E-02	147
17	17 -- 18			137168	4,65E+09	9,7E-03	133
18	18 -- 19			137168	4,86E+09	9,0E-03	119
19	19 -- 20			137168	5,14E+09	8,1E-03	101
20	20 -- 21			137168	5,26E+09	7,7E-03	94
21	21 -- 22			137168	5,46E+09	7,1E-03	83
22	22 -- 23			137168	5,67E+09	6,5E-03	73
23	23 -- 24			137168	6,07E+09	5,5E-03	56
24	24 -- 25			137168	6,47E+09	4,5E-03	41
25	25 -- 26			137168	6,66E+09	4,1E-03	35
26	26 -- 27			137168	6,84E+09	3,7E-03	30
27	27 -- 28			137168	7,04E+09	3,3E-03	25
28	28 -- 29			137168	7,24E+09	3,0E-03	20
29	29 -- 30			137168	7,63E+09	2,3E-03	13
30	30 -- 31			137168	8,02E+09	1,7E-03	7
31	31 -- 32			137168	8,41E+09	1,1E-03	3
32	32 -- 33			137168	8,80E+09	5,2E-04	1
33				137168	9,19E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	519	18,0	3429758	23	0,0357	1,6
2	598	18,0	4622182	88	0,0357	6,3
3	697	18,0	6347085	128	0,0357	9,1
4	795	18,0	8345293	145	0,0357	10,4
5	833	20,0	10146485	135	0,0357	9,7
6	893	20,0	11716965	138	0,0357	9,9
7	992	20,0	14535293	139	0,0357	10,0
8	1090	20,0	17657300	137	0,0357	9,8
9	1167	22,0	22217085	123	0,0357	8,8
10	1188	22,0	23073828	123	0,0357	8,8
11	1287	22,0	27165945	119	0,0357	8,5
12	1385	25,0	35666334	102	0,0357	7,3
13	1483	25,0	41058306	99	0,0357	7,0
14	1500	25,0	42009821	98	0,0357	7,0
15	1582	25,0	46829878	95	0,0357	6,8
16	1631	28,0	55532051	84	0,0357	6,0
17	1680	28,0	59020129	82	0,0357	5,9
18	1750	28,0	64169592	80	0,0357	5,7
19	1778	28,0	66315149	79	0,0357	5,7
20	1827	28,0	70122092	78	0,0357	5,6
21	1876	28,0	74035323	77	0,0357	5,5
22	1975	30,0	87782333	69	0,0357	4,9
23	2073	30,0	96951101	67	0,0357	4,8
24	2118	30,0	101298906	66	0,0357	4,7
25	2163	30,0	105742107	65	0,0357	4,6
26	2211	32,0	117583678	60	0,0357	4,3
27	2258	32,0	122803006	59	0,0357	4,2
28	2353	32,0	133581792	57	0,0357	4,1
29	2448	32,0	144814086	55	0,0357	4,0
30	2543	32,0	156499889	54	0,0357	3,8
31	2638	32,0	168639201	52	0,0357	3,7
32	2733	32,0	181232022	51	0,0357	3,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,72 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,44 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 62,1505 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,20

$V_m(z)$ = 32,4 m/s

V_o = 32,4 * 20 / 100 = 6,49 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,72 * [6,44 / 6,50]^2 * \exp[-(6,44 / 6,50)^2]$ = 2,53E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

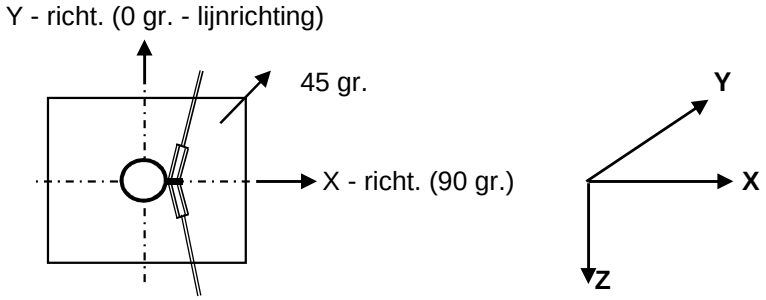
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	7,51	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
4	Lasnaad	10,94	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
5	Lasnaad	12,48	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	11,85	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
8	Lasnaad	11,94	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
9	Lasnaad	11,80	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	10,53	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
12	flenzen	10,22	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
13	Lasnaad	8,76	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
14	Lasnaad	8,45	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	8,15	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	7,06	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	6,81	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
21							
22	Lasnaad	6,56	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
23	Lasnaad	5,93	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
24	flenzen	5,73	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
25							
26	Lasnaad	5,55	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
27							
28	Lasnaad	5,05	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
29	Lasnaad	4,90	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
30	Lasnaad	4,75	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
31	Lasnaad	4,61	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
32	Lasnaad	4,48	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
33	voetplaat	4,35	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			1004			
2 - Windbelasting mast	144				4481	
3 - Belasting geval 1a	837		129		39304	
4 - Belasting geval 1b	559		144		25993	
5 - Belasting geval 3	948		273		43878	
6 - Belasting geval 4	569		167		26424	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	981		1133		43786	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	586		1147		26833	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	989		**1277**		**45138**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	596		1171		27264	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	37205	kNm	45138	kNm	45138	kNm
Dwarskracht	835	kN	989	kN	989	kN
Verticale kracht	947	kN	1277	kN	852	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	631,86	9,51	33	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	520,68	8,03	33	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 631,9 kN

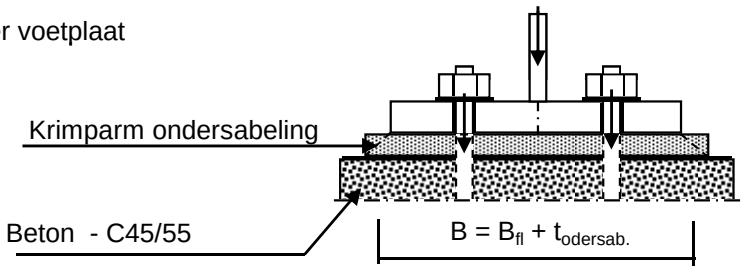
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 520,7 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 655,0 + 1,00 * 520,7 = 1175,7 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

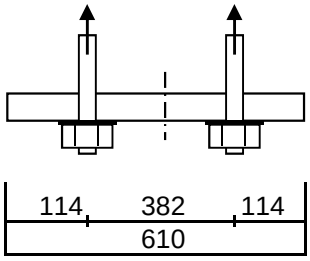
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	672,0	mm	D =	2701	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	104	
B =	712,0	mm			

A_{voetpl} = 712 * 2*π*D / n = 116185 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

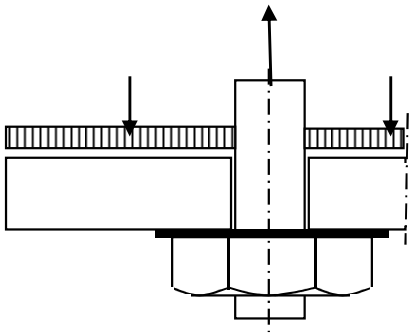


D = 2701 mm
n = 104

$A_{stortring}$ = 610 * $2*\pi*D / n$ = 99541 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 114 mm
L_{veld} = 382 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 82496 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2425 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 149078 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 149078 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2425 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 149078 / 179718,8 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 294,5 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2425 / 9223 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 53,9 N/mm^2

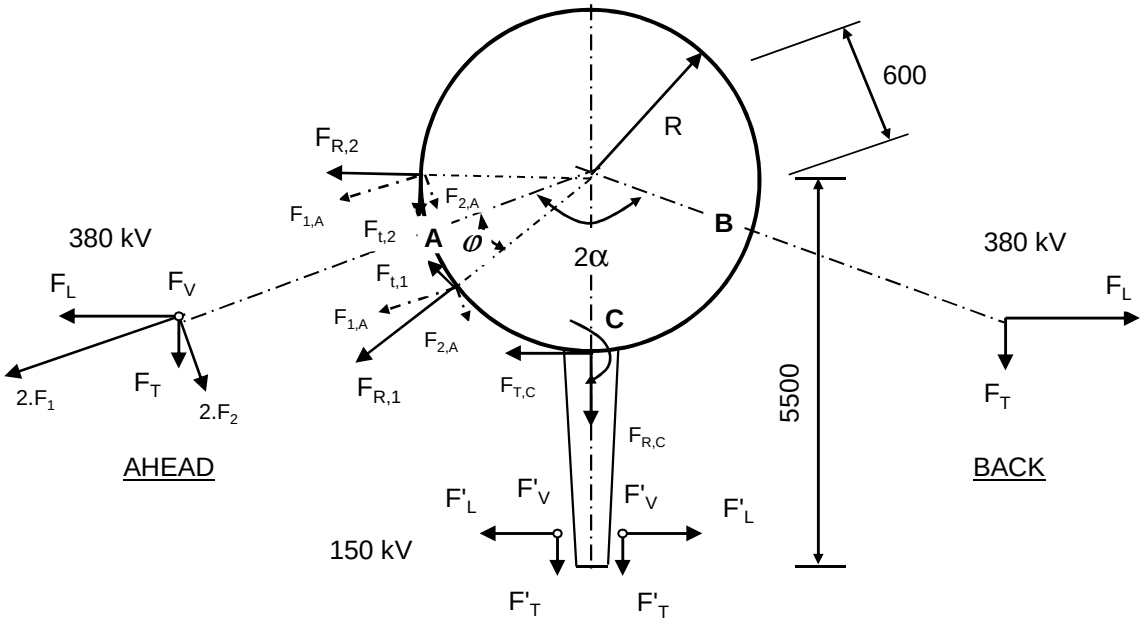
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (294,5^2 + 3*53,9^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 309 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;A} + F_{T;2;A}\, \text{I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;B} + F_{T;2;B}\, \text{I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

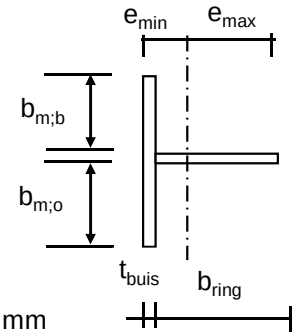
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

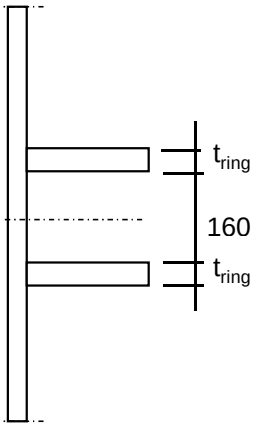
Opmerking:
In mast W2H400+10 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 57,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8918	mm^2
e_{min} =	33,5	mm
e_{max} =	121,5	mm
I =	15614845	mm^4
W_{min} =	128480	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4803	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 57,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V 10.0 - Appendix O en O1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18874	128282	199695	18874	128282	-199695
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
BG 1a - (wind (45 gr))	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19841	91866	154315	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23535	98655	172148	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20743	67763	132149	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24247	80606	158438	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,6 mm

Mast 147 :	Lijnhoek = 2. α =	160,4	graden	
Mast 146 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	
Mast 104 :	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	
Mast 102 :	Lijnhoek = 2. α =	133,1	graden	
	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) =	37,2	graden	

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	51,8	41,9	51,8	41,9		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	54,8	48,1	54,8	48,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	31,0	28,7	55,4	44,4		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	49,0	46,3	56,0	48,8		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	38,4	32,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	42,0	36,8	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	30,5	28,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	36,4	34,4	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

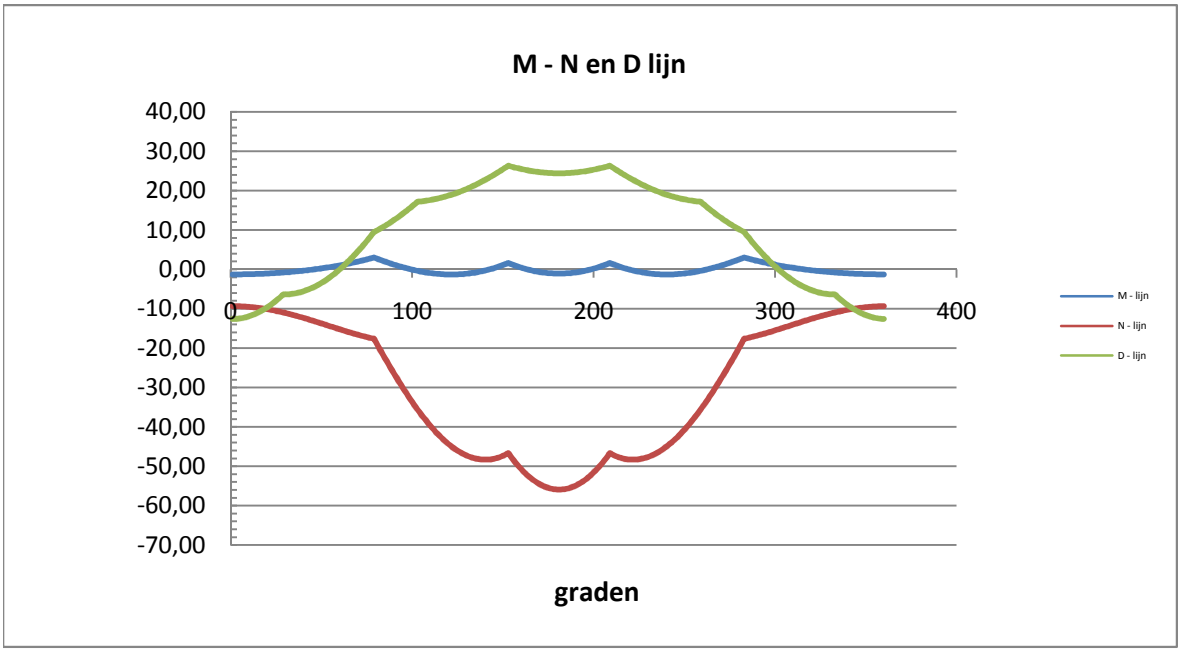
Belastinggeval : BG 1 - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-1,28	-9,34	-12,57	0,13	1,57
15,0	-1,15	-9,82	-10,73	0,42	4,87
30,0	-0,73	-11,17	-6,30	0,74	8,61
45,0	0,01	-13,14	-4,43	1,11	13,00
60,0	1,12	-15,35	0,39	1,55	18,10
75,0	2,67	-17,31	7,78	1,59	18,51
90,0	1,09	-27,21	12,88	1,73	20,16
105,0	-0,64	-37,45	17,36	0,66	7,76
120,0	-1,31	-44,73	18,89	0,60	7,05
135,0	-0,70	-48,16	21,74	1,97	22,97
150,0	1,27	-47,18	25,74	1,55	18,07
165,0	-0,28	-53,25	25,01	0,79	9,25
180,0	-1,07	-55,95	24,44	0,79	9,25
195,0	-0,28	-53,25	25,01	1,55	18,07
210,0	1,27	-47,18	25,74	1,97	22,97
225,0	-0,70	-48,16	21,74	0,60	7,05
240,0	-1,31	-44,73	18,89	0,66	7,76
255,0	-0,64	-37,45	17,36	1,73	20,16
270,0	1,09	-27,21	12,88	1,59	18,51
285,0	2,67	-17,31	7,78	1,55	18,10
300,0	1,12	-15,35	0,39	1,11	13,00
315,0	0,01	-13,14	-4,43	0,74	8,61
330,0	-0,73	-11,17	-6,30	0,42	4,87
345,0	-1,15	-9,82	-10,73	0,13	1,56
360,0	-1,28	-9,34	-12,56	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

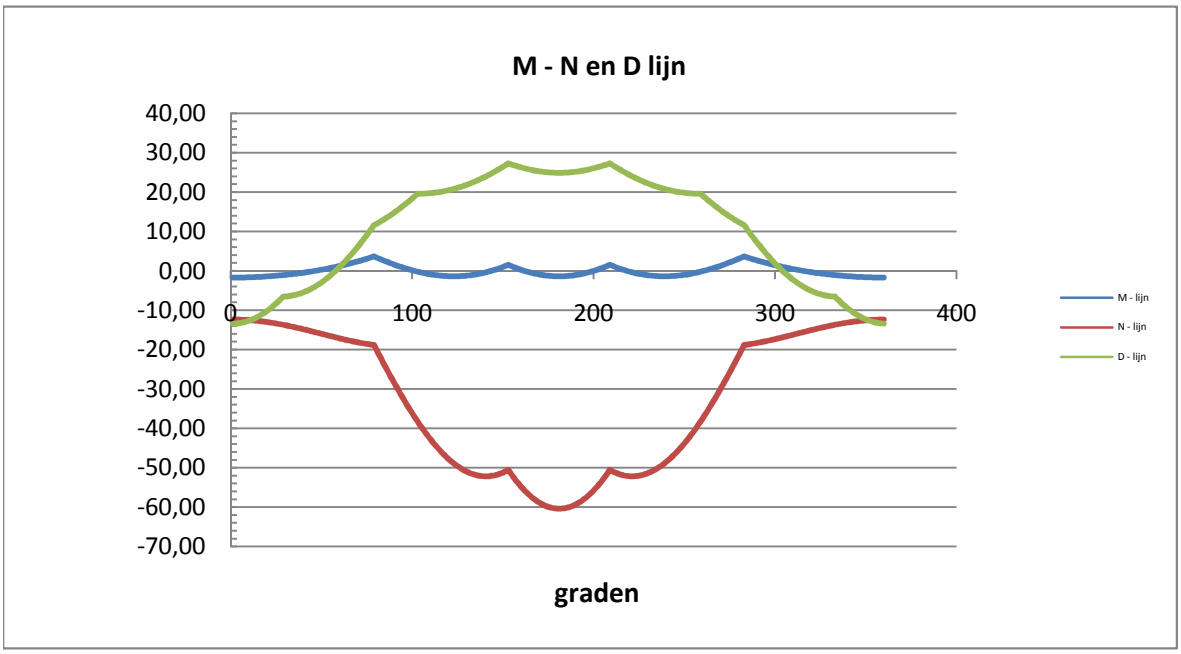
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



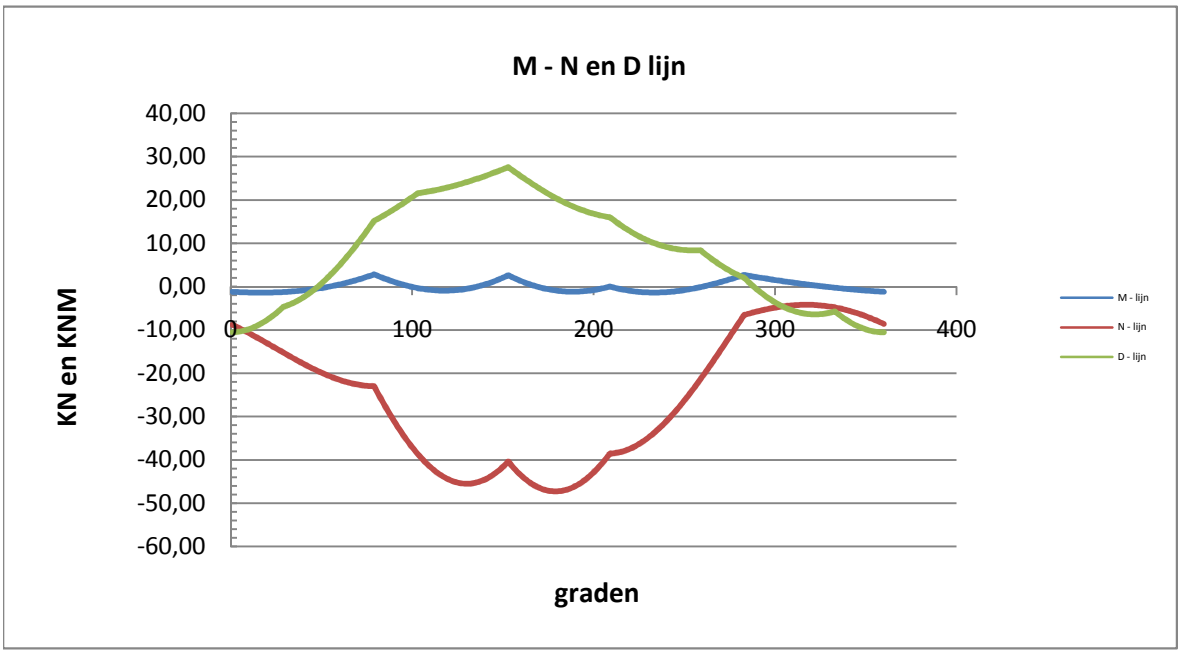
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,68	-12,35	-13,43	0,18	2,07
15,0	-1,50	-12,76	-11,41	0,54	6,34
30,0	-0,96	-13,90	-6,48	0,94	10,99
45,0	-0,01	-15,51	-4,13	1,38	16,16
60,0	1,37	-17,25	1,41	1,88	21,90
75,0	3,25	-18,63	9,68	1,76	20,55
90,0	1,49	-29,18	15,10	1,98	23,13
105,0	-0,49	-40,25	19,61	0,84	9,80
120,0	-1,33	-48,15	20,59	0,53	6,14
135,0	-0,81	-51,95	22,99	2,00	23,32
150,0	1,19	-51,03	26,73	1,69	19,71
165,0	-0,50	-57,52	25,63	0,86	9,99
180,0	-1,36	-60,41	24,91	0,86	9,99
195,0	-0,50	-57,52	25,63	1,69	19,71
210,0	1,19	-51,03	26,73	2,00	23,32
225,0	-0,81	-51,95	22,99	0,53	6,14
240,0	-1,33	-48,15	20,59	0,84	9,80
255,0	-0,49	-40,25	19,61	1,98	23,13
270,0	1,49	-29,18	15,10	1,76	20,55
285,0	3,25	-18,63	9,68	1,88	21,90
300,0	1,37	-17,25	1,41	1,38	16,16
315,0	-0,01	-15,51	-4,13	0,94	10,99
330,0	-0,96	-13,90	-6,48	0,54	6,34
345,0	-1,50	-12,76	-11,41	0,18	2,06
360,0	-1,68	-12,36	-13,42	0,00	0,01



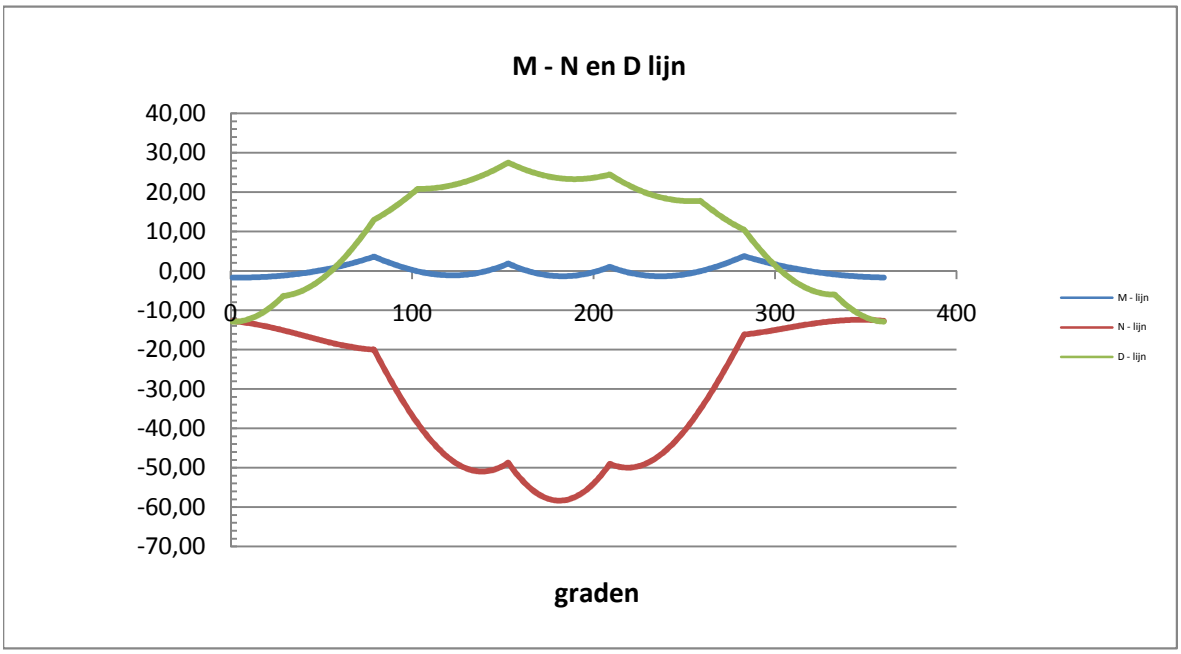
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,21	-8,84	-10,55	0,17	2,02
15,0	-1,38	-12,13	-8,73	0,17	2,03
30,0	-1,20	-15,72	-4,40	0,62	7,26
45,0	-0,58	-19,08	-0,72	1,17	13,60
60,0	0,58	-21,67	5,38	1,78	20,78
75,0	2,36	-22,94	13,38	1,42	16,55
90,0	0,95	-31,67	18,08	1,49	17,38
105,0	-0,54	-39,99	21,70	0,36	4,15
120,0	-0,90	-44,68	23,01	0,91	10,62
135,0	0,01	-45,16	24,89	2,19	25,55
150,0	2,20	-41,23	27,20	1,84	21,43
165,0	0,36	-45,52	23,76	1,35	15,79
180,0	-0,99	-47,22	20,00	0,02	0,18
195,0	-1,00	-44,38	17,31	0,79	9,23
210,0	-0,21	-38,48	15,35	1,03	11,97
225,0	-1,24	-36,08	11,39	0,00	0,03
240,0	-1,24	-30,70	9,04	0,87	10,14
255,0	-0,37	-23,07	8,33	1,52	17,79
270,0	1,15	-14,09	4,66	1,30	15,17
285,0	2,45	-6,22	0,83	1,01	11,76
300,0	1,44	-4,81	-3,89	0,87	10,13
315,0	0,58	-4,22	-6,20	0,75	8,70
330,0	-0,17	-4,69	-5,97	0,61	7,10
345,0	-0,78	-6,26	-9,23	0,41	4,74
360,0	-1,18	-8,64	-10,56	0,02	0,25



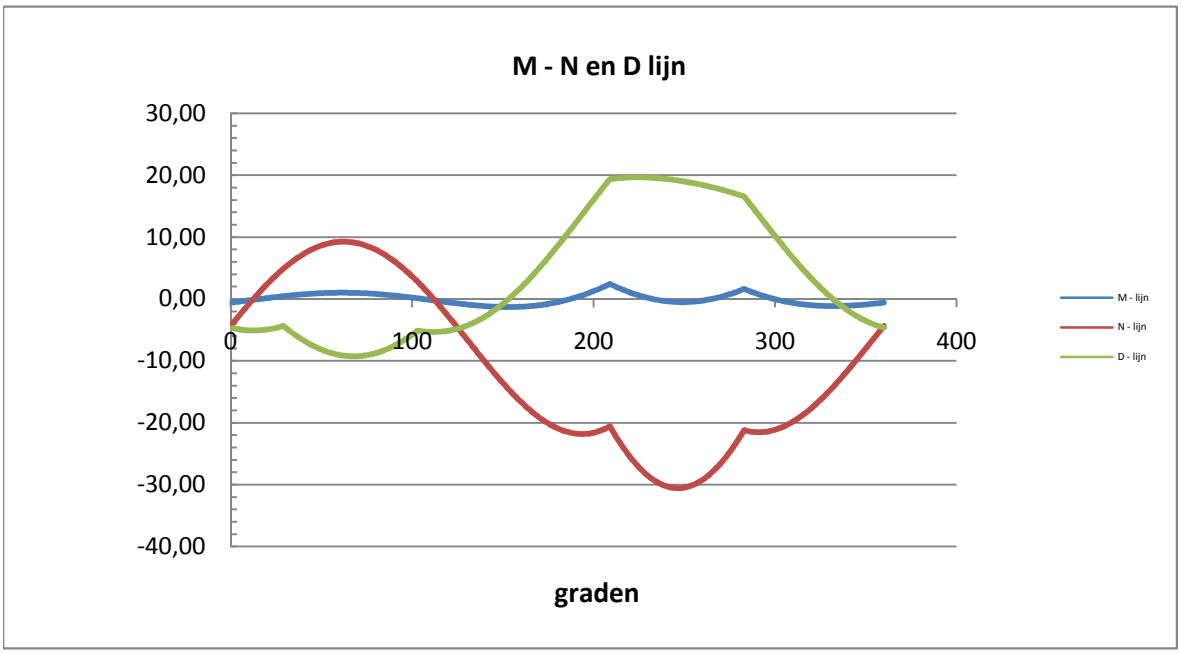
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,73	-12,77	-12,93	0,10	1,17
15,0	-1,63	-13,79	-11,06	0,50	5,78
30,0	-1,13	-15,35	-6,25	0,93	10,90
45,0	-0,20	-17,17	-3,43	1,42	16,63
60,0	1,23	-18,85	2,50	1,96	22,89
75,0	3,19	-19,92	11,02	1,70	19,79
90,0	1,49	-30,06	16,45	1,91	22,24
105,0	-0,41	-40,58	20,82	0,75	8,81
120,0	-1,17	-47,81	21,65	0,60	7,01
135,0	-0,57	-50,88	23,72	2,04	23,84
150,0	1,48	-49,29	26,96	1,81	21,10
165,0	-0,33	-55,51	25,10	1,05	12,25
180,0	-1,38	-58,35	23,53	0,60	7,05
195,0	-0,78	-55,64	23,42	1,47	17,13
210,0	0,69	-49,36	23,90	1,72	20,12
225,0	-1,03	-49,44	20,33	0,32	3,77
240,0	-1,36	-45,12	18,26	0,96	11,17
255,0	-0,40	-37,04	17,70	2,01	23,44
270,0	1,61	-26,15	13,60	1,74	20,33
285,0	3,35	-16,03	8,63	1,81	21,15
300,0	1,54	-14,96	0,96	1,38	16,16
315,0	0,15	-13,77	-4,07	0,99	11,57
330,0	-0,84	-12,83	-6,04	0,62	7,27
345,0	-1,46	-12,45	-10,85	0,26	3,03
360,0	-1,72	-12,72	-12,91	0,01	0,08



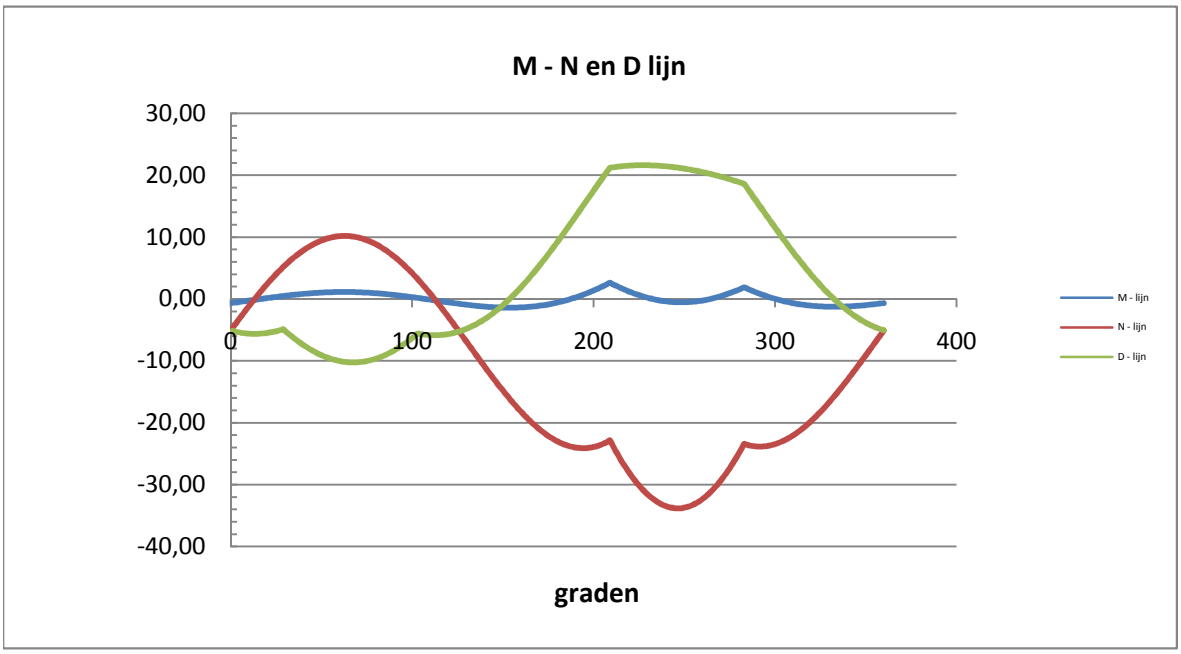
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,55	-4,01	-4,69	0,54	6,35
15,0	0,00	1,12	-5,06	0,51	6,00
30,0	0,51	5,34	-4,83	0,37	4,26
45,0	0,88	8,15	-7,64	0,14	1,59
60,0	1,01	9,22	-9,10	0,12	1,43
75,0	0,89	8,44	-9,03	0,36	4,19
90,0	0,53	5,89	-7,41	0,52	6,11
105,0	0,01	1,86	-5,23	0,57	6,70
120,0	-0,57	-3,20	-5,08	0,48	5,63
135,0	-1,05	-8,67	-3,52	0,24	2,74
150,0	-1,28	-13,91	-0,56	0,16	1,87
165,0	-1,12	-18,23	3,68	0,68	7,90
180,0	-0,45	-21,03	8,86	1,27	14,85
195,0	0,83	-21,80	14,51	1,33	15,54
210,0	2,16	-21,59	19,43	1,66	19,35
225,0	0,50	-27,50	19,65	0,88	10,27
240,0	-0,38	-30,36	19,36	0,02	0,24
255,0	-0,40	-29,92	18,67	0,83	9,64
270,0	0,42	-26,25	17,63	0,85	9,97
285,0	1,28	-21,42	15,45	1,38	16,08
300,0	-0,10	-21,06	9,84	0,78	9,12
315,0	-0,88	-18,61	4,60	0,25	2,96
330,0	-1,13	-14,55	0,23	0,16	1,86
345,0	-0,98	-9,46	-2,93	0,39	4,61
360,0	-0,58	-4,38	-4,62	0,03	0,40



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,64	-4,69	-5,15	0,60	7,01
15,0	-0,04	1,02	-5,62	0,57	6,70
30,0	0,54	5,73	-5,40	0,41	4,83
45,0	0,95	8,91	-8,50	0,16	1,92
60,0	1,12	10,18	-10,08	0,12	1,42
75,0	0,99	9,40	-9,97	0,39	4,49
90,0	0,61	6,65	-8,15	0,57	6,66
105,0	0,04	2,25	-5,74	0,63	7,38
120,0	-0,59	-3,30	-5,62	0,54	6,27
135,0	-1,13	-9,34	-3,97	0,27	3,16
150,0	-1,40	-15,15	-0,75	0,16	1,86
165,0	-1,24	-19,98	3,88	0,73	8,48
180,0	-0,52	-23,14	9,57	1,38	16,13
195,0	0,87	-24,09	15,81	1,45	16,96
210,0	2,32	-23,95	21,26	1,81	21,08
225,0	0,51	-30,46	21,60	0,94	11,02
240,0	-0,43	-33,60	21,39	0,01	0,08
255,0	-0,42	-33,10	20,73	0,94	11,01
270,0	0,52	-29,01	19,68	0,96	11,23
285,0	1,48	-23,67	17,34	1,55	18,12
300,0	-0,07	-23,37	11,13	0,89	10,39
315,0	-0,96	-20,75	5,31	0,30	3,53
330,0	-1,26	-16,31	0,42	0,16	1,88
345,0	-1,10	-10,72	-3,13	0,43	5,00
360,0	-0,67	-5,09	-5,06	0,04	0,43



Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	58,4	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	3,77	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	5,4	kNm	M_{Rd} =	4803	kNm
$V_{Ed;max}$ =	27,5	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 58,35 / 2111 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 3,77 / 30,4 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 29,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 27,47 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 16,19

V_{Ed} = 10,41

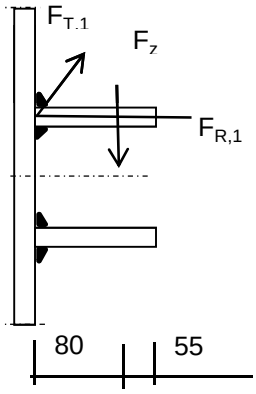
$\sigma_b + \sigma_N$ = 29,3 + 1,8 = 31,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 3,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 32 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	54,76	kN
$F_{T,1,h}$ =	43,37	kN
F_z =	17,32	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	25,55	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 24,2 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 27,11 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 15,97 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,48 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 76,68 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 170,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

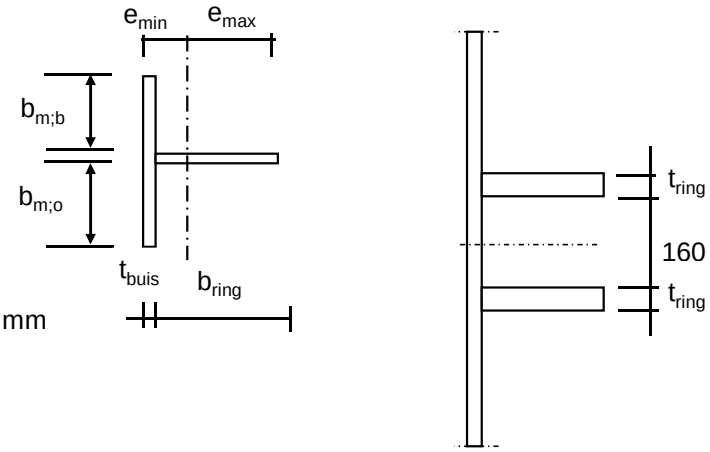
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 170,6 / 302,2 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 76,7 / 244,8 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 47,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	10004	mm^2	
e_{min} =	32,2	mm	
e_{max} =	124,8	mm	
I =	16542576	mm^4	
W_{min} =	132539	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2367	kN	
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	10516	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 47,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18874	128282	199695	18874	128282	-199695
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
BG 1a - (wind (45 gr))	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19841	91866	154315	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23535	98655	172148	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20743	67763	132149	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24247	80606	158438	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,3 mm

Mast 147 :	Lijnhoek = 2. α =	160,4	graden	
Mast 146 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	
Mast 104 :	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	
Mast 102 :	Lijnhoek = 2. α =	133,1	graden	
	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) =	26,9	graden	

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,3	37,1	59,3	37,1		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,5	43,1	64,5	43,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,2	25,9	63,3	39,2		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,2	41,9	65,7	43,6		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	29,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	49,4	32,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,8	25,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	44,0	31,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

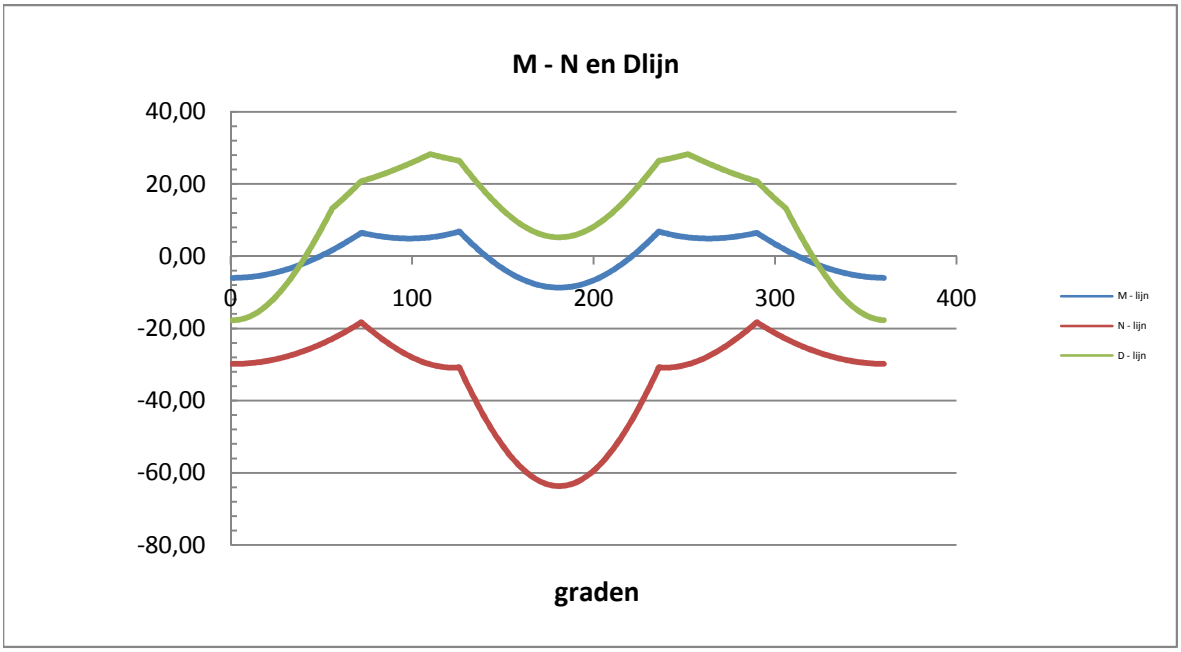
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-5,96	-29,84	-17,70	0,59	6,55
15,0	-5,37	-29,32	-15,08	1,76	19,43
30,0	-3,60	-27,75	-7,53	2,87	31,61
45,0	-0,73	-25,16	4,02	3,87	42,66
60,0	3,14	-21,55	15,48	2,98	32,80
75,0	6,12	-19,97	21,39	1,02	11,26
90,0	5,09	-25,50	24,09	0,01	0,09
105,0	5,08	-29,30	27,34	1,16	12,73
120,0	6,24	-30,84	26,96	4,15	45,73
135,0	2,09	-40,99	20,26	5,80	63,92
150,0	-3,71	-53,26	12,35	3,69	40,63
165,0	-7,40	-61,04	7,10	1,26	13,93
180,0	-8,66	-63,71	5,26	1,26	13,93
195,0	-7,40	-61,04	7,10	3,69	40,63
210,0	-3,71	-53,26	12,35	5,80	63,92
225,0	2,09	-40,99	20,26	4,15	45,73
240,0	6,24	-30,84	26,96	1,16	12,73
255,0	5,08	-29,30	27,34	0,01	0,09
270,0	5,09	-25,50	24,09	1,02	11,26
285,0	6,12	-19,97	21,39	2,98	32,80
300,0	3,14	-21,55	15,48	3,87	42,66
315,0	-0,73	-25,16	4,02	2,87	31,61
330,0	-3,60	-27,75	-7,53	1,76	19,43
345,0	-5,37	-29,32	-15,08	0,59	6,52
360,0	-5,96	-29,84	-17,68	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S = 182250\ mm^3$

$I = 16542576\ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	63,7	kN		N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,66	kNm		M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	24,6	kNm		M_{Rd} =	10516	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,3	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 63,71 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,4 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,66 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 65,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,26 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 63,71

V_{Ed} = 5,26

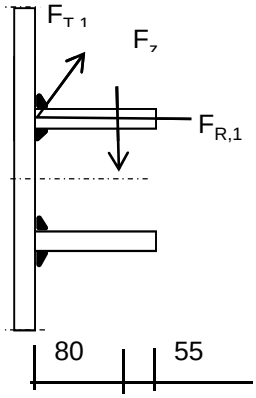
$\sigma_b + \sigma_N$ = 65,4 + 6,4 = 71,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 1,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 72 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	64,48	kN
$F_{T,1,h}$ =	48,37	kN
F_z =	17,32	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	63,92	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,5 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 30,23 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 39,95 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,48 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 80,98 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 202,5 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

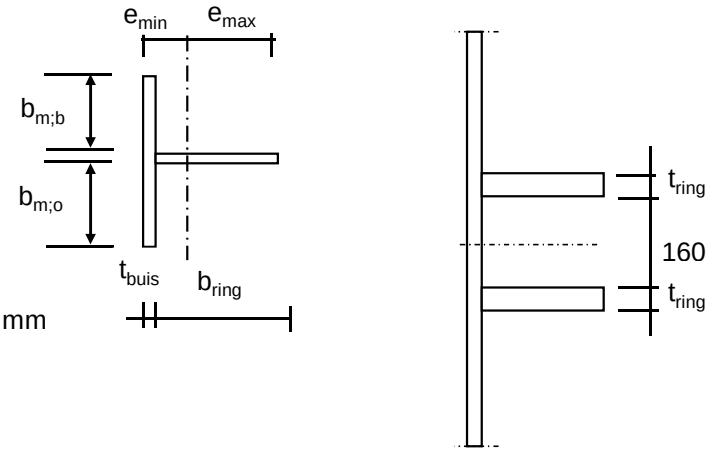
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	202,5	/	302,2	=	0,67	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	81,0	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	11790	mm^2
e_{min} =	30,8	mm
e_{max} =	129,2	mm
I =	17896923	mm^4
W_{min} =	138543	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y;Rd}$ =	33	kNm
$M_{w;Rd}$ =	19885	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 37,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18874	128282	199695	18874	128282	-199695
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
BG 1a - (wind (45 gr))	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19841	91866	154315	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	23535	98655	172148	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20743	67763	132149	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	24247	80606	158438	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 749,9 mm

Mast 147 :	Lijnhoek = 2. α =	160,4	graden	
Mast 146 :	Lijnhoek = 2. α =	130,4	graden	
Mast 104 :	Lijnhoek = 2. α =	163,5	graden	
Mast 102 :	Lijnhoek = 2. α =	133,1	graden	
	hoek tussen lijnen 2. α =	163,5	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) =	21,2	graden	

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,2	41,5	59,2	41,5		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,8	47,7	64,8	47,7		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	28,5	63,2	44,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,8	45,9	66,0	48,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,9	32,5	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	49,6	36,4	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,1	28,4	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	44,4	34,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

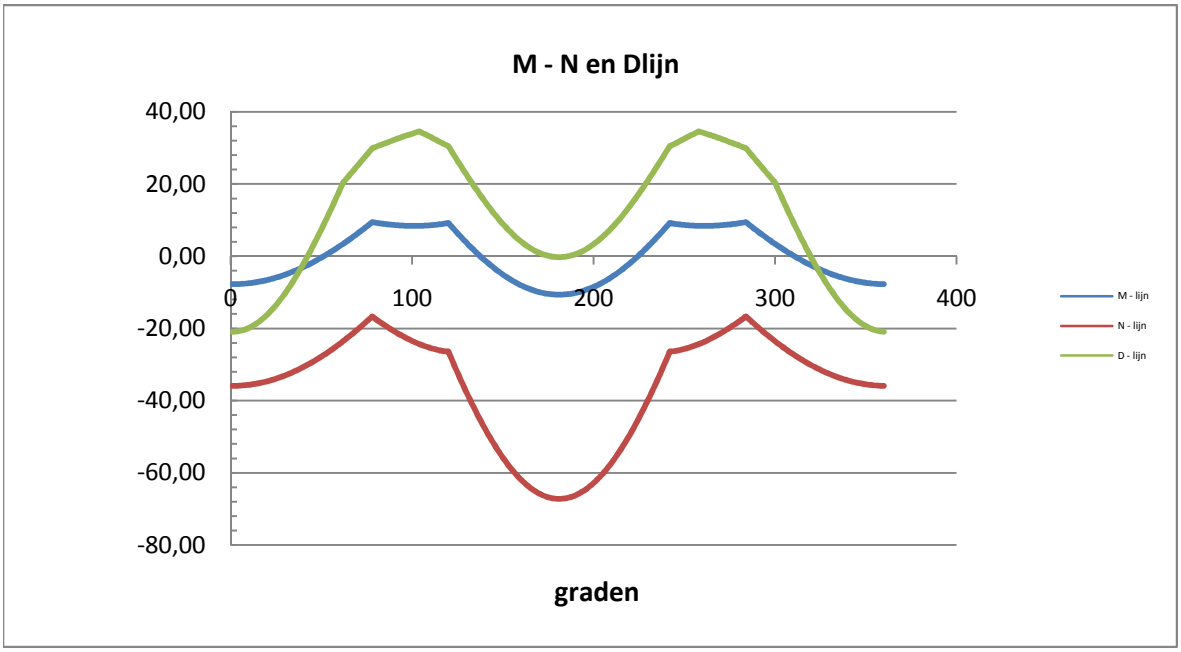
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-7,74	-35,90	-20,91	0,72	7,28
15,0	-7,03	-35,12	-17,98	2,11	21,53
30,0	-4,91	-32,81	-9,52	3,42	34,84
45,0	-1,49	-29,04	3,44	4,58	46,61
60,0	3,08	-23,92	19,30	5,53	56,31
75,0	8,61	-17,61	28,70	0,02	0,24
90,0	8,59	-21,06	32,36	0,16	1,59
105,0	8,43	-24,74	34,05	0,17	1,70
120,0	8,60	-27,63	29,64	7,88	80,21
135,0	0,72	-43,86	18,06	6,14	62,48
150,0	-5,41	-56,47	8,39	3,89	39,65
165,0	-9,30	-64,46	2,00	1,33	13,58
180,0	-10,64	-67,19	-0,23	1,33	13,58
195,0	-9,30	-64,46	2,00	3,89	39,65
210,0	-5,41	-56,47	8,39	6,14	62,48
225,0	0,72	-43,86	18,06	7,88	80,21
240,0	8,60	-27,63	29,64	0,17	1,70
255,0	8,43	-24,74	34,05	0,16	1,59
270,0	8,59	-21,06	32,36	0,02	0,24
285,0	8,61	-17,61	28,70	5,53	56,31
300,0	3,08	-23,92	19,30	4,58	46,61
315,0	-1,49	-29,04	3,44	3,42	34,84
330,0	-4,91	-32,81	-9,52	2,11	21,53
345,0	-7,03	-35,12	-17,98	0,71	7,25
360,0	-7,74	-35,90	-20,90	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	67,2	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,64	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	33,1	kNm		M_{Rd} =	19885	kNm
$V_{Ed;max}$ =	34,5	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 67,19 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,64 / 32,8 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 76,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 34,54 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 67,19

V_{Ed} = 0,23

$\sigma_b + \sigma_N$ = 76,8 + 5,7 = 82,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

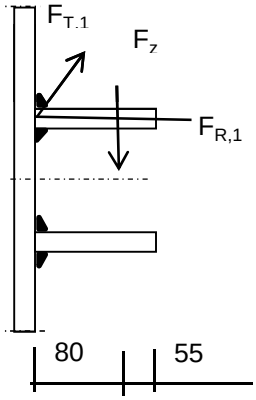
τ_z = 0,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 82 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,77	kN	
$F_{T,1,h}$ =	43,86	kN	
F_z =	17,32	kN	
$F_{Langs,Ed}$ =	80,21	kN	

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,6 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 27,41 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 50,13 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,48 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,11 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 210,6 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

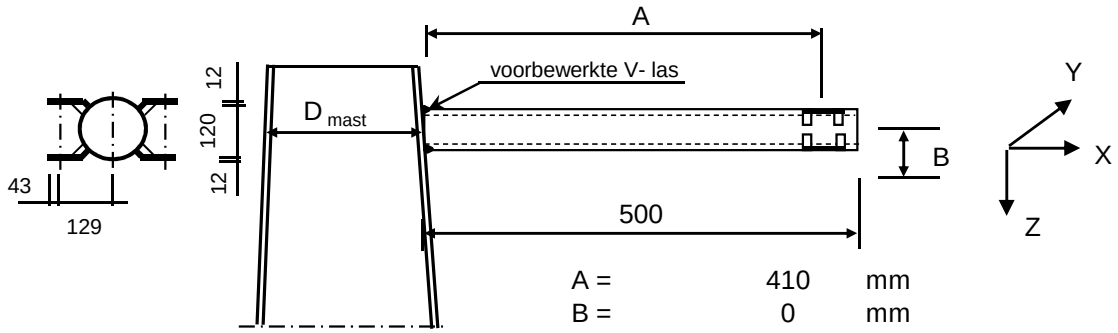
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	210,6	/	302,2	=	0,70	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	81,1	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	66,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V 10.0 - Appendix O en O1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20901	31642	2409	20901	-31642	2409
BG 3 - (wind (90) + ijs)	33736	57101	10572	33736	-57101	10572
BG 1a - (wind (45 gr))	9405	17573	2696	22696	-33977	2390
BG 3 - (wind (45) + ijs)	27712	54254	10775	34821	-57976	10530
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13947	22632	2537	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	21490	34661	4313	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8987	17354	2709	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	14472	27966	4576	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14843	23770	2514	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	22751	36152	4276	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	41,80	0,00	4,82	0,00	1,98	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	67,47	0,00	21,14	0,00	8,67	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	32,10	16,40	5,09	0,00	2,08	6,73
BG 3 - (wind (45) + ijs)	62,53	3,72	21,30	0,00	8,73	1,53
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,95	22,63	2,54	0,00	1,04	9,28
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	21,49	34,66	4,31	0,00	1,77	14,21
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,99	17,35	2,71	0,00	1,11	7,12
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	14,47	27,97	4,58	0,00	1,88	11,47
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,84	23,77	2,51	0,00	1,03	9,75
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**22,75**	**36,15**	**4,28**	**0,00**	**1,75**	**14,82**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 1,75 / 36 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 11,4 N/mm²

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 14,82 / 36 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 96,1 N/mm²

N_{Ed} / N_{Rd} = 22,75 / 953 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,6 N/mm²

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 4,28 / 275 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,1 N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 36,15 / 275 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 17,9 N/mm²

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 102 N/mm²

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 107 N/mm² < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm² en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm² $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm²

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	18,0	28331	S355	355	3429758
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,89 kN drukkracht

$M_{0,Ed}$ = 16,11 kNm

} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,013

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 8,73 / 69,7 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,1 kNm

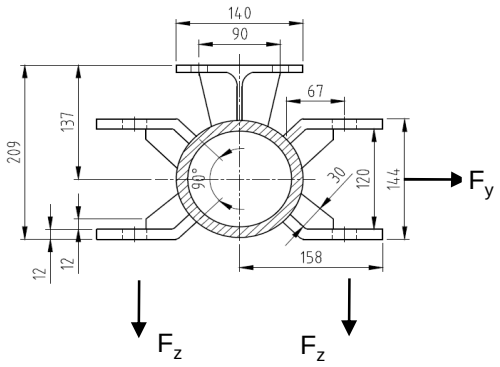
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

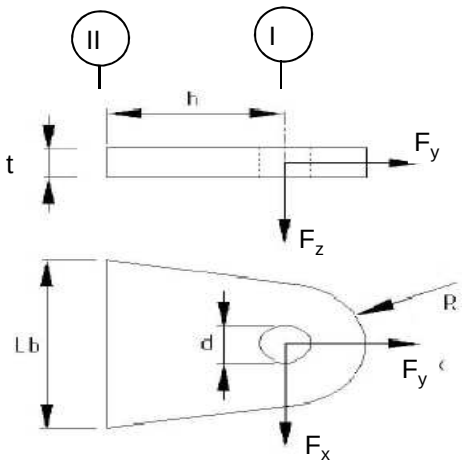
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,82 / 47,1 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,90	31,64	2,41
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**33,74**	**57,10**	**10,57**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,41	17,57	2,70
BG 3 - (wind (45) + ijs)	27,71	54,25	10,78

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,87**	**28,55**	**10,57**

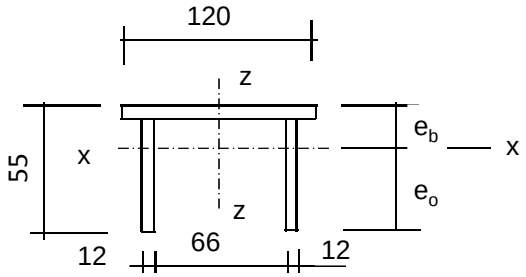
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 42 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	28,55	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,10	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,57	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,69	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,87	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	28,55	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,5	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,10	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		24,6	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,69	/	4,0	=	0,17	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		40,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,57	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		10,2	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,87	/	197	/	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 77,0 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 82 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

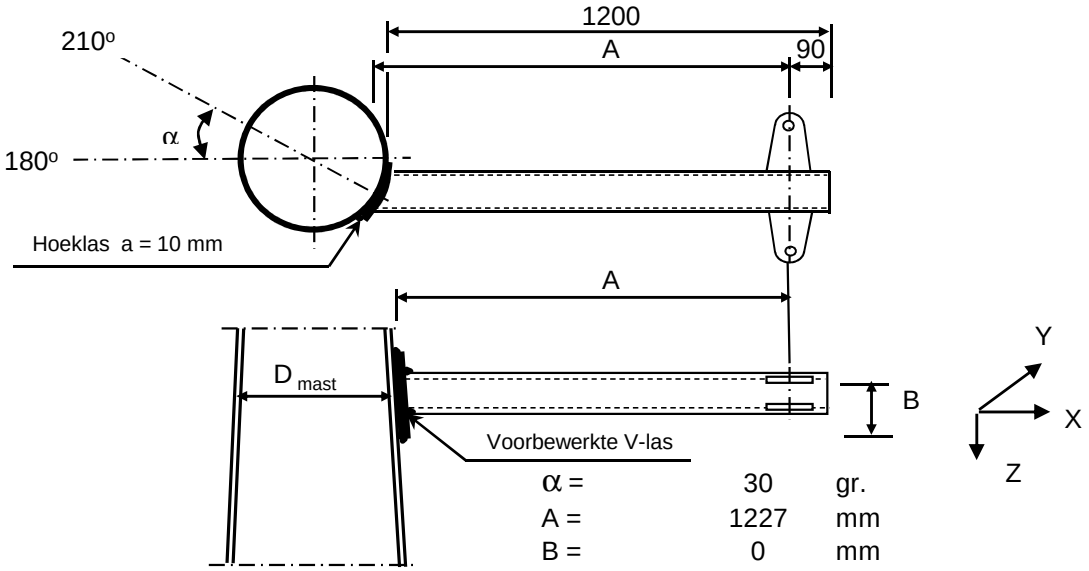
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =			65,4	N/mm^2
τ_1 =			65,4	N/mm^2
τ_2 =	0		14,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	133,0	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	133,0	/	302,2	=	0,44	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	65,4	/	244,8	=	0,27	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	29,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V 10.0 - Appendix O en O1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	32837	51872	5164	32837	-51872	5164
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62688	111385	21562	62688	-111385	21562
BG 1a - (wind (45 gr))	18847	36043	5611	35245	-54983	5116
BG 3 - (wind (45) + ijs)	55463	109437	21767	63954	-112160	21514
BG 1a - bundelbr. (90gr).	24027	40920	5416	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	37213	63173	9047	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	18356	35903	5623	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	29095	56915	9359	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	25102	42181	5377	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	38728	64802	8989	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	65,67	0,00	10,33	0,00	12,68	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	125,38	0,00	43,12	0,00	52,92	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	54,09	18,94	10,73	0,00	13,16	23,24
BG 3 - (wind (45) + ijs)	119,42	2,72	43,28	0,00	53,11	3,34
BG 1a - bundelbr. (90gr).	24,03	40,92	5,42	0,00	6,65	50,22
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	37,21	63,17	9,05	0,00	11,10	77,53
BG 1a - bundelbr. (45gr).	18,36	35,90	5,62	0,00	6,90	44,06
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	29,10	56,92	9,36	0,00	11,49	69,85
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	25,10	42,18	5,38	0,00	6,60	51,76
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**38,73**	**64,80**	**8,99**	**0,00**	**11,03**	**79,53**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 11,03 / 101 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 25,7 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 79,53 / 101 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 185,5 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 38,73 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 8,99 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,7 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 64,80 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,5 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 193 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 196 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

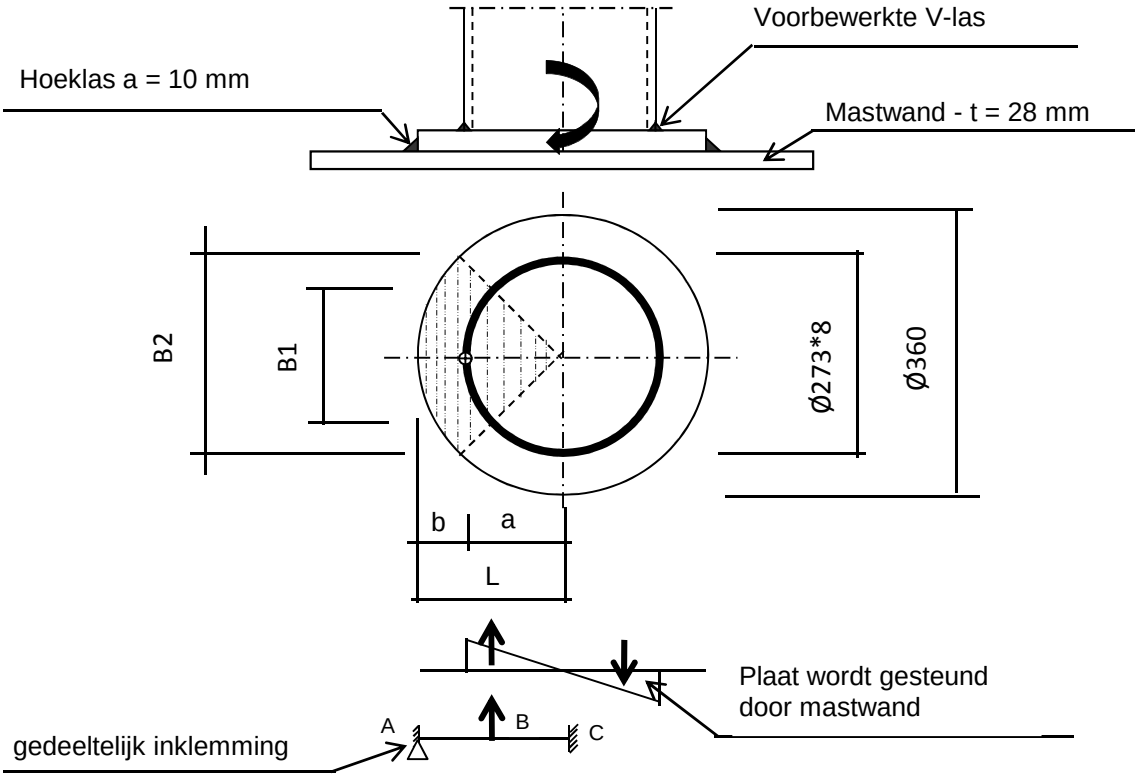
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 80,3 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 266,2 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,46 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 171,6 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,66 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,22 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 227,0 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 6,7 * 40,0% = 2,66 kNm

$M_{B;Ed}$ = 7,5 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,76 kNm

$R_{A;Ed}$ = 171,6 * 60,0% + 227,0 * 40,0% = 193,8 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,66 / 10,46 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 60,3 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 5,76 / 7,93 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 172,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 193,8 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 27,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 36,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 183,1 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 106,6 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 48,5 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	106,6	+	48,5	=		155,0	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	106,6	-	48,5	=		58,1	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		184,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	184,8	/	302,2	=	0,61	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	155,0	/	244,8	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1749,8	28,0	151459	S355	355	64169592
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,2

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 434,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 16251,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,72 of n_p = -0,705

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,63

$M_{ip,1,Rd}$ = 233,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 53,11 / 233,7 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 135,8 kNm

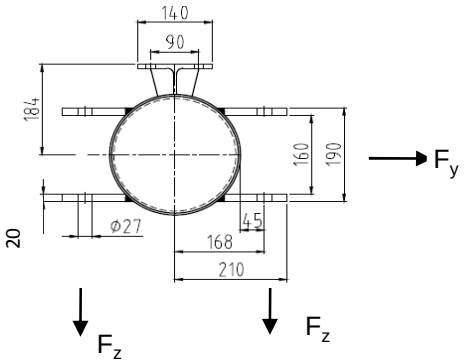
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

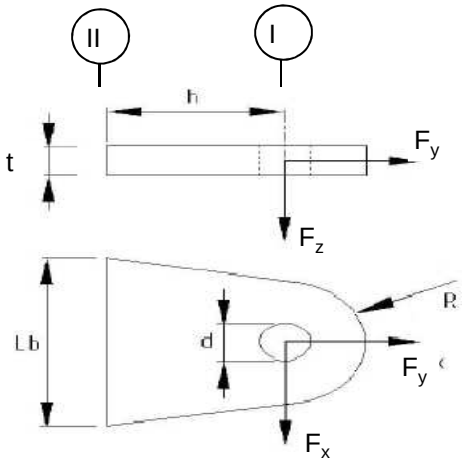
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 79,53 / 135,8 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	32,84	51,87	5,16
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**62,69**	**111,38**	**21,56**
BG 1a - (wind (45 gr))	18,85	36,04	5,61
BG 3 - (wind (45) + ijs)	55,46	109,44	21,77

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**31,34**	**55,69**	**21,56**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 56,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	55,69	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,35	kNm
$V_{z,Ed}$ =	21,56	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,62	kNm
$V_{x,Ed}$ =	31,34	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,69	/	663	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,9	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,35	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		36,0	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,62	/	2,2	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		173,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,56	/	383	/	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	31,34	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,2	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 229,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 230 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

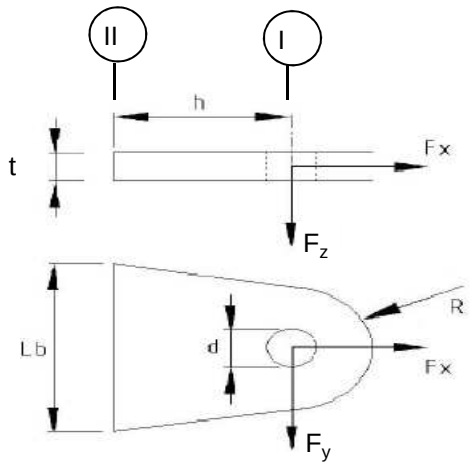
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	70,71	/	521	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		32,1	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,89	/	10	=	0,41	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		96,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	70,71	/	301	=	0,24	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		32,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	5,50	/	10	=	0,58	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		136,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	100,00	/	301	=	0,33	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		45,5	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2716,3	32,0	269859	S355	355	178989953
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1133,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 45194,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,72 of $n_p =$ -0,699

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,63

$N_{1,Rd} =$ 766,5 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 766,5 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 84,3 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 84,3 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

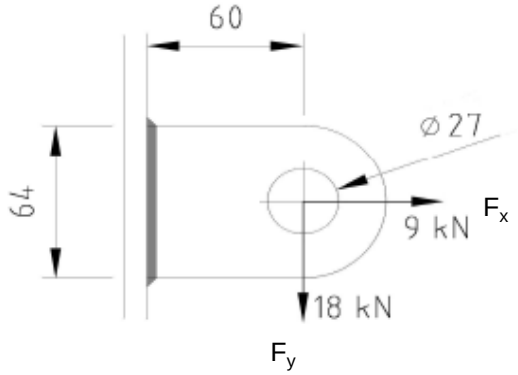
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
66,43 - 64,93 - 56,8 - 54,3 - 46,8 - 44,3 - 36,8 en 34,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN

N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,00	/	303	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	1,08	/	3	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		79,1	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	18,00	/	175	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		14,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 34.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1589,8	28,0	137386	S355	355	52715966
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 355,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11923,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,630

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,68

$N_{1,Rd} =$ 639,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 639,2 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 40,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 40,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

Clip op 64,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	569,0	18,0	31158	S355	355	4160559
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 36,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 589,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,40 of $n_p =$ -0,396

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,83

$N_{1,Rd} =$ 327,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 327,4 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 21,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 21,0 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

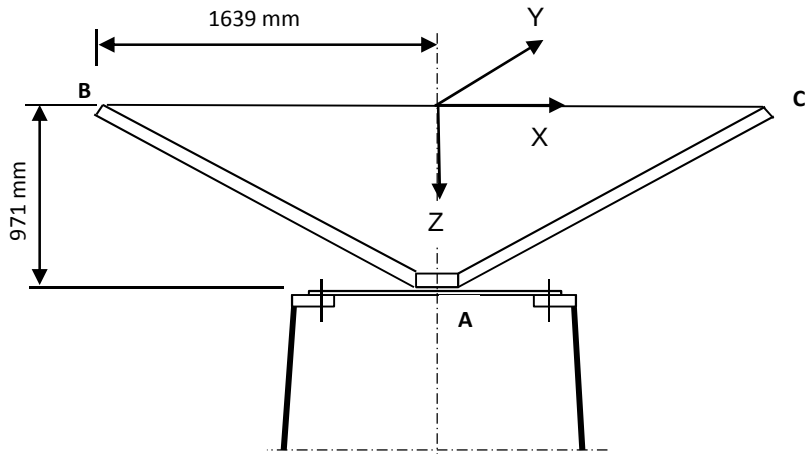
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



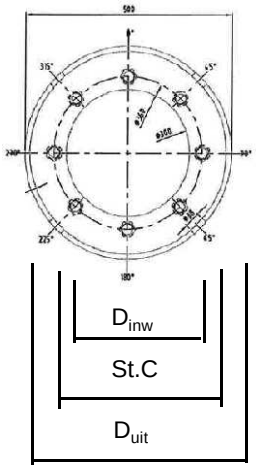
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

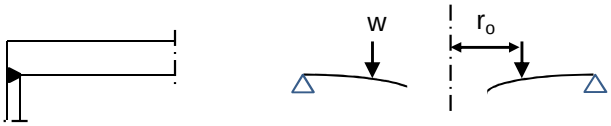
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

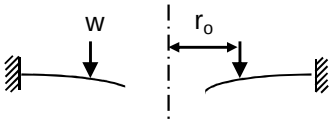
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 60,0%

Percentage vrij oplegging = 40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

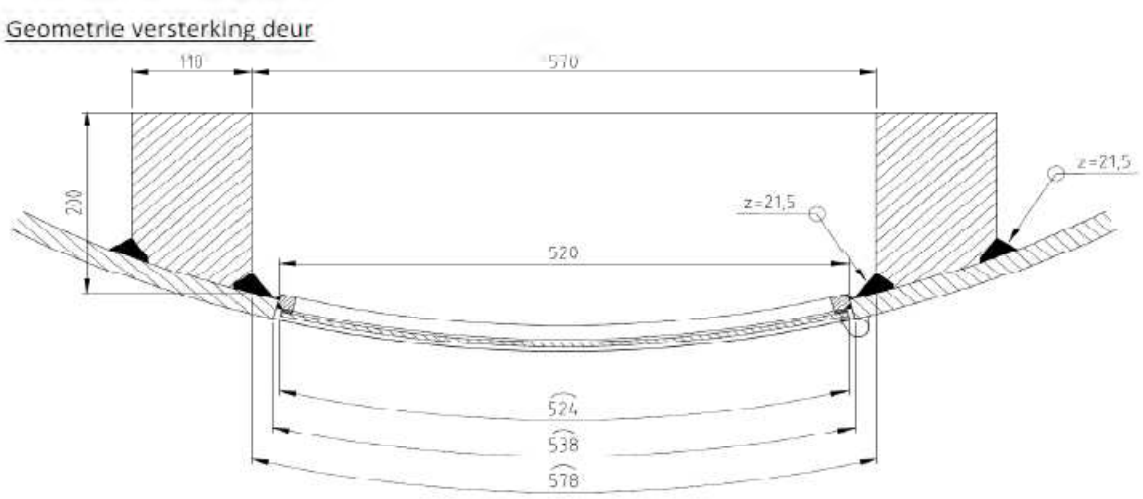
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

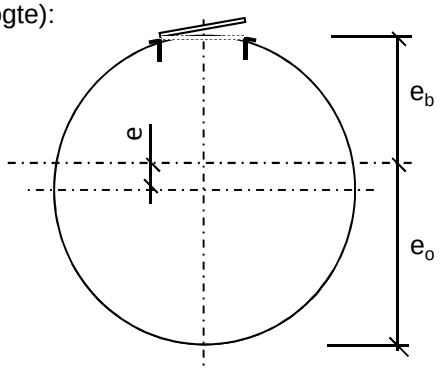
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2692	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	267430	mm^2
$A_{versterking}$ =	40756	mm^2
$A_{verlies}$ =	16546	mm^2
A_{tot} =	291639	mm^2

e =	89,3	mm			
e_b =	1256,8	mm ;	e_o =	1435,4	mm

I_{tot} =	2,62E+11	mm^4
W_{min} =	1,82E+08	mm^3
W_{max} =	2,08E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} =	45636	kNm ;	N_{Ed} =	1133 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,9	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	250,2	N/mm^2

σ_{max} = 3,9 + 250,2 = 254,1 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage O, O1 en O2

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20485	75297	136712	20485	75297	-136712
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20524	74336	135898	20524	74336	-135898
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20569	73158	134961	20569	73158	-134961
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2652	10545	18596	2652	10545	-18596
	Comp. gl	5567	20126	36891	5567	20126	-36891
1b	380C1F1 / 380C2F1	21289	77125	151829	21289	77125	-151829
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21291	77013	151827	21291	77013	-151827
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21294	76872	151829	21294	76872	-151829
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	10056	19659	2774	10056	-19659
	Comp. gl	5745	20446	40313	5745	20446	-40313
3	380C1F1 / 380C2F1	35333	110372	213376	35333	110372	-213376
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35341	110036	213325	35341	110036	-213325
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35350	109617	213281	35350	109617	-213281
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10764	28348	54231	10764	28348	-54231
	Comp. gl	21757	56274	109301	21757	56274	-109301
4	380C1F1 / 380C2F1	24364	77946	153473	24364	77946	-153473
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24366	77839	153481	24366	77839	-153481
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24367	77704	153495	24367	77704	-153495
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3606	11399	22352	3606	11399	-22352
	Comp. gl	7411	23215	45867	7411	23215	-45867
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
	GW / opgw	3042	9537	19127	3042	9537	-19127
	Comp. gl	6308	19750	39612	6308	19750	-39612
1a	380C1F1 / 380C2F1	20687	69837	132835	18700	138063	-212228
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20699	69473	132667	18821	131106	-203310
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20712	69022	132483	18997	122244	-191985
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2696	9405	17573	2390	22696	-33977
	Comp. gl	5611	18847	36043	5116	35245	-54983
1b	380C1F1 / 380C2F1	21300	76445	151878	21022	84058	-155673
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21300	76394	151889	21061	83211	-154980
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21301	76330	151904	21108	82173	-154186
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9926	19650	2715	11488	-20736
	Comp. gl	5748	20283	40329	5689	22077	-41141
3	380C1F1 / 380C2F1	35373	108360	213292	34479	131967	-228563
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35375	108212	213310	34592	129323	-226069
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35378	108025	213338	34732	126069	-223144
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10775	27712	54254	10530	34821	-57976
	Comp. gl	21767	55463	109437	21514	63954	-112160
4	380C1F1 / 380C2F1	24372	77290	153572	24172	84274	-156100
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24372	77240	153586	24201	83517	-155587
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24373	77177	153603	24235	82586	-155007
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3607	11279	22363	3567	12605	-22974
	Comp. gl	7413	23061	45901	7375	24639	-46277
1a	380C1F1 / 380C2F1	18874	128282	199695	18874	128282	-199695

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18999	122131	191841	18999	122131	-191841
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19177	114331	181940	19177	114331	-181940
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2409	20901	31642	2409	20901	-31642
	Comp. gl	5164	32837	51872	5164	32837	-51872
1b	380C1F1 / 380C2F1	21076	82876	154716	21076	82876	-154716
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21108	82160	154176	21108	82160	-154176
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21146	81282	153562	21146	81282	-153562
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2727	11239	20488	2727	11239	-20488
	Comp. gl	5701	21800	40929	5701	21800	-40929
3	380C1F1 / 380C2F1	34638	128272	225106	34638	128272	-225106
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34734	126028	223108	34734	126028	-223108
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34853	123270	220782	34853	123270	-220782
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	10572	33736	57101	10572	33736	-57101
	Comp. gl	21562	62688	111385	21562	62688	-111385
4	380C1F1 / 380C2F1	24212	83216	155393	24212	83216	-155393
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24235	82574	155000	24235	82574	-155000
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24263	81783	154560	24263	81783	-154560
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3575	12401	22817	3575	12401	-22817
	Comp. gl	7382	24405	46153	7382	24405	-46153
1a	380C1F1 / 380C2F1	18700	138063	212228	20687	69837	-132835
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18821	131106	203310	20699	69473	-132667
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18997	122244	191985	20712	69022	-132483
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2390	22696	33977	2696	9405	-17573
	Comp. gl	5116	35245	54983	5611	18847	-36043
1b	380C1F1 / 380C2F1	21022	84058	155673	21300	76445	-151878
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21061	83211	154980	21300	76394	-151889
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21108	82173	154186	21301	76330	-151904
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2715	11488	20736	2776	9926	-19650
	Comp. gl	5689	22077	41141	5748	20283	-40329
3	380C1F1 / 380C2F1	34479	131967	228563	35373	108360	-213292
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34592	129323	226069	35375	108212	-213310
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34732	126069	223144	35378	108025	-213338
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	10530	34821	57976	10775	27712	-54254
0	Comp. gl	21514	63954	112160	21767	55463	-109437
4	380C1F1 / 380C2F1	24172	84274	156100	24372	77290	-153572
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24201	83517	155587	24372	77240	-153586
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24235	82586	155007	24373	77177	-153603
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3567	12605	22974	3607	11279	-22363
	Comp. gl	7375	24639	46277	7413	23061	-45901
1a	380C1F1 / 380C2F1	15361	62907	111866	15361	62907	-111866
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15407	61758	110673	15407	61758	-110673
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15464	60351	109278	15464	60351	-109278
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1977	9006	15511	1977	9006	-15511
	Comp. gl	4178	16626	29872	4178	16626	-29872
1b	380C1F1 / 380C2F1	16201	62670	122837	16201	62670	-122837
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16204	62547	122813	16204	62547	-122813
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16208	62394	122791	16208	62394	-122791

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2105	8111	15757	2105	8111	-15757
	Comp. gl	4363	16440	32278	4363	16440	-32278
3	380C1F1 / 380C2F1	30385	98682	189931	30385	98682	-189931
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30395	98327	189842	30395	98327	-189842
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30406	97885	189752	30406	97885	-189752
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10136	27156	51842	10136	27156	-51842
	Comp. gl	20455	53797	104333	20455	53797	-104333
4	380C1F1 / 380C2F1	19348	64745	126997	19348	64745	-126997
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19350	64631	126991	19350	64631	-126991
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19352	64489	126990	19352	64489	-126990
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2951	9689	18923	2951	9689	-18923
	Comp. gl	6055	19681	38780	6055	19681	-38780
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
	GW / opgw	2052	6800	13639	2052	6800	-13639
	Comp. gl	4257	14113	28307	4257	14113	-28307
1a	380C1F1 / 380C2F1	15616	56429	105944	13788	133000	-202078
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15631	56006	105658	13871	125613	-192298
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15649	55486	105337	13996	116116	-179699
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2028	7647	14047	1766	22204	-32992
	Comp. gl	4235	15115	28559	3769	33669	-51824
1b	380C1F1 / 380C2F1	16217	61937	122780	15845	70830	-129145
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16218	61883	122785	15895	69808	-128100
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16219	61815	122793	15955	68559	-126882
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7968	15723	2032	9820	-17391
	Comp. gl	4366	16265	32271	4287	18347	-33660
3	380C1F1 / 380C2F1	30434	96572	189651	29423	122267	-209115
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30437	96419	189659	29544	119367	-206107
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30440	96226	189675	29696	115794	-202539
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10148	26511	51845	9889	33831	-55994
	Comp. gl	20466	52976	104450	20196	61694	-107628
4	380C1F1 / 380C2F1	19358	64057	127031	19104	71854	-131190
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19358	64005	127040	19139	70982	-130447
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19359	63940	127054	19182	69913	-129592
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2953	9563	18922	2904	11031	-19818
	Comp. gl	6057	19522	38803	6009	21236	-39454
1a	380C1F1 / 380C2F1	13908	122598	188300	13908	122598	-188300
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13998	115993	179536	13998	115993	-179536
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14129	107533	168310	14129	107533	-168310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1779	20342	30520	1779	20342	-30520
	Comp. gl	3804	31080	48351	3804	31080	-48351
1b	380C1F1 / 380C2F1	15914	69404	127698	15914	69404	-127698
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15956	68543	126867	15956	68543	-126867
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16006	67491	125904	16006	67491	-125904
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2045	9519	17040	2045	9519	-17040
	Comp. gl	4302	18014	33336	4302	18014	-33336

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	29593	118214	204937	29593	118214	-204937
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29698	115749	202495	29698	115749	-202495
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29830	112717	199620	29830	112717	-199620
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9933	32711	55045	9933	32711	-55045
	Comp. gl	20248	60385	106766	20248	60385	-106766
4	380C1F1 / 380C2F1	19153	70636	130163	19153	70636	-130163
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19182	69900	129582	19182	69900	-129582
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19217	68997	128918	19217	68997	-128918
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2913	10799	19606	2913	10799	-19606
	Comp. gl	6019	20976	39274	6019	20976	-39274
1a	380C1F1 / 380C2F1	13788	133000	202078	15616	56429	-105944
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13871	125613	192298	15631	56006	-105658
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13996	116116	179699	15649	55486	-105337
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1766	22204	32992	2028	7647	-14047
	Comp. gl	3769	33669	51824	4235	15115	-28559
1b	380C1F1 / 380C2F1	15845	70830	129145	16217	61937	-122780
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15895	69808	128100	16218	61883	-122785
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15955	68559	126882	16219	61815	-122793
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2032	9820	17391	2109	7968	-15723
	Comp. gl	4287	18347	33660	4366	16265	-32271
3	380C1F1 / 380C2F1	29423	122267	209115	30434	96572	-189651
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29544	119367	206107	30437	96419	-189659
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29696	115794	202539	30440	96226	-189675
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9889	33831	55994	10148	26511	-51845
0	Comp. gl	20196	61694	107628	20466	52976	-104450
4	380C1F1 / 380C2F1	19104	71854	131190	19358	64057	-127031
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19139	70982	130447	19358	64005	-127040
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19182	69913	129592	19359	63940	-127054
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2904	11031	19818	2953	9563	-18922
	Comp. gl	6009	21236	39454	6057	19522	-38803

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20683	69972	132902	20683	69972	-132902
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20695	69594	132721	20695	69594	-132721
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20709	69125	132523	20709	69125	-132523
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2695	9433	17592	2695	9433	-17592
	Comp. gl	5610	18878	36057	5610	18878	-36057
1b	380C1F1 / 380C2F1	21294	76841	151831	21294	76841	-151831
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21296	76755	151836	21296	76755	-151836
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21297	76647	151847	21297	76647	-151847
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	10001	19651	2775	10001	-19651
	Comp. gl	5747	20378	40315	5747	20378	-40315
3	380C1F1 / 380C2F1	24206	82332	158739	24206	82332	-158739
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24214	82041	158652	24214	82041	-158652
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24224	81678	158562	24224	81678	-158562
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4555	15123	28235	4555	15123	-28235
	Comp. gl	9340	29873	57067	9340	29873	-57067
4	380C1F1 / 380C2F1	23663	75860	149863	23663	75860	-149863
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23664	75777	149874	23664	75777	-149874
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23665	75672	149891	23665	75672	-149891
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10895	21444	3430	10895	-21444
	Comp. gl	7060	22249	44069	7060	22249	-44069
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	72548	145509	23267	72548	-145509
	GW / opgw	3042	9537	19127	3042	9537	-19127
	Comp. gl	6308	19750	39612	6308	19750	-39612
1a	380C1F1 / 380C2F1	20743	67763	132149	19687	96377	-159684
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20746	67608	132130	19796	93154	-155834
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20750	67414	132115	19939	89154	-151163
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2709	8987	17354	2514	14843	-23770
	Comp. gl	5623	18356	35903	5377	25102	-42181
1b	380C1F1 / 380C2F1	21301	76315	151907	21118	81945	-154021
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21302	76275	151917	21144	81333	-153596
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21302	76225	151932	21176	80580	-153115
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2777	9902	19653	2736	11043	-20305
	Comp. gl	5748	20251	40337	5709	21582	-40776
3	380C1F1 / 380C2F1	24247	80606	158438	23391	102069	-175833
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24249	80482	158440	23493	99626	-173181
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24252	80325	158448	23622	96619	-170029
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4576	14472	27966	4276	22751	-36152
	Comp. gl	9359	29095	56915	8989	38728	-64802
4	380C1F1 / 380C2F1	23668	75348	149967	23533	80626	-151368
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	75309	149978	23553	80064	-151046
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23669	75259	149994	23576	79372	-150688
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10801	21458	3403	11807	-21835
	Comp. gl	7061	22128	44100	7035	23337	-44295
1a	380C1F1 / 380C2F1	19841	91866	154315	19841	91866	-154315
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19941	89104	151105	19941	89104	-151105

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20069	85690	147242	20069	85690	-147242
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2537	13947	22632	2537	13947	-22632
	Comp. gl	5416	24027	40920	5416	24027	-40920
1b	380C1F1 / 380C2F1	21154	81089	153435	21154	81089	-153435
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21176	80570	153109	21176	80570	-153109
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21201	79931	152744	21201	79931	-152744
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2743	10864	20147	2743	10864	-20147
	Comp. gl	5717	21381	40649	5717	21381	-40649
3	380C1F1 / 380C2F1	23535	98655	172148	23535	98655	-172148
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23624	96581	169990	23624	96581	-169990
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23735	94034	167444	23735	94034	-167444
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4313	21490	34661	4313	21490	-34661
	Comp. gl	9047	37213	63173	9047	37213	-63173
4	380C1F1 / 380C2F1	23560	79841	150926	23560	79841	-150926
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23576	79363	150684	23576	79363	-150684
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23595	78773	150417	23595	78773	-150417
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3409	11654	21731	3409	11654	-21731
	Comp. gl	7040	23161	44217	7040	23161	-44217
1a	380C1F1 / 380C2F1	19687	96377	159684	20743	67763	-132149
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19796	93154	155834	20746	67608	-132130
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19939	89154	151163	20750	67414	-132115
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2514	14843	23770	2709	8987	-17354
	Comp. gl	5377	25102	42181	5623	18356	-35903
1b	380C1F1 / 380C2F1	21118	81945	154021	21301	76315	-151907
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21144	81333	153596	21302	76275	-151917
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21176	80580	153115	21302	76225	-151932
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2736	11043	20305	2777	9902	-19653
	Comp. gl	5709	21582	40776	5748	20251	-40337
3	380C1F1 / 380C2F1	23391	102069	175833	24247	80606	-158438
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23493	99626	173181	24249	80482	-158440
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23622	96619	170029	24252	80325	-158448
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4276	22751	36152	4576	14472	-27966
0	Comp. gl	8989	38728	64802	9359	29095	-56915
4	380C1F1 / 380C2F1	23533	80626	151368	23668	75348	-149967
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23553	80064	151046	23668	75309	-149978
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23576	79372	150688	23669	75259	-149994
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3403	11807	21835	3431	10801	-21458
	Comp. gl	7035	23337	44295	7061	22128	-44100
1a	380C1F1 / 380C2F1	15611	56586	106055	15611	56586	-106055
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15626	56146	105751	15626	56146	-105751
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15645	55605	105407	15645	55605	-105407
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2027	7680	14077	2027	7680	-14077
	Comp. gl	4233	15152	28583	4233	15152	-28583
1b	380C1F1 / 380C2F1	16209	62360	122787	16209	62360	-122787
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16211	62267	122779	16211	62267	-122779
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16213	62151	122774	16213	62151	-122774
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	8050	15737	2107	8050	-15737

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4364	16366	32269	4364	16366	-32269
3	380C1F1 / 380C2F1	19161	69055	132111	19161	69055	-132111
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19172	68730	131956	19172	68730	-131956
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19185	68329	131788	19185	68329	-131788
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3902	13581	25143	3902	13581	-25143
	Comp. gl	7991	26617	50536	7991	26617	-50536
4	380C1F1 / 380C2F1	18641	62516	123099	18641	62516	-123099
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18642	62428	123101	18642	62428	-123101
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18644	62318	123107	18644	62318	-123107
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	9156	17956	2774	9156	-17956
	Comp. gl	5701	18659	36867	5701	18659	-36867
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	52192	104680	15721	52192	-104680
	GW / opgw	2052	6800	13639	2052	6800	-13639
	Comp. gl	4257	14113	28307	4257	14113	-28307
1a	380C1F1 / 380C2F1	15691	54064	104673	14545	87568	-142020
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15696	53892	104621	14643	83891	-137260
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15701	53678	104567	14776	79281	-131365
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2045	7160	13690	1852	13897	-21874
	Comp. gl	4251	14560	28290	3978	22485	-36934
1b	380C1F1 / 380C2F1	16219	61800	122795	15968	68285	-126625
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16219	61759	122802	16003	67551	-125957
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16220	61706	122812	16045	66654	-125187
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7942	15722	2055	9283	-16774
	Comp. gl	4366	16232	32276	4314	17754	-33098
3	380C1F1 / 380C2F1	19216	67161	131471	18225	91866	-155375
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19219	67028	131455	18330	89061	-151995
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19222	66861	131443	18467	85588	-147907
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3926	12879	24770	3618	21852	-34350
	Comp. gl	8014	25790	50286	7610	36322	-59980
4	380C1F1 / 380C2F1	18648	61981	123158	18472	67836	-125718
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18648	61941	123167	18497	67191	-125229
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18648	61890	123180	18527	66400	-124673
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9058	17961	2741	10170	-18553
	Comp. gl	5702	18533	36890	5669	19843	-37288
1a	380C1F1 / 380C2F1	14684	82412	135359	14684	82412	-135359
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14778	79223	131291	14778	79223	-131291
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14904	75244	126295	14904	75244	-126295
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1870	12910	20551	1870	12910	-20551
	Comp. gl	4014	21244	35338	4014	21244	-35338
1b	380C1F1 / 380C2F1	16017	67261	125701	16017	67261	-125701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16045	66643	125177	16045	66643	-125177
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16080	65886	124577	16080	65886	-124577
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2065	9066	16541	2065	9066	-16541
	Comp. gl	4324	17515	32894	4324	17515	-32894
3	380C1F1 / 380C2F1	18374	87941	150664	18374	87941	-150664

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18469	85544	147857	18469	85544	-147857
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18592	82587	144489	18592	82587	-144489
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3652	20511	32699	3652	20511	-32699
	Comp. gl	7669	34672	58078	7669	34672	-58078
4	380C1F1 / 380C2F1	18507	66936	125044	18507	66936	-125044
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18528	66390	124666	18528	66390	-124666
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18552	65720	124240	18552	65720	-124240
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2747	9996	18406	2747	9996	-18406
	Comp. gl	5676	19647	37169	5676	19647	-37169
1a	380C1F1 / 380C2F1	14545	87568	142020	15691	54064	-104673
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14643	83891	137260	15696	53892	-104621
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14776	79281	131365	15701	53678	-104567
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	13897	21874	2045	7160	-13690
	Comp. gl	3978	22485	36934	4251	14560	-28290
1b	380C1F1 / 380C2F1	15968	68285	126625	16219	61800	-122795
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16003	67551	125957	16219	61759	-122802
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16045	66654	125187	16220	61706	-122812
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2055	9283	16774	2109	7942	-15722
	Comp. gl	4314	17754	33098	4366	16232	-32276
3	380C1F1 / 380C2F1	18225	91866	155375	19216	67161	-131471
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18330	89061	151995	19219	67028	-131455
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18467	85588	147907	19222	66861	-131443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3618	21852	34350	3926	12879	-24770
0	Comp. gl	7610	36322	59980	8014	25790	-50286
4	380C1F1 / 380C2F1	18472	67836	125718	18648	61981	-123158
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18497	67191	125229	18648	61941	-123167
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18527	66400	124673	18648	61890	-123180
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2741	10170	18553	2776	9058	-17961
	Comp. gl	5669	19843	37288	5702	18533	-36890

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20683	69972	132902	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20695	69594	132721	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20709	69125	132523	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2695	9433	17592	0	0	0
	Comp. gl	5610	18878	36057	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21294	76841	151831	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21296	76755	151836	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21297	76647	151847	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	10001	19651	0	0	0
	Comp. gl	5747	20378	40315	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24206	82332	158739	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24214	82041	158652	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24224	81678	158562	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4555	15123	28235	0	0	0
	Comp. gl	9340	29873	57067	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23663	75860	149863	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23664	75777	149874	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23665	75672	149891	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10895	21444	0	0	0
	Comp. gl	7060	22249	44069	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	72548	145509	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	72548	145509	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	72548	145509	0	0	0
	GW / opgw	3042	9537	19127	0	0	0
	Comp. gl	6308	19750	39612	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	20743	67763	132149	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20746	67608	132130	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20750	67414	132115	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2709	8987	17354	0	0	0
	Comp. gl	5623	18356	35903	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21301	76315	151907	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21302	76275	151917	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21302	76225	151932	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2777	9902	19653	0	0	0
	Comp. gl	5748	20251	40337	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24247	80606	158438	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24249	80482	158440	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24252	80325	158448	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4576	14472	27966	0	0	0
	Comp. gl	9359	29095	56915	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23668	75348	149967	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	75309	149978	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23669	75259	149994	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10801	21458	0	0	0
	Comp. gl	7061	22128	44100	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19841	91866	154315	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19941	89104	151105	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20069	85690	147242	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2537	13947	22632	0	0	0
	Comp. gl	5416	24027	40920	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21154	81089	153435	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21176	80570	153109	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21201	79931	152744	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2743	10864	20147	0	0	0
	Comp. gl	5717	21381	40649	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23535	98655	172148	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23624	96581	169990	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23735	94034	167444	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4313	21490	34661	0	0	0
	Comp. gl	9047	37213	63173	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23560	79841	150926	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23576	79363	150684	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23595	78773	150417	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3409	11654	21731	0	0	0
	Comp. gl	7040	23161	44217	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19687	96377	159684	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19796	93154	155834	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19939	89154	151163	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2514	14843	23770	0	0	0
	Comp. gl	5377	25102	42181	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21118	81945	154021	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21144	81333	153596	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21176	80580	153115	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2736	11043	20305	0	0	0
	Comp. gl	5709	21582	40776	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23391	102069	175833	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23493	99626	173181	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23622	96619	170029	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4276	22751	36152	0	0	0
0	Comp. gl	8989	38728	64802	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23533	80626	151368	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23553	80064	151046	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23576	79372	150688	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3403	11807	21835	0	0	0
	Comp. gl	7035	23337	44295	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15611	56586	106055	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15626	56146	105751	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15645	55605	105407	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2027	7680	14077	0	0	0
	Comp. gl	4233	15152	28583	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16209	62360	122787	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16211	62267	122779	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16213	62151	122774	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	8050	15737	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4364	16366	32269	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19161	69055	132111	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19172	68730	131956	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19185	68329	131788	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3902	13581	25143	0	0	0
	Comp. gl	7991	26617	50536	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18641	62516	123099	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18642	62428	123101	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18644	62318	123107	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	9156	17956	0	0	0
	Comp. gl	5701	18659	36867	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	52192	104680	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	52192	104680	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	52192	104680	0	0	0
	GW / opgw	2052	6800	13639	0	0	0
	Comp. gl	4257	14113	28307	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15691	54064	104673	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15696	53892	104621	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15701	53678	104567	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2045	7160	13690	0	0	0
	Comp. gl	4251	14560	28290	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16219	61800	122795	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16219	61759	122802	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16220	61706	122812	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7942	15722	0	0	0
	Comp. gl	4366	16232	32276	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19216	67161	131471	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19219	67028	131455	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19222	66861	131443	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3926	12879	24770	0	0	0
	Comp. gl	8014	25790	50286	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18648	61981	123158	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18648	61941	123167	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18648	61890	123180	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9058	17961	0	0	0
	Comp. gl	5702	18533	36890	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14684	82412	135359	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14778	79223	131291	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14904	75244	126295	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1870	12910	20551	0	0	0
	Comp. gl	4014	21244	35338	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16017	67261	125701	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16045	66643	125177	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16080	65886	124577	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2065	9066	16541	0	0	0
	Comp. gl	4324	17515	32894	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18374	87941	150664	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18469	85544	147857	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18592	82587	144489	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3652	20511	32699	0	0	0
	Comp. gl	7669	34672	58078	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18507	66936	125044	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18528	66390	124666	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18552	65720	124240	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2747	9996	18406	0	0	0
	Comp. gl	5676	19647	37169	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14545	87568	142020	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14643	83891	137260	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14776	79281	131365	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	13897	21874	0	0	0
	Comp. gl	3978	22485	36934	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	15968	68285	126625	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16003	67551	125957	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16045	66654	125187	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2055	9283	16774	0	0	0
	Comp. gl	4314	17754	33098	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18225	91866	155375	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18330	89061	151995	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18467	85588	147907	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3618	21852	34350	0	0	0
0	Comp. gl	7610	36322	59980	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18472	67836	125718	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18497	67191	125229	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18527	66400	124673	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2741	10170	18553	0	0	0
	Comp. gl	5669	19843	37288	0	0	0

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O2

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17250	62759	116337	17250	62759	-116337
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17273	62165	115888	17273	62165	-115888
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17299	61437	115378	17299	61437	-115378
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2238	8611	15570	2238	8611	-15570
	Comp. gl	4681	16798	31374	4681	16798	-31374
1b	380C1F1 / 380C2F1	17916	67143	132761	17916	67143	-132761
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17917	67070	132764	17917	67070	-132764
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17919	66979	132771	17919	66979	-132771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2332	8681	17072	2332	8681	-17072
	Comp. gl	4828	17696	35029	4828	17696	-35029
3	380C1F1 / 380C2F1	27288	89496	174174	27288	89496	-174174
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27293	89276	174145	27293	89276	-174145
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27298	89000	174122	27298	89000	-174122
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7707	21838	42052	7707	21838	-42052
	Comp. gl	15601	43501	84873	15601	43501	-84873
4	380C1F1 / 380C2F1	19850	65611	129687	19850	65611	-129687
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19851	65541	129695	19851	65541	-129695
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19852	65452	129708	19852	65452	-129708
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2876	9395	18504	2876	9395	-18504
	Comp. gl	5919	19204	38053	5919	19204	-38053
1a	380C1F1 / 380C2F1	17366	59372	114259	15930	103600	-164684
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17372	59143	114175	16039	98872	-158556
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17379	58859	114086	16190	92907	-150890
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2264	7909	15002	2030	16696	-25795
	Comp. gl	4707	16004	30927	4358	26528	-42738
1b	380C1F1 / 380C2F1	17922	66701	132817	17762	71490	-134775
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17922	66667	132825	17786	70965	-134391
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17923	66625	132836	17813	70320	-133957
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2333	8598	17072	2297	9572	-17661
	Comp. gl	4829	17590	35046	4796	18719	-35453
3	380C1F1 / 380C2F1	27313	88170	174146	26734	103682	-183882
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27314	88072	174159	26811	101936	-182252
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27315	87948	174180	26904	99793	-180352
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7715	21410	42058	7543	26272	-44790
	Comp. gl	15608	42956	84956	15434	48721	-86984
4	380C1F1 / 380C2F1	19854	65181	129768	19738	69650	-131080
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19854	65148	129778	19755	69172	-130790
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19855	65107	129790	19775	68582	-130467
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2877	9317	18514	2853	10169	-18859
	Comp. gl	5920	19102	38078	5898	20123	-38268
1a	380C1F1 / 380C2F1	16085	96963	156094	16085	96963	-156094
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16192	92831	150793	16192	92831	-150793
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16340	87644	144214	16340	87644	-144214
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2049	15448	24134	2049	15448	-24134

W2H400+10 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix O2

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4400	24915	40650	4400	24915	-40650
1b	380C1F1 / 380C2F1	17794	70757	134246	17794	70757	-134246
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17813	70312	133951	17813	70312	-133951
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17835	69766	133620	17835	69766	-133620
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2304	9417	17520	2304	9417	-17520
	Comp. gl	4803	18548	35338	4803	18548	-35338
3	380C1F1 / 380C2F1	26841	101243	181625	26841	101243	-181625
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26905	99766	180329	26905	99766	-180329
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26982	97953	178830	26982	97953	-178830
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7574	25522	44152	7574	25522	-44152
	Comp. gl	15467	47854	86421	15467	47854	-86421
4	380C1F1 / 380C2F1	19762	68982	130682	19762	68982	-130682
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19775	68575	130463	19775	68575	-130463
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19791	68073	130221	19791	68073	-130221
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2857	10039	18766	2857	10039	-18766
	Comp. gl	5902	19974	38197	5902	19974	-38197
1a	380C1F1 / 380C2F1	15930	103600	164684	17366	59372	-114259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16039	98872	158556	17372	59143	-114175
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16190	92907	150890	17379	58859	-114086
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2030	16696	25795	2264	7909	-15002
	Comp. gl	4358	26528	42738	4707	16004	-30927
1b	380C1F1 / 380C2F1	17762	71490	134775	17922	66701	-132817
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17786	70965	134391	17922	66667	-132825
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17813	70320	133957	17923	66625	-132836
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2297	9572	17661	2333	8598	-17072
	Comp. gl	4796	18719	35453	4829	17590	-35046
3	380C1F1 / 380C2F1	26734	103682	183882	27313	88170	-174146
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26811	101936	182252	27314	88072	-174159
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26904	99793	180352	27315	87948	-174180
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7543	26272	44790	7715	21410	-42058
	Comp. gl	15434	48721	86984	15608	42956	-84956
4	380C1F1 / 380C2F1	19738	69650	131080	19854	65181	-129768
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19755	69172	130790	19854	65148	-129778
Permanent loads γg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19775	68582	130467	19855	65107	-129790
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2853	10169	18859	2877	9317	-18514
	Comp. gl	5898	20123	38268	5920	19102	-38078

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+15)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Fundatiebel. SLS toestaand gewijzigd	6- 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400(+15)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

blz.

9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV 55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 62m hoogte 56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 52m hoogte 66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 42m hoogte 71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad 76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 79
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider" 82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 87
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider" 88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting 92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8 93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 97
9.7 Berekening versterking deur 100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AE, AE1 en AE2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+15) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+15) zijn de bijlage AE en AE1 (berekening maststerkte) en bijlage AE2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 72,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,900 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 24,80 meter en 2* 23,60 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400(+15) zijn de bijlage AE en AE1 (berekening maststerkte) en bijlage AE2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2H400(+15)”

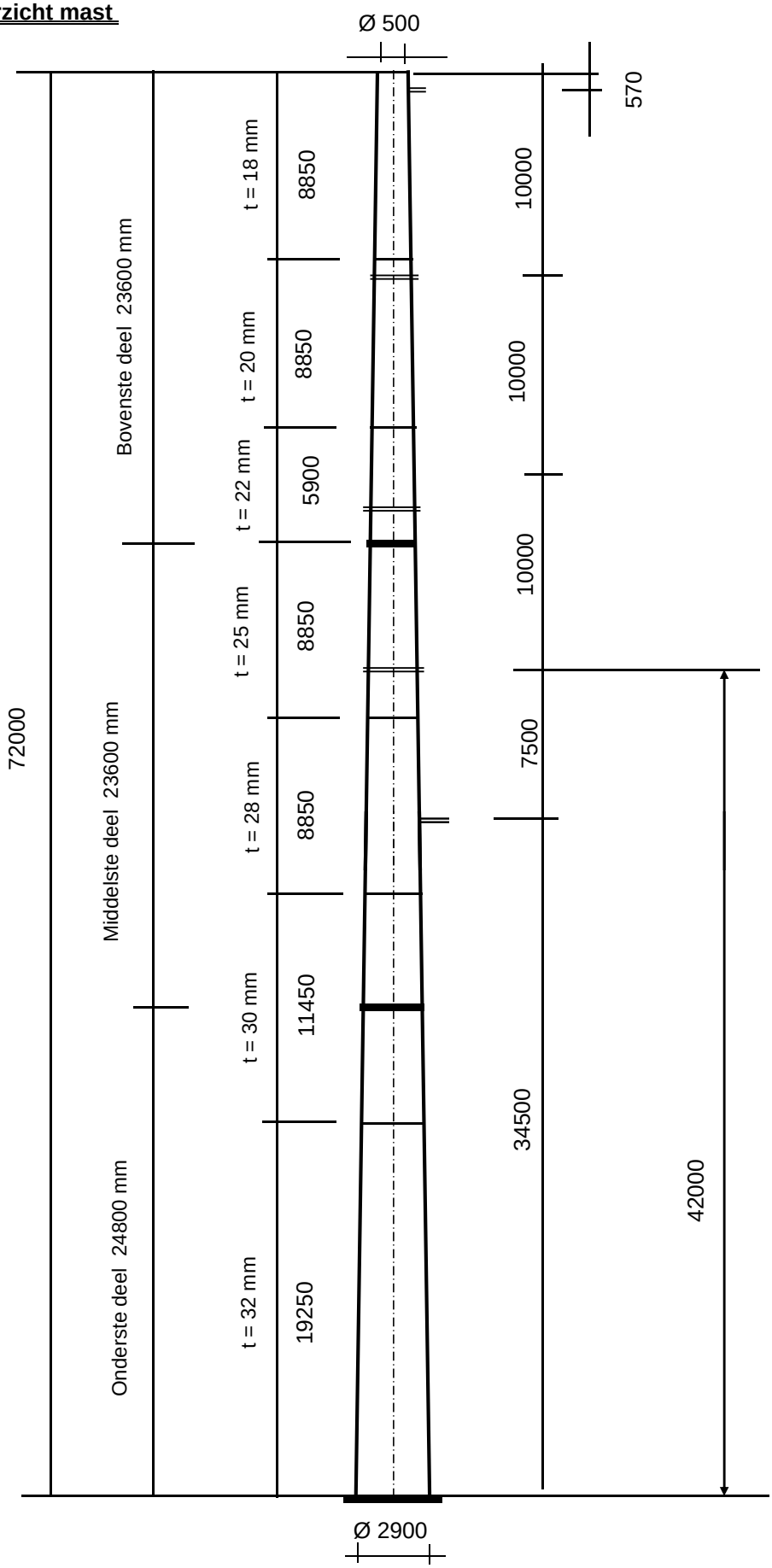
Berekening

W2H400+15

72,0 m - 2900 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+15)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,700

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	71,72
2	2380	598	519	n.v.t.	2	1	70,24
3	2950	697	598	n.v.t.	2	1	67,58
4	2950	795	697	n.v.t.	2	1	64,63
5	1150	833	795	n.v.t.	2	1	62,58
6	1800	893	833	n.v.t.	2	1	61,10
7	2950	992	893	n.v.t.	2	1	58,73
8	2950	1090	992	n.v.t.	2	1	55,78
9	2300	1167	1090	n.v.t.	2	1	53,15
10	650	1188	1167	n.v.t.	2	1	51,68
11	2950	1287	1188	n.v.t.	2	1	49,88
12	2950	1385	1287	n.v.t.	2	1	46,93
13	2950	1483	1385	n.v.t.	2	1	43,98
14	500	1500	1483	n.v.t.	2	1	42,25
15	2450	1582	1500	n.v.t.	2	1	40,78
16	1475	1631	1582	n.v.t.	2	1	38,81
17	1475	1680	1631	n.v.t.	2	1	37,34
18	2100	1750	1680	n.v.t.	2	1	35,55
19	850	1778	1750	n.v.t.	2	1	34,08
20	1475	1828	1778	n.v.t.	2	1	32,91
21	1475	1877	1828	n.v.t.	2	1	31,44
22	2950	1975	1877	n.v.t.	2	1	29,23
23	2950	2073	1975	n.v.t.	2	1	26,28
24	2800	2167	2073	n.v.t.	2	1	23,40
25	2750	2258	2167	n.v.t.	2	1	20,63
26	2750	2350	2258	n.v.t.	2	1	17,88
27	2750	2442	2350	n.v.t.	2	1	15,13
28	2750	2533	2442	n.v.t.	2	1	12,38
29	2750	2625	2533	n.v.t.	2	1	9,63
30	2750	2717	2625	n.v.t.	2	1	6,88
31	2750	2808	2717	n.v.t.	2	1	4,13
32	2750	2900	2808	n.v.t.	2	1	1,38
	72000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	559	18,0	30574	240,01	1,12E+09	191,26	4,00E+06
3	648	18,0	35597	279,44	1,76E+09	222,65	5,45E+06
4	746	18,0	41158	323,09	2,73E+09	257,41	7,31E+06
5	814	20,0	49899	391,71	3,94E+09	280,87	9,67E+06
6	863	20,0	52988	415,96	4,71E+09	298,25	1,09E+07
7	943	20,0	57962	455,00	6,17E+09	326,23	1,31E+07
8	1041	20,0	64141	503,51	8,36E+09	360,99	1,61E+07
9	1128	22,0	76464	600,24	1,17E+10	391,23	2,07E+07
10	1178	22,0	79862	626,92	1,33E+10	408,60	2,26E+07
11	1238	22,0	84009	659,47	1,55E+10	429,81	2,51E+07
12	1336	25,0	102953	808,18	2,21E+10	463,53	3,31E+07
13	1434	25,0	110676	868,80	2,75E+10	498,29	3,83E+07
14	1492	25,0	115192	904,26	3,10E+10	518,62	4,15E+07
15	1541	25,0	119053	934,57	3,42E+10	536,00	4,44E+07
16	1606	28,0	138830	1089,82	4,32E+10	558,08	5,38E+07
17	1655	28,0	143155	1123,77	4,74E+10	575,46	5,73E+07
18	1715	28,0	148396	1164,91	5,28E+10	596,53	6,16E+07
19	1764	28,0	152721	1198,86	5,76E+10	613,91	6,53E+07
20	1803	28,0	156130	1225,62	6,15E+10	627,61	6,82E+07
21	1852	28,0	160455	1259,57	6,68E+10	644,99	7,21E+07
22	1926	30,0	178678	1402,62	8,03E+10	670,36	8,34E+07
23	2024	30,0	187946	1475,37	9,34E+10	705,12	9,23E+07
24	2120	30,0	196978	1546,28	1,08E+11	739,00	1,01E+08
25	2213	30,0	205696	1614,71	1,22E+11	771,70	1,11E+08
26	2304	32,0	228423	1793,12	1,47E+11	803,41	1,28E+08
27	2396	32,0	237638	1865,46	1,66E+11	835,82	1,39E+08
28	2488	32,0	246854	1937,80	1,86E+11	868,22	1,50E+08
29	2579	32,0	256069	2010,14	2,08E+11	900,63	1,61E+08
30	2671	32,0	265284	2082,48	2,31E+11	933,04	1,73E+08
31	2763	32,0	274500	2154,82	2,56E+11	965,44	1,85E+08
32	2854	32,0	283715	2227,16	2,82E+11	997,85	1,98E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	72000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	71430	2 -- 3	2	2380	3,06E+04	1,12E+09
3	69050	3 -- 4	3	2950	3,56E+04	1,76E+09
4	66100	4 -- 5	4	2950	4,12E+04	2,73E+09
5	63150	5 -- 6	5	1150	4,99E+04	3,94E+09
6	62000	6 -- 7	6	1800	5,30E+04	4,71E+09
7	60200	7 -- 8	7	2950	5,80E+04	6,17E+09
8	57250	8 -- 9	8	2950	6,41E+04	8,36E+09
9	54300	9 -- 10	9	2300	7,65E+04	1,17E+10
10	52000	10 -- 11	10	650	7,99E+04	1,33E+10
11	51350	11 -- 12	11	2950	8,40E+04	1,55E+10
12	48400	12 -- 13	12	2950	1,03E+05	2,21E+10
13	45450	13 -- 14	13	2950	1,11E+05	2,75E+10
14	42500	14 -- 15	14	500	1,15E+05	3,10E+10
15	42000	15 -- 16	15	2450	1,19E+05	3,42E+10
16	39550	16 -- 17	16	1475	1,39E+05	4,32E+10
17	38075	17 -- 18	17	1475	1,43E+05	4,74E+10
18	36600	18 -- 19	18	2100	1,48E+05	5,28E+10
19	34500	19 -- 20	19	850	1,53E+05	5,76E+10
20	33650	20 -- 21	20	1475	1,56E+05	6,15E+10
21	32175	21 -- 22	21	1475	1,60E+05	6,68E+10
22	30700	22 -- 23	22	2950	1,79E+05	8,03E+10
23	27750	23 -- 24	23	2950	1,88E+05	9,34E+10
24	24800	24 -- 25	24	2800	1,97E+05	1,08E+11
25	22000	25 -- 26	25	2750	2,06E+05	1,22E+11
26	19250	26 -- 27	26	2750	2,28E+05	1,47E+11
27	16500	27 -- 28	27	2750	2,38E+05	1,66E+11
28	13750	28 -- 29	28	2750	2,47E+05	1,86E+11
29	11000	29 -- 30	29	2750	2,56E+05	2,08E+11
30	8250	30 -- 31	30	2750	2,65E+05	2,31E+11
31	5500	31 -- 32	31	2750	2,74E+05	2,56E+11
32	2750	32 -- 33	32	2750	2,84E+05	2,82E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	71,72	0,21	1,23	33,25	0,17	1513
2	70,24	0,21	1,23	33,13	0,17	1506
3	67,58	0,21	1,22	32,91	0,17	1491
4	64,63	0,21	1,21	32,66	0,17	1475
5	62,58	0,21	1,20	32,48	0,17	1463
6	61,10	0,21	1,20	32,34	0,17	1454
7	58,73	0,21	1,19	32,12	0,18	1439
8	55,78	0,21	1,18	31,83	0,18	1420
9	53,15	0,21	1,17	31,56	0,18	1403
10	51,68	0,21	1,16	31,40	0,18	1393
11	49,88	0,21	1,16	31,20	0,18	1380
12	46,93	0,21	1,14	30,85	0,18	1358
13	43,98	0,21	1,13	30,49	0,19	1335
14	42,25	0,21	1,12	30,26	0,19	1321
15	40,78	0,21	1,11	30,06	0,19	1308
16	38,81	0,21	1,10	29,78	0,19	1291
17	37,34	0,21	1,09	29,56	0,19	1277
18	35,55	0,21	1,08	29,28	0,19	1260
19	34,08	0,21	1,08	29,04	0,19	1246
20	32,91	0,21	1,07	28,85	0,20	1234
21	31,44	0,21	1,06	28,59	0,20	1218
22	29,23	0,21	1,04	28,18	0,20	1193
23	26,28	0,21	1,02	27,57	0,20	1157
24	23,40	0,21	1,00	26,92	0,21	1119
25	20,63	0,21	0,97	26,21	0,22	1077
26	17,88	0,21	0,94	25,40	0,22	1031
27	15,13	0,21	0,91	24,45	0,23	978
28	12,38	0,21	0,86	23,32	0,24	917
29	9,63	0,21	0,81	21,90	0,26	841
30	6,88	0,21	0,74	20,00	0,28	744
31	4,13	0,21	0,63	17,11	0,33	606
32	1,38	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	400	0,40	0,00	2,81E-02	1141,04
2	2 -- 3	6069	4081	5,81	0,61	2,81E-02	1125,01
3	3 -- 4	8686		11,88	21,66	2,80E-02	1058,13
4	4 -- 5	9974		20,57	69,52	2,77E-02	975,85
5	5 -- 6	4677		30,54	144,90	2,71E-02	894,88
6	6 -- 7	7757	33303	68,52	182,70	2,69E-02	863,79
7	7 -- 8	13865		76,28	313,02	2,65E-02	815,71
8	8 -- 9	15296		90,14	558,49	2,55E-02	738,94
9	9 -- 10	14151		105,44	846,97	2,43E-02	665,37
10	10 -- 11	4172	33936	153,52	1105,75	2,34E-02	610,45
11	11 -- 12	19897		157,70	1206,90	2,31E-02	595,33
12	12 -- 13	24284	7049	184,64	1701,45	2,18E-02	528,92
13	13 -- 14	26072		208,93	2281,97	2,06E-02	466,32
14	14 -- 15	4596		235,00	2936,76	1,92E-02	407,56
15	15 -- 16	23264	34631	274,23	3055,41	1,90E-02	398,00
16	16 -- 17	16296		297,49	3755,76	1,78E-02	352,83
17	17 -- 18	16797		313,79	4206,58	1,72E-02	326,99
18	18 -- 19	24778		330,58	4681,80	1,65E-02	302,11
19	19 -- 20	10318	8716	364,08	5402,04	1,56E-02	268,36
20	20 -- 21	18299		374,40	5715,89	1,52E-02	255,29
21	21 -- 22	18800		392,69	6281,62	1,45E-02	233,38
22	22 -- 23	41820		411,49	6874,71	1,38E-02	212,49
23	23 -- 24	43966		453,31	8150,31	1,25E-02	173,63
24	24 -- 25	43716	33268	530,55	9552,44	1,12E-02	138,67
25	25 -- 26	44817		574,26	11099,17	9,89E-03	109,14
26	26 -- 27	49723		619,08	12740,02	8,62E-03	83,65
27	27 -- 28	51713		668,80	14510,87	7,41E-03	61,58
28	28 -- 29	53702		720,52	16421,18	6,19E-03	42,84
29	29 -- 30	55691		774,22	18476,45	4,96E-03	27,48
30	30 -- 31	57681		829,91	20682,13	3,73E-03	15,49
31	31 -- 32	59670		887,59	23043,69	2,49E-03	6,91
32	32 -- 33	61660		947,26	25566,61	1,25E-03	1,74
33			47422	1056,34	28256,37	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	40,0	1,141	1925,07	222,705
2	2 -- 3	606,9	408,1	1,125	11003,41	1239,714
3	3 -- 4	868,6		1,058	8665,72	898,366
4	4 -- 5	997,4		0,976	9151,80	872,611
5	5 -- 6	467,7		0,895	4034,63	361,652
6	6 -- 7	775,7	3330,3	0,864	34610,91	3031,903
7	7 -- 8	1386,5		0,816	10572,89	837,770
8	8 -- 9	1529,6		0,739	10535,99	754,114
9	9 -- 10	1415,1		0,665	8855,33	575,832
10	10 -- 11	417,2	3393,6	0,610	22790,38	1416,293
11	11 -- 12	1989,7		0,595	10972,08	628,714
12	12 -- 13	2428,4	704,9	0,529	15512,20	798,540
13	13 -- 14	2607,2		0,466	11175,53	497,760
14	14 -- 15	459,6		0,408	1816,10	74,565
15	15 -- 16	2326,4	3463,1	0,398	22088,94	876,440
16	16 -- 17	1629,6		0,353	5433,90	188,279
17	17 -- 18	1679,7		0,327	5182,99	166,186
18	18 -- 19	2477,8		0,302	6933,32	201,593
19	19 -- 20	1031,8	871,6	0,268	4944,87	133,507
20	20 -- 21	1829,9		0,255	4386,17	109,245
21	21 -- 22	1880,0		0,233	4111,57	93,438
22	22 -- 23	4182,0		0,212	7920,43	155,875
23	23 -- 24	4396,6		0,174	6734,86	107,202
24	24 -- 25	4371,6	3326,8	0,139	9839,19	131,084
25	25 -- 26	4481,7		0,109	4238,01	41,643
26	26 -- 27	4972,3		0,084	3541,94	26,217
27	27 -- 28	5171,3		0,062	2648,62	14,096
28	28 -- 29	5370,2		0,043	1852,28	6,639
29	29 -- 30	5569,1		0,027	1173,77	2,571
30	30 -- 31	5768,1		0,015	633,86	0,724
31	31 -- 32	5967,0		0,007	253,28	0,112
32	32 -- 33	6166,0		0,002	52,71	0,005
33			4742,2	0,000	0,00	0,000
				Som	253593	14465

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,67	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	1019	0,993	0,570	0,56	572,92	0,57
2 -- 3	255	0,957	2,380	2,18	555,43	2,28
3 -- 4	294	0,891	2,950	2,34	690,00	2,63
4 -- 5	338	0,820	2,950	1,98	670,22	2,42
5 -- 6	3303	0,771	1,150	0,68	2255,63	0,89
6 -- 7	431	0,736	1,800	0,97	420,15	1,32
7 -- 8	470	0,681	2,950	1,37	643,46	2,01
8 -- 9	519	0,615	2,950	1,12	579,21	1,82
9 -- 10	2091	0,559	2,300	0,72	1502,93	1,29
10 -- 11	642	0,528	0,650	0,18	116,49	0,34
11 -- 12	913	0,493	2,950	0,72	653,98	1,45
12 -- 13	823	0,436	2,950	0,56	461,86	1,29
13 -- 14	884	0,383	2,950	0,43	382,31	1,13
14 -- 15	7845	0,353	0,500	0,06	488,78	0,18
15 -- 16	950	0,329	2,450	0,27	251,83	0,81
16 -- 17	1105	0,298	1,475	0,13	144,61	0,44
17 -- 18	1139	0,276	1,475	0,11	127,64	0,41
18 -- 19	1595	0,250	2,100	0,13	209,30	0,52
19 -- 20	1214	0,229	0,850	0,04	54,33	0,20
20 -- 21	1241	0,214	1,475	0,07	83,91	0,32
21 -- 22	1275	0,195	1,475	0,06	71,77	0,29
22 -- 23	1418	0,169	2,950	0,08	119,72	0,50
23 -- 24	2618	0,137	2,950	0,06	144,64	0,40
24 -- 25	1561	0,109	2,800	0,03	51,55	0,30
25 -- 26	1630	0,084	2,750	0,02	31,98	0,23
26 -- 27	1808	0,064	2,750	0,01	20,14	0,18
27 -- 28	1880	0,046	2,750	0,01	10,83	0,13
28 -- 29	1953	0,031	2,750	0,00	5,10	0,08
29 -- 30	2025	0,019	2,750	0,00	1,97	0,05
30 -- 31	2097	0,010	2,750	0,00	0,56	0,03
31 -- 32	2170	0,004	2,750	0,00	0,09	0,01
32 -- 33	3967	0,001	2,750	0,00	0,01	0,00
		Σ	72,00	14,90	11323,32	24,49

m_e = 11323,3 / 14,9 = 759,8 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,67	Hz
b =	1,70	m
h =	72,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	43,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	121,55	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,53

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,077	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,089	
$v_m(z_s)$ =	30,39	m/s
$v_m(z)$ =	33,27	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,43	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,43	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	18,16	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,67	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,50	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,55

$c_s c_d$ = 1,06

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	49,21	1,67E+06	0,80	0,82	0,66
2	49,08	1,83E+06	0,80	0,82	0,66
3	48,84	2,11E+06	0,80	0,82	0,65
4	48,57	2,42E+06	0,80	0,82	0,65
5	48,37	2,63E+06	0,80	0,82	0,65
6	48,23	2,78E+06	0,80	0,82	0,65
7	47,99	3,02E+06	0,80	0,82	0,65
8	47,67	3,31E+06	0,80	0,82	0,65
9	47,38	3,56E+06	0,79	0,82	0,65
10	47,20	3,71E+06	0,79	0,82	0,65
11	46,99	3,88E+06	0,79	0,82	0,65
12	46,61	4,15E+06	0,79	0,82	0,65
13	46,21	4,42E+06	0,79	0,82	0,65
14	45,97	4,57E+06	0,79	0,82	0,65
15	45,75	4,70E+06	0,79	0,82	0,65
16	45,44	4,87E+06	0,79	0,82	0,65
17	45,21	4,99E+06	0,79	0,82	0,65
18	44,90	5,13E+06	0,79	0,82	0,64
19	44,64	5,25E+06	0,79	0,82	0,64
20	44,43	5,34E+06	0,79	0,82	0,64
21	44,14	5,45E+06	0,79	0,82	0,64
22	43,69	5,61E+06	0,79	0,82	0,64
23	43,03	5,81E+06	0,79	0,82	0,64
24	42,31	5,98E+06	0,78	0,82	0,64
25	41,52	6,12E+06	0,78	0,82	0,64
26	40,62	6,24E+06	0,78	0,82	0,64
27	39,57	6,32E+06	0,78	0,82	0,64
28	38,29	6,35E+06	0,78	0,82	0,64
29	36,69	6,31E+06	0,78	0,82	0,63
30	34,51	6,14E+06	0,77	0,82	0,63
31	31,14	5,73E+06	0,77	0,82	0,63
32	30,93	5,89E+06	0,77	0,82	0,63

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	71,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AE, AE1 en AE2		
1e traverse - 380C1F1	62,00	1			
2e traverse - 380C1F2	52,00	1			
3e traverse - 380C1F3	42,00	1			
Retourstroomgeleider	34,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	71,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	62,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	52,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	42,00	0,000
Retourstroomgeleider	34,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	71,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	62,00	1			
2e traverse - 380C1F2	52,00	1			
3e traverse - 380C1F3	42,00	1			
Retourstroomgeleider	34,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,190	0,068	417	0,731
2	5712	357	6069	0,871	0,286	1852	0,778
3	8243	443	8686	1,249	0,354	2542	0,862
4	9531	443	9974	1,436	0,354	2807	0,952
5	4505	173	4677	0,610	0,138	1164	1,012
6	7487	270	7757	1,012	0,216	1899	1,055
7	13423	443	13865	1,809	0,354	3312	1,123
8	14853	443	15296	1,995	0,354	3549	1,203
9	13806	345	14151	1,685	0,276	2926	1,272
10	4075	98	4172	0,497	0,078	851	1,309
11	19454	443	19897	2,367	0,354	3993	1,354
12	23841	443	24284	2,552	0,354	4197	1,423
13	25630	443	26072	2,737	0,354	4388	1,487
14	4521	75	4596	0,482	0,060	761	1,523
15	22897	368	23264	2,439	0,294	3802	1,552
16	16075	221	16296	1,529	0,177	2343	1,588
17	16576	221	16797	1,575	0,177	2381	1,614
18	24463	315	24778	2,322	0,252	3450	1,643
19	10190	128	10318	0,966	0,102	1415	1,665
20	18078	221	18299	1,713	0,177	2479	1,681
21	18579	221	18800	1,758	0,177	2507	1,700
22	41377	443	41820	3,653	0,354	5084	1,724
23	43524	443	43966	3,834	0,354	5155	1,747
24	43296	420	43716	3,806	0,336	4928	1,760
25	44405	413	44817	3,895	0,330	4841	1,760
26	49311	413	49723	4,049	0,330	4803	1,747
27	51300	413	51713	4,202	0,330	4716	1,715
28	53290	413	53702	4,352	0,330	4564	1,660
29	55279	413	55691	4,497	0,330	4319	1,571
30	57268	413	57681	4,636	0,330	3932	1,430
31	59258	413	59670	4,758	0,330	3280	1,193
32	61247	413	61660	4,913	0,330	3335	1,213
	842737	10800	853537	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	82564

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2798	480	480	480	480
2	2 -- 3	3060	4801	5444	21108	7143
3	3 -- 4	3533				
4	4 -- 5	4057				
5	5 -- 6	4880				
6	6 -- 7	5171	39118	43647	70668	49933
7	7 -- 8	5640				
8	8 -- 9	6222				
9	9 -- 10	7383				
10	10 -- 11	7703	39865	44242	71385	50511
11	11 -- 12	8094				
12	12 -- 13	9878	8459	8459	8459	8459
13	13 -- 14	10606				
14	14 -- 15	11031				
15	15 -- 16	11395	40692	44848	72139	51097
16	16 -- 17	13258				
17	17 -- 18	13665				
18	18 -- 19	14159				
19	19 -- 20	14566	10231	11378	43027	14749
20	20 -- 21	14887				
21	21 -- 22	15295				
22	22 -- 23	17011				
23	23 -- 24	17884				
24	24 -- 25	18735	39921	39921	39921	39921
25	25 -- 26	19557				
26	26 -- 27	21697				
27	27 -- 28	22566				
28	28 -- 29	23434				
29	29 -- 30	24302				
30	30 -- 31	25170				
31	31 -- 32	26038				
32	32 -- 33	26906				
33			56906	56906	56906	56906

KEMA rapport - bijlage AE - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3540 / 2200 , t = 100 mm ; G = 4742 kg
Flenzen op 24,8m : 2 * rond 2073 / 1540 , t = 140 mm ; G = 3325 kg
Flenzen op 48,4m : 2 * rond 1287 / 970 , t = 80 mm ; G = 705 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 62m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 52m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 42m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	731				
2	2 -- 3	778	30650	18038	49333	19196
3	3 -- 4	862				
4	4 -- 5	952				
5	5 -- 6	1012				
6	6 -- 7	1055	191970	135136	195220	131715
7	7 -- 8	1123				
8	8 -- 9	1203				
9	9 -- 10	1272				
10	10 -- 11	1309	184469	134302	192463	130951
11	11 -- 12	1354				
12	12 -- 13	1423				
13	13 -- 14	1487				
14	14 -- 15	1523				
15	15 -- 16	1552	175290	133303	189161	130033
16	16 -- 17	1588				
17	17 -- 18	1614				
18	18 -- 19	1643				
19	19 -- 20	1665	50824	35573	92867	38231
20	20 -- 21	1681				
21	21 -- 22	1700				
22	22 -- 23	1724				
23	23 -- 24	1747				
24	24 -- 25	1760				
25	25 -- 26	1760				
26	26 -- 27	1747				
27	27 -- 28	1715				
28	28 -- 29	1660				
29	29 -- 30	1571				
30	30 -- 31	1430				
31	31 -- 32	1193				
32	32 -- 33	1213				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AE2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1169				
2	2 -- 3	1245	41614	21602	65356	23766
3	3 -- 4	1379				
4	4 -- 5	1523				
5	5 -- 6	1620				
6	6 -- 7	1688	255309	158718	248175	159251
7	7 -- 8	1796				
8	8 -- 9	1925				
9	9 -- 10	2035				
10	10 -- 11	2095	244211	157378	243996	158046
11	11 -- 12	2166				
12	12 -- 13	2276				
13	13 -- 14	2380				
14	14 -- 15	2437				
15	15 -- 16	2483	230520	155774	238980	156599
16	16 -- 17	2541				
17	17 -- 18	2582				
18	18 -- 19	2629				
19	19 -- 20	2664	67624	41989	122013	46841
20	20 -- 21	2689				
21	21 -- 22	2719				
22	22 -- 23	2758				
23	23 -- 24	2796				
24	24 -- 25	2816				
25	25 -- 26	2817				
26	26 -- 27	2795				
27	27 -- 28	2744				
28	28 -- 29	2655				
29	29 -- 30	2513				
30	30 -- 31	2288				
31	31 -- 32	1908				
32	32 -- 33	1940				
33		0				

KEMA rapport - bijlage O - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	417		0	0,00E+00	4,15E-03	158
2	2 -- 3	1852		417	1,32E+05	4,15E-03	156
3	3 -- 4	2542		2269	3,44E+06	4,13E-03	146
4	4 -- 5	2807		4811	1,41E+07	4,07E-03	134
5	5 -- 6	1164		7618	3,28E+07	3,95E-03	122
6	6 -- 7	1899		8782	4,26E+07	3,90E-03	117
7	7 -- 8	3312		10682	6,06E+07	3,81E-03	110
8	8 -- 9	3549		13993	9,80E+07	3,63E-03	99
9	9 -- 10	2926		17543	1,46E+08	3,43E-03	89
10	10 -- 11	851		20468	1,90E+08	3,27E-03	81
11	11 -- 12	3993		21319	2,04E+08	3,23E-03	79
12	12 -- 13	4197		25312	2,75E+08	3,01E-03	70
13	13 -- 14	4388		29510	3,57E+08	2,81E-03	61
14	14 -- 15	761		33897	4,53E+08	2,61E-03	53
15	15 -- 16	3802		34659	4,70E+08	2,57E-03	52
16	16 -- 17	2343		38461	5,62E+08	2,39E-03	46
17	17 -- 18	2381		40804	6,21E+08	2,30E-03	42
18	18 -- 19	3450		43184	6,84E+08	2,20E-03	39
19	19 -- 20	1415		46634	7,80E+08	2,06E-03	35
20	20 -- 21	2479		48049	8,21E+08	2,01E-03	33
21	21 -- 22	2507		50529	8,95E+08	1,91E-03	30
22	22 -- 23	5084		53035	9,72E+08	1,81E-03	27
23	23 -- 24	5155		58120	1,14E+09	1,63E-03	22
24	24 -- 25	4928		63275	1,32E+09	1,44E-03	18
25	25 -- 26	4841		68203	1,51E+09	1,27E-03	14
26	26 -- 27	4803		73044	1,70E+09	1,10E-03	10
27	27 -- 28	4716		77848	1,91E+09	9,36E-04	8
28	28 -- 29	4564		82564	2,13E+09	7,77E-04	5
29	29 -- 30	4319		87127	2,37E+09	6,18E-04	3
30	30 -- 31	3932		91447	2,62E+09	4,61E-04	2
31	31 -- 32	3280		95379	2,87E+09	3,06E-04	1
32	32 -- 33	3335		98658	3,14E+09	1,52E-04	0
33		0		101993	3,42E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,37E-02	1976
2	2 -- 3		30650	205308	1,75E+05	5,37E-02	1945
3	3 -- 4			1692823	7,46E+07	5,33E-02	1818
4	4 -- 5			4844842	1,68E+08	5,24E-02	1662
5	5 -- 6			9432813	2,63E+08	5,13E-02	1509
6	6 -- 7		191970	13577691	3,02E+08	5,09E-02	1450
7	7 -- 8			20386070	7,10E+08	5,00E-02	1359
8	8 -- 9			33162907	1,38E+09	4,76E-02	1215
9	9 -- 10			47299305	2,05E+09	4,47E-02	1078
10	10 -- 11		184469	62643287	2,58E+09	4,26E-02	978
11	11 -- 12			66900508	2,85E+09	4,19E-02	950
12	12 -- 13			88569128	4,07E+09	3,88E-02	831
13	13 -- 14			111231470	5,29E+09	3,58E-02	721
14	14 -- 15			134680330	6,52E+09	3,28E-02	619
15	15 -- 16		175290	139249788	6,72E+09	3,23E-02	603
16	16 -- 17			161547522	8,17E+09	2,98E-02	527
17	17 -- 18			174800078	9,05E+09	2,84E-02	484
18	18 -- 19			188091199	9,92E+09	2,70E-02	443
19	19 -- 20		50824	207713331	1,12E+10	2,50E-02	389
20	20 -- 21			215417184	1,17E+10	2,42E-02	368
21	21 -- 22			228818209	1,27E+10	2,28E-02	333
22	22 -- 23			242034136	1,36E+10	2,14E-02	300
23	23 -- 24			268598478	1,55E+10	1,89E-02	241
24	24 -- 25			295824456	1,74E+10	1,64E-02	189
25	25 -- 26			320041906	1,92E+10	1,41E-02	146
26	26 -- 27			341984810	2,10E+10	1,20E-02	110
27	27 -- 28			361990233	2,27E+10	1,01E-02	80
28	28 -- 29			379834698	2,45E+10	8,19E-03	54
29	29 -- 30			395186304	2,62E+10	6,41E-03	34
30	30 -- 31			407713786	2,80E+10	4,70E-03	19
31	31 -- 32			417086373	2,97E+10	3,07E-03	8
32	32 -- 33			422973673	3,15E+10	1,50E-03	2
33				425142974	3,32E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,72E-02	1391
2	2 -- 3		18038	18038	1,21E+05	3,72E-02	1370
3	3 -- 4			18038	4,41E+07	3,70E-02	1282
4	4 -- 5			18038	9,95E+07	3,64E-02	1173
5	5 -- 6			18038	1,56E+08	3,57E-02	1067
6	6 -- 7		135136	153173	1,79E+08	3,55E-02	1026
7	7 -- 8			153173	4,60E+08	3,49E-02	962
8	8 -- 9			153173	9,21E+08	3,34E-02	861
9	9 -- 10			153173	1,38E+09	3,14E-02	766
10	10 -- 11		134302	287475	1,75E+09	3,00E-02	695
11	11 -- 12			287475	1,94E+09	2,96E-02	676
12	12 -- 13			287475	2,80E+09	2,74E-02	591
13	13 -- 14			287475	3,66E+09	2,54E-02	513
14	14 -- 15			287475	4,53E+09	2,33E-02	441
15	15 -- 16		133303	420778	4,67E+09	2,29E-02	430
16	16 -- 17			420778	5,72E+09	2,12E-02	376
17	17 -- 18			420778	6,35E+09	2,02E-02	345
18	18 -- 19			420778	6,98E+09	1,92E-02	316
19	19 -- 20		35573	456351	7,88E+09	1,78E-02	277
20	20 -- 21			456351	8,27E+09	1,72E-02	262
21	21 -- 22			456351	8,95E+09	1,62E-02	238
22	22 -- 23			456351	9,64E+09	1,53E-02	214
23	23 -- 24			456351	1,10E+10	1,35E-02	172
24	24 -- 25			456351	1,24E+10	1,17E-02	135
25	25 -- 26			456351	1,37E+10	1,01E-02	104
26	26 -- 27			456351	1,49E+10	8,57E-03	79
27	27 -- 28			456351	1,62E+10	7,19E-03	57
28	28 -- 29			456351	1,75E+10	5,86E-03	39
29	29 -- 30			456351	1,87E+10	4,58E-03	25
30	30 -- 31			456351	2,00E+10	3,36E-03	14
31	31 -- 32			456351	2,13E+10	2,19E-03	6
32	32 -- 33			456351	2,25E+10	1,07E-03	1
33				456351	2,38E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,19E-02	2217
2	2 -- 3		49333	49333	2,02E+05	6,19E-02	2182
3	3 -- 4			49333	1,19E+08	6,14E-02	2035
4	4 -- 5			49333	2,68E+08	5,98E-02	1856
5	5 -- 6			49333	4,19E+08	5,81E-02	1682
6	6 -- 7		195220	244553	4,80E+08	5,74E-02	1616
7	7 -- 8			244553	9,28E+08	5,62E-02	1513
8	8 -- 9			244553	1,66E+09	5,32E-02	1352
9	9 -- 10			244553	2,40E+09	4,98E-02	1199
10	10 -- 11		192463	437016	2,98E+09	4,73E-02	1087
11	11 -- 12			437016	3,27E+09	4,66E-02	1057
12	12 -- 13			437016	4,58E+09	4,31E-02	924
13	13 -- 14			437016	5,90E+09	3,97E-02	802
14	14 -- 15			437016	7,21E+09	3,64E-02	690
15	15 -- 16		189161	626177	7,44E+09	3,58E-02	672
16	16 -- 17			626177	8,99E+09	3,30E-02	587
17	17 -- 18			626177	9,93E+09	3,15E-02	540
18	18 -- 19			626177	1,09E+10	3,00E-02	494
19	19 -- 20		92867	719044	1,22E+10	2,78E-02	434
20	20 -- 21			719044	1,28E+10	2,69E-02	410
21	21 -- 22			719044	1,39E+10	2,54E-02	372
22	22 -- 23			719044	1,50E+10	2,38E-02	335
23	23 -- 24			719044	1,71E+10	2,10E-02	269
24	24 -- 25			719044	1,93E+10	1,83E-02	211
25	25 -- 26			719044	2,13E+10	1,58E-02	163
26	26 -- 27			719044	2,33E+10	1,34E-02	123
27	27 -- 28			719044	2,53E+10	1,12E-02	89
28	28 -- 29			719044	2,73E+10	9,17E-03	61
29	29 -- 30			719044	2,93E+10	7,18E-03	39
30	30 -- 31			719044	3,13E+10	5,27E-03	21
31	31 -- 32			719044	3,33E+10	3,44E-03	9
32	32 -- 33			719044	3,53E+10	1,68E-03	2
33				719044	3,73E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,68E-02	1372
2	2 -- 3		19196	19196	1,20E+05	3,68E-02	1351
3	3 -- 4			19196	4,68E+07	3,66E-02	1263
4	4 -- 5			19196	1,06E+08	3,60E-02	1156
5	5 -- 6			19196	1,65E+08	3,53E-02	1051
6	6 -- 7		131715	150911	1,90E+08	3,51E-02	1011
7	7 -- 8			150911	4,67E+08	3,45E-02	948
8	8 -- 9			150911	9,21E+08	3,29E-02	848
9	9 -- 10			150911	1,38E+09	3,10E-02	754
10	10 -- 11		130951	281862	1,73E+09	2,95E-02	684
11	11 -- 12			281862	1,92E+09	2,91E-02	665
12	12 -- 13			281862	2,77E+09	2,70E-02	582
13	13 -- 14			281862	3,61E+09	2,50E-02	505
14	14 -- 15			281862	4,46E+09	2,29E-02	435
15	15 -- 16		130033	411895	4,60E+09	2,26E-02	423
16	16 -- 17			411895	5,63E+09	2,08E-02	370
17	17 -- 18			411895	6,25E+09	1,99E-02	340
18	18 -- 19			411895	6,86E+09	1,89E-02	311
19	19 -- 20		38231	450126	7,74E+09	1,75E-02	273
20	20 -- 21			450126	8,13E+09	1,70E-02	258
21	21 -- 22			450126	8,80E+09	1,60E-02	234
22	22 -- 23			450126	9,48E+09	1,50E-02	211
23	23 -- 24			450126	1,08E+10	1,33E-02	169
24	24 -- 25			450126	1,22E+10	1,15E-02	133
25	25 -- 26			450126	1,34E+10	9,94E-03	103
26	26 -- 27			450126	1,47E+10	8,44E-03	77
27	27 -- 28			450126	1,60E+10	7,08E-03	56
28	28 -- 29			450126	1,72E+10	5,77E-03	38
29	29 -- 30			450126	1,85E+10	4,52E-03	24
30	30 -- 31			450126	1,97E+10	3,31E-03	13
31	31 -- 32			450126	2,09E+10	2,16E-03	6
32	32 -- 33			450126	2,22E+10	1,06E-03	1
33				450126	2,34E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,35E-04	2
2	2 -- 3				3,10E+06	1,35E-04	2
3	3 -- 4				3,10E+06	1,03E-04	2
4	4 -- 5				3,10E+06	7,86E-05	2
5	5 -- 6				3,10E+06	6,26E-05	1
6	6 -- 7				3,10E+06	5,83E-05	1
7	7 -- 8				3,10E+06	5,27E-05	1
8	8 -- 9				3,10E+06	4,56E-05	1
9	9 -- 10				3,10E+06	4,04E-05	1
10	10 -- 11				3,10E+06	3,75E-05	1
11	11 -- 12				3,10E+06	3,68E-05	1
12	12 -- 13				3,10E+06	3,40E-05	1
13	13 -- 14				3,10E+06	3,20E-05	1
14	14 -- 15				3,10E+06	3,04E-05	1
15	15 -- 16				3,10E+06	3,02E-05	1
16	16 -- 17				3,10E+06	2,91E-05	0
17	17 -- 18				3,10E+06	2,86E-05	0
18	18 -- 19				3,10E+06	2,82E-05	0
19	19 -- 20				2,12E+07	2,76E-05	0
20	20 -- 21				2,12E+07	2,61E-05	0
21	21 -- 22				2,12E+07	2,37E-05	0
22	22 -- 23				2,12E+07	2,14E-05	0
23	23 -- 24				2,12E+07	1,77E-05	0
24	24 -- 25				2,12E+07	1,45E-05	0
25	25 -- 26				2,12E+07	1,19E-05	0
26	26 -- 27				2,12E+07	9,65E-06	0
27	27 -- 28				2,12E+07	7,77E-06	0
28	28 -- 29				2,12E+07	6,09E-06	0
29	29 -- 30				2,12E+07	4,60E-06	0
30	30 -- 31				2,12E+07	3,27E-06	0
31	31 -- 32				2,12E+07	2,07E-06	0
32	32 -- 33				2,12E+07	9,82E-07	0
33					2,12E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

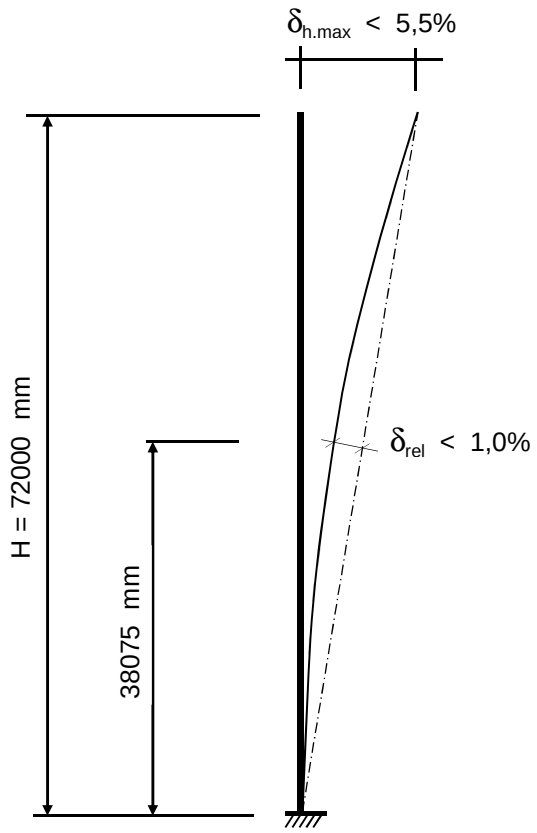
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,3E-02	2267
2	2 -- 3	6,3E-02	2231
3	3 -- 4	6,3E-02	2081
4	4 -- 5	6,1E-02	1898
5	5 -- 6	5,9E-02	1720
6	6 -- 7	5,9E-02	1652
7	7 -- 8	5,7E-02	1548
8	8 -- 9	5,4E-02	1382
9	9 -- 10	5,1E-02	1227
10	10 -- 11	4,8E-02	1113
11	11 -- 12	4,8E-02	1081
12	12 -- 13	4,4E-02	946
13	13 -- 14	4,1E-02	821
14	14 -- 15	3,7E-02	706
15	15 -- 16	3,7E-02	688
16	16 -- 17	3,4E-02	601
17	17 -- 18	3,2E-02	553
18	18 -- 19	3,1E-02	506
19	19 -- 20	2,8E-02	444
20	20 -- 21	2,8E-02	420
21	21 -- 22	2,6E-02	381
22	22 -- 23	2,4E-02	344
23	23 -- 24	2,2E-02	276
24	24 -- 25	1,9E-02	216
25	25 -- 26	1,6E-02	167
26	26 -- 27	1,4E-02	126
27	27 -- 28	1,2E-02	91
28	28 -- 29	9,4E-03	63
29	29 -- 30	7,4E-03	40
30	30 -- 31	5,4E-03	22
31	31 -- 32	3,5E-03	10
32	32 -- 33	1,7E-03	2
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 2267 mm ----> δ_h *100 / 72000

Percentage uitbuig. = 3,15 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 17 ; Hoogte = 38075 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 553 mm
α = 1,80 graden

δ_{rel} = 646 mm ----> δ_h *100 / 72000

Percentage uitbuig. = 0,90 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	625	480	0	0,00E+00	6,52E-03	248
2	2 -- 3	2778	6876	667	1,90E+05	6,52E-03	245
3	3 -- 4	3813	14159	3630	5,30E+06	6,49E-03	229
4	4 -- 5	4211	24582	7697	2,20E+07	6,39E-03	210
5	5 -- 6	1746	36550	12189	5,13E+07	6,21E-03	192
6	6 -- 7	2849	81281	14052	6,64E+07	6,13E-03	184
7	7 -- 8	4967	90589	17091	9,45E+07	5,98E-03	174
8	8 -- 9	5324	107228	22389	1,53E+08	5,70E-03	156
9	9 -- 10	4388	125583	28068	2,27E+08	5,39E-03	140
10	10 -- 11	1277	182429	32749	2,97E+08	5,14E-03	128
11	11 -- 12	5990	187436	34111	3,19E+08	5,07E-03	124
12	12 -- 13	6296	219771	40500	4,29E+08	4,73E-03	110
13	13 -- 14	6582	248912	47215	5,58E+08	4,42E-03	96
14	14 -- 15	1142	280198	54236	7,08E+08	4,10E-03	84
15	15 -- 16	5703	326406	55454	7,35E+08	4,04E-03	82
16	16 -- 17	3514	354323	61538	8,79E+08	3,77E-03	72
17	17 -- 18	3571	373878	65286	9,72E+08	3,62E-03	67
18	18 -- 19	5175	394034	69095	1,07E+09	3,47E-03	62
19	19 -- 20	2123	433999	74615	1,22E+09	3,25E-03	54
20	20 -- 21	3719	446380	76879	1,29E+09	3,16E-03	52
21	21 -- 22	3760	468339	80846	1,40E+09	3,01E-03	47
22	22 -- 23	7627	490899	84857	1,53E+09	2,86E-03	43
23	23 -- 24	7732	541083	92992	1,79E+09	2,57E-03	35
24	24 -- 25	7392	633764	101240	2,07E+09	2,28E-03	28
25	25 -- 26	7262	686222	109125	2,37E+09	2,00E-03	22
26	26 -- 27	7205	740003	116871	2,68E+09	1,73E-03	17
27	27 -- 28	7074	799671	124556	3,01E+09	1,48E-03	12
28	28 -- 29	6846	861726	132102	3,36E+09	1,23E-03	8
29	29 -- 30	6479	926169	139404	3,74E+09	9,77E-04	5
30	30 -- 31	5898	992998	146315	4,13E+09	7,30E-04	3
31	31 -- 32	4919	1062215	152606	4,54E+09	4,84E-04	1
32	32 -- 33	5002	1133819	157853	4,97E+09	2,40E-04	0
33		0	1264717	163189	5,41E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,03E-02	2583
2	2 -- 3		41614	41614	0,00E+00	7,03E-02	2543
3	3 -- 4			41614	9,90E+07	6,98E-02	2376
4	4 -- 5			41614	2,22E+08	6,85E-02	2172
5	5 -- 6			41614	3,45E+08	6,70E-02	1972
6	6 -- 7		255309	296923	3,92E+08	6,65E-02	1895
7	7 -- 8			296923	9,27E+08	6,53E-02	1777
8	8 -- 9			296923	1,80E+09	6,22E-02	1588
9	9 -- 10			296923	2,68E+09	5,84E-02	1410
10	10 -- 11		244211	541134	3,36E+09	5,56E-02	1278
11	11 -- 12			541134	3,71E+09	5,48E-02	1242
12	12 -- 13			541134	5,31E+09	5,07E-02	1086
13	13 -- 14			541134	6,91E+09	4,68E-02	942
14	14 -- 15			541134	8,50E+09	4,29E-02	810
15	15 -- 16		230520	771654	8,77E+09	4,22E-02	788
16	16 -- 17			771654	1,07E+10	3,89E-02	689
17	17 -- 18			771654	1,18E+10	3,71E-02	633
18	18 -- 19			771654	1,29E+10	3,53E-02	579
19	19 -- 20		67624	839278	1,46E+10	3,27E-02	508
20	20 -- 21			839278	1,53E+10	3,16E-02	481
21	21 -- 22			839278	1,65E+10	2,98E-02	435
22	22 -- 23			839278	1,77E+10	2,80E-02	393
23	23 -- 24			839278	2,02E+10	2,47E-02	315
24	24 -- 25			839278	2,27E+10	2,14E-02	247
25	25 -- 26			839278	2,51E+10	1,85E-02	191
26	26 -- 27			839278	2,74E+10	1,57E-02	144
27	27 -- 28			839278	2,97E+10	1,32E-02	104
28	28 -- 29			839278	3,20E+10	1,07E-02	71
29	29 -- 30			839278	3,43E+10	8,39E-03	45
30	30 -- 31			839278	3,66E+10	6,15E-03	25
31	31 -- 32			839278	3,89E+10	4,01E-03	11
32	32 -- 33			839278	4,12E+10	1,96E-03	3
33				839278	4,35E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,30E-02	1608
2	2 -- 3		21602	21602	0,00E+00	4,30E-02	1583
3	3 -- 4			21602	5,14E+07	4,27E-02	1481
4	4 -- 5			21602	1,15E+08	4,21E-02	1356
5	5 -- 6			21602	1,79E+08	4,13E-02	1233
6	6 -- 7		158718	180320	2,04E+08	4,10E-02	1186
7	7 -- 8			180320	5,28E+08	4,04E-02	1112
8	8 -- 9			180320	1,06E+09	3,86E-02	996
9	9 -- 10			180320	1,59E+09	3,63E-02	885
10	10 -- 11		157378	337698	2,01E+09	3,46E-02	803
11	11 -- 12			337698	2,23E+09	3,42E-02	781
12	12 -- 13			337698	3,22E+09	3,17E-02	684
13	13 -- 14			337698	4,22E+09	2,93E-02	594
14	14 -- 15			337698	5,22E+09	2,69E-02	510
15	15 -- 16		155774	493472	5,38E+09	2,65E-02	497
16	16 -- 17			493472	6,59E+09	2,45E-02	435
17	17 -- 18			493472	7,32E+09	2,33E-02	399
18	18 -- 19			493472	8,05E+09	2,22E-02	366
19	19 -- 20		41989	535461	9,08E+09	2,06E-02	321
20	20 -- 21			535461	9,54E+09	1,99E-02	304
21	21 -- 22			535461	1,03E+10	1,88E-02	275
22	22 -- 23			535461	1,11E+10	1,77E-02	248
23	23 -- 24			535461	1,27E+10	1,56E-02	199
24	24 -- 25			535461	1,43E+10	1,35E-02	156
25	25 -- 26			535461	1,58E+10	1,17E-02	121
26	26 -- 27			535461	1,73E+10	9,91E-03	91
27	27 -- 28			535461	1,87E+10	8,32E-03	66
28	28 -- 29			535461	2,02E+10	6,78E-03	45
29	29 -- 30			535461	2,17E+10	5,31E-03	28
30	30 -- 31			535461	2,31E+10	3,89E-03	16
31	31 -- 32			535461	2,46E+10	2,54E-03	7
32	32 -- 33			535461	2,61E+10	1,24E-03	2
33				535461	2,76E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,83E-02	2792
2	2 -- 3		65356	65356	0,00E+00	7,83E-02	2747
3	3 -- 4			65356	1,56E+08	7,75E-02	2562
4	4 -- 5			65356	3,48E+08	7,55E-02	2336
5	5 -- 6			65356	5,41E+08	7,32E-02	2116
6	6 -- 7		248175	313531	6,16E+08	7,24E-02	2033
7	7 -- 8			313531	1,18E+09	7,07E-02	1904
8	8 -- 9			313531	2,11E+09	6,70E-02	1700
9	9 -- 10			313531	3,03E+09	6,27E-02	1508
10	10 -- 11		243996	557527	3,75E+09	5,95E-02	1368
11	11 -- 12			557527	4,11E+09	5,86E-02	1329
12	12 -- 13			557527	5,76E+09	5,41E-02	1163
13	13 -- 14			557527	7,40E+09	4,99E-02	1009
14	14 -- 15			557527	9,05E+09	4,57E-02	868
15	15 -- 16		238980	796507	9,33E+09	4,50E-02	845
16	16 -- 17			796507	1,13E+10	4,15E-02	739
17	17 -- 18			796507	1,25E+10	3,96E-02	679
18	18 -- 19			796507	1,36E+10	3,77E-02	622
19	19 -- 20		122013	918520	1,53E+10	3,49E-02	546
20	20 -- 21			918520	1,61E+10	3,38E-02	516
21	21 -- 22			918520	1,74E+10	3,19E-02	468
22	22 -- 23			918520	1,88E+10	3,00E-02	422
23	23 -- 24			918520	2,15E+10	2,65E-02	339
24	24 -- 25			918520	2,42E+10	2,30E-02	266
25	25 -- 26			918520	2,68E+10	1,99E-02	206
26	26 -- 27			918520	2,93E+10	1,69E-02	155
27	27 -- 28			918520	3,18E+10	1,42E-02	112
28	28 -- 29			918520	3,44E+10	1,15E-02	77
29	29 -- 30			918520	3,69E+10	9,04E-03	49
30	30 -- 31			918520	3,94E+10	6,64E-03	27
31	31 -- 32			918520	4,19E+10	4,33E-03	12
32	32 -- 33			918520	4,45E+10	2,12E-03	3
33				918520	4,70E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,39E-02	1634
2	2 -- 3		23766	23766	0,00E+00	4,39E-02	1609
3	3 -- 4			23766	5,66E+07	4,36E-02	1505
4	4 -- 5			23766	1,27E+08	4,29E-02	1377
5	5 -- 6			23766	1,97E+08	4,21E-02	1252
6	6 -- 7		159251	183017	2,24E+08	4,18E-02	1204
7	7 -- 8			183017	5,54E+08	4,11E-02	1129
8	8 -- 9			183017	1,09E+09	3,92E-02	1010
9	9 -- 10			183017	1,63E+09	3,69E-02	898
10	10 -- 11		158046	341063	2,05E+09	3,52E-02	815
11	11 -- 12			341063	2,28E+09	3,47E-02	792
12	12 -- 13			341063	3,28E+09	3,21E-02	694
13	13 -- 14			341063	4,29E+09	2,97E-02	602
14	14 -- 15			341063	5,29E+09	2,73E-02	518
15	15 -- 16		156599	497662	5,46E+09	2,69E-02	504
16	16 -- 17			497662	6,68E+09	2,48E-02	441
17	17 -- 18			497662	7,42E+09	2,37E-02	405
18	18 -- 19			497662	8,15E+09	2,25E-02	371
19	19 -- 20		46841	544503	9,20E+09	2,09E-02	326
20	20 -- 21			544503	9,66E+09	2,02E-02	308
21	21 -- 22			544503	1,05E+10	1,91E-02	279
22	22 -- 23			544503	1,13E+10	1,79E-02	252
23	23 -- 24			544503	1,29E+10	1,58E-02	202
24	24 -- 25			544503	1,45E+10	1,37E-02	158
25	25 -- 26			544503	1,60E+10	1,19E-02	123
26	26 -- 27			544503	1,75E+10	1,01E-02	92
27	27 -- 28			544503	1,90E+10	8,44E-03	67
28	28 -- 29			544503	2,05E+10	6,88E-03	46
29	29 -- 30			544503	2,20E+10	5,39E-03	29
30	30 -- 31			544503	2,35E+10	3,95E-03	16
31	31 -- 32			544503	2,50E+10	2,58E-03	7
32	32 -- 33			544503	2,65E+10	1,26E-03	2
33				544503	2,80E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,58E-04	3
2	2 -- 3				3,65E+06	1,58E-04	3
3	3 -- 4				3,65E+06	1,21E-04	2
4	4 -- 5				3,65E+06	9,24E-05	2
5	5 -- 6				3,65E+06	7,36E-05	2
6	6 -- 7				3,65E+06	6,85E-05	2
7	7 -- 8				3,65E+06	6,19E-05	1
8	8 -- 9				3,65E+06	5,36E-05	1
9	9 -- 10				3,65E+06	4,75E-05	1
10	10 -- 11				3,65E+06	4,40E-05	1
11	11 -- 12				3,65E+06	4,32E-05	1
12	12 -- 13				3,65E+06	3,99E-05	1
13	13 -- 14				3,65E+06	3,76E-05	1
14	14 -- 15				3,65E+06	3,57E-05	1
15	15 -- 16				3,65E+06	3,54E-05	1
16	16 -- 17				3,65E+06	3,42E-05	1
17	17 -- 18				3,65E+06	3,36E-05	1
18	18 -- 19				3,65E+06	3,31E-05	0
19	19 -- 20				2,49E+07	3,24E-05	0
20	20 -- 21				2,49E+07	3,06E-05	0
21	21 -- 22				2,49E+07	2,78E-05	0
22	22 -- 23				2,49E+07	2,52E-05	0
23	23 -- 24				2,49E+07	2,08E-05	0
24	24 -- 25				2,49E+07	1,71E-05	0
25	25 -- 26				2,49E+07	1,40E-05	0
26	26 -- 27				2,49E+07	1,13E-05	0
27	27 -- 28				2,49E+07	9,12E-06	0
28	28 -- 29				2,49E+07	7,16E-06	0
29	29 -- 30				2,49E+07	5,40E-06	0
30	30 -- 31				2,49E+07	3,84E-06	0
31	31 -- 32				2,49E+07	2,43E-06	0
32	32 -- 33				2,49E+07	1,15E-06	0
33					2,49E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,88	65,54	16,09
3	3 -- 4	14,16	66,38	173,07
4	4 -- 5	24,58	67,52	370,57
5	5 -- 6	36,55	68,78	571,62
6	6 -- 7	81,28	317,48	651,02
7	7 -- 8	90,59	318,34	1223,26
8	8 -- 9	107,23	319,83	2164,55
9	9 -- 10	125,58	324,99	3110,40
10	10 -- 11	182,43	573,88	3851,19
11	11 -- 12	187,44	575,25	4219,69
12	12 -- 13	219,77	581,63	5895,35
13	13 -- 14	248,91	588,35	7576,44
14	14 -- 15	280,20	595,37	9263,23
15	15 -- 16	326,41	827,11	9549,71
16	16 -- 17	354,32	833,19	11545,79
17	17 -- 18	373,88	836,94	12777,52
18	18 -- 19	394,03	840,75	14014,81
19	19 -- 20	434,00	939,51	15807,41
20	20 -- 21	446,38	940,14	16585,18
21	21 -- 22	468,34	941,26	17939,44
22	22 -- 23	490,90	942,39	19325,29
23	23 -- 24	541,08	944,67	22108,70
24	24 -- 25	633,76	946,99	24898,91
25	25 -- 26	686,22	949,21	27553,59
26	26 -- 27	740,00	956,15	30166,92
27	27 -- 28	799,67	963,83	32786,21
28	28 -- 29	861,73	971,38	35411,40
29	29 -- 30	926,17	978,68	38045,62
30	30 -- 31	993,00	985,59	40746,49
31	31 -- 32	1062,22	991,88	43465,52
32	32 -- 33	1133,82	997,13	46200,42
33		1264,72	1002,47	48949,87

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 27

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 28 t/m 32

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 795	16,09	6,88	36	16,3	1217,6	0,01
2	500 / 795	173,07	14,16	150	175,4	1641,0	0,11
3	500 / 795	370,57	24,58	183	377,4	2253,4	0,17
4	500 / 795	571,62	36,55	178	585,0	2962,9	0,20
5	795 / 1090	651,02	81,28	68	669,9	3602,4	0,19
6	795 / 1090	1223,26	90,59	105	1251,6	4160,1	0,31
7	795 / 1090	2164,55	107,23	165	2210,6	5160,8	0,43
8	795 / 1090	3110,40	125,58	156	3176,0	6269,4	0,51
9	1090 / 1287	3851,19	182,43	114	3937,6	7888,4	0,51
10	1090 / 1287	4219,69	187,44	31	4312,0	8192,7	0,53
11	1090 / 1287	5895,35	219,77	135	6017,4	9645,7	0,63
12	1287/ 1582	7576,44	248,91	125	7729,6	12664,0	0,62
13	1287/ 1582	9263,23	280,20	115	9448,6	14578,7	0,66
14	1287/ 1582	9549,71	326,41	18	9741,1	14916,5	0,66
15	1287/ 1582	11545,79	354,32	86	11767,8	16628,1	0,72
16	1582/ 1877	12777,52	373,88	49	13017,7	19718,1	0,67
17	1582/ 1877	14014,81	394,03	46	14273,3	20956,6	0,69
18	1582/ 1877	15807,41	434,00	62	16092,8	22785,2	0,71
19	1582/ 1877	16585,18	446,38	24	16881,2	23547,1	0,73
20	1582/ 1877	17939,44	468,34	39	18253,9	24898,9	0,74
21	1582/ 1877	19325,29	490,90	37	19658,0	26288,4	0,76
22	1877/ 2258	22108,70	541,08	68	22478,1	31169,8	0,73
23	1877/ 2258	24898,91	633,76	60	25306,1	34425,6	0,74
24	1877/ 2258	27553,59	686,22	49	27994,4	37665,5	0,75
25	1877/ 2258	30166,92	740,00	41	30638,2	40989,3	0,76
26	2258/ 2900	32786,21	799,67	35	33285,3	47295,9	0,71
27	2258/ 2900	35411,40	861,73	29	35935,3	51136,3	0,71
28	2258/ 2900	38045,62	926,17	23	38590,9	55126,7	0,71
29	2258/ 2900	40746,49	993,00	18	41309,3	59267,0	0,71
30	2258/ 2900	43465,52	1062,22	12	44041,4	63557,2	0,70
31	2258/ 2900	46200,42	1133,82	7	46784,5	67997,4	0,70
32	2258/ 2900	48949,87	1264,72	2	49537,0	72587,5	0,69

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
598	18,0	33,24	0,81	355	355
697	18,0	38,70	0,81	355	355
795	18,0	44,17	0,81	355	355
833	20,0	41,67	0,81	355	355
893	20,0	44,67	0,81	355	355
992	20,0	49,58	0,81	355	355
1090	20,0	54,50	0,81	355	355
1167	22,0	53,03	0,81	355	355
1188	22,0	54,02	0,81	355	355
1287	22,0	58,48	0,81	355	355
1385	25,0	55,40	0,81	355	355
1483	25,0	59,33	0,81	355	355
1500	25,0	60,00	0,81	353	355
1582	25,0	63,27	0,81	341	355
1631	28,0	58,24	0,81	355	355
1680	28,0	60,00	0,81	353	355
1750	28,0	62,50	0,81	343	355
1778	28,0	63,51	0,81	340	355
1828	28,0	65,27	0,81	333	355
1877	28,0	67,02	0,81	327	355
1975	30,0	65,83	0,81	331	355
2073	30,0	69,11	0,81	321	355
2167	30,0	72,22	0,81	311	355
2258	30,0	75,28	0,81	303	355
2350	32,0	73,44	0,81	308	355
2442	32,0	76,30	0,81	301	355
2533	32,0	79,17	0,81	294	355
2625	32,0	82,03	0,81	287	355
2717	32,0	84,90	0,81	281	355
2808	32,0	87,76	0,81	275	355
2900	32,0	90,63	0,81	270	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 795	4,95	0,25	355	355	0,01
2	500 / 795	43,82	0,46	355	355	0,12
3	500 / 795	69,24	0,69	355	355	0,20
4	500 / 795	80,00	0,89	355	355	0,23
5	795 / 1090	69,28	1,63	355	355	0,20
6	795 / 1090	114,63	1,71	355	355	0,33
7	795 / 1090	168,88	1,85	355	355	0,48
8	795 / 1090	197,75	1,96	355	355	0,56
9	1090 / 1287	189,82	2,39	355	355	0,54
10	1090 / 1287	190,40	2,35	355	355	0,54
11	1090 / 1287	239,90	2,62	355	355	0,68
12	1287/ 1582	233,39	2,42	355	355	0,66
13	1287/ 1582	246,55	2,53	355	355	0,70
14	1287/ 1582	234,49	2,83	355	353	0,67
15	1287/ 1582	265,06	2,98	355	341	0,76
16	1582/ 1877	241,79	2,69	355	355	0,69
17	1582/ 1877	249,21	2,75	355	353	0,71
18	1582/ 1877	261,33	2,92	355	343	0,74
19	1582/ 1877	258,71	2,92	355	340	0,74
20	1582/ 1877	267,57	3,00	355	333	0,76
21	1582/ 1877	272,72	3,06	355	327	0,78
22	1877/ 2258	269,56	3,03	355	331	0,77
23	1877/ 2258	274,08	3,37	355	321	0,78
24	1877/ 2258	275,85	3,48	355	311	0,79
25	1877/ 2258	276,69	3,60	355	303	0,79
26	2258/ 2900	260,09	3,50	355	308	0,74
27	2258/ 2900	259,30	3,63	355	301	0,74
28	2258/ 2900	257,94	3,75	355	294	0,74
29	2258/ 2900	256,48	3,88	355	287	0,74
30	2258/ 2900	254,66	4,00	355	281	0,73
31	2258/ 2900	252,57	4,13	355	275	0,73
32	2258/ 2900	250,24	4,46	355	270	0,72

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

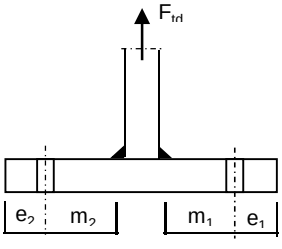
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

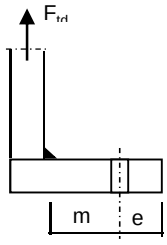
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

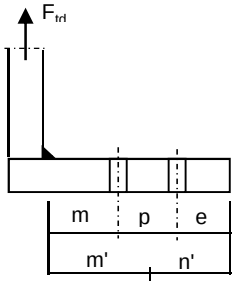
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$

$e = \max.(e_1;e_2)$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$

$n' = n + p / 3$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		3250					
st.c binnenkant		2486					
2868	112	598,26	8,95	33	M 48 - 8,8	848,4	0,71
flenzen op 24,80 m hoogte.							
st.c buitenkant		1860,00					
st.c binnenkant		1660,00					
	80	737,22	11,84	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,70
flenzen op 48,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		1090,00					
1090,00	28	764,80	20,77	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,72

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
3250,00	2486,00	168,2	145,0	145,0			139,5
3250,00	2486,00	168,2	145,0	145,0			182,3
flenzen op 24,80 m hoogte.							
1860,00	1660,0	69,9	60,0	60,0	119,9	110	130,4
1860,00	1660,0	69,9	60,0	60,0	119,9	110	130,4
flenzen op 48,40 m hoogte.							
1090,00	1090,0	66,5	60,0	60,0			122,3
1090,00	1090,0	69,5	60,0	60,0			122,3

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,17E+08	2777,48	1531,40	1696,90	1531,40	1196,53	0,78
100	1,53E+08	3631,06	1760,61	1696,90	1696,90	1196,53	0,71
flenzen op 24,80 m hoogte.							
140	1,76E+08	4152,25	1779,22	2121,12	1779,22	1474,44	0,83
140	1,76E+08	4152,25	1779,22	2121,12	1779,22	1474,44	0,83
flenzen op 48,40 m hoogte.							
80	6,56E+07	1970,14	1020,86	1060,56	1020,86	764,80	0,75
80	6,56E+07	1885,15	997,22	1060,56	997,22	764,80	0,77
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2900	0,67	1,700	0,18	6,29

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	massa m kg/m
1	1141	1,000		1,000			
2	1125	0,986	1 -- 2	0,993	133	448	1019,4
3	1058	0,927	2 -- 3	0,957	607		255,0
4	976	0,855	3 -- 4	0,891	869		294,4
5	895	0,784	4 -- 5	0,820	997		338,1
6	864	0,757	5 -- 6	0,771	468	3330	3302,6
7	816	0,715	6 -- 7	0,736	776		431,0
8	739	0,648	7 -- 8	0,681	1387		470,0
9	665	0,583	8 -- 9	0,615	1530		518,5
10	610	0,535	9 -- 10	0,559	1415	3394	2090,7
11	595	0,522	10 -- 11	0,528	417		641,9
12	529	0,464	11 -- 12	0,493	1990	705	913,4
13	466	0,409	12 -- 13	0,436	2428		823,2
14	408	0,357	13 -- 14	0,383	2607		883,8
15	398	0,349	14 -- 15	0,353	460	3463	7845,4
16	353	0,309	15 -- 16	0,329	2326		949,6
17	327	0,287	16 -- 17	0,298	1630		1104,8
18	302	0,265	17 -- 18	0,276	1680		1138,8
19	268	0,235	18 -- 19	0,250	2478	872	1595,0
20	255	0,224	19 -- 20	0,229	1032		1213,9
21	233	0,205	20 -- 21	0,214	1830		1240,6
22	212	0,186	21 -- 22	0,195	1880		1274,6
23	174	0,152	22 -- 23	0,169	4182		1417,6
24	139	0,122	23 -- 24	0,137	4397	3327	2618,1
25	109	0,096	24 -- 25	0,109	4372		1561,3
26	84	0,073	25 -- 26	0,084	4482		1629,7
27	62	0,054	26 -- 27	0,064	4972		1808,1
28	43	0,038	27 -- 28	0,046	5171		1880,5
29	27	0,024	28 -- 29	0,031	5370		1952,8
30	15	0,014	29 -- 30	0,019	5569		2025,1
31	7	0,006	30 -- 31	0,010	5768		2097,5
32	2	0,002	31 -- 32	0,004	5967		2169,8
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	6166	4742	3966,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	1019	0,993	0,570	0,56	572,92	0,57
2 -- 3	255	0,957	2,380	2,18	555,43	2,28
3 -- 4	294	0,891	2,950	2,34	690,00	2,63
4 -- 5	338	0,820	2,950	1,98	670,22	2,42
5 -- 6	3303	0,771	1,150	0,68	2255,63	0,89
6 -- 7	431	0,736	1,800	0,97	420,15	1,32
7 -- 8	470	0,681	2,950	1,37	643,46	2,01
8 -- 9	519	0,615	2,950	1,12	579,21	1,82
9 -- 10	2091	0,559	2,300	0,72	1502,93	1,29
10 -- 11	642	0,528	0,650	0,18	116,49	0,34
11 -- 12	913	0,493	2,950	0,72	653,98	1,45
12 -- 13	823	0,436	2,950	0,56	461,86	1,29
13 -- 14	884	0,383	2,950	0,43	382,31	1,13
14 -- 15	7845	0,353	0,500	0,06	488,78	0,18
15 -- 16	950	0,329	2,450	0,27	251,83	0,81
16 -- 17	1105	0,298	1,475	0,13	144,61	0,44
17 -- 18	1139	0,276	1,475	0,11	127,64	0,41
18 -- 19	1595	0,250	2,100	0,13	209,30	0,52
19 -- 20	1214	0,229	0,850	0,04	54,33	0,20
20 -- 21	1241	0,214	1,475	0,07	83,91	0,32
21 -- 22	1275	0,195	1,475	0,06	71,77	0,29
22 -- 23	1418	0,169	2,950	0,08	119,72	0,50
23 -- 24	2618	0,137	2,950	0,06	144,64	0,40
24 -- 25	1561	0,109	2,800	0,03	51,55	0,30
25 -- 26	1630	0,084	2,750	0,02	31,98	0,23
26 -- 27	1808	0,064	2,750	0,01	20,14	0,18
27 -- 28	1880	0,046	2,750	0,01	10,83	0,13
28 -- 29	1953	0,031	2,750	0,00	5,10	0,08
29 -- 30	2025	0,019	2,750	0,00	1,97	0,05
30 -- 31	2097	0,010	2,750	0,00	0,56	0,03
31 -- 32	2170	0,004	2,750	0,00	0,09	0,01
32 -- 33	3967	0,001	2,750	0,00	0,01	0,00
		Σ	72,00	14,90	11323,32	24,49

m_e = 11323,3 / 14,9 = 759,8 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2900	759,8	0,030	1,25	1,700	12,6

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 12,6

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 24,49 / (4 * π * 14,90) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,700 * 6,29 / $15*10^{-6}$ = 7,1E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 10,20 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,92 / 24,49 = 0,36

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,079 * 0,131 * 0,36 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,700 * 0,023 = 0,040 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		129371	129371	0,00E+00	4,5E-02	1000
2	2 -- 3			129371	7,37E+07	4,5E-02	974
3	3 -- 4			129371	3,82E+08	4,3E-02	869
4	4 -- 5			129371	7,63E+08	3,8E-02	748
5	5 -- 6			129371	1,14E+09	3,3E-02	642
6	6 -- 7			129371	1,29E+09	3,2E-02	604
7	7 -- 8			129371	1,53E+09	2,9E-02	549
8	8 -- 9			129371	1,91E+09	2,5E-02	469
9	9 -- 10			129371	2,29E+09	2,2E-02	399
10	10 -- 11			129371	2,59E+09	1,9E-02	352
11	11 -- 12			129371	2,67E+09	1,9E-02	339
12	12 -- 13			129371	3,05E+09	1,6E-02	287
13	13 -- 14			129371	3,43E+09	1,4E-02	242
14	14 -- 15			129371	3,82E+09	1,2E-02	203
15	15 -- 16			129371	3,88E+09	1,2E-02	197
16	16 -- 17			129371	4,20E+09	1,1E-02	169
17	17 -- 18			129371	4,39E+09	1,0E-02	154
18	18 -- 19			129371	4,58E+09	9,3E-03	140
19	19 -- 20			129371	4,85E+09	8,4E-03	121
20	20 -- 21			129371	4,96E+09	8,1E-03	114
21	21 -- 22			129371	5,15E+09	7,5E-03	102
22	22 -- 23			129371	5,34E+09	7,0E-03	92
23	23 -- 24			129371	5,72E+09	6,0E-03	73
24	24 -- 25			129371	6,11E+09	5,1E-03	56
25	25 -- 26			129371	6,47E+09	4,3E-03	43
26	26 -- 27			129371	6,82E+09	3,6E-03	32
27	27 -- 28			129371	7,18E+09	3,0E-03	23
28	28 -- 29			129371	7,54E+09	2,4E-03	16
29	29 -- 30			129371	7,89E+09	1,9E-03	10
30	30 -- 31			129371	8,25E+09	1,4E-03	5
31	31 -- 32			129371	8,60E+09	8,7E-04	2
32	32 -- 33			129371	8,96E+09	4,2E-04	1
33				129371	9,31E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	519	18,0	3429797	22	0,0396	1,7
2	598	18,0	4622419	83	0,0396	6,5
3	697	18,0	6347640	120	0,0396	9,5
4	795	18,0	8346249	137	0,0396	10,9
5	833	20,0	10147741	127	0,0396	10,1
6	893	20,0	11718557	130	0,0396	10,3
7	992	20,0	14537510	131	0,0396	10,4
8	1090	20,0	17660233	130	0,0396	10,3
9	1167	22,0	22220983	116	0,0396	9,2
10	1188	22,0	23077929	116	0,0396	9,2
11	1287	22,0	27171032	112	0,0396	8,9
12	1385	25,0	35673323	96	0,0396	7,6
13	1483	25,0	41066638	93	0,0396	7,4
14	1500	25,0	42018393	92	0,0396	7,3
15	1582	25,0	46839668	90	0,0396	7,1
16	1631	28,0	55543845	79	0,0396	6,3
17	1680	28,0	59032816	78	0,0396	6,1
18	1750	28,0	64183606	76	0,0396	6,0
19	1778	28,0	66329719	75	0,0396	5,9
20	1828	28,0	70137651	73	0,0396	5,8
21	1877	28,0	74051903	72	0,0396	5,7
22	1975	30,0	87802354	65	0,0396	5,2
23	2073	30,0	96973545	63	0,0396	5,0
24	2167	30,0	106099898	61	0,0396	4,8
25	2258	30,0	115462850	59	0,0396	4,7
26	2350	32,0	133227860	54	0,0396	4,3
27	2442	32,0	144045926	52	0,0396	4,1
28	2533	32,0	155286359	51	0,0396	4,0
29	2625	32,0	166949160	49	0,0396	3,9
30	2717	32,0	179034330	48	0,0396	3,8
31	2808	32,0	191541868	47	0,0396	3,7
32	2900	32,0	204471774	46	0,0396	3,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,67 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,29 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 66,9 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,22

$V_m(z)$ = 32,9 m/s

V_o = 32,9 * 20 / 100 = 6,57 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,67 * [6,29 / 6,58]^2 * \exp[-(6,29 / 6,58)^2]$ = 2,34E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5{}_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3{}_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

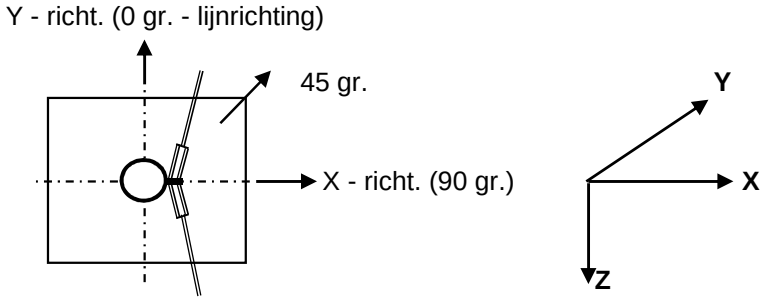
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	7,85	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
4	Lasnaad	11,44	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
5	Lasnaad	13,05	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
6							
7	Lasnaad	12,39	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
8	Lasnaad	12,48	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
9	Lasnaad	12,33	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
10							
11	Lasnaad	11,01	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
12	flenzen	10,69	35	19,25	1,000E+10	2,34E+08	0,02
13	Lasnaad	9,16	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
14	Lasnaad	8,84	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
15							
16	Lasnaad	8,52	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
17							
18	Lasnaad	7,38	35	19,25	1,000E+10	2,34E+08	0,02
19							
20	Lasnaad	7,11	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
21							
22	Lasnaad	6,86	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
23	Lasnaad	6,20	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
24	flenzen	5,99	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
25	Lasnaad	5,80	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
26	Lasnaad	5,62	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
27	Lasnaad	5,13	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
28	Lasnaad	4,98	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
29	Lasnaad	4,83	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
30	Lasnaad	4,70	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
31	Lasnaad	4,57	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
32	Lasnaad	4,45	45	24,75	1,000E+10	2,34E+08	0,02
33	voetplaat	4,33	35	19,25	1,000E+10	2,34E+08	0,02

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			1136			
2 - Windbelasting mast	163				5409	
3 - Belasting geval 1a	839		128		43540	
4 - Belasting geval 1b	535		143		27586	
5 - Belasting geval 3	919		272		47095	
6 - Belasting geval 4	545		167		28019	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	1002		**1265**		**48950**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	566		1280		28600	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	964		1408		48616	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	575		1303		29033	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	40186	kNm	48950	kNm	48950	kNm
Dwarskracht	821	kN	1002	kN	1002	kN
Verticale kracht	1056	kN	1265	kN	951	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		3250,00					
st.c binnenkant		2486,00					
2868	112	598,26	8,95	33	M 48 - 8,8	848,45	0,71
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3250,00					
st.c binnenkant		2486,00					
2868	112	491,00	7,33	33	M 48 - 8,8	848,45	0,58

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 598,3 kN

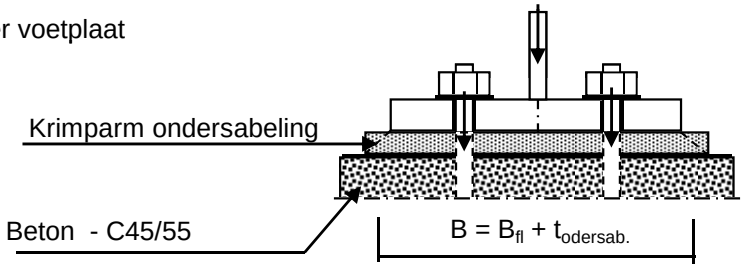
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 491,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 620,8 + 1,00 * 491,0 = 1111,8 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

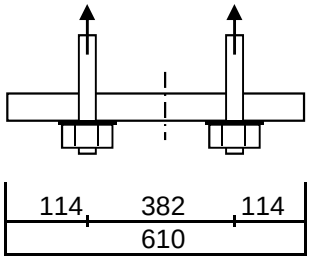
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	670,0	mm	D =	2868	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	112	
B =	710,0	mm			

A_{voetpl} = 710 * 2*π*D / n = 114235 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 19,5 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

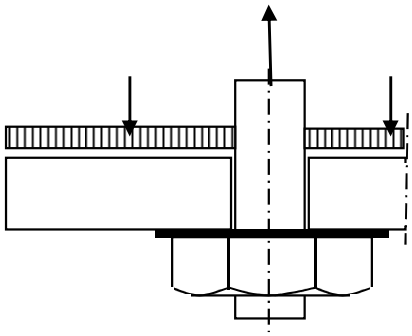


D = 2868 mm
n = 112

$A_{stortring}$ = 610 * $2*\pi*D / n$ = 98146 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 114 mm
L_{veld} = 382 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 79220 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2329 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 143157 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 143157 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2329 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 143157 / 179718,8 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 282,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2329 / 9223 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 51,7 N/mm^2

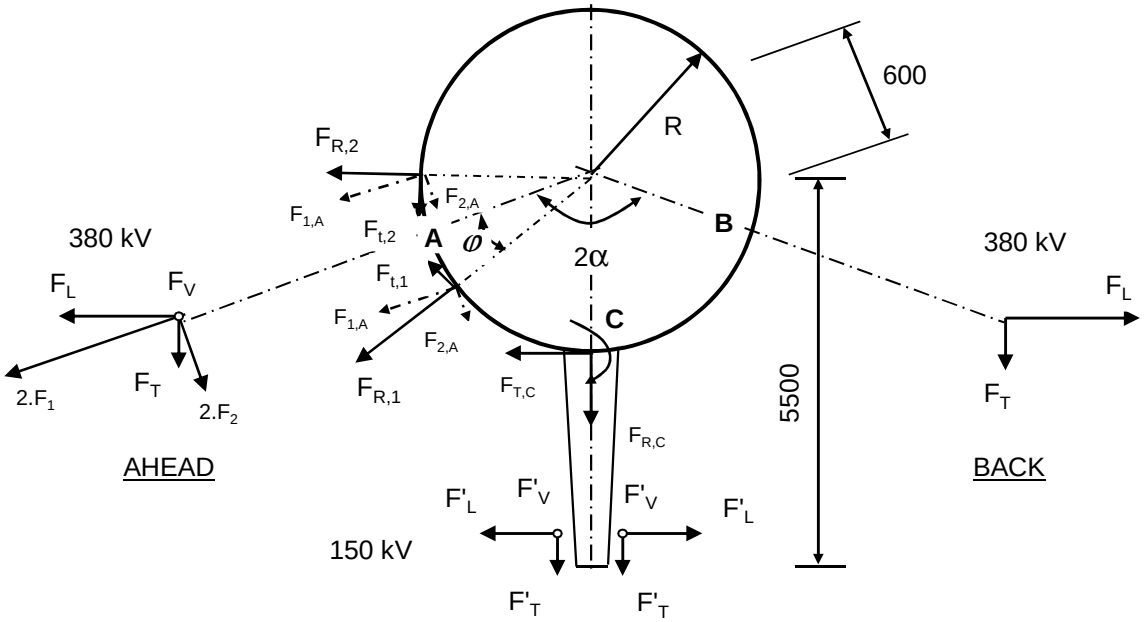
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (282,8^2 + 3*51,7^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 297 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;A} + F_{T;2;A}\, \text{I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;B} + F_{T;2;B}\, \text{I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

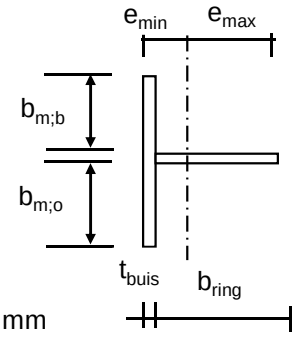
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

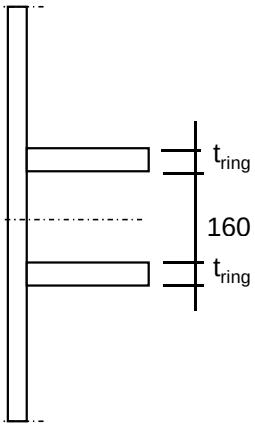
Opmerking:
In mast W2H400+15 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 62,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	8918	mm^2	
e_{min} =	33,5	mm	
e_{max} =	121,5	mm	
I =	15614845	mm^4	
W_{min} =	128480	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2111	kN	
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	4803	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 62,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AE en AE1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18785	127655	209263	18785	127655	-209263
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34560	124088	230090	34560	124088	-230090
BG 1a - (wind (45 gr))	20655	67316	135180	18678	133783	-217562
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35367	103131	216037	34457	126455	-232463
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19765	89925	159324	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23464	95728	176488	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20734	64695	133966	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24241	76762	160515	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,7 mm

Mast 161 : Lijnhoek = 2. α = 169,2 graden

Lijnhoek = 2. α = 169,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) = 37,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	60,1	27,7	60,1	27,7		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	32,6	63,4	32,6		
BG 1a - (wind (45 gr))	36,3	19,9	62,7	28,6		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,2	32,4	64,2	32,8		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,5	22,0	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	48,7	24,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	35,6	20,0	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	42,5	24,0	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

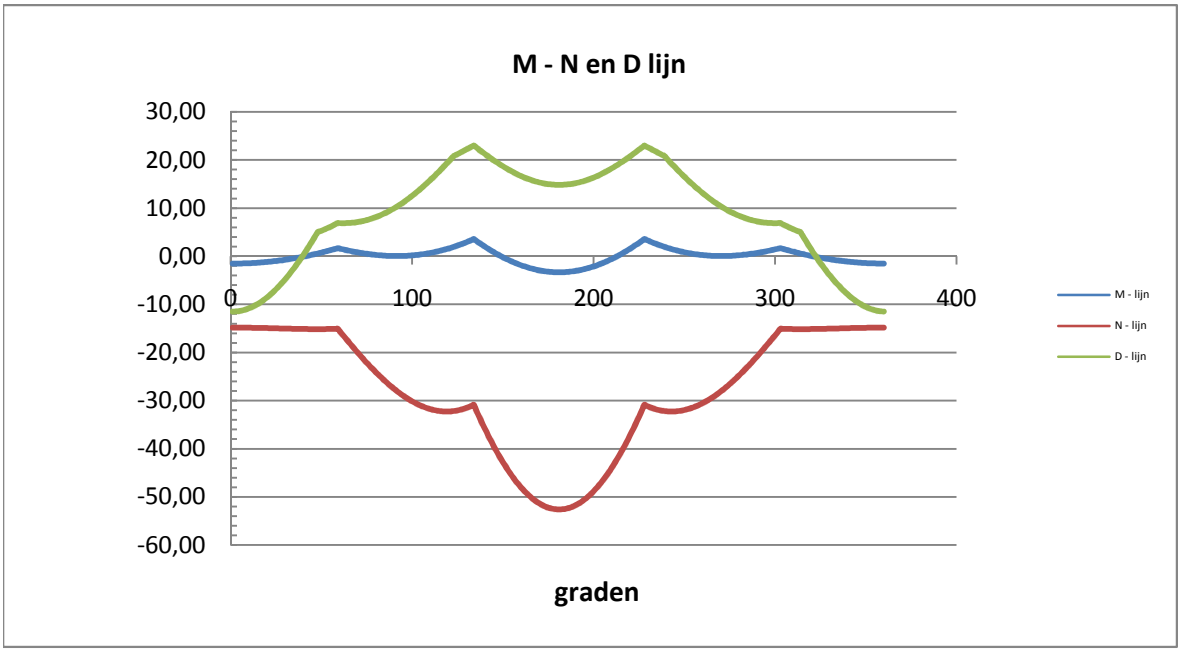
Belastinggeval : BG 1 - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,51	-14,82	-11,50	0,21	2,47
15,0	-1,30	-14,88	-9,65	0,64	7,44
30,0	-0,67	-15,03	-4,34	1,07	12,44
45,0	0,40	-15,14	3,79	1,10	12,78
60,0	1,50	-15,98	6,88	1,04	12,19
75,0	0,45	-22,53	7,63	0,40	4,72
90,0	0,05	-27,84	10,19	0,39	4,51
105,0	0,43	-31,25	14,45	1,27	14,86
120,0	1,71	-32,24	20,04	1,31	15,32
135,0	3,02	-32,56	22,41	3,40	39,68
150,0	-0,38	-43,38	18,47	2,17	25,33
165,0	-2,55	-50,26	15,78	0,75	8,70
180,0	-3,30	-52,63	14,83	0,75	8,70
195,0	-2,55	-50,26	15,78	2,17	25,33
210,0	-0,38	-43,38	18,47	3,40	39,68
225,0	3,02	-32,56	22,41	1,31	15,32
240,0	1,71	-32,24	20,04	1,27	14,86
255,0	0,43	-31,25	14,45	0,39	4,51
270,0	0,05	-27,84	10,19	0,40	4,72
285,0	0,45	-22,53	7,63	1,04	12,19
300,0	1,50	-15,98	6,88	1,10	12,78
315,0	0,40	-15,14	3,79	1,07	12,44
330,0	-0,67	-15,03	-4,34	0,64	7,44
345,0	-1,30	-14,88	-9,65	0,21	2,46
360,0	-1,51	-14,82	-11,49	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

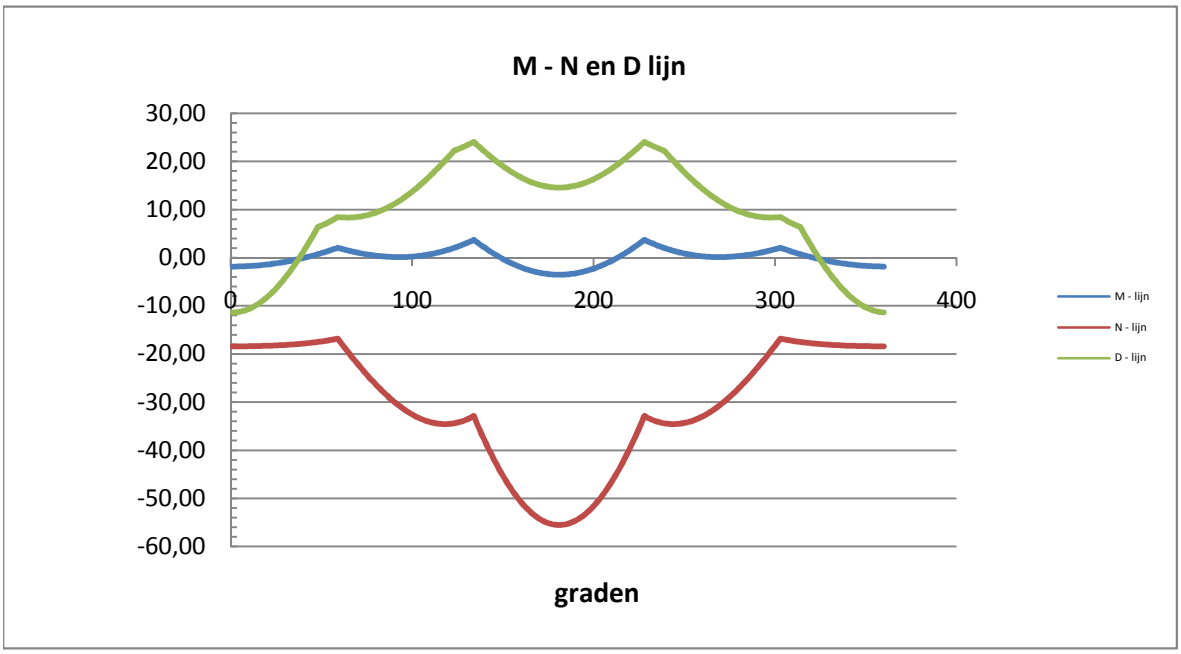
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



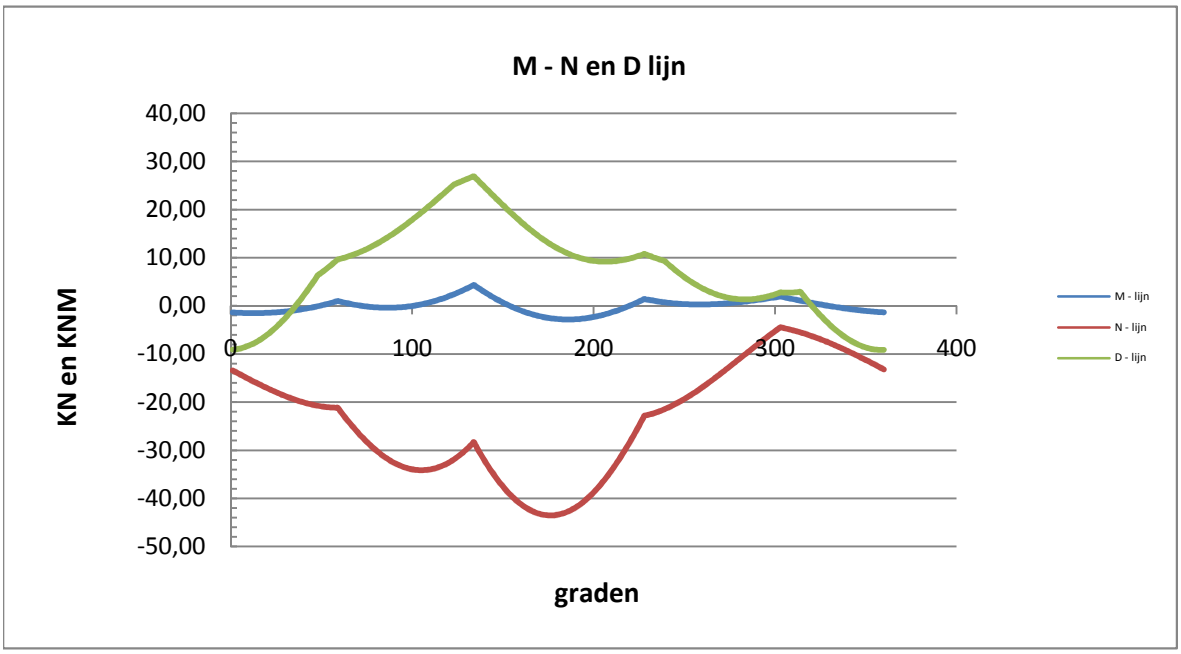
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,84	-18,44	-11,35	0,26	3,07
15,0	-1,58	-18,37	-9,37	0,79	9,19
30,0	-0,79	-18,13	-3,67	1,30	15,23
45,0	0,51	-17,62	5,05	1,33	15,56
60,0	1,85	-17,85	8,41	1,21	14,15
75,0	0,63	-24,74	8,94	0,51	5,95
90,0	0,13	-30,24	11,38	0,35	4,07
105,0	0,47	-33,67	15,65	1,30	15,22
120,0	1,78	-34,52	21,38	1,36	15,90
135,0	3,14	-34,68	23,39	3,59	41,94
150,0	-0,45	-45,92	18,80	2,29	26,74
165,0	-2,74	-53,07	15,69	0,79	9,19
180,0	-3,53	-55,52	14,59	0,79	9,19
195,0	-2,74	-53,07	15,69	2,29	26,74
210,0	-0,45	-45,92	18,80	3,59	41,94
225,0	3,14	-34,68	23,39	1,36	15,90
240,0	1,78	-34,52	21,38	1,30	15,22
255,0	0,47	-33,67	15,65	0,35	4,07
270,0	0,13	-30,24	11,38	0,51	5,95
285,0	0,63	-24,74	8,94	1,21	14,15
300,0	1,85	-17,85	8,41	1,33	15,56
315,0	0,51	-17,62	5,05	1,30	15,23
330,0	-0,79	-18,13	-3,67	0,79	9,19
345,0	-1,58	-18,37	-9,37	0,26	3,06
360,0	-1,84	-18,44	-11,34	0,00	0,01



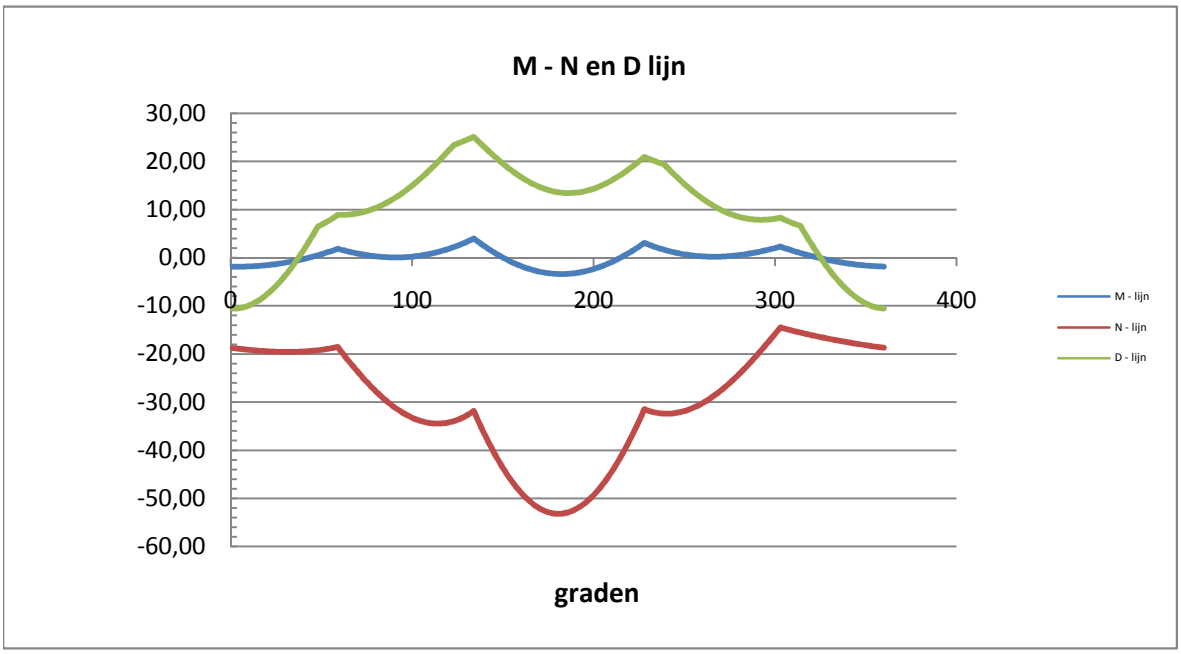
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,35	-13,42	-9,13	0,11	1,30
15,0	-1,46	-16,34	-7,10	0,35	4,14
30,0	-1,11	-18,87	-2,15	0,89	10,41
45,0	-0,22	-20,61	5,21	1,06	12,38
60,0	0,84	-22,17	9,82	0,99	11,60
75,0	-0,15	-28,62	11,99	0,18	2,13
90,0	-0,33	-32,79	15,35	0,75	8,72
105,0	0,41	-34,14	19,67	1,71	20,01
120,0	2,13	-32,39	24,53	1,72	20,08
135,0	3,85	-29,66	26,17	3,32	38,69
150,0	0,53	-37,96	20,58	2,24	26,14
165,0	-1,71	-42,61	15,55	1,03	12,05
180,0	-2,74	-43,34	11,76	0,20	2,29
195,0	-2,54	-40,21	9,61	1,34	15,60
210,0	-1,20	-33,62	9,25	2,29	26,73
225,0	1,09	-24,25	10,52	0,42	4,92
240,0	0,66	-21,16	8,68	0,35	4,07
255,0	0,31	-17,93	4,48	0,16	1,88
270,0	0,48	-13,81	1,97	0,56	6,48
285,0	1,03	-9,33	1,35	0,82	9,59
300,0	1,85	-5,00	2,50	0,90	10,47
315,0	0,96	-5,75	1,95	1,02	11,90
330,0	-0,06	-7,85	-4,20	0,79	9,27
345,0	-0,86	-10,48	-8,09	0,47	5,51
360,0	-1,33	-13,22	-9,16	0,02	0,26



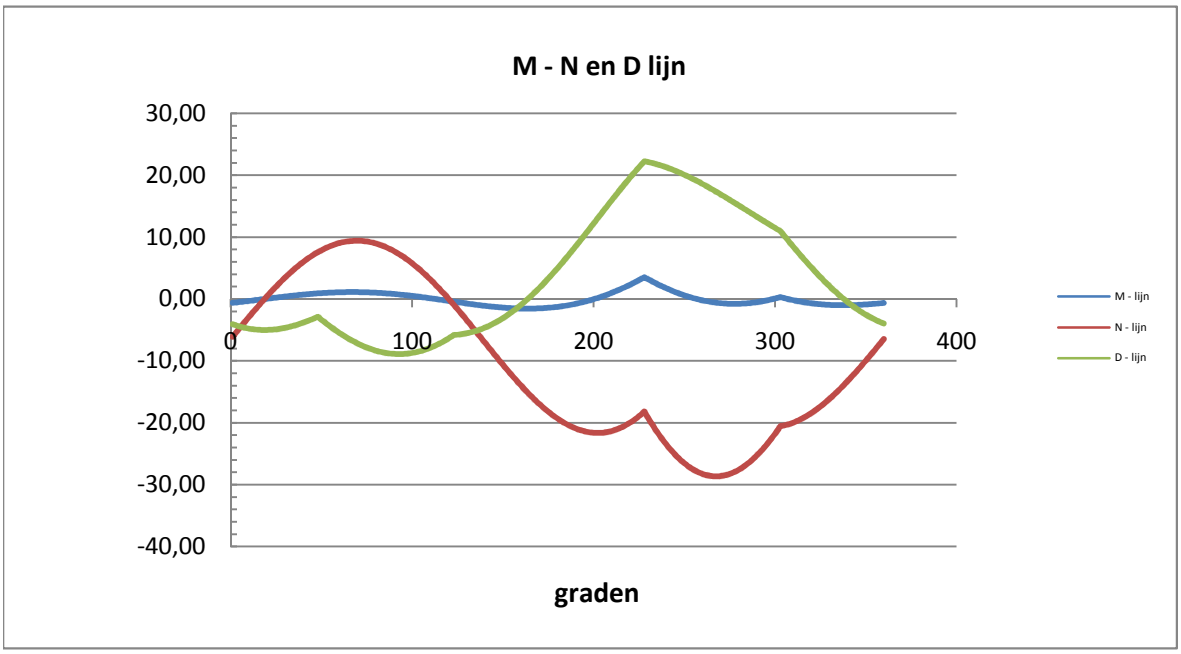
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,86	-18,78	-10,58	0,16	1,92
15,0	-1,70	-19,36	-8,73	0,72	8,36
30,0	-0,98	-19,59	-3,27	1,27	14,88
45,0	0,30	-19,34	5,15	1,35	15,74
60,0	1,64	-19,56	8,87	1,17	13,62
75,0	0,48	-26,24	9,79	0,42	4,92
90,0	0,06	-31,29	12,52	0,47	5,45
105,0	0,52	-34,09	16,92	1,43	16,74
120,0	1,96	-34,18	22,59	1,47	17,15
135,0	3,43	-33,56	24,35	3,60	41,97
150,0	-0,17	-44,27	19,23	2,34	27,33
165,0	-2,51	-51,01	15,44	0,90	10,45
180,0	-3,40	-53,23	13,57	0,61	7,16
195,0	-2,79	-50,78	13,88	2,05	23,97
210,0	-0,74	-43,90	16,27	3,30	38,49
225,0	2,56	-33,18	20,30	1,12	13,13
240,0	1,44	-32,42	18,58	1,04	12,10
255,0	0,40	-31,03	13,41	0,16	1,82
270,0	0,24	-27,37	9,79	0,62	7,25
285,0	0,86	-21,96	8,04	1,25	14,54
300,0	2,11	-15,44	8,15	1,35	15,72
315,0	0,76	-15,76	5,35	1,37	15,96
330,0	-0,60	-16,96	-3,04	0,88	10,32
345,0	-1,49	-17,96	-8,59	0,36	4,24
360,0	-1,85	-18,73	-10,56	0,01	0,10



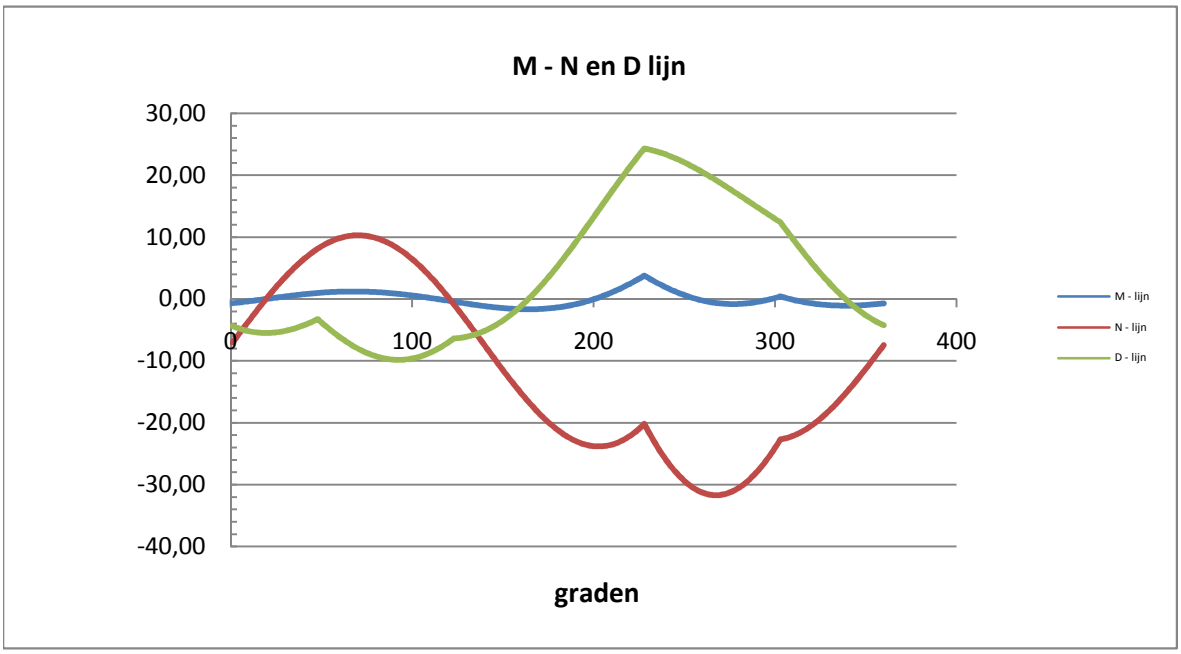
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,62	-6,12	-4,09	0,51	5,93
15,0	-0,11	-0,88	-5,00	0,53	6,24
30,0	0,43	3,74	-4,60	0,43	5,03
45,0	0,86	7,21	-3,14	0,23	2,67
60,0	1,09	9,12	-5,69	0,03	0,32
75,0	1,06	9,25	-7,97	0,29	3,36
90,0	0,77	7,57	-8,90	0,50	5,83
105,0	0,27	4,28	-8,32	0,62	7,22
120,0	-0,35	-0,28	-6,21	0,61	7,11
135,0	-0,96	-5,56	-5,09	0,45	5,25
150,0	-1,41	-10,97	-2,92	0,14	1,61
165,0	-1,55	-15,83	0,60	0,31	3,63
180,0	-1,23	-19,51	5,26	0,86	10,09
195,0	-0,37	-21,46	10,67	1,47	17,18
210,0	1,10	-21,27	16,31	2,07	24,20
225,0	3,18	-18,72	21,60	1,57	18,35
240,0	1,60	-23,86	21,18	1,55	18,04
255,0	0,06	-27,76	19,21	0,76	8,87
270,0	-0,70	-28,60	16,73	0,05	0,58
285,0	-0,65	-26,38	14,02	0,80	9,29
300,0	0,14	-21,41	11,31	0,66	7,74
315,0	-0,52	-19,17	6,42	0,44	5,14
330,0	-0,96	-15,90	1,79	0,01	0,13
345,0	-0,95	-11,35	-1,79	0,30	3,55
360,0	-0,65	-6,48	-3,98	0,03	0,34



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,70	-7,04	-4,38	0,55	6,42
15,0	-0,15	-1,26	-5,45	0,59	6,86
30,0	0,43	3,87	-5,09	0,48	5,60
45,0	0,91	7,75	-3,54	0,26	3,06
60,0	1,18	9,93	-6,35	0,02	0,19
75,0	1,16	10,16	-8,83	0,30	3,52
90,0	0,86	8,41	-9,82	0,54	6,28
105,0	0,32	4,85	-9,15	0,67	7,85
120,0	-0,35	-0,10	-6,80	0,67	7,80
135,0	-1,02	-5,89	-5,61	0,50	5,83
150,0	-1,52	-11,84	-3,28	0,16	1,90
165,0	-1,68	-17,23	0,54	0,33	3,81
180,0	-1,36	-21,33	5,62	0,93	10,87
195,0	-0,42	-23,56	11,55	1,60	18,66
210,0	1,17	-23,44	17,75	2,26	26,40
225,0	3,44	-20,74	23,59	1,72	20,02
240,0	1,72	-26,41	23,22	1,68	19,57
255,0	0,04	-30,70	21,16	0,81	9,43
270,0	-0,76	-31,61	18,55	0,09	1,01
285,0	-0,68	-29,14	15,67	0,91	10,64
300,0	0,23	-23,61	12,77	0,76	8,82
315,0	-0,52	-21,24	7,38	0,52	6,03
330,0	-1,04	-17,72	2,24	0,01	0,16
345,0	-1,05	-12,77	-1,77	0,32	3,71
360,0	-0,73	-7,43	-4,25	0,03	0,37



Maatgevende belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	43,5	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	4,36	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	17,8	kNm	M_{Rd} =	4803	kNm
$V_{Ed;max}$ =	26,9	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 43,54 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,9 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 4,36 / 30,4 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 33,9 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 26,92 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 28,30

V_{Ed} = 26,92

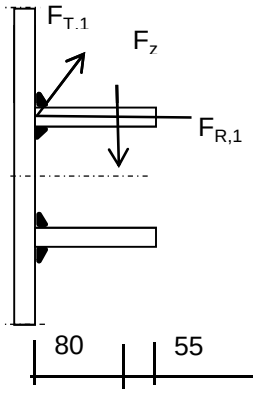
$\sigma_b + \sigma_N$ = 33,9 + 3,2 = 37,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 10,0 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 41 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	63,35	kN
$F_{T,1,h}$ =	56,65	kN
F_z =	17,28	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	41,97	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,0 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 35,41 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 26,23 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,37 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 80,36 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 193,0 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	193,0	/	302,2	=	0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	80,4	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

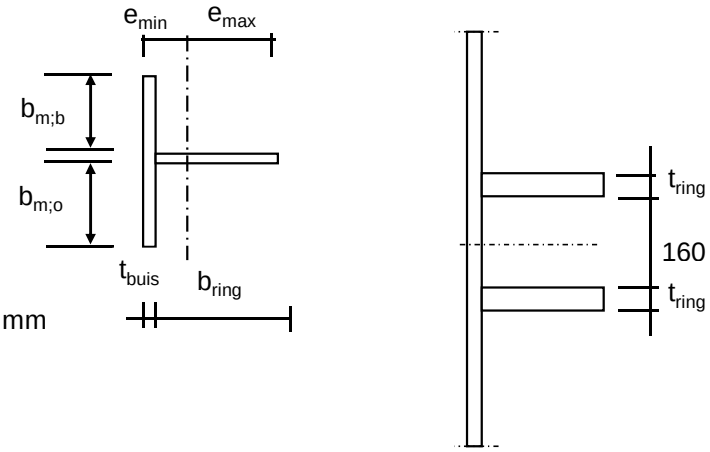
9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 52,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 22 mm
$t_{buis;reken}$ = 22 mm

$t_{ring;nom}$ = 20 mm
$t_{ring;reken}$ = 20 mm

b_{ring} = 135 mm
Afstand tussen ringen = 160 mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2
E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ = 232,0 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 10004 mm^2
e_{min} = 32,2 mm
e_{max} = 124,8 mm

I = 16542576 mm^4
W_{min} = 132539 mm^3

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

N_{Rd} = 2367 kN
$M_{y;Rd}$ = 31 kNm
$M_{w;Rd}$ = 10518 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 52,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 62 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18785	127655	209263	18785	127655	-209263
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34560	124088	230090	34560	124088	-230090
BG 1a - (wind (45 gr))	20655	67316	135180	18678	133783	-217562
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35367	103131	216037	34457	126455	-232463
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19765	89925	159324	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23464	95728	176488	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20734	64695	133966	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24241	76762	160515	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,3 mm

Mast 161 : Lijnhoek = 2. α = 169,2 graden

Lijnhoek = 2. α = 169,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) = 26,9 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	61,3	37,0	61,3	37,0		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	65,2	42,2	65,2	42,2		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,6	25,3	63,8	38,4		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,4	40,8	66,0	42,5		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,7	28,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	50,1	32,3	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,0	25,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,2	30,3	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

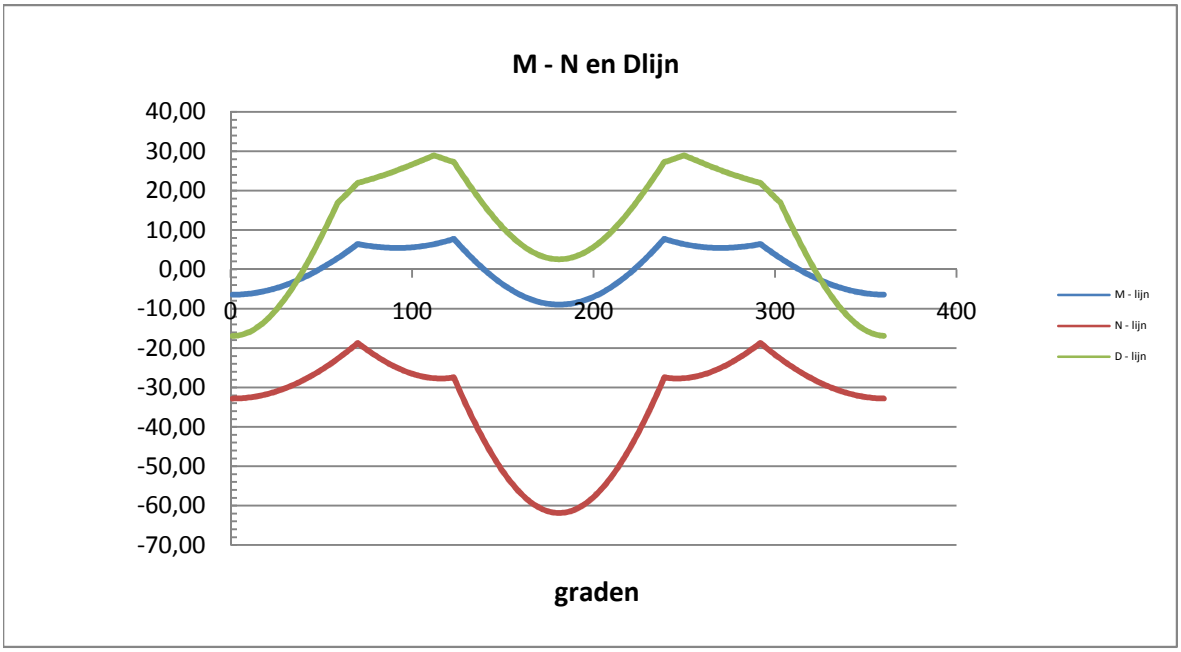
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-6,42	-32,81	-16,88	0,65	7,20
15,0	-5,77	-32,11	-14,26	1,93	21,29
30,0	-3,84	-30,03	-6,73	3,13	34,47
45,0	-0,71	-26,63	4,80	4,19	46,16
60,0	3,48	-22,02	17,80	2,50	27,49
75,0	5,98	-20,72	22,70	0,53	5,81
90,0	5,45	-24,83	25,00	0,46	5,06
105,0	5,91	-27,24	27,74	1,54	16,99
120,0	7,45	-27,59	27,52	5,92	65,20
135,0	1,53	-40,30	18,54	5,65	62,20
150,0	-4,11	-51,94	10,11	3,58	39,48
165,0	-7,69	-59,32	4,52	1,23	13,53
180,0	-8,92	-61,85	2,56	1,23	13,53
195,0	-7,69	-59,32	4,52	3,58	39,48
210,0	-4,11	-51,94	10,11	5,65	62,20
225,0	1,53	-40,30	18,54	5,92	65,20
240,0	7,45	-27,59	27,52	1,54	16,99
255,0	5,91	-27,24	27,74	0,46	5,06
270,0	5,45	-24,83	25,00	0,53	5,81
285,0	5,98	-20,72	22,70	2,50	27,49
300,0	3,48	-22,02	17,80	4,19	46,16
315,0	-0,71	-26,63	4,80	3,13	34,47
330,0	-3,84	-30,03	-6,73	1,93	21,29
345,0	-5,77	-32,11	-14,26	0,65	7,17
360,0	-6,42	-32,80	-16,87	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 16542576 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	61,8	kN		N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,92	kNm		M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	26,5	kNm		M_{Rd} =	10518	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,9	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 61,85 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,2 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,92 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 67,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,90 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 61,85

V_{Ed} = 2,56

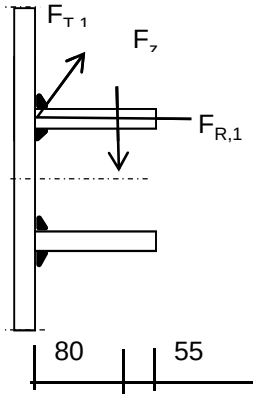
$\sigma_b + \sigma_N$ = 67,3 + 6,2 = 73,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 74 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	65,20	kN
$F_{T,1,h}$ =	49,94	kN
F_z =	17,28	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	65,20	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,8 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 31,21 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 40,75 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,37 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,18 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 204,7 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

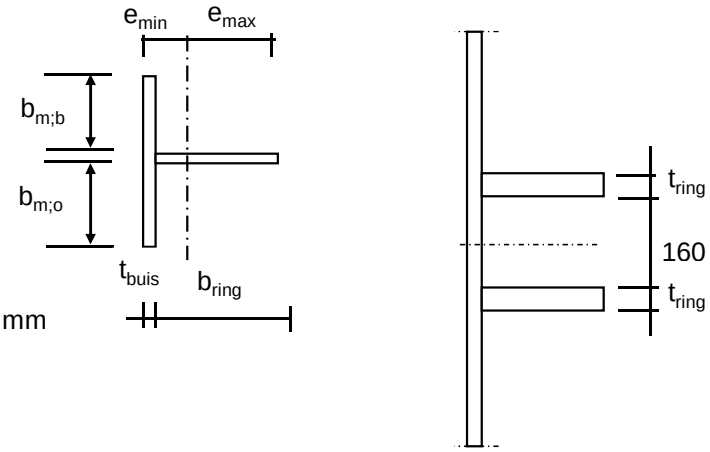
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	204,7	/	302,2	=	0,68	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	81,2	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 42,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	11790	mm^2
e_{min} =	30,8	mm
e_{max} =	129,2	mm
I =	17896923	mm^4
W_{min} =	138543	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y;Rd}$ =	33	kNm
$M_{w;Rd}$ =	19889	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 42,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 62 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18785	127655	209263	18785	127655	-209263
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34560	124088	230090	34560	124088	-230090
BG 1a - (wind (45 gr))	20655	67316	135180	18678	133783	-217562
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35367	103131	216037	34457	126455	-232463
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19765	89925	159324	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	23464	95728	176488	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20734	64695	133966	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	24241	76762	160515	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 750,0 mm

Mast 161 : Lijnhoek = 2. α = 169,2 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 169,2 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) = 21,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	61,1	41,7	61,1	41,7		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	65,3	46,9	65,3	46,9		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,8	27,9	63,6	43,2		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,8	45,0	66,1	47,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,7	32,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	50,2	35,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,2	27,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,5	33,4	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

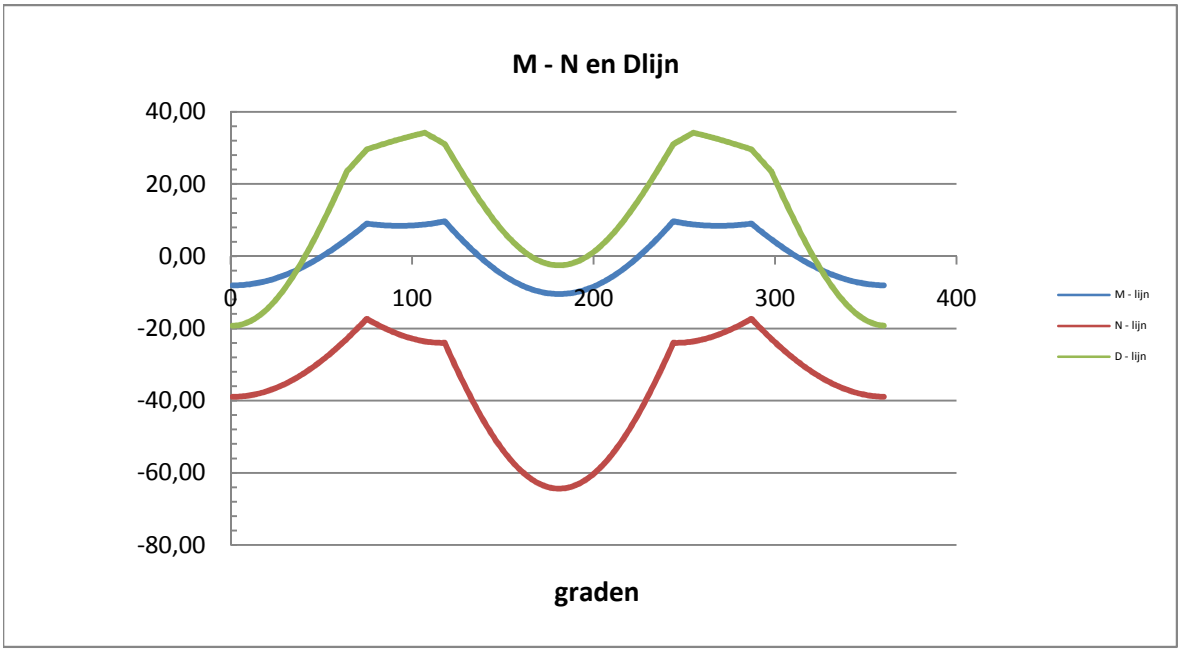
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-8,09	-38,94	-19,21	0,78	7,89
15,0	-7,31	-37,97	-16,32	2,29	23,29
30,0	-5,02	-35,12	-8,02	3,69	37,53
45,0	-1,34	-30,49	4,68	4,90	49,89
60,0	3,56	-24,30	20,22	5,39	54,88
75,0	8,95	-17,63	29,79	0,53	5,40
90,0	8,42	-21,29	32,13	0,32	3,22
105,0	8,74	-23,51	34,12	0,74	7,58
120,0	7,99	-27,35	28,58	7,58	77,19
135,0	0,41	-42,55	16,51	5,89	59,99
150,0	-5,48	-54,34	6,46	3,73	38,01
165,0	-9,21	-61,80	-0,17	1,28	13,01
180,0	-10,49	-64,36	-2,48	1,28	13,01
195,0	-9,21	-61,80	-0,17	3,73	38,01
210,0	-5,48	-54,34	6,46	5,89	59,99
225,0	0,41	-42,55	16,51	7,58	77,19
240,0	7,99	-27,35	28,58	0,74	7,58
255,0	8,74	-23,51	34,12	0,32	3,22
270,0	8,42	-21,29	32,13	0,53	5,40
285,0	8,95	-17,63	29,79	5,39	54,88
300,0	3,56	-24,30	20,22	4,90	49,89
315,0	-1,34	-30,49	4,68	3,69	37,53
330,0	-5,02	-35,12	-8,02	2,29	23,29
345,0	-7,31	-37,97	-16,32	0,77	7,86
360,0	-8,08	-38,94	-19,19	0,00	0,04

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	64,4	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,49	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	35,6	kNm		M_{Rd} =	19889	kNm
$V_{Ed;max}$ =	34,2	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 64,36 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,49 / 32,8 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 75,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 34,24 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 64,36

V_{Ed} = 2,48

$\sigma_b + \sigma_N$ = 75,7 + 5,5 = 81,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

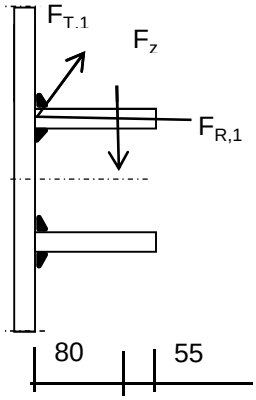
τ_z = 0,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 81 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	65,32	kN	
$F_{T,1,h}$ =	45,50	kN	
F_z =	17,28	kN	
$F_{Langs,Ed}$ =	77,19	kN	

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 28,44 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 48,25 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,37 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,24 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 209,9 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

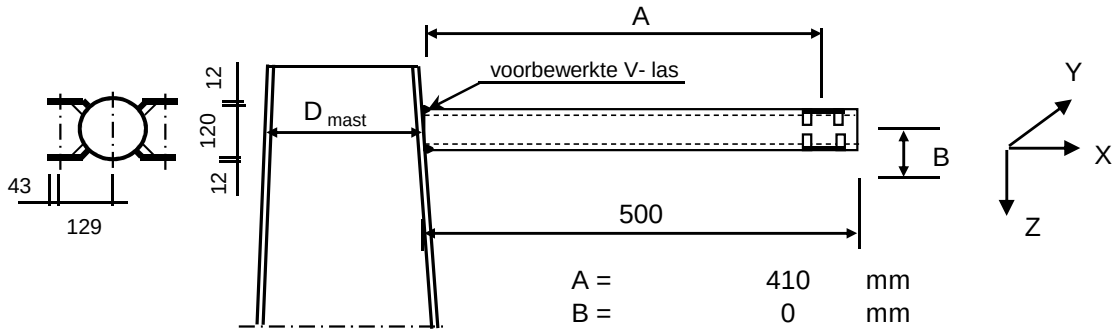
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 209,9 / 302,2 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 81,2 / 244,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	71,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AE en AE1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20807	33198	2400	20807	-33198	2400
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32678	58339	10554	32678	-58339	10554
BG 1a - (wind (45 gr))	9134	17962	2689	21919	-34725	2388
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26402	54947	10773	33367	-58934	10526
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13717	23480	2527	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	21093	35855	4297	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8607	17614	2707	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13851	28368	4573	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14276	24233	2513	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21883	36843	4273	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	41,61	0,00	4,80	0,00	1,97	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	65,36	0,00	21,11	0,00	8,65	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	31,05	16,76	5,08	0,00	2,08	6,87
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,77	3,99	21,30	0,00	8,73	1,63
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,72	23,48	2,53	0,00	1,04	9,63
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	21,09	35,85	4,30	0,00	1,76	14,70
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,61	17,61	2,71	0,00	1,11	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,85	28,37	4,57	0,00	1,87	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,28	24,23	2,51	0,00	1,03	9,94
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**21,88**	**36,84**	**4,27**	**0,00**	**1,75**	**15,11**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 1,75 / 36 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 11,4 N/mm²

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 15,11 / 36 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 98,0 N/mm²

N_{Ed} / N_{Rd} = 21,88 / 953 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,4 N/mm²

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 4,27 / 275 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,1 N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 36,84 / 275 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 18,3 N/mm²

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 104 N/mm²

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 109 N/mm² < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm² en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm² $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm²

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	18,0	28331	S355	355	3429797
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,88 kN drukkracht

$M_{0,Ed}$ = 16,09 kNm

} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,013

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 8,73 / 69,7 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,1 kNm

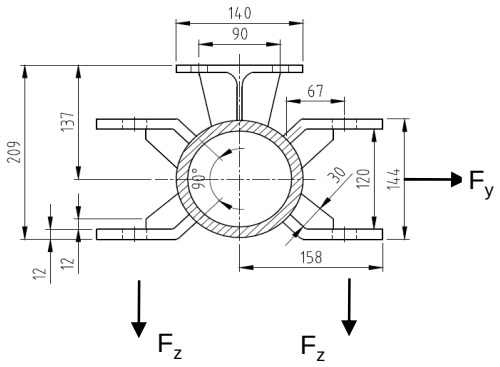
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

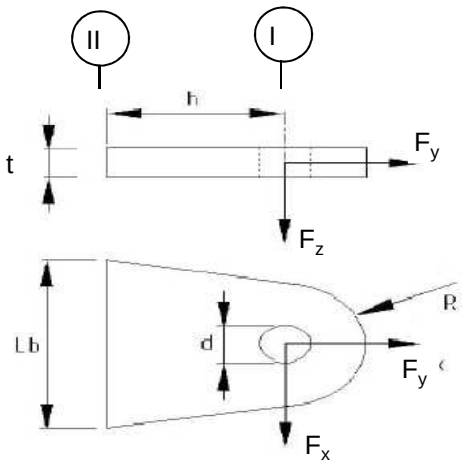
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 15,11 / 47,1 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,81	33,20	2,40
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**32,68**	**58,34**	**10,55**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,13	17,96	2,69
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,40	54,95	10,77

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,34**	**29,17**	**10,55**

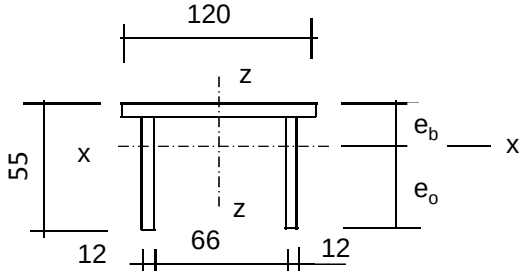
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,6 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	29,17	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,06	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,55	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,69	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,34	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	29,17	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,06	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		23,9	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,69	/	4,0	=	0,17	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		40,8	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,55	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		10,2	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,34	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 76,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 81 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

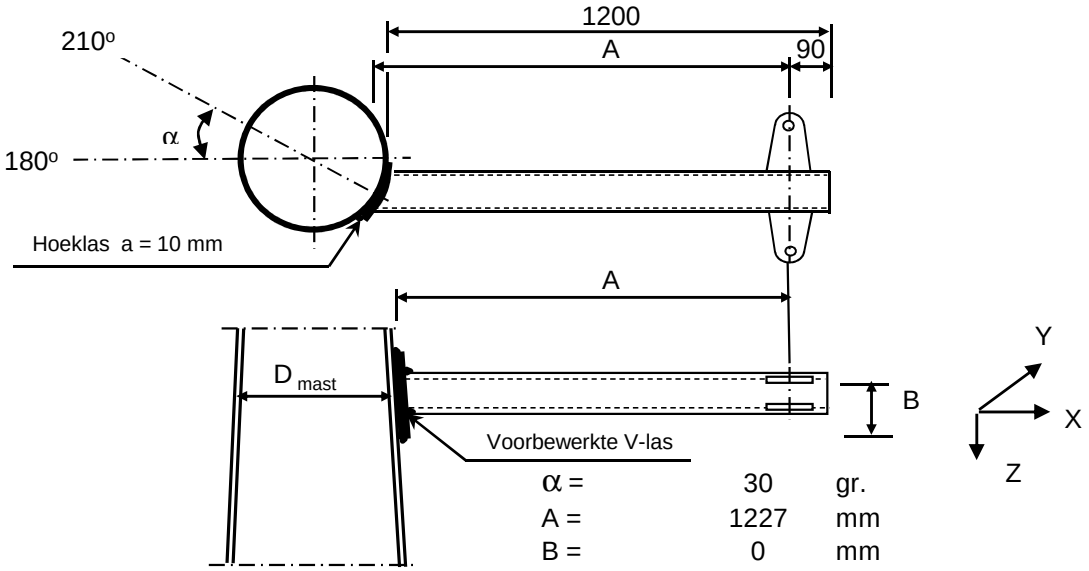
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		64,9	N/mm^2
τ_1 =		64,9	N/mm^2
τ_2 =	0	13,6	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,9	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	131,9	/ 302,2 =	0,44	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	64,9	/ 244,8 =	0,26	< 1,0	-- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	34,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AE en AE1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	33812	55912	5115	33812	-55912	5115
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61006	113803	21514	61006	-113803	21514
BG 1a - (wind (45 gr))	18213	36696	5601	35420	-58113	5086
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52800	110805	21765	61891	-114421	21478
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23997	42834	5377	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	37030	65807	8988	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17545	36396	5620	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27798	57677	9355	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	24735	43768	5352	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	38072	67021	8949	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	67,62	0,00	10,23	0,00	12,56	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	122,01	0,00	43,03	0,00	52,80	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	53,63	21,42	10,69	0,00	13,12	26,28
BG 3 - (wind (45) + ijs)	114,69	3,62	43,24	0,00	53,07	4,44
BG 1a - bundelbr. (90gr).	24,00	42,83	5,38	0,00	6,60	52,57
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	37,03	65,81	8,99	0,00	11,03	80,76
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17,54	36,40	5,62	0,00	6,90	44,67
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27,80	57,68	9,35	0,00	11,48	70,78
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	24,73	43,77	5,35	0,00	6,57	53,71
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**38,07**	**67,02**	**8,95**	**0,00**	**10,98**	**82,25**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 10,98 / 101 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 25,6 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 82,25 / 101 = 0,81 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 191,9 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 38,07 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,7 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 8,95 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,7 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 67,02 / 455 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 20,1 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 199 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 202 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

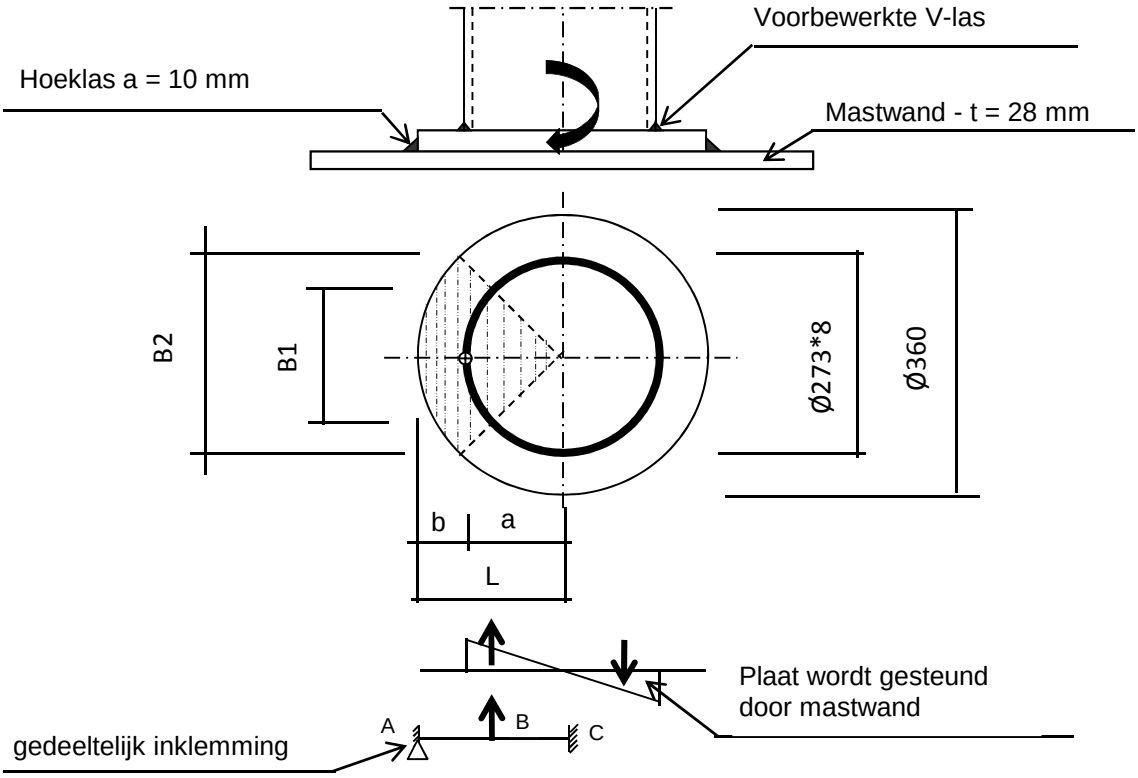
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 83,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 275,1 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,71 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 177,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,88 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,33 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 234,7 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 6,9 * 40,0% = 2,75 kNm

$M_{B;Ed}$ = 7,7 * 60,0% + 3,3 * 40,0% = 5,96 kNm

$R_{A;Ed}$ = 177,3 * 60,0% + 234,7 * 40,0% = 200,3 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,75 / 10,46 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 62,3 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 5,96 / 7,93 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 177,8 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 200,3 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 28,3 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 37,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 189,3 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 110,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 50,1 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	110,1	+	50,1	=		160,2	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	110,1	-	50,1	=		60,1	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		191,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	191,0	/	302,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	160,2	/	244,8	=	0,65	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1750,0	28,0	151475	S355	355	64183606
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 434,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 15807,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,70 of n_p = -0,686

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,64

$M_{ip,1,Rd}$ = 239,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 53,07 / 239,1 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 138,9 kNm

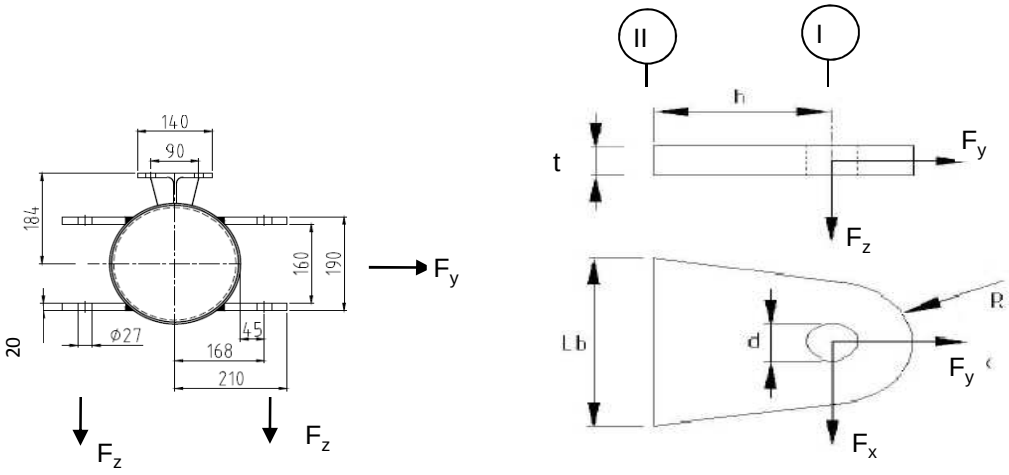
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 82,25 / 138,9 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	33,81	55,91	5,12
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**61,01**	**113,80**	**21,51**
BG 1a - (wind (45 gr))	18,21	36,70	5,60
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,80	110,81	21,76

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**30,50**	**56,90**	**21,51**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,9 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	51	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6	kN

N_{Ed} =	56,90	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,29	kNm
$V_{z,Ed}$ =	21,51	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,61	kNm
$V_{x,Ed}$ =	30,50	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,90	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,3	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,29	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		35,0	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,61	/	2,2	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		172,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,51	/	383	/	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	30,50	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,9	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 228,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 229 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

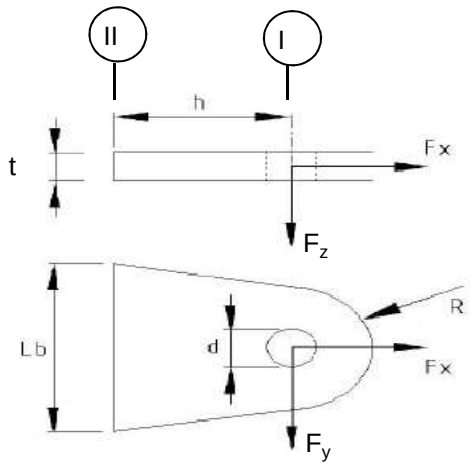
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2883,3	32,0	286647	S355	355	202089466
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1264,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 48949,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,69 of $n_p =$ -0,670

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,65

$N_{1,Rd} =$ 791,2 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 791,2 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 87,0 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 87,0 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

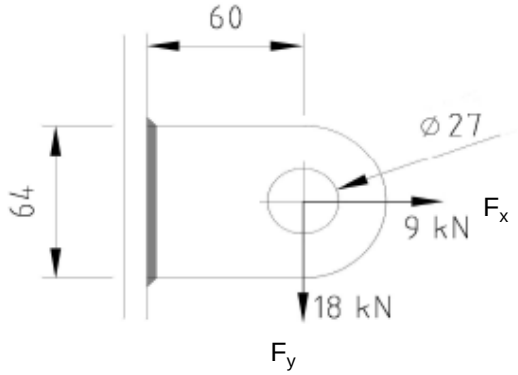
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
71,43 - 69,93 - 61,8 - 59,3 - 51,8 - 49,3 - 41,8 en 39,3 m



R =	32	mm	;	t =	20	mm	
Lb =	64	mm	;	d =	27	mm	
h =	60	mm	;	a las =	5	mm - hoeklas	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =			303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =			3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =			1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =			174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =			1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN					

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,00	/ 303 =	0,03	< 1,0 -- Voldoet	
		σ_N =	7,0	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	1,08	/ 3 =	0,33	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,y}$ =	79,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	18,00	/ 175 =	0,10	< 1,0 -- Voldoet	
		τ_y =	14,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 39.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1590,0	28,0	137401	S355	355	52727042
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 354,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11545,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,62 of $n_p =$ -0,610

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,70

$N_{1,Rd} =$ 652,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 652,1 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 41,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 41,7 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

Clip op 69,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	569,0	18,0	31158	S355	355	4160717
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 36,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 571,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,39 of $n_p =$ -0,384

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,84

$N_{1,Rd} =$ 330,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 330,0 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 21,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 21,1 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

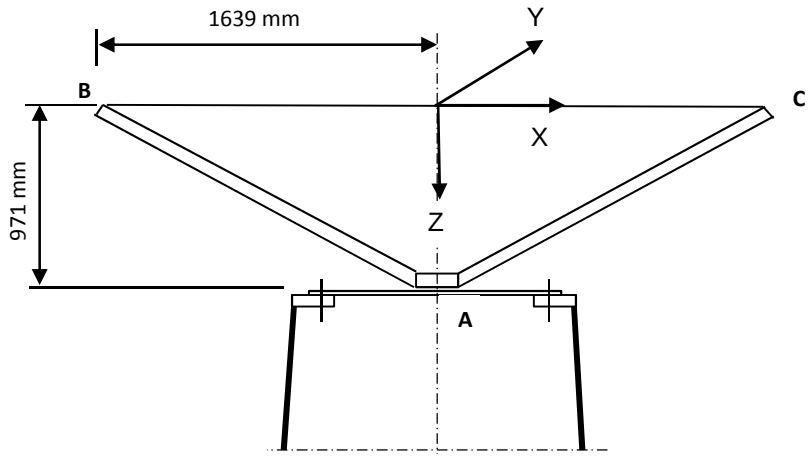
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



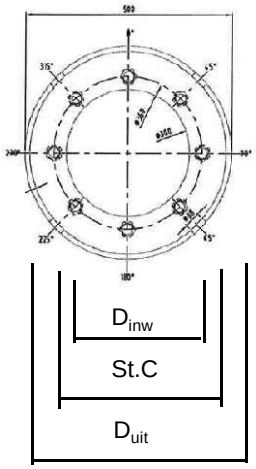
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

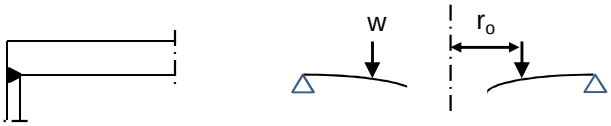
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

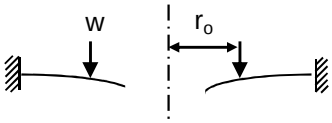
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} =	60,0%
Percentage vrij oplegging =	40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ =	519230769
$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ =	0,3859
$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ =	0,9733
$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ =	0,4853
$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ =	0,0031
$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ =	0,0316
$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ =	0,2144
$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor r = r_o =	0,1668
$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ =	0,0001
M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ =	922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

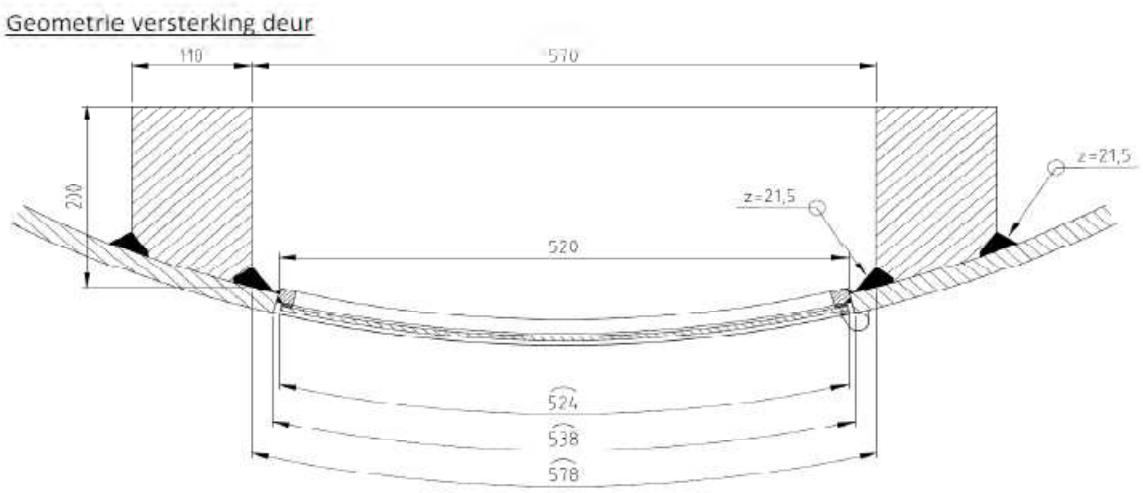
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

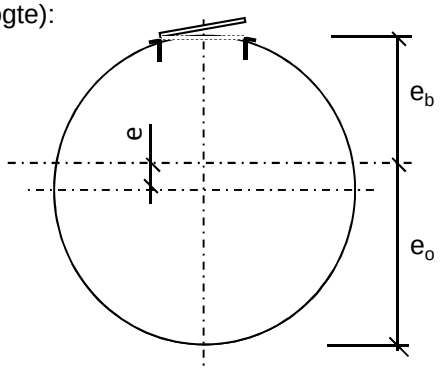
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2859	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	284218	mm^2
$A_{versterking}$ =	40963	mm^2
$A_{verlies}$ =	16546	mm^2
A_{tot} =	308634	mm^2

e =	92,0	mm			
e_b =	1337,5	mm ;	e_o =	1521,6	mm

I_{tot} =	3,14E+11	mm^4
W_{min} =	2,06E+08	mm^3
W_{max} =	2,35E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} =	49537	kNm ;	N_{Ed} =	1265 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,1	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	240,1	N/mm^2

σ_{max} = 4,1 + 240,1 = 244,2 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AE, AE1 en AE2

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Appendix AE

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20521	70817	137853	20521	70817	-137853
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20551	70077	137220	20551	70077	-137220
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20585	69190	136505	20585	69190	-136505
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2660	9854	18650	2660	9854	-18650
	Comp. gl	5568	19105	37363	5568	19105	-37363
1b	380C1F1 / 380C2F1	21291	73020	153791	21291	73020	-153791
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21293	72930	153789	21293	72930	-153789
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21294	72821	153791	21294	72821	-153791
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	9516	19911	2774	9516	-19911
	Comp. gl	5746	19377	40834	5746	19377	-40834
3	380C1F1 / 380C2F1	35340	104437	216136	35340	104437	-216136
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35346	104171	216098	35346	104171	-216098
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35353	103845	216063	35353	103845	-216063
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10766	26811	54945	10766	26811	-54945
	Comp. gl	21757	53364	110739	21757	53364	-110739
4	380C1F1 / 380C2F1	24365	73802	155465	24365	73802	-155465
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24367	73715	155471	24367	73715	-155471
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24368	73610	155482	24368	73610	-155482
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3606	10790	22642	3606	10790	-22642
	Comp. gl	7411	22001	46460	7411	22001	-46460
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	GW / opgw	3042	9033	19370	3042	9033	-19370
	Comp. gl	6308	18706	40115	6308	18706	-40115
1a	380C1F1 / 380C2F1	20655	67316	135180	18678	133783	-217562
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20669	66909	134934	18783	127798	-209458
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20685	66420	134662	18928	120398	-199459
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2689	9134	17962	2388	21919	-34725
	Comp. gl	5601	18213	36696	5086	35420	-58113
1b	380C1F1 / 380C2F1	21298	72578	153808	21014	80120	-157968
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21299	72523	153815	21049	79377	-157317
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21300	72455	153826	21090	78487	-156581
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9432	19903	2715	10959	-21049
	Comp. gl	5747	19264	40839	5680	21188	-41873
3	380C1F1 / 380C2F1	35367	103131	216037	34457	126455	-232463
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35370	102970	216042	34558	124142	-230144
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35373	102773	216053	34680	121365	-227465
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10773	26402	54947	10526	33367	-58934
	Comp. gl	21765	52800	110805	21478	61891	-114421
4	380C1F1 / 380C2F1	24371	73374	155516	24166	80308	-158363
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24371	73321	155527	24192	79641	-157877
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24372	73255	155540	24222	78841	-157333
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3607	10712	22647	3566	12013	-23309
	Comp. gl	7413	21894	46478	7369	23584	-47009
1a	380C1F1 / 380C2F1	18785	127655	209263	18785	127655	-209263
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18892	122106	201763	18892	122106	-201763

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **Appendix AE**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19040	115260	192543	19040	115260	-192543
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2400	20807	33198	2400	20807	-33198
	Comp. gl	5115	33812	55912	5115	33812	-55912
1b	380C1F1 / 380C2F1	21050	79359	157302	21050	79359	-157302
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21081	78689	156744	21081	78689	-156744
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21118	77887	156114	21118	77887	-156114
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2722	10801	20881	2722	10801	-20881
	Comp. gl	5689	20994	41706	5689	20994	-41706
3	380C1F1 / 380C2F1	34560	124088	230090	34560	124088	-230090
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34652	121998	228064	34652	121998	-228064
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34763	119490	225734	34763	119490	-225734
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	10554	32678	58339	10554	32678	-58339
	Comp. gl	21514	61006	113803	21514	61006	-113803
4	380C1F1 / 380C2F1	24193	79625	157866	24193	79625	-157866
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24216	79023	157453	24216	79023	-157453
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24242	78299	156992	24242	78299	-156992
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3571	11883	23201	3571	11883	-23201
	Comp. gl	7374	23421	46907	7374	23421	-46907
1a	380C1F1 / 380C2F1	18678	133783	217562	20655	67316	-135180
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18783	127798	209458	20669	66909	-134934
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18928	120398	199459	20685	66420	-134662
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2388	21919	34725	2689	9134	-17962
	Comp. gl	5086	35420	58113	5601	18213	-36696
1b	380C1F1 / 380C2F1	21014	80120	157968	21298	72578	-153808
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21049	79377	157317	21299	72523	-153815
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21090	78487	156581	21300	72455	-153826
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2715	10959	21049	2776	9432	-19903
	Comp. gl	5680	21188	41873	5747	19264	-40839
3	380C1F1 / 380C2F1	34457	126455	232463	35367	103131	-216037
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34558	124142	230144	35370	102970	-216042
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34680	121365	227465	35373	102773	-216053
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	10526	33367	58934	10773	26402	-54947
0	Comp. gl	21478	61891	114421	21765	52800	-110805
4	380C1F1 / 380C2F1	24166	80308	158363	24371	73374	-155516
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24192	79641	157877	24371	73321	-155527
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24222	78841	157333	24372	73255	-155540
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3566	12013	23309	3607	10712	-22647
	Comp. gl	7369	23584	47009	7413	21894	-46478
1a	380C1F1 / 380C2F1	15404	58916	112334	15404	58916	-112334
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15441	58036	111402	15441	58036	-111402
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15484	56985	110333	15484	56985	-110333
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1985	8360	15446	1985	8360	-15446
	Comp. gl	4180	15781	30235	4180	15781	-30235
1b	380C1F1 / 380C2F1	16204	59319	124410	16204	59319	-124410
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	59222	124392	16206	59222	-124392
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16209	59103	124375	16209	59103	-124375
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2106	7671	15954	2106	7671	-15954

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Appendix AE

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4363	15583	32696	4363	15583	-32696
3	380C1F1 / 380C2F1	30394	93348	192357	30394	93348	-192357
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30402	93067	192288	30402	93067	-192288
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30410	92726	192219	30410	92726	-192219
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10138	25681	52521	10138	25681	-52521
	Comp. gl	20456	51018	105707	20456	51018	-105707
4	380C1F1 / 380C2F1	19350	61293	128640	19350	61293	-128640
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19351	61202	128636	19351	61202	-128636
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19353	61090	128635	19353	61090	-128635
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2951	9169	19167	2951	9169	-19167
	Comp. gl	6055	18654	39282	6055	18654	-39282
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	GW / opgw	2052	6441	13813	2052	6441	-13813
	Comp. gl	4257	13367	28666	4257	13367	-28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	15573	54776	108291	13772	129062	-207442
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15591	54301	107899	13844	122726	-198585
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15613	53733	107457	13946	114832	-187528
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2019	7504	14466	1765	21457	-33735
	Comp. gl	4221	14729	29224	3748	34031	-55136
1b	380C1F1 / 380C2F1	16214	58844	124356	15835	67625	-131175
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16215	58785	124356	15880	66732	-130204
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16217	58714	124358	15933	65665	-129088
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2108	7579	15929	2031	9382	-17668
	Comp. gl	4365	15461	32684	4277	17694	-34381
3	380C1F1 / 380C2F1	30427	91981	192126	29399	117316	-212871
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30430	91814	192118	29507	114787	-210087
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30433	91610	192114	29639	111746	-206842
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10146	25265	52510	9886	32432	-56932
	Comp. gl	20464	50447	105759	20159	59779	-109896
4	380C1F1 / 380C2F1	19356	60845	128647	19097	68566	-133185
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19357	60790	128653	19129	67801	-132488
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19358	60721	128662	19166	66885	-131697
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2953	9088	19164	2903	10524	-20116
	Comp. gl	6057	18543	39292	6002	20381	-40141
1a	380C1F1 / 380C2F1	13846	122573	198372	13846	122573	-198372
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13921	116660	190090	13921	116660	-190090
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14027	109306	179779	14027	109306	-179779
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1773	20306	32125	1773	20306	-32125
	Comp. gl	3769	32321	52715	3769	32321	-52715
1b	380C1F1 / 380C2F1	15881	66711	130181	15881	66711	-130181
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15921	65908	129337	15921	65908	-129337
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15968	64949	128371	15968	64949	-128371
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2039	9193	17433	2039	9193	-17433
	Comp. gl	4287	17462	34131	4287	17462	-34131
3	380C1F1 / 380C2F1	29510	114727	210022	29510	114727	-210022

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **Appendix AE**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29609	112439	207570	29609	112439	-207570
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29730	109691	204725	29730	109691	-204725
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9915	31721	56288	9915	31721	-56288
	Comp. gl	20196	58866	109214	20196	58866	-109214
4	380C1F1 / 380C2F1	19129	67783	132472	19129	67783	-132472
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19158	67094	131873	19158	67094	-131873
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19191	66269	131195	19191	66269	-131195
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2909	10377	19972	2909	10377	-19972
	Comp. gl	6009	20198	39998	6009	20198	-39998
1a	380C1F1 / 380C2F1	13772	129062	207442	15573	54776	-108291
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13844	122726	198585	15591	54301	-107899
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13946	114832	187528	15613	53733	-107457
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1765	21457	33735	2019	7504	-14466
	Comp. gl	3748	34031	55136	4221	14729	-29224
1b	380C1F1 / 380C2F1	15835	67625	131175	16214	58844	-124356
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15880	66732	130204	16215	58785	-124356
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15933	65665	129088	16217	58714	-124358
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2031	9382	17668	2108	7579	-15929
	Comp. gl	4277	17694	34381	4365	15461	-32684
3	380C1F1 / 380C2F1	29399	117316	212871	30427	91981	-192126
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29507	114787	210087	30430	91814	-192118
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29639	111746	206842	30433	91610	-192114
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9886	32432	56932	10146	25265	-52510
0	Comp. gl	20159	59779	109896	20464	50447	-105759
4	380C1F1 / 380C2F1	19097	68566	133185	19356	60845	-128647
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19129	67801	132488	19357	60790	-128653
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19166	66885	131697	19358	60721	-128662
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2903	10524	20116	2953	9088	-19164
	Comp. gl	6002	20381	40141	6057	18543	-39292

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Appendix AE1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20694	66121	134510	20694	66121	-134510
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20703	65825	134370	20703	65825	-134370
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20714	65466	134219	20714	65466	-134219
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2697	8891	17777	2697	8891	-17777
	Comp. gl	5611	17909	36530	5611	17909	-36530
1b	380C1F1 / 380C2F1	21295	72760	153793	21295	72760	-153793
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21297	72691	153798	21297	72691	-153798
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21298	72606	153805	21298	72606	-153805
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	9466	19904	2775	9466	-19904
	Comp. gl	5747	19311	40835	5747	19311	-40835
3	380C1F1 / 380C2F1	24214	77879	160751	24214	77879	-160751
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24220	77649	160684	24220	77649	-160684
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24227	77370	160615	24227	77370	-160615
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4559	14266	28555	4559	14266	-28555
	Comp. gl	9341	28340	57819	9341	28340	-57819
4	380C1F1 / 380C2F1	23664	71834	151805	23664	71834	-151805
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23665	71766	151814	23665	71766	-151814
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23666	71684	151826	23666	71684	-151826
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10315	21723	3430	10315	-21723
	Comp. gl	7060	21084	44637	7060	21084	-44637
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	GW / opgw	3042	9033	19370	3042	9033	-19370
	Comp. gl	6308	18706	40115	6308	18706	-40115
1a	380C1F1 / 380C2F1	20734	64695	133966	19666	92787	-162944
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20738	64524	133925	19762	89992	-159407
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20743	64317	133884	19885	86611	-155207
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2707	8607	17614	2513	14276	-24233
	Comp. gl	5620	17545	36396	5352	24735	-43768
1b	380C1F1 / 380C2F1	21300	72417	153832	21112	78006	-156205
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21301	72375	153840	21136	77466	-155803
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21301	72322	153851	21164	76819	-155352
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9402	19904	2735	10520	-20599
	Comp. gl	5748	19223	40846	5704	20650	-41431
3	380C1F1 / 380C2F1	24241	76762	160515	23371	97906	-178997
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24244	76626	160503	23462	95778	-176546
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24247	76460	160494	23574	93222	-173684
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4573	13851	28368	4273	21883	-36843
	Comp. gl	9355	27798	57677	8949	38072	-67021
4	380C1F1 / 380C2F1	23667	71499	151862	23529	76746	-153497
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	71457	151872	23547	76251	-153190
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23668	71405	151885	23568	75654	-152849
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10254	21729	3403	11242	-22145
	Comp. gl	7061	20999	44655	7031	22294	-44957
1a	380C1F1 / 380C2F1	19765	89925	159324	19765	89925	-159324
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19856	87384	156158	19856	87384	-156158

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Appendix AE1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19971	84315	152416	19971	84315	-152416
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2527	13717	23480	2527	13717	-23480
	Comp. gl	5377	23997	42834	5377	23997	-42834
1b	380C1F1 / 380C2F1	21137	77454	155793	21137	77454	-155793
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21158	76967	155451	21158	76967	-155451
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21182	76382	155070	21182	76382	-155070
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2740	10406	20491	2740	10406	-20491
	Comp. gl	5709	20509	41328	5709	20509	-41328
3	380C1F1 / 380C2F1	23464	95728	176488	23464	95728	-176488
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23548	93804	174327	23548	93804	-174327
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23650	91496	171814	23650	91496	-171814
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4297	21093	35855	4297	21093	-35855
	Comp. gl	8988	37030	65807	8988	37030	-65807
4	380C1F1 / 380C2F1	23547	76239	153183	23547	76239	-153183
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23563	75790	152924	23563	75790	-152924
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23581	75250	152638	23581	75250	-152638
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3406	11144	22073	3406	11144	-22073
	Comp. gl	7035	22171	44891	7035	22171	-44891
1a	380C1F1 / 380C2F1	19666	92787	162944	20734	64695	-133966
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19762	89992	159407	20738	64524	-133925
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19885	86611	155207	20743	64317	-133884
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2513	14276	24233	2707	8607	-17614
	Comp. gl	5352	24735	43768	5620	17545	-36396
1b	380C1F1 / 380C2F1	21112	78006	156205	21300	72417	-153832
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21136	77466	155803	21301	72375	-153840
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21164	76819	155352	21301	72322	-153851
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2735	10520	20599	2776	9402	-19904
	Comp. gl	5704	20650	41431	5748	19223	-40846
3	380C1F1 / 380C2F1	23371	97906	178997	24241	76762	-160515
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23462	95778	176546	24244	76626	-160503
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23574	93222	173684	24247	76460	-160494
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4273	21883	36843	4573	13851	-28368
0	Comp. gl	8949	38072	67021	9355	27798	-57677
4	380C1F1 / 380C2F1	23529	76746	153497	23667	71499	-151862
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23547	76251	153190	23668	71457	-151872
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23568	75654	152849	23668	71405	-151885
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3403	11242	22145	3431	10254	-21729
	Comp. gl	7031	22294	44957	7061	20999	-44655
1a	380C1F1 / 380C2F1	15625	53388	107205	15625	53388	-107205
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15637	53047	106970	15637	53047	-106970
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15651	52637	106709	15651	52637	-106709
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2031	7218	14188	2031	7218	-14188
	Comp. gl	4234	14376	28955	4234	14376	-28955
1b	380C1F1 / 380C2F1	16211	59038	124368	16211	59038	-124368
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16212	58964	124361	16212	58964	-124361
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16214	58874	124357	16214	58874	-124357
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	7617	15937	2107	7617	-15937

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Appendix AE1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4364	15511	32686	4364	15511	-32686
3	380C1F1 / 380C2F1	19171	65274	133721	19171	65274	-133721
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19180	65020	133602	19180	65020	-133602
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19189	64713	133474	19189	64713	-133474
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3906	12796	25403	3906	12796	-25403
	Comp. gl	7992	25254	51200	7992	25254	-51200
4	380C1F1 / 380C2F1	18642	59191	124693	18642	59191	-124693
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18643	59120	124694	18643	59120	-124694
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18644	59034	124699	18644	59034	-124699
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	8667	18188	2774	8667	-18188
	Comp. gl	5701	17683	37343	5701	17683	-37343
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	GW / opgw	2052	6441	13813	2052	6441	-13813
	Comp. gl	4257	13367	28666	4257	13367	-28666
1a	380C1F1 / 380C2F1	15679	51766	106240	14527	84525	-145232
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15684	51575	106156	14612	81352	-140885
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15690	51345	106067	14725	77481	-135633
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2043	6888	13926	1851	13386	-22325
	Comp. gl	4247	13964	28717	3954	22362	-38681
1b	380C1F1 / 380C2F1	16217	58674	124360	15961	65091	-128511
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16218	58629	124364	15992	64448	-127886
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16219	58574	124370	16029	63680	-127176
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7547	15925	2055	8856	-17029
	Comp. gl	4366	15418	32686	4306	17050	-33713
3	380C1F1 / 380C2F1	19207	64051	133258	18205	88309	-158423
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19211	63905	133224	18298	85877	-155316
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19215	63727	133189	18416	82940	-151638
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3922	12349	25147	3616	21037	-35030
	Comp. gl	8009	24678	50985	7571	35881	-62325
4	380C1F1 / 380C2F1	18646	58842	124720	18467	64649	-127555
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18647	58799	124726	18490	64082	-127095
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18647	58745	124736	18516	63402	-126576
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2775	8603	18190	2740	9693	-18824
	Comp. gl	5702	17595	37355	5664	19000	-37892
1a	380C1F1 / 380C2F1	14614	81277	140782	14614	81277	-140782
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14698	78369	136831	14698	78369	-136831
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14808	74830	132079	14808	74830	-132079
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1862	12773	21455	1862	12773	-21455
	Comp. gl	3978	21520	37523	3978	21520	-37523
1b	380C1F1 / 380C2F1	15993	64433	127872	15993	64433	-127872
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16021	63854	127334	16021	63854	-127334
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16054	63163	126724	16054	63163	-126724
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2061	8718	16872	2061	8718	-16872
	Comp. gl	4314	16883	33553	4314	16883	-33553
3	380C1F1 / 380C2F1	18300	85819	155243	18300	85819	-155243

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **Appendix AE1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18388	83610	152470	18388	83610	-152470
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18498	80949	149199	18498	80949	-149199
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3637	20200	33939	3637	20200	-33939
	Comp. gl	7610	34753	60925	7610	34753	-60925
4	380C1F1 / 380C2F1	18491	64068	127084	18491	64068	-127084
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18510	63557	126691	18510	63557	-126691
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18534	62944	126249	18534	62944	-126249
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2745	9582	18724	2745	9582	-18724
	Comp. gl	5669	18862	37795	5669	18862	-37795
1a	380C1F1 / 380C2F1	14527	84525	145232	15679	51766	-106240
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14612	81352	140885	15684	51575	-106156
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14725	77481	135633	15690	51345	-106067
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1851	13386	22325	2043	6888	-13926
	Comp. gl	3954	22362	38681	4247	13964	-28717
1b	380C1F1 / 380C2F1	15961	65091	128511	16217	58674	-124360
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15992	64448	127886	16218	58629	-124364
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16029	63680	127176	16219	58574	-124370
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2055	8856	17029	2109	7547	-15925
	Comp. gl	4306	17050	33713	4366	15418	-32686
3	380C1F1 / 380C2F1	18205	88309	158423	19207	64051	-133258
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18298	85877	155316	19211	63905	-133224
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18416	82940	151638	19215	63727	-133189
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3616	21037	35030	3922	12349	-25147
0	Comp. gl	7571	35881	62325	8009	24678	-50985
4	380C1F1 / 380C2F1	18467	64649	127555	18646	58842	-124720
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18490	64082	127095	18647	58799	-124726
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18516	63402	126576	18647	58745	-124736
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2740	9693	18824	2775	8603	-18190
	Comp. gl	5664	19000	37892	5702	17595	-37355

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20694	66121	134510	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20703	65825	134370	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20714	65466	134219	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2697	8891	17777	0	0	0
	Comp. gl	5611	17909	36530	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21295	72760	153793	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21297	72691	153798	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21298	72606	153805	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	9466	19904	0	0	0
	Comp. gl	5747	19311	40835	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24214	77879	160751	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24220	77649	160684	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24227	77370	160615	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4559	14266	28555	0	0	0
	Comp. gl	9341	28340	57819	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23664	71834	151805	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23665	71766	151814	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23666	71684	151826	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10315	21723	0	0	0
	Comp. gl	7060	21084	44637	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	0	0	0
Permanent loads γg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	0	0	0
	GW / opgw	3042	9033	19370	0	0	0
	Comp. gl	6308	18706	40115	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	20734	64695	133966	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20738	64524	133925	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20743	64317	133884	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2707	8607	17614	0	0	0
	Comp. gl	5620	17545	36396	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21300	72417	153832	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21301	72375	153840	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21301	72322	153851	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9402	19904	0	0	0
	Comp. gl	5748	19223	40846	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24241	76762	160515	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24244	76626	160503	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24247	76460	160494	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4573	13851	28368	0	0	0
	Comp. gl	9355	27798	57677	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23667	71499	151862	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	71457	151872	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23668	71405	151885	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10254	21729	0	0	0
	Comp. gl	7061	20999	44655	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19765	89925	159324	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19856	87384	156158	0	0	0

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19971	84315	152416	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2527	13717	23480	0	0	0
	Comp. gl	5377	23997	42834	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21137	77454	155793	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21158	76967	155451	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21182	76382	155070	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2740	10406	20491	0	0	0
	Comp. gl	5709	20509	41328	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23464	95728	176488	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23548	93804	174327	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23650	91496	171814	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4297	21093	35855	0	0	0
	Comp. gl	8988	37030	65807	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23547	76239	153183	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23563	75790	152924	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23581	75250	152638	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3406	11144	22073	0	0	0
	Comp. gl	7035	22171	44891	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19666	92787	162944	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19762	89992	159407	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19885	86611	155207	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2513	14276	24233	0	0	0
	Comp. gl	5352	24735	43768	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21112	78006	156205	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21136	77466	155803	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21164	76819	155352	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2735	10520	20599	0	0	0
	Comp. gl	5704	20650	41431	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23371	97906	178997	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23462	95778	176546	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23574	93222	173684	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4273	21883	36843	0	0	0
0	Comp. gl	8949	38072	67021	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23529	76746	153497	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23547	76251	153190	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23568	75654	152849	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3403	11242	22145	0	0	0
	Comp. gl	7031	22294	44957	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15625	53388	107205	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15637	53047	106970	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15651	52637	106709	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2031	7218	14188	0	0	0
	Comp. gl	4234	14376	28955	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16211	59038	124368	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16212	58964	124361	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16214	58874	124357	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	7617	15937	0	0	0

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4364	15511	32686	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19171	65274	133721	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19180	65020	133602	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19189	64713	133474	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3906	12796	25403	0	0	0
	Comp. gl	7992	25254	51200	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18642	59191	124693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18643	59120	124694	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18644	59034	124699	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	8667	18188	0	0	0
	Comp. gl	5701	17683	37343	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	0	0	0
	GW / opgw	2052	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	4257	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15679	51766	106240	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15684	51575	106156	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15690	51345	106067	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2043	6888	13926	0	0	0
	Comp. gl	4247	13964	28717	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16217	58674	124360	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16218	58629	124364	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16219	58574	124370	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7547	15925	0	0	0
	Comp. gl	4366	15418	32686	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19207	64051	133258	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19211	63905	133224	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19215	63727	133189	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3922	12349	25147	0	0	0
	Comp. gl	8009	24678	50985	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18646	58842	124720	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18647	58799	124726	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18647	58745	124736	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2775	8603	18190	0	0	0
	Comp. gl	5702	17595	37355	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14614	81277	140782	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14698	78369	136831	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14808	74830	132079	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1862	12773	21455	0	0	0
	Comp. gl	3978	21520	37523	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	15993	64433	127872	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16021	63854	127334	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16054	63163	126724	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2061	8718	16872	0	0	0
	Comp. gl	4314	16883	33553	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18300	85819	155243	0	0	0

W2H400+15 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18388	83610	152470	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18498	80949	149199	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3637	20200	33939	0	0	0
	Comp. gl	7610	34753	60925	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18491	64068	127084	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18510	63557	126691	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18534	62944	126249	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2745	9582	18724	0	0	0
	Comp. gl	5669	18862	37795	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14527	84525	145232	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14612	81352	140885	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14725	77481	135633	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1851	13386	22325	0	0	0
	Comp. gl	3954	22362	38681	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	15961	65091	129511	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15992	64448	127886	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16029	63680	127176	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2055	8856	17029	0	0	0
	Comp. gl	4306	17050	33713	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18205	88309	158423	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18298	85877	155316	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18416	82940	151638	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3616	21037	35030	0	0	0
0	Comp. gl	7571	35881	62325	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18467	64649	127555	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18490	64082	127095	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18516	63402	126576	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2740	9693	18824	0	0	0
	Comp. gl	5664	19000	37892	0	0	0

W2H300+10 TOWER

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state) **Appendix AE2**

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17271	59150	117506	17271	59150	-117506
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17288	58691	117159	17288	58691	-117159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17308	58142	116771	17308	58142	-116771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2243	8077	15667	2243	8077	-15667
	Comp. gl	4682	15941	31780	4682	15941	-31780
1b	380C1F1 / 380C2F1	17917	63577	134474	17917	63577	-134474
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17918	63519	134476	17918	63519	-134476
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17919	63447	134481	17919	63447	-134481
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2332	8217	17291	2332	8217	-17291
	Comp. gl	4828	16769	35481	4828	16769	-35481
3	380C1F1 / 380C2F1	27292	84702	176425	27292	84702	-176425
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27296	84526	176403	27296	84526	-176403
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27300	84311	176385	27300	84311	-176385
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7709	20658	42601	7709	20658	-42601
	Comp. gl	15602	41245	85983	15602	41245	-85983
4	380C1F1 / 380C2F1	19851	62128	131366	19851	62128	-131366
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19851	62072	131372	19851	62072	-131372
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19852	62002	131382	19852	62002	-131382
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2876	8895	18744	2876	8895	-18744
	Comp. gl	5920	18197	38543	5920	18197	-38543
1a	380C1F1 / 380C2F1	17347	56974	116064	15910	100156	-168580
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17355	56720	115936	16005	96083	-162996
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17364	56414	115796	16131	91086	-156191
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2259	7632	15284	2029	16099	-26341
	Comp. gl	4701	15387	31423	4332	26499	-44934
1b	380C1F1 / 380C2F1	17921	63289	134501	17758	68041	-136682
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17922	63253	134507	17779	67579	-136320
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17922	63209	134516	17803	67025	-135914
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2333	8163	17290	2297	9117	-17916
	Comp. gl	4829	16695	35488	4791	17907	-36024
3	380C1F1 / 380C2F1	27309	83840	176377	26719	99175	-186877
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27310	83734	176382	26787	97646	-185358
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27312	83603	176392	26869	95815	-183614
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7714	20382	42597	7541	25142	-45511
	Comp. gl	15607	40866	86022	15409	47039	-88683
4	380C1F1 / 380C2F1	19854	61848	131410	19735	66290	-132922
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19854	61813	131417	19750	65867	-132646
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19854	61769	131428	19768	65360	-132339
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2876	8844	18749	2852	9681	-19126
	Comp. gl	5920	18126	38557	5894	19220	-38841
1a	380C1F1 / 380C2F1	16007	95985	162863	16007	95985	-162863
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16101	92234	157750	16101	92234	-157750
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16227	87645	151546	16227	87645	-151546
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2041	15325	25253	2041	15325	-25253
	Comp. gl	4358	25412	43435	4358	25412	-43435

W2H300+10 TOWER

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state) **Appendix AE2**

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	17779	67568	136312	17779	67568	-136312
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17797	67151	136004	17797	67151	-136004
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17819	66651	135659	17819	66651	-135659
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2301	9019	17820	2301	9019	-17820
	Comp. gl	4796	17786	35932	4796	17786	-35932
3	380C1F1 / 380C2F1	26789	97610	185323	26789	97610	-185323
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26851	96232	184003	26851	96232	-184003
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26924	94580	182493	26924	94580	-182493
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7561	24666	45077	7561	24666	-45077
	Comp. gl	15433	46434	88235	15433	46434	-88235
4	380C1F1 / 380C2F1	19750	65857	132639	19750	65857	-132639
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19764	65476	132406	19764	65476	-132406
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19779	65016	132148	19779	65016	-132148
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2855	9598	19062	2855	9598	-19062
	Comp. gl	5898	19116	38782	5898	19116	-38782
1a	380C1F1 / 380C2F1	15910	100156	168580	17347	56974	-116064
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16005	96083	162996	17355	56720	-115936
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16131	91086	156191	17364	56414	-115796
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2029	16099	26341	2259	7632	-15284
	Comp. gl	4332	26499	44934	4701	15387	-31423
1b	380C1F1 / 380C2F1	17758	68041	136682	17921	63289	-134501
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17779	67579	136320	17922	63253	-134507
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17803	67025	135914	17922	63209	-134516
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2297	9117	17916	2333	8163	-17290
	Comp. gl	4791	17907	36024	4829	16695	-35488
3	380C1F1 / 380C2F1	26719	99175	186877	27309	83840	-176377
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26787	97646	185358	27310	83734	-176382
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26869	95815	183614	27312	83603	-176392
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7541	25142	45511	7714	20382	-42597
	Comp. gl	15409	47039	88683	15607	40866	-86022
4	380C1F1 / 380C2F1	19735	66290	132922	19854	61848	-131410
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19750	65867	132646	19854	61813	-131417
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19768	65360	132339	19854	61769	-131428
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2852	9681	19126	2876	8844	-18749
	Comp. gl	5894	19220	38841	5920	18126	-38557

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400A(+5)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400A(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 52m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 42m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32m hoogte	71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	79
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	87
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	97
9.7 Berekening versterking deur	100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AN, AN1 en AN2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400A(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400A(+5) zijn de bijlage AN en AN1 (berekening maststerkte) en bijlage AN2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 62,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,567 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 19,95m, 22,80m en 19,25 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400A(+5) zijn de bijlage AN en AN1 (berekening maststerkte) en bijlage AN2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2H400A(+5)"

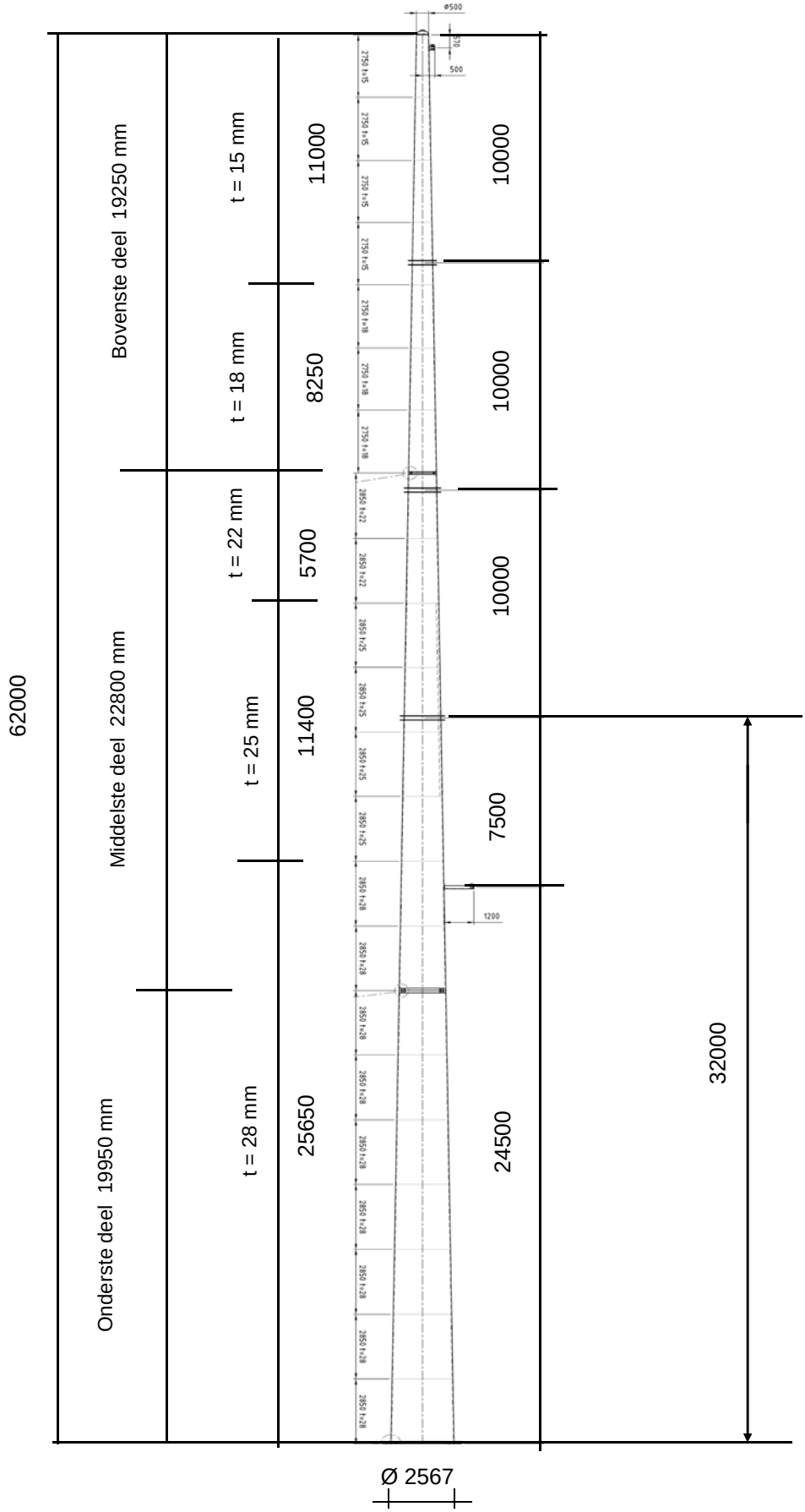
Berekening

W2H400A+5

62,0 m - 2567 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400A(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,534

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	61,72
2	2180	592	519	n.v.t.	2	1	60,34
3	2750	683	592	n.v.t.	2	1	57,88
4	2750	775	683	n.v.t.	2	1	55,13
5	1750	833	775	n.v.t.	2	1	52,88
6	1000	867	833	n.v.t.	2	1	51,50
7	2750	958	867	n.v.t.	2	1	49,63
8	2750	1050	958	n.v.t.	2	1	46,88
9	2750	1142	1050	n.v.t.	2	1	44,13
10	750	1167	1142	n.v.t.	2	1	42,38
11	2100	1237	1167	n.v.t.	2	1	40,95
12	2850	1332	1237	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1427	1332	n.v.t.	2	1	35,63
14	2200	1500	1427	n.v.t.	2	1	33,10
15	650	1522	1500	n.v.t.	2	1	31,68
16	2850	1617	1522	n.v.t.	2	1	29,93
17	2850	1712	1617	n.v.t.	2	1	27,08
18	1150	1750	1712	n.v.t.	2	1	25,08
19	1700	1807	1750	n.v.t.	2	1	23,65
20	1425	1854	1807	n.v.t.	2	1	22,09
21	1425	1902	1854	n.v.t.	2	1	20,66
22	1425	1949	1902	n.v.t.	2	1	19,24
23	1425	1997	1949	n.v.t.	2	1	17,81
24	1425	2044	1997	n.v.t.	2	1	16,39
25	1425	2092	2044	n.v.t.	2	1	14,96
26	1425	2139	2092	n.v.t.	2	1	13,54
27	1425	2187	2139	n.v.t.	2	1	12,11
28	1425	2234	2187	n.v.t.	2	1	10,69
29	1425	2282	2234	n.v.t.	2	1	9,26
30	2850	2377	2282	n.v.t.	2	1	7,13
31	2850	2472	2377	n.v.t.	2	1	4,28
32	2850	2567	2472	n.v.t.	2	1	1,43
	62000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	15,0	23303	182,93	7,13E+08	174,91	2,80E+06
2	555	15,0	25463	199,88	9,30E+08	191,11	3,35E+06
3	638	15,0	29336	230,28	1,42E+09	220,16	4,46E+06
4	729	15,0	33656	264,20	2,15E+09	252,56	5,89E+06
5	804	15,0	37191	291,95	2,90E+09	279,08	7,20E+06
6	850	15,0	39351	308,91	3,43E+09	295,28	8,07E+06
7	913	18,0	50587	397,10	5,06E+09	316,34	1,11E+07
8	1004	18,0	55771	437,80	6,78E+09	348,75	1,35E+07
9	1096	18,0	60955	478,50	8,86E+09	381,16	1,62E+07
10	1154	22,0	78257	614,32	1,25E+10	400,39	2,17E+07
11	1202	22,0	81541	640,09	1,42E+10	417,19	2,36E+07
12	1284	22,0	87243	684,86	1,74E+10	446,36	2,71E+07
13	1379	25,0	106367	834,98	2,44E+10	478,90	3,54E+07
14	1463	25,0	112979	886,88	2,92E+10	508,66	3,99E+07
15	1511	25,0	116710	916,17	3,22E+10	525,45	4,27E+07
16	1569	25,0	121292	952,14	3,62E+10	546,08	4,61E+07
17	1664	25,0	128755	1010,72	4,33E+10	579,67	5,20E+07
18	1731	28,0	149807	1175,98	5,43E+10	602,19	6,28E+07
19	1779	28,0	153985	1208,79	5,90E+10	618,99	6,63E+07
20	1831	28,0	158568	1244,76	6,44E+10	637,40	7,04E+07
21	1878	28,0	162747	1277,56	6,97E+10	654,20	7,42E+07
22	1926	28,0	166926	1310,37	7,52E+10	670,99	7,81E+07
23	1973	28,0	171105	1343,17	8,09E+10	687,79	8,20E+07
24	2021	28,0	175284	1375,98	8,70E+10	704,58	8,61E+07
25	2068	28,0	179463	1408,78	9,34E+10	721,38	9,03E+07
26	2116	28,0	183642	1441,59	1,00E+11	738,17	9,46E+07
27	2163	28,0	187821	1474,39	1,07E+11	754,97	9,90E+07
28	2211	28,0	192000	1507,20	1,14E+11	771,76	1,03E+08
29	2258	28,0	196179	1540,00	1,22E+11	788,56	1,08E+08
30	2329	28,0	202447	1589,21	1,34E+11	813,75	1,15E+08
31	2424	28,0	210805	1654,82	1,51E+11	847,34	1,25E+08
32	2519	28,0	219163	1720,43	1,70E+11	880,93	1,35E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	62000	1 -- 2	1	570	2,33E+04	7,13E+08
2	61430	2 -- 3	2	2180	2,55E+04	9,30E+08
3	59250	3 -- 4	3	2750	2,93E+04	1,42E+09
4	56500	4 -- 5	4	2750	3,37E+04	2,15E+09
5	53750	5 -- 6	5	1750	3,72E+04	2,90E+09
6	52000	6 -- 7	6	1000	3,94E+04	3,43E+09
7	51000	7 -- 8	7	2750	5,06E+04	5,06E+09
8	48250	8 -- 9	8	2750	5,58E+04	6,78E+09
9	45500	9 -- 10	9	2750	6,10E+04	8,86E+09
10	42750	10 -- 11	10	750	7,83E+04	1,25E+10
11	42000	11 -- 12	11	2100	8,15E+04	1,42E+10
12	39900	12 -- 13	12	2850	8,72E+04	1,74E+10
13	37050	13 -- 14	13	2850	1,06E+05	2,44E+10
14	34200	14 -- 15	14	2200	1,13E+05	2,92E+10
15	32000	15 -- 16	15	650	1,17E+05	3,22E+10
16	31350	16 -- 17	16	2850	1,21E+05	3,62E+10
17	28500	17 -- 18	17	2850	1,29E+05	4,33E+10
18	25650	18 -- 19	18	1150	1,50E+05	5,43E+10
19	24500	19 -- 20	19	1700	1,54E+05	5,90E+10
20	22800	20 -- 21	20	1425	1,59E+05	6,44E+10
21	21375	21 -- 22	21	1425	1,63E+05	6,97E+10
22	19950	22 -- 23	22	1425	1,67E+05	7,52E+10
23	18525	23 -- 24	23	1425	1,71E+05	8,09E+10
24	17100	24 -- 25	24	1425	1,75E+05	8,70E+10
25	15675	25 -- 26	25	1425	1,79E+05	9,34E+10
26	14250	26 -- 27	26	1425	1,84E+05	1,00E+11
27	12825	27 -- 28	27	1425	1,88E+05	1,07E+11
28	11400	28 -- 29	28	1425	1,92E+05	1,14E+11
29	9975	29 -- 30	29	1425	1,96E+05	1,22E+11
30	8550	30 -- 31	30	2850	2,02E+05	1,34E+11
31	5700	31 -- 32	31	2850	2,11E+05	1,51E+11
32	2850	32 -- 33	32	2850	2,19E+05	1,70E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	61,72	0,21	1,20	32,40	0,17	1457
2	60,34	0,21	1,20	32,27	0,18	1449
3	57,88	0,21	1,19	32,04	0,18	1434
4	55,13	0,21	1,18	31,76	0,18	1416
5	52,88	0,21	1,17	31,53	0,18	1401
6	51,50	0,21	1,16	31,38	0,18	1391
7	49,63	0,21	1,15	31,17	0,18	1378
8	46,88	0,21	1,14	30,85	0,18	1358
9	44,13	0,21	1,13	30,50	0,19	1336
10	42,38	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
11	40,95	0,21	1,11	30,08	0,19	1310
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
14	33,10	0,21	1,07	28,88	0,20	1236
15	31,68	0,21	1,06	28,63	0,20	1220
16	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
17	27,08	0,21	1,03	27,74	0,20	1167
18	25,08	0,21	1,01	27,31	0,21	1142
19	23,65	0,21	1,00	26,98	0,21	1122
20	22,09	0,21	0,98	26,59	0,21	1100
21	20,66	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
22	19,24	0,21	0,96	25,81	0,22	1055
23	17,81	0,21	0,94	25,38	0,22	1030
24	16,39	0,21	0,92	24,91	0,23	1004
25	14,96	0,21	0,90	24,39	0,23	975
26	13,54	0,21	0,88	23,83	0,24	944
27	12,11	0,21	0,86	23,20	0,24	910
28	10,69	0,21	0,83	22,49	0,25	872
29	9,26	0,21	0,80	21,68	0,26	830
30	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
31	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
32	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1128	400	0,40	0,00	2,28E-02	814,03
2	2 -- 3	4684	3712	5,24	0,55	2,28E-02	801,05
3	3 -- 4	6745		9,92	17,08	2,27E-02	751,48
4	4 -- 5	7678		16,67	53,65	2,24E-02	689,47
5	5 -- 6	5372		24,35	110,04	2,19E-02	628,55
6	6 -- 7	3239	29705	59,42	157,35	2,15E-02	590,58
7	7 -- 8	11333		62,66	218,40	2,12E-02	569,20
8	8 -- 9	12452		74,00	406,30	2,04E-02	511,80
9	9 -- 10	13571		86,45	626,92	1,94E-02	456,87
10	10 -- 11	4720	4425	104,44	883,31	1,83E-02	404,84
11	11 -- 12	13757	30148	139,31	963,41	1,81E-02	391,19
12	12 -- 13	19946		153,07	1270,41	1,73E-02	354,03
13	13 -- 14	24224		173,02	1735,08	1,61E-02	306,36
14	14 -- 15	19841		197,24	2262,70	1,50E-02	261,94
15	15 -- 16	6053	30590	247,67	2718,45	1,41E-02	229,89
16	16 -- 17	27564		253,72	2881,40	1,38E-02	220,80
17	17 -- 18	29233		281,29	3643,79	1,26E-02	183,02
18	18 -- 19	13696		310,52	4487,12	1,13E-02	148,79
19	19 -- 20	20804	3848	328,07	4852,09	1,09E-02	136,01
20	20 -- 21	17952		348,87	5427,49	1,02E-02	118,10
21	21 -- 22	18419		366,82	5937,42	9,58E-03	104,02
22	22 -- 23	18886	20950	406,19	6473,26	8,97E-03	90,80
23	23 -- 24	19354		425,08	7065,54	8,36E-03	78,45
24	24 -- 25	19821		444,43	7685,06	7,74E-03	66,97
25	25 -- 26	20289		464,25	8332,50	7,12E-03	56,37
26	26 -- 27	20756		484,54	9008,51	6,49E-03	46,67
27	27 -- 28	21224		505,30	9713,77	5,85E-03	37,88
28	28 -- 29	21691		526,52	10448,94	5,21E-03	29,98
29	29 -- 30	22159		548,21	11214,69	4,57E-03	23,01
30	30 -- 31	45720		570,37	12011,68	3,93E-03	16,95
31	31 -- 32	47590		616,09	13702,38	2,63E-03	7,57
32	32 -- 33	49460		663,68	15526,06	1,32E-03	1,91
33			40090	753,23	17488,03	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	112,8	40,0	0,814	1213,17	100,078
2	2 -- 3	468,4	371,2	0,801	6484,12	520,461
3	3 -- 4	674,5		0,751	4767,52	350,141
4	4 -- 5	767,8		0,689	4963,74	333,451
5	5 -- 6	537,2		0,629	3212,13	199,592
6	6 -- 7	323,9	2970,5	0,591	19052,56	1144,988
7	7 -- 8	1133,3		0,569	6009,04	331,079
8	8 -- 9	1245,2		0,512	5916,34	292,096
9	9 -- 10	1357,1		0,457	5736,13	251,930
10	10 -- 11	472,0	442,5	0,405	3600,10	147,287
11	11 -- 12	1375,7	3014,8	0,391	16598,03	652,349
12	12 -- 13	1994,6		0,354	6460,94	217,469
13	13 -- 14	2422,4		0,306	6752,62	195,593
14	14 -- 15	1984,1		0,262	4786,59	119,989
15	15 -- 16	605,3	3059,0	0,230	8236,59	192,395
16	16 -- 17	2756,4		0,221	5459,53	112,367
17	17 -- 18	2923,3		0,183	4757,74	80,461
18	18 -- 19	1369,6		0,149	1913,29	27,773
19	19 -- 20	2080,4	384,8	0,136	3106,54	40,703
20	20 -- 21	1795,2		0,118	1955,86	22,143
21	21 -- 22	1841,9		0,104	1760,16	17,478
22	22 -- 23	1888,6	2095,0	0,091	3434,04	30,799
23	23 -- 24	1935,4		0,078	1380,45	10,231
24	24 -- 25	1982,1		0,067	1199,19	7,539
25	25 -- 26	2028,9		0,056	1025,51	5,386
26	26 -- 27	2075,6		0,047	860,80	3,710
27	27 -- 28	2122,4		0,038	706,44	2,443
28	28 -- 29	2169,1		0,030	563,79	1,523
29	29 -- 30	2215,9		0,023	434,23	0,884
30	30 -- 31	4572,0		0,017	549,75	0,687
31	31 -- 32	4759,0		0,008	221,33	0,107
32	32 -- 33	4946,0		0,002	46,41	0,005
33			4009,0	0,000	0,00	0,000
				Som	133165	5413

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,79	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	919	0,992	0,570	0,56	515,67	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	425,99	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,40	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,21	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1966,88	1,31
6 -- 7	324	0,712	1,000	0,51	164,37	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	499,63	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	440,80	1,64
9 -- 10	654	0,529	2,750	0,77	504,14	1,46
10 -- 11	4649	0,489	0,750	0,18	833,56	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,24	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	328,18	1,16
13 -- 14	850	0,349	2,850	0,35	295,17	0,99
14 -- 15	2292	0,302	2,200	0,20	460,24	0,66
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,38	0,18
16 -- 17	967	0,248	2,850	0,18	169,57	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	121,42	0,58
18 -- 19	1526	0,175	1,150	0,04	53,69	0,20
19 -- 20	1224	0,156	1,700	0,04	50,68	0,27
20 -- 21	1260	0,136	1,425	0,03	33,42	0,19
21 -- 22	2763	0,120	1,425	0,02	56,38	0,17
22 -- 23	1325	0,104	1,425	0,02	20,41	0,15
23 -- 24	1358	0,089	1,425	0,01	15,44	0,13
24 -- 25	1391	0,076	1,425	0,01	11,38	0,11
25 -- 26	1424	0,063	1,425	0,01	8,13	0,09
26 -- 27	1457	0,052	1,425	0,00	5,60	0,07
27 -- 28	1489	0,042	1,425	0,00	3,69	0,06
28 -- 29	1522	0,033	1,425	0,00	2,30	0,05
29 -- 30	1555	0,025	1,425	0,00	1,33	0,03
30 -- 31	1604	0,015	2,850	0,00	1,04	0,04
31 -- 32	1670	0,006	2,850	0,00	0,16	0,02
32 -- 33	3142	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,10	8355,50	21,44

m_e = 8355,5 / 13,1 = 637,9 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,79	Hz
b =	1,53	m
h =	62,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	111,30	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,067	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,079	
$v_m(z_s)$ =	29,54	m/s
$v_m(z)$ =	32,43	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,71	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,47	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,05	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,67	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,59	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,60

$c_s c_d$ = **1,08**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,29	1,64E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,15	1,78E+06	0,80	0,81	0,65
3	47,90	2,04E+06	0,80	0,81	0,65
4	47,60	2,31E+06	0,80	0,81	0,65
5	47,34	2,54E+06	0,80	0,81	0,65
6	47,18	2,67E+06	0,80	0,81	0,65
7	46,96	2,86E+06	0,80	0,81	0,65
8	46,61	3,12E+06	0,79	0,81	0,65
9	46,23	3,38E+06	0,79	0,81	0,64
10	45,99	3,54E+06	0,79	0,81	0,64
11	45,77	3,67E+06	0,79	0,81	0,64
12	45,39	3,89E+06	0,79	0,81	0,64
13	44,92	4,13E+06	0,79	0,81	0,64
14	44,46	4,34E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,19	4,45E+06	0,79	0,81	0,64
16	43,84	4,59E+06	0,79	0,81	0,64
17	43,22	4,80E+06	0,79	0,81	0,64
18	42,74	4,93E+06	0,79	0,81	0,64
19	42,37	5,02E+06	0,79	0,81	0,64
20	41,95	5,12E+06	0,78	0,81	0,64
21	41,53	5,20E+06	0,78	0,81	0,64
22	41,08	5,27E+06	0,78	0,81	0,64
23	40,60	5,34E+06	0,78	0,81	0,64
24	40,07	5,40E+06	0,78	0,81	0,63
25	39,50	5,45E+06	0,78	0,81	0,63
26	38,86	5,48E+06	0,78	0,81	0,63
27	38,16	5,50E+06	0,78	0,81	0,63
28	37,36	5,51E+06	0,78	0,81	0,63
29	36,44	5,49E+06	0,78	0,81	0,63
30	34,74	5,40E+06	0,77	0,81	0,63
31	31,38	5,07E+06	0,77	0,81	0,62
32	30,93	5,20E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	61,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AN, AN1 en AN2		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	61,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	52,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	42,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	32,00	0,000
Retourstroomgeleider	24,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	61,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1043	86	1128	0,189	0,068	404	0,709
2	4357	327	4684	0,787	0,262	1636	0,751
3	6333	413	6745	1,138	0,330	2266	0,824
4	7266	413	7678	1,299	0,330	2484	0,903
5	5109	263	5372	0,911	0,210	1690	0,966
6	3089	150	3239	0,550	0,120	1003	1,003
7	10920	413	11333	1,621	0,330	2895	1,053
8	12040	413	12452	1,781	0,330	3087	1,122
9	13159	413	13571	1,941	0,330	3268	1,188
10	4607	113	4720	0,557	0,090	921	1,228
11	13442	315	13757	1,623	0,252	2645	1,259
12	19519	428	19946	2,352	0,342	3735	1,311
13	23797	428	24224	2,523	0,342	3890	1,365
14	19511	330	19841	2,064	0,264	3097	1,408
15	5955	98	6053	0,629	0,078	929	1,430
16	27136	428	27564	2,863	0,342	4145	1,454
17	28806	428	29233	3,032	0,342	4240	1,488
18	13524	173	13696	1,271	0,138	1732	1,506
19	20549	255	20804	1,929	0,204	2577	1,516
20	17738	214	17952	1,663	0,171	2171	1,524
21	18205	214	18419	1,704	0,171	2177	1,528
22	18673	214	18886	1,746	0,171	2177	1,528
23	19140	214	19354	1,787	0,171	2172	1,524
24	19608	214	19821	1,828	0,171	2161	1,516
25	20075	214	20289	1,869	0,171	2142	1,503
26	20543	214	20756	1,910	0,171	2115	1,484
27	21010	214	21224	1,950	0,171	2078	1,458
28	21478	214	21691	1,989	0,171	2029	1,424
29	21945	214	22159	2,028	0,171	1965	1,379
30	45292	428	45720	4,169	0,342	3665	1,286
31	47162	428	47590	4,305	0,342	3079	1,081
32	49032	428	49460	4,469	0,342	3098	1,087
	580063	9300	589363	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast} =$	63839

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2375	480	480	480	480
2	2 -- 3	2579	4456	4450	18493	5957
3	3 -- 4	2943				
4	4 -- 5	3350				
5	5 -- 6	3683				
6	6 -- 7	3887	35659	35620	60308	41654
7	7 -- 8	4945				
8	8 -- 9	5434				
9	9 -- 10	5922				
10	10 -- 11	7552	5309	5309	5309	5309
11	11 -- 12	7861	36190	36153	60839	42187
12	12 -- 13	8398				
13	13 -- 14	10200				
14	14 -- 15	10823				
15	15 -- 16	11174	36719	36686	61371	42719
16	16 -- 17	11606				
17	17 -- 18	12309				
18	18 -- 19	14292				
19	19 -- 20	14685	4620	4615	18678	6122
20	20 -- 21	15117				
21	21 -- 22	15511				
22	22 -- 23	15904	25140	25140	25140	25140
23	23 -- 24	16298				
24	24 -- 25	16692				
25	25 -- 26	17085				
26	26 -- 27	17479				
27	27 -- 28	17873				
28	28 -- 29	18266				
29	29 -- 30	18660				
30	30 -- 31	19251				
31	31 -- 32	20038				
32	32 -- 33	20825				
33			48108	48108	48108	48108

KEMA rapport - bijlage AN - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3180 / 1900 , t = 100 mm ; G = 4009 kg
Flenzen op 19,95m : 2 * rond 1903 / 1385 , t = 100 mm ; G = 2095 kg
Flenzen op 42,75m : 2 * rond 1142 / 840 , t = 60 mm ; G = 443 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 52m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 42m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 27m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

A - Horizontale belasting X -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	709				
2	2 -- 3	751	30124	17971	49019	19141
3	3 -- 4	824				
4	4 -- 5	903				
5	5 -- 6	966				
6	6 -- 7	1003	188345	134720	193883	131344
7	7 -- 8	1053				
8	8 -- 9	1122				
9	9 -- 10	1188				
10	10 -- 11	1228				
11	11 -- 12	1259	180119	133815	190891	130514
12	12 -- 13	1311				
13	13 -- 14	1365				
14	14 -- 15	1408				
15	15 -- 16	1430	169777	132702	187215	129488
16	16 -- 17	1454				
17	17 -- 18	1488				
18	18 -- 19	1506				
19	19 -- 20	1516	24165	17650	45753	18997
20	20 -- 21	1524				
21	21 -- 22	1528				
22	22 -- 23	1528				
23	23 -- 24	1524				
24	24 -- 25	1516				
25	25 -- 26	1503				
26	26 -- 27	1484				
27	27 -- 28	1458				
28	28 -- 29	1424				
29	29 -- 30	1379				
30	30 -- 31	1286				
31	31 -- 32	1081				
32	32 -- 33	1087				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AN2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

B - Horizontale belasting Y -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
19	19 -- 20		41727	35833	87767	38722

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

A - Horizontale belasting X -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1134				
2	2 -- 3	1201	40857	21496	64901	23680
3	3 -- 4	1319				
4	4 -- 5	1445				
5	5 -- 6	1546				
6	6 -- 7	1605	249959	158059	246154	158669
7	7 -- 8	1684				
8	8 -- 9	1796				
9	9 -- 10	1901				
10	10 -- 11	1965				
11	11 -- 12	2015	237743	156606	241614	157360
12	12 -- 13	2097				
13	13 -- 14	2184				
14	14 -- 15	2252				
15	15 -- 16	2288	222234	154819	236025	155745
16	16 -- 17	2327				
17	17 -- 18	2381				
18	18 -- 19	2410				
19	19 -- 20	2426	31951	20776	60012	23237
20	20 -- 21	2438				
21	21 -- 22	2444				
22	22 -- 23	2445				
23	23 -- 24	2439				
24	24 -- 25	2426				
25	25 -- 26	2405				
26	26 -- 27	2375				
27	27 -- 28	2333				
28	28 -- 29	2278				
29	29 -- 30	2207				
30	30 -- 31	2057				
31	31 -- 32	1729				
32	32 -- 33	1739				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AN - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

B - Horizontale belasting Y -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
19	19 -- 20		53373	41527	113159	46803

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	404		0	0,00E+00	3,69E-03	123
2	2 -- 3	1636		404	1,26E+05	3,69E-03	120
3	3 -- 4	2266		2040	2,87E+06	3,67E-03	112
4	4 -- 5	2484		4307	1,18E+07	3,61E-03	102
5	5 -- 6	1690		6791	2,73E+07	3,50E-03	93
6	6 -- 7	1003		8481	4,10E+07	3,40E-03	87
7	7 -- 8	2895		9484	5,02E+07	3,34E-03	83
8	8 -- 9	3087		12379	8,09E+07	3,17E-03	74
9	9 -- 10	3268		15466	1,20E+08	2,98E-03	66
10	10 -- 11	921		18734	1,68E+08	2,77E-03	58
11	11 -- 12	2645		19655	1,82E+08	2,72E-03	56
12	12 -- 13	3735		22300	2,27E+08	2,57E-03	50
13	13 -- 14	3890		26035	2,97E+08	2,37E-03	43
14	14 -- 15	3097		29925	3,78E+08	2,18E-03	37
15	15 -- 16	929		33022	4,49E+08	2,04E-03	32
16	16 -- 17	4145		33951	4,71E+08	1,99E-03	31
17	17 -- 18	4240		38096	5,75E+08	1,80E-03	25
18	18 -- 19	1732		42336	6,91E+08	1,60E-03	20
19	19 -- 20	2577		44068	7,41E+08	1,53E-03	19
20	20 -- 21	2171		46646	8,19E+08	1,42E-03	16
21	21 -- 22	2177		48817	8,88E+08	1,33E-03	14
22	22 -- 23	2177		50994	9,60E+08	1,24E-03	12
23	23 -- 24	2172		53171	1,03E+09	1,15E-03	11
24	24 -- 25	2161		55343	1,11E+09	1,06E-03	9
25	25 -- 26	2142		57504	1,19E+09	9,70E-04	8
26	26 -- 27	2115		59646	1,28E+09	8,80E-04	6
27	27 -- 28	2078		61761	1,37E+09	7,90E-04	5
28	28 -- 29	2029		63839	1,46E+09	7,01E-04	4
29	29 -- 30	1965		65869	1,55E+09	6,12E-04	3
30	30 -- 31	3665		67834	1,64E+09	5,23E-04	2
31	31 -- 32	3079		71499	1,84E+09	3,47E-04	1
32	32 -- 33	3098		74578	2,05E+09	1,72E-04	0
33		0		77676	2,27E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,00E-02	1647
2	2 -- 3		30124	30124	1,47E+05	5,00E-02	1619
3	3 -- 4			30124	6,69E+07	4,97E-02	1510
4	4 -- 5			30124	1,52E+08	4,87E-02	1374
5	5 -- 6			30124	2,38E+08	4,75E-02	1242
6	6 -- 7		188345	218469	2,96E+08	4,67E-02	1160
7	7 -- 8			218469	5,17E+08	4,62E-02	1113
8	8 -- 9			218469	1,13E+09	4,40E-02	989
9	9 -- 10			218469	1,74E+09	4,13E-02	871
10	10 -- 11			218469	2,35E+09	3,83E-02	762
11	11 -- 12		180119	398588	2,52E+09	3,76E-02	733
12	12 -- 13			398588	3,37E+09	3,55E-02	656
13	13 -- 14			398588	4,52E+09	3,24E-02	559
14	14 -- 15			398588	5,67E+09	2,96E-02	471
15	15 -- 16		169777	568365	6,56E+09	2,74E-02	408
16	16 -- 17			568365	6,94E+09	2,68E-02	390
17	17 -- 18			568365	8,58E+09	2,39E-02	318
18	18 -- 19			568365	1,02E+10	2,09E-02	254
19	19 -- 20		24165	593997	1,09E+10	1,99E-02	231
20	20 -- 21			593997	1,19E+10	1,83E-02	198
21	21 -- 22			593997	1,28E+10	1,70E-02	173
22	22 -- 23			593997	1,36E+10	1,57E-02	150
23	23 -- 24			593997	1,45E+10	1,45E-02	128
24	24 -- 25			593997	1,53E+10	1,32E-02	108
25	25 -- 26			593997	1,62E+10	1,20E-02	90
26	26 -- 27			593997	1,70E+10	1,08E-02	74
27	27 -- 28			593997	1,79E+10	9,59E-03	60
28	28 -- 29			593997	1,87E+10	8,43E-03	47
29	29 -- 30			593997	1,96E+10	7,30E-03	36
30	30 -- 31			593997	2,04E+10	6,18E-03	26
31	31 -- 32			593997	2,21E+10	4,03E-03	11
32	32 -- 33			593997	2,38E+10	1,97E-03	3
33				593997	2,55E+10	0,00E+00	0

)*

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		41727

)* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,51E-02	1177
2	2 -- 3		17971	17971	1,03E+05	3,51E-02	1157
3	3 -- 4			17971	4,00E+07	3,48E-02	1080
4	4 -- 5			17971	9,10E+07	3,42E-02	985
5	5 -- 6			17971	1,43E+08	3,35E-02	892
6	6 -- 7		134720	152691	1,78E+08	3,31E-02	834
7	7 -- 8			152691	3,32E+08	3,27E-02	801
8	8 -- 9			152691	7,59E+08	3,13E-02	712
9	9 -- 10			152691	1,19E+09	2,95E-02	629
10	10 -- 11			152691	1,61E+09	2,74E-02	550
11	11 -- 12		133815	286507	1,73E+09	2,69E-02	530
12	12 -- 13			286507	2,34E+09	2,55E-02	475
13	13 -- 14			286507	3,17E+09	2,33E-02	405
14	14 -- 15			286507	4,00E+09	2,14E-02	341
15	15 -- 16		132702	419208	4,64E+09	1,98E-02	296
16	16 -- 17			419208	4,92E+09	1,93E-02	283
17	17 -- 18			419208	6,12E+09	1,73E-02	231
18	18 -- 19			419208	7,33E+09	1,52E-02	185
19	19 -- 20		17650	438325	7,82E+09	1,44E-02	168
20	20 -- 21			438325	8,57E+09	1,33E-02	144
21	21 -- 22			438325	9,20E+09	1,24E-02	126
22	22 -- 23			438325	9,83E+09	1,14E-02	109
23	23 -- 24			438325	1,05E+10	1,05E-02	93
24	24 -- 25			438325	1,11E+10	9,61E-03	79
25	25 -- 26			438325	1,17E+10	8,72E-03	66
26	26 -- 27			438325	1,24E+10	7,84E-03	54
27	27 -- 28			438325	1,30E+10	6,98E-03	43
28	28 -- 29			438325	1,36E+10	6,14E-03	34
29	29 -- 30			438325	1,42E+10	5,31E-03	26
30	30 -- 31			438325	1,49E+10	4,51E-03	19
31	31 -- 32			438325	1,61E+10	2,94E-03	8
32	32 -- 33			438325	1,74E+10	1,44E-03	2
33				438325	1,86E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		35833

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,88E-02	1868
2	2 -- 3		49019	49019	1,73E+05	5,88E-02	1834
3	3 -- 4			49019	1,08E+08	5,82E-02	1707
4	4 -- 5			49019	2,46E+08	5,66E-02	1549
5	5 -- 6			49019	3,84E+08	5,46E-02	1396
6	6 -- 7		193883	242901	4,75E+08	5,34E-02	1301
7	7 -- 8			242901	7,22E+08	5,26E-02	1248
8	8 -- 9			242901	1,40E+09	4,99E-02	1107
9	9 -- 10			242901	2,08E+09	4,65E-02	974
10	10 -- 11			242901	2,76E+09	4,29E-02	851
11	11 -- 12		190891	433792	2,95E+09	4,21E-02	819
12	12 -- 13			433792	3,87E+09	3,97E-02	733
13	13 -- 14			433792	5,13E+09	3,62E-02	624
14	14 -- 15			433792	6,38E+09	3,30E-02	525
15	15 -- 16		187215	621007	7,35E+09	3,06E-02	455
16	16 -- 17			621007	7,76E+09	2,99E-02	436
17	17 -- 18			621007	9,55E+09	2,66E-02	355
18	18 -- 19			621007	1,13E+10	2,33E-02	284
19	19 -- 20		45753	672511	1,21E+10	2,22E-02	258
20	20 -- 21			672511	1,32E+10	2,04E-02	221
21	21 -- 22			672511	1,42E+10	1,90E-02	193
22	22 -- 23			672511	1,51E+10	1,76E-02	167
23	23 -- 24			672511	1,61E+10	1,62E-02	143
24	24 -- 25			672511	1,71E+10	1,48E-02	121
25	25 -- 26			672511	1,80E+10	1,34E-02	101
26	26 -- 27			672511	1,90E+10	1,21E-02	83
27	27 -- 28			672511	2,00E+10	1,07E-02	67
28	28 -- 29			672511	2,09E+10	9,44E-03	52
29	29 -- 30			672511	2,19E+10	8,17E-03	40
30	30 -- 31			672511	2,28E+10	6,92E-03	29
31	31 -- 32			672511	2,48E+10	4,51E-03	13
32	32 -- 33			672511	2,67E+10	2,21E-03	3
33				672511	2,86E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		87767

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	1,0E+05	3,5E-02	1160
2	2 -- 3		19141	19141	8,4E+05	3,5E-02	1139
3	3 -- 4			19141	4,4E+07	3,5E-02	1064
4	4 -- 5			19141	9,9E+07	3,4E-02	969
5	5 -- 6			19141	1,5E+08	3,3E-02	877
6	6 -- 7		131344	150485	1,9E+08	3,3E-02	820
7	7 -- 8			150485	3,5E+08	3,2E-02	787
8	8 -- 9			150485	7,7E+08	3,1E-02	700
9	9 -- 10			150485	1,2E+09	2,9E-02	617
10	10 -- 11			150485	1,6E+09	2,7E-02	541
11	11 -- 12		130514	280999	1,7E+09	2,6E-02	520
12	12 -- 13			280999	2,3E+09	2,5E-02	466
13	13 -- 14			280999	3,1E+09	2,3E-02	398
14	14 -- 15			280999	4,0E+09	2,1E-02	335
15	15 -- 16		129488	410487	4,6E+09	1,9E-02	291
16	16 -- 17			410487	4,9E+09	1,9E-02	278
17	17 -- 18			410487	6,0E+09	1,7E-02	227
18	18 -- 19			410487	7,2E+09	1,5E-02	181
19	19 -- 20		18997	431226	7,7E+09	1,4E-02	165
20	20 -- 21			431226	8,4E+09	1,3E-02	141
21	21 -- 22			431226	9,1E+09	1,2E-02	124
22	22 -- 23			431226	9,7E+09	1,1E-02	107
23	23 -- 24			431226	1,0E+10	1,0E-02	92
24	24 -- 25			431226	1,1E+10	9,4E-03	77
25	25 -- 26			431226	1,2E+10	8,6E-03	65
26	26 -- 27			431226	1,2E+10	7,7E-03	53
27	27 -- 28			431226	1,3E+10	6,9E-03	43
28	28 -- 29			431226	1,3E+10	6,0E-03	33
29	29 -- 30			431226	1,4E+10	5,2E-03	25
30	30 -- 31			431226	1,5E+10	4,4E-03	19
31	31 -- 32			431226	1,6E+10	2,9E-03	8
32	32 -- 33			431226	1,7E+10	1,4E-03	2
33				431226	1,8E+10	0,0E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		38722

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,26E-04	2
2	2 -- 3				2,82E+06	1,26E-04	1
3	3 -- 4				2,82E+06	9,49E-05	1
4	4 -- 5				2,82E+06	6,90E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	5,18E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	4,36E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	3,97E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	3,24E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	2,70E-05	0
10	10 -- 11				2,82E+06	2,28E-05	0
11	11 -- 12				2,82E+06	2,20E-05	0
12	12 -- 13				2,82E+06	2,00E-05	0
13	13 -- 14				2,82E+06	1,78E-05	0
14	14 -- 15				2,82E+06	1,63E-05	0
15	15 -- 16				2,82E+06	1,53E-05	0
16	16 -- 17				2,82E+06	1,50E-05	0
17	17 -- 18				2,82E+06	1,39E-05	0
18	18 -- 19				2,82E+06	1,31E-05	0
19	19 -- 20				1,08E+07	1,28E-05	0
20	20 -- 21				1,08E+07	1,13E-05	0
21	21 -- 22				1,08E+07	1,01E-05	0
22	22 -- 23				1,08E+07	9,09E-06	0
23	23 -- 24				1,08E+07	8,12E-06	0
24	24 -- 25				1,08E+07	7,21E-06	0
25	25 -- 26				1,08E+07	6,37E-06	0
26	26 -- 27				1,08E+07	5,58E-06	0
27	27 -- 28				1,08E+07	4,85E-06	0
28	28 -- 29				1,08E+07	4,17E-06	0
29	29 -- 30				1,08E+07	3,53E-06	0
30	30 -- 31				1,08E+07	2,92E-06	0
31	31 -- 32				1,08E+07	1,83E-06	0
32	32 -- 33				1,08E+07	8,62E-07	0
33					1,08E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

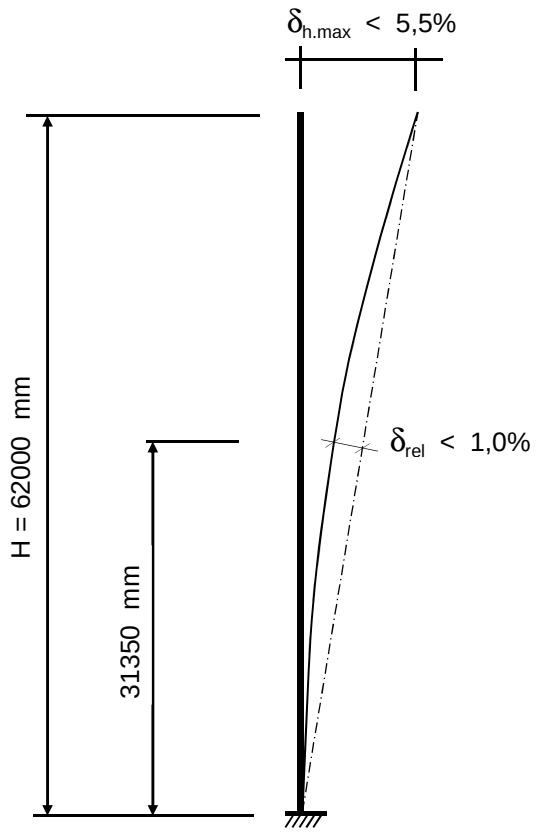
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,0E-02	1906
2	2 -- 3	6,0E-02	1872
3	3 -- 4	5,9E-02	1742
4	4 -- 5	5,8E-02	1580
5	5 -- 6	5,6E-02	1424
6	6 -- 7	5,4E-02	1328
7	7 -- 8	5,4E-02	1274
8	8 -- 9	5,1E-02	1130
9	9 -- 10	4,7E-02	994
10	10 -- 11	4,4E-02	868
11	11 -- 12	4,3E-02	836
12	12 -- 13	4,1E-02	748
13	13 -- 14	3,7E-02	638
14	14 -- 15	3,4E-02	537
15	15 -- 16	3,1E-02	465
16	16 -- 17	3,0E-02	445
17	17 -- 18	2,7E-02	363
18	18 -- 19	2,4E-02	290
19	19 -- 20	2,3E-02	263
20	20 -- 21	2,1E-02	226
21	21 -- 22	1,9E-02	198
22	22 -- 23	1,8E-02	171
23	23 -- 24	1,7E-02	147
24	24 -- 25	1,5E-02	124
25	25 -- 26	1,4E-02	103
26	26 -- 27	1,2E-02	85
27	27 -- 28	1,1E-02	68
28	28 -- 29	9,6E-03	54
29	29 -- 30	8,4E-03	41
30	30 -- 31	7,1E-03	30
31	31 -- 32	4,6E-03	13
32	32 -- 33	2,3E-03	3
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1906 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 3,07 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 31350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 445 mm
α = 1,76 graden

δ_{rel} = 518 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 0,84 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	606	480	0	0,00E+00	5,81E-03	193
2	2 -- 3	2455	6290	646	1,84E+05	5,81E-03	190
3	3 -- 4	3399	11911	3265	4,45E+06	5,79E-03	177
4	4 -- 5	3726	20006	6890	1,84E+07	5,70E-03	162
5	5 -- 6	2536	29219	10865	4,28E+07	5,51E-03	146
6	6 -- 7	1505	71325	13570	6,42E+07	5,36E-03	137
7	7 -- 8	4342	75211	15175	7,86E+07	5,26E-03	131
8	8 -- 9	4630	88811	19807	1,27E+08	5,00E-03	117
9	9 -- 10	4902	103753	24745	1,88E+08	4,70E-03	104
10	10 -- 11	1382	125348	29974	2,63E+08	4,37E-03	91
11	11 -- 12	3967	167202	31448	2,86E+08	4,29E-03	88
12	12 -- 13	5603	183710	35679	3,57E+08	4,06E-03	79
13	13 -- 14	5834	207646	41656	4,67E+08	3,74E-03	68
14	14 -- 15	4645	236715	47879	5,94E+08	3,45E-03	58
15	15 -- 16	1394	297244	52835	7,05E+08	3,21E-03	50
16	16 -- 17	6217	304507	54321	7,40E+08	3,15E-03	48
17	17 -- 18	6361	337584	60953	9,04E+08	2,84E-03	40
18	18 -- 19	2598	372663	67738	1,09E+09	2,53E-03	32
19	19 -- 20	3866	393718	70509	1,17E+09	2,41E-03	29
20	20 -- 21	3257	418684	74633	1,29E+09	2,24E-03	25
21	21 -- 22	3265	440225	78107	1,40E+09	2,10E-03	22
22	22 -- 23	3266	487468	81590	1,51E+09	1,96E-03	19
23	23 -- 24	3258	510132	85074	1,63E+09	1,82E-03	17
24	24 -- 25	3241	533356	88549	1,76E+09	1,68E-03	14
25	25 -- 26	3213	557142	92007	1,88E+09	1,53E-03	12
26	26 -- 27	3173	581489	95434	2,02E+09	1,39E-03	10
27	27 -- 28	3117	606396	98818	2,16E+09	1,25E-03	8
28	28 -- 29	3044	631865	102143	2,30E+09	1,11E-03	6
29	29 -- 30	2948	657895	105390	2,45E+09	9,69E-04	5
30	30 -- 31	5497	684485	108535	2,60E+09	8,29E-04	4
31	31 -- 32	4619	739349	114398	2,92E+09	5,50E-04	2
32	32 -- 33	4647	796457	119326	3,25E+09	2,73E-04	0
33		0	903916	124282	3,60E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,56E-02	2156
2	2 -- 3		40857	40857	0,00E+00	6,56E-02	2118
3	3 -- 4			40857	8,91E+07	6,51E-02	1976
4	4 -- 5			40857	2,01E+08	6,37E-02	1798
5	5 -- 6			40857	3,14E+08	6,22E-02	1625
6	6 -- 7		249959	290816	3,85E+08	6,12E-02	1517
7	7 -- 8			290816	6,76E+08	6,04E-02	1456
8	8 -- 9			290816	1,48E+09	5,76E-02	1293
9	9 -- 10			290816	2,28E+09	5,40E-02	1139
10	10 -- 11			290816	3,08E+09	5,01E-02	996
11	11 -- 12		237743	528560	3,29E+09	4,92E-02	959
12	12 -- 13			528560	4,40E+09	4,65E-02	858
13	13 -- 14			528560	5,91E+09	4,24E-02	731
14	14 -- 15			528560	7,42E+09	3,87E-02	615
15	15 -- 16		222234	750794	8,58E+09	3,59E-02	533
16	16 -- 17			750794	9,07E+09	3,50E-02	510
17	17 -- 18			750794	1,12E+10	3,12E-02	416
18	18 -- 19			750794	1,33E+10	2,74E-02	332
19	19 -- 20		31951	784562	1,42E+10	2,60E-02	302
20	20 -- 21			784562	1,55E+10	2,39E-02	259
21	21 -- 22			784562	1,67E+10	2,22E-02	226
22	22 -- 23			784562	1,78E+10	2,06E-02	196
23	23 -- 24			784562	1,89E+10	1,89E-02	168
24	24 -- 25			784562	2,00E+10	1,73E-02	142
25	25 -- 26			784562	2,11E+10	1,57E-02	118
26	26 -- 27			784562	2,22E+10	1,41E-02	97
27	27 -- 28			784562	2,34E+10	1,25E-02	78
28	28 -- 29			784562	2,45E+10	1,10E-02	61
29	29 -- 30			784562	2,56E+10	9,54E-03	47
30	30 -- 31			784562	2,67E+10	8,09E-03	34
31	31 -- 32			784562	2,89E+10	5,27E-03	15
32	32 -- 33			784562	3,12E+10	2,58E-03	4
33				784562	3,34E+10	0,00E+00	0

)*

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		53373

)* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,06E-02	1363
2	2 -- 3		21496	21496	0,00E+00	4,06E-02	1339
3	3 -- 4			21496	4,69E+07	4,04E-02	1251
4	4 -- 5			21496	1,06E+08	3,97E-02	1141
5	5 -- 6			21496	1,65E+08	3,88E-02	1033
6	6 -- 7		158059	179555	2,03E+08	3,83E-02	965
7	7 -- 8			179555	3,82E+08	3,79E-02	927
8	8 -- 9			179555	8,76E+08	3,63E-02	825
9	9 -- 10			179555	1,37E+09	3,41E-02	728
10	10 -- 11			179555	1,86E+09	3,17E-02	637
11	11 -- 12		156606	336160	2,00E+09	3,12E-02	614
12	12 -- 13			336160	2,70E+09	2,95E-02	550
13	13 -- 14			336160	3,66E+09	2,70E-02	469
14	14 -- 15			336160	4,62E+09	2,47E-02	395
15	15 -- 16		154819	490980	5,36E+09	2,29E-02	343
16	16 -- 17			490980	5,68E+09	2,24E-02	328
17	17 -- 18			490980	7,08E+09	2,00E-02	268
18	18 -- 19			490980	8,48E+09	1,76E-02	214
19	19 -- 20		20776	513437	9,04E+09	1,67E-02	194
20	20 -- 21			513437	9,91E+09	1,54E-02	167
21	21 -- 22			513437	1,06E+10	1,43E-02	146
22	22 -- 23			513437	1,14E+10	1,32E-02	126
23	23 -- 24			513437	1,21E+10	1,22E-02	108
24	24 -- 25			513437	1,28E+10	1,11E-02	91
25	25 -- 26			513437	1,36E+10	1,01E-02	76
26	26 -- 27			513437	1,43E+10	9,09E-03	63
27	27 -- 28			513437	1,50E+10	8,09E-03	50
28	28 -- 29			513437	1,58E+10	7,12E-03	40
29	29 -- 30			513437	1,65E+10	6,16E-03	30
30	30 -- 31			513437	1,72E+10	5,22E-03	22
31	31 -- 32			513437	1,87E+10	3,41E-03	10
32	32 -- 33			513437	2,01E+10	1,67E-03	2
33				513437	2,16E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		41527

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,44E-02	2356
2	2 -- 3		64901	64901	0,00E+00	7,44E-02	2313
3	3 -- 4			64901	1,41E+08	7,37E-02	2152
4	4 -- 5			64901	3,20E+08	7,15E-02	1952
5	5 -- 6			64901	4,98E+08	6,90E-02	1758
6	6 -- 7		246154	311055	6,12E+08	6,74E-02	1639
7	7 -- 8			311055	9,23E+08	6,64E-02	1572
8	8 -- 9			311055	1,78E+09	6,29E-02	1394
9	9 -- 10			311055	2,63E+09	5,86E-02	1226
10	10 -- 11			311055	3,49E+09	5,41E-02	1071
11	11 -- 12		241614	552669	3,72E+09	5,31E-02	1031
12	12 -- 13			552669	4,88E+09	5,00E-02	922
13	13 -- 14			552669	6,46E+09	4,56E-02	786
14	14 -- 15			552669	8,03E+09	4,16E-02	661
15	15 -- 16		236025	788694	9,25E+09	3,85E-02	573
16	16 -- 17			788694	9,76E+09	3,76E-02	549
17	17 -- 18			788694	1,20E+10	3,35E-02	447
18	18 -- 19			788694	1,43E+10	2,94E-02	357
19	19 -- 20		60012	856217	1,52E+10	2,79E-02	324
20	20 -- 21			856217	1,66E+10	2,57E-02	279
21	21 -- 22			856217	1,78E+10	2,39E-02	244
22	22 -- 23			856217	1,90E+10	2,21E-02	211
23	23 -- 24			856217	2,02E+10	2,03E-02	180
24	24 -- 25			856217	2,15E+10	1,86E-02	153
25	25 -- 26			856217	2,27E+10	1,69E-02	127
26	26 -- 27			856217	2,39E+10	1,52E-02	105
27	27 -- 28			856217	2,51E+10	1,35E-02	84
28	28 -- 29			856217	2,63E+10	1,19E-02	66
29	29 -- 30			856217	2,75E+10	1,03E-02	50
30	30 -- 31			856217	2,88E+10	8,72E-03	37
31	31 -- 32			856217	3,12E+10	5,69E-03	16
32	32 -- 33			856217	3,36E+10	2,78E-03	4
33				856217	3,61E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		113159

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,16E-02	1385
2	2 -- 3		23680	23680	0,00E+00	4,16E-02	1362
3	3 -- 4			23680	5,16E+07	4,13E-02	1271
4	4 -- 5			23680	1,17E+08	4,05E-02	1159
5	5 -- 6			23680	1,82E+08	3,96E-02	1048
6	6 -- 7		158669	182349	2,23E+08	3,90E-02	980
7	7 -- 8			182349	4,06E+08	3,86E-02	941
8	8 -- 9			182349	9,07E+08	3,69E-02	837
9	9 -- 10			182349	1,41E+09	3,46E-02	738
10	10 -- 11			182349	1,91E+09	3,22E-02	646
11	11 -- 12		157360	339709	2,05E+09	3,16E-02	622
12	12 -- 13			339709	2,76E+09	2,99E-02	557
13	13 -- 14			339709	3,73E+09	2,74E-02	476
14	14 -- 15			339709	4,70E+09	2,51E-02	401
15	15 -- 16		155745	495453	5,44E+09	2,32E-02	347
16	16 -- 17			495453	5,77E+09	2,27E-02	333
17	17 -- 18			495453	7,18E+09	2,03E-02	271
18	18 -- 19			495453	8,59E+09	1,78E-02	217
19	19 -- 20		23237	520797	9,16E+09	1,69E-02	197
20	20 -- 21			520797	1,00E+10	1,56E-02	169
21	21 -- 22			520797	1,08E+10	1,45E-02	148
22	22 -- 23			520797	1,15E+10	1,34E-02	128
23	23 -- 24			520797	1,23E+10	1,23E-02	110
24	24 -- 25			520797	1,30E+10	1,13E-02	93
25	25 -- 26			520797	1,37E+10	1,02E-02	77
26	26 -- 27			520797	1,45E+10	9,21E-03	64
27	27 -- 28			520797	1,52E+10	8,20E-03	51
28	28 -- 29			520797	1,60E+10	7,21E-03	40
29	29 -- 30			520797	1,67E+10	6,24E-03	31
30	30 -- 31			520797	1,74E+10	5,29E-03	22
31	31 -- 32			520797	1,89E+10	3,45E-03	10
32	32 -- 33			520797	2,04E+10	1,69E-03	2
33				520797	2,19E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		46803

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht geleiders

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,52E-04	2
2	2 -- 3				3,38E+06	1,52E-04	2
3	3 -- 4				3,38E+06	1,14E-04	1
4	4 -- 5				3,38E+06	8,28E-05	1
5	5 -- 6				3,38E+06	6,21E-05	1
6	6 -- 7				3,38E+06	5,24E-05	1
7	7 -- 8				3,38E+06	4,77E-05	1
8	8 -- 9				3,38E+06	3,89E-05	1
9	9 -- 10				3,38E+06	3,24E-05	1
10	10 -- 11				3,38E+06	2,74E-05	1
11	11 -- 12				3,38E+06	2,64E-05	0
12	12 -- 13				3,38E+06	2,41E-05	0
13	13 -- 14				3,38E+06	2,14E-05	0
14	14 -- 15				3,38E+06	1,95E-05	0
15	15 -- 16				3,38E+06	1,83E-05	0
16	16 -- 17				3,38E+06	1,80E-05	0
17	17 -- 18				3,38E+06	1,67E-05	0
18	18 -- 19				3,38E+06	1,57E-05	0
19	19 -- 20				1,30E+07	1,53E-05	0
20	20 -- 21				1,30E+07	1,35E-05	0
21	21 -- 22				1,30E+07	1,22E-05	0
22	22 -- 23				1,30E+07	1,09E-05	0
23	23 -- 24				1,30E+07	9,75E-06	0
24	24 -- 25				1,30E+07	8,66E-06	0
25	25 -- 26				1,30E+07	7,65E-06	0
26	26 -- 27				1,30E+07	6,70E-06	0
27	27 -- 28				1,30E+07	5,82E-06	0
28	28 -- 29				1,30E+07	5,00E-06	0
29	29 -- 30				1,30E+07	4,23E-06	0
30	30 -- 31				1,30E+07	3,51E-06	0
31	31 -- 32				1,30E+07	2,20E-06	0
32	32 -- 33				1,30E+07	1,03E-06	0
33					1,30E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,29	65,08	14,10
3	3 -- 4	11,91	65,82	156,78
4	4 -- 5	20,01	66,84	339,18
5	5 -- 6	29,22	67,96	524,53
6	6 -- 7	71,32	314,87	644,12
7	7 -- 8	75,21	315,32	959,21
8	8 -- 9	88,81	316,63	1828,14
9	9 -- 10	103,75	318,01	2700,77
10	10 -- 11	125,35	320,79	3577,34
11	11 -- 12	167,20	561,51	3817,11
12	12 -- 13	183,71	564,24	4997,53
13	13 -- 14	207,65	570,22	6603,64
14	14 -- 15	236,71	576,44	8214,63
15	15 -- 16	297,24	803,63	9461,66
16	16 -- 17	304,51	805,12	9984,10
17	17 -- 18	337,58	811,75	12278,08
18	18 -- 19	372,66	818,53	14577,44
19	19 -- 20	393,72	876,05	15545,55
20	20 -- 21	418,68	877,21	17024,16
21	21 -- 22	440,23	878,18	18266,57
22	22 -- 23	487,47	879,16	19511,44
23	23 -- 24	510,13	880,14	20758,57
24	24 -- 25	533,36	881,12	22007,82
25	25 -- 26	557,14	882,09	23259,06
26	26 -- 27	581,49	883,06	24512,20
27	27 -- 28	606,40	884,01	25767,14
28	28 -- 29	631,86	886,71	27023,81
29	29 -- 30	657,89	889,95	28282,12
30	30 -- 31	684,49	893,10	29542,00
31	31 -- 32	739,35	898,96	32066,10
32	32 -- 33	796,46	903,89	34595,31
33		903,92	908,84	37129,12

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 32

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 867	14,10	6,29	34	14,3	1032,6	0,01
2	500 / 867	156,78	11,91	130	158,5	1356,5	0,12
3	500 / 867	339,18	20,01	161	344,2	1828,2	0,19
4	500 / 867	524,53	29,22	156	534,1	2370,1	0,23
5	500 / 867	644,12	71,32	96	660,6	2751,6	0,25
6	500 / 867	959,21	75,21	54	979,7	2982,4	0,33
7	867 / 1142	1828,14	88,81	144	1861,4	4356,6	0,43
8	867 / 1142	2700,77	103,75	135	2748,1	5255,9	0,53
9	867 / 1142	3577,34	125,35	126	3640,4	6239,6	0,59
10	1142 / 1332	3817,11	167,20	33	3885,6	7889,9	0,50
11	1142 / 1332	4997,53	183,71	88	5082,2	8893,8	0,58
12	1142 / 1332	6603,64	207,65	111	6711,3	10352,4	0,65
13	1332/ 1712	8214,63	236,71	101	8346,1	13461,7	0,63
14	1332/ 1712	9461,66	297,24	71	9614,4	14919,8	0,65
15	1332/ 1712	9984,10	304,51	20	10142,9	15365,0	0,67
16	1332/ 1712	12278,08	337,58	82	12464,7	17394,0	0,72
17	1332/ 1712	14577,44	372,66	73	14791,2	19549,0	0,76
18	1750/ 2567	15545,55	393,72	27	15769,8	22790,6	0,70
19	1750/ 2567	17024,16	418,68	37	17263,9	24327,3	0,72
20	1750/ 2567	18266,57	440,23	29	18519,0	25654,0	0,73
21	1750/ 2567	19511,44	487,47	27	19776,8	27016,0	0,74
22	1750/ 2567	20758,57	510,13	25	21036,5	28413,3	0,75
23	1750/ 2567	22007,82	533,36	23	22297,7	29845,7	0,76
24	1750/ 2567	23259,06	557,14	21	23560,4	31313,5	0,76
25	1750/ 2567	24512,20	581,49	19	24824,3	32816,4	0,77
26	1750/ 2567	25767,14	606,40	17	26089,3	34354,6	0,77
27	1750/ 2567	27023,81	631,86	15	27355,3	35928,0	0,77
28	1750/ 2567	28282,12	657,89	13	28622,0	37536,7	0,77
29	1750/ 2567	29542,00	684,49	11	29889,4	39180,6	0,77
30	1750/ 2567	32066,10	739,35	17	32425,9	42574,2	0,77
31	1750/ 2567	34595,31	796,46	10	34963,0	46108,7	0,77
32	1750/ 2567	37129,12	903,92	3	37499,7	49784,2	0,76

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	15,0	34,60	0,81	355	355
592	15,0	39,45	0,81	355	355
683	15,0	45,56	0,81	355	355
775	15,0	51,67	0,81	355	355
833	15,0	55,56	0,81	355	355
867	15,0	57,78	0,81	355	355
958	18,0	53,24	0,81	355	355
1050	18,0	58,34	0,81	355	355
1142	18,0	63,43	0,81	340	355
1167	22,0	53,04	0,81	355	355
1237	22,0	56,22	0,81	355	355
1332	22,0	60,54	0,81	351	355
1427	25,0	57,07	0,81	355	355
1500	25,0	60,01	0,81	353	355
1522	25,0	60,87	0,81	350	355
1617	25,0	64,67	0,81	335	355
1712	25,0	68,47	0,81	323	355
1750	28,0	62,51	0,81	343	355
1807	28,0	64,53	0,81	336	355
1854	28,0	66,23	0,81	330	355
1902	28,0	67,92	0,81	324	355
1949	28,0	69,62	0,81	319	355
1997	28,0	71,32	0,81	314	355
2044	28,0	73,01	0,81	309	355
2092	28,0	74,71	0,81	305	355
2139	28,0	76,41	0,81	300	355
2187	28,0	78,10	0,81	296	355
2234	28,0	79,80	0,81	292	355
2282	28,0	81,50	0,81	288	355
2377	28,0	84,89	0,81	281	355
2472	28,0	88,29	0,81	274	355
2567	28,0	91,68	0,81	268	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 867	5,11	0,27	355	355	0,02
2	500 / 867	47,34	0,47	355	355	0,13
3	500 / 867	77,16	0,68	355	355	0,22
4	500 / 867	90,70	0,87	355	355	0,26
5	500 / 867	91,70	1,92	355	355	0,26
6	500 / 867	121,36	1,91	355	355	0,35
7	867 / 1142	167,78	1,76	355	355	0,48
8	867 / 1142	203,43	1,86	355	355	0,58
9	867 / 1142	225,26	2,06	355	340	0,64
10	1142 / 1332	178,75	2,14	355	355	0,51
11	1142 / 1332	215,18	2,25	355	355	0,61
12	1142 / 1332	247,94	2,38	355	351	0,71
13	1332/ 1712	235,95	2,23	355	355	0,67
14	1332/ 1712	240,68	2,63	355	353	0,69
15	1332/ 1712	237,81	2,61	355	350	0,68
16	1332/ 1712	270,41	2,78	355	335	0,77
17	1332/ 1712	284,51	2,89	355	323	0,81
18	1750/ 2567	251,25	2,63	355	343	0,72
19	1750/ 2567	260,21	2,72	355	336	0,74
20	1750/ 2567	263,11	2,78	355	330	0,75
21	1750/ 2567	266,64	3,00	355	324	0,76
22	1750/ 2567	269,50	3,06	355	319	0,77
23	1750/ 2567	271,78	3,12	355	314	0,78
24	1750/ 2567	273,55	3,18	355	309	0,78
25	1750/ 2567	274,87	3,24	355	305	0,78
26	1750/ 2567	275,80	3,30	355	300	0,79
27	1750/ 2567	276,38	3,36	355	296	0,79
28	1750/ 2567	276,65	3,43	355	292	0,79
29	1750/ 2567	276,65	3,49	355	288	0,79
30	1750/ 2567	281,72	3,65	355	281	0,81
31	1750/ 2567	280,03	3,78	355	274	0,80
32	1750/ 2567	277,75	4,12	355	268	0,80

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

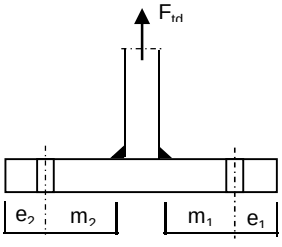
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

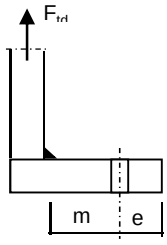
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

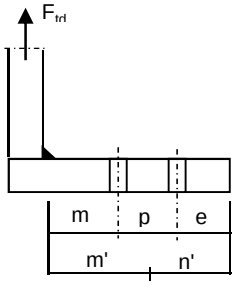
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2927					
st.c binnenkant		2151					
2539	96	599,90	9,47	33	M 48 - 8,8	848,4	0,71
flenzen op 19,95 m hoogte.							
st.c buitenkant		1698,00					
st.c binnenkant		1500,00					
	80	639,32	10,99	22	M 48 - 10,9	1060,6	0,60
flenzen op 42,75 m hoogte.							
st.c buitenkant		955,00					
955,00	24	619,09	13,37	10	M 48 - 10,9	1060,6	0,58

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2927,00	2151,00	173,2	125,0	125,0			140,8
2927,00	2151,00	173,2	126,5	126,5			191,6
flenzen op 19,80 m hoogte.							
1698,00	1500,0	67,2	57,5	57,5	116,7	107	117,8
1698,00	1500,0	67,2	57,5	57,5	116,7	107	117,8
flenzen op 43,40 m hoogte.							
955,00	955,0	64,6	57,5	57,5			125,0
955,00	955,0	68,6	57,5	57,5			125,0

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,18E+08	2722,80	1502,03	1696,90	1502,03	1199,80	0,80
100	1,60E+08	3705,09	1786,85	1696,90	1696,90	1199,80	0,71
flenzen op 19,80 m hoogte.							
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1278,64	0,88
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1278,64	0,88
flenzen op 43,40 m hoogte.							
60	3,77E+07	1166,94	808,15	1060,56	808,15	619,09	0,77
60	3,77E+07	1098,89	782,51	1060,56	782,51	619,09	0,79
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2567	0,79	1,534	0,18	6,73

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	massa m kg/m
1	814	1,000		1,000			
2	801	0,984	1 -- 2	0,992	113	411	919,3
3	751	0,923	2 -- 3	0,954	468		214,9
4	689	0,847	3 -- 4	0,885	675		245,3
5	629	0,772	4 -- 5	0,810	768		279,2
6	591	0,725	5 -- 6	0,749	537	2971	2004,4
7	569	0,699	6 -- 7	0,712	324		323,9
8	512	0,629	7 -- 8	0,664	1133		412,1
9	457	0,561	8 -- 9	0,595	1245		452,8
10	405	0,497	9 -- 10	0,529	1357	442	654,4
11	391	0,481	10 -- 11	0,489	472	3015	4649,0
12	354	0,435	11 -- 12	0,458	1376		655,1
13	306	0,376	12 -- 13	0,406	1995		699,9
14	262	0,322	13 -- 14	0,349	2422		850,0
15	230	0,282	14 -- 15	0,302	1984	3059	2292,3
16	221	0,271	15 -- 16	0,277	605		931,2
17	183	0,225	16 -- 17	0,248	2756		967,1
18	149	0,183	17 -- 18	0,204	2923		1025,7
19	136	0,167	18 -- 19	0,175	1370	385	1525,6
20	118	0,145	19 -- 20	0,156	2080		1223,8
21	104	0,128	20 -- 21	0,136	1795		1259,8
22	91	0,112	21 -- 22	0,120	1842	2095	2762,7
23	78	0,096	22 -- 23	0,104	1889		1325,4
24	67	0,082	23 -- 24	0,089	1935		1358,2
25	56	0,069	24 -- 25	0,076	1982		1391,0
26	47	0,057	25 -- 26	0,063	2029		1423,8
27	38	0,047	26 -- 27	0,052	2076		1456,6
28	30	0,037	27 -- 28	0,042	2122		1489,4
29	23	0,028	28 -- 29	0,033	2169		1522,2
30	17	0,021	29 -- 30	0,025	2216		1555,0
31	8	0,009	30 -- 31	0,015	4572		1604,2
32	2	0,002	31 -- 32	0,006	4759		1669,8
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	4946	4009	3142,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	919	0,992	0,570	0,56	515,67	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	425,99	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,40	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,21	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1966,88	1,31
6 -- 7	324	0,712	1,000	0,51	164,37	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	499,63	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	440,80	1,64
9 -- 10	654	0,529	2,750	0,77	504,14	1,46
10 -- 11	4649	0,489	0,750	0,18	833,56	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,24	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	328,18	1,16
13 -- 14	850	0,349	2,850	0,35	295,17	0,99
14 -- 15	2292	0,302	2,200	0,20	460,24	0,66
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,38	0,18
16 -- 17	967	0,248	2,850	0,18	169,57	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	121,42	0,58
18 -- 19	1526	0,175	1,150	0,04	53,69	0,20
19 -- 20	1224	0,156	1,700	0,04	50,68	0,27
20 -- 21	1260	0,136	1,425	0,03	33,42	0,19
21 -- 22	2763	0,120	1,425	0,02	56,38	0,17
22 -- 23	1325	0,104	1,425	0,02	20,41	0,15
23 -- 24	1358	0,089	1,425	0,01	15,44	0,13
24 -- 25	1391	0,076	1,425	0,01	11,38	0,11
25 -- 26	1424	0,063	1,425	0,01	8,13	0,09
26 -- 27	1457	0,052	1,425	0,00	5,60	0,07
27 -- 28	1489	0,042	1,425	0,00	3,69	0,06
28 -- 29	1522	0,033	1,425	0,00	2,30	0,05
29 -- 30	1555	0,025	1,425	0,00	1,33	0,03
30 -- 31	1604	0,015	2,850	0,00	1,04	0,04
31 -- 32	1670	0,006	2,850	0,00	0,16	0,02
32 -- 33	3142	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,10	8355,50	21,44

m_e = 8355,5 / 13,1 = 637,9 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2567	637,9	0,030	1,25	1,534	13,0

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 21,44 / (4 * π * 13,10) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,534 * 6,73 / $15*10^{-6}$ = 6,9E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,20 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,02 / 21,44 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,077 * 0,130 * 0,37 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,534 * 0,023 = 0,035 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		134285	134285	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			134285	7,65E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			134285	3,69E+08	4,8E-02	863
4	4 -- 5			134285	7,39E+08	4,3E-02	737
5	5 -- 6			134285	1,11E+09	3,7E-02	626
6	6 -- 7			134285	1,34E+09	3,4E-02	564
7	7 -- 8			134285	1,48E+09	3,2E-02	531
8	8 -- 9			134285	1,85E+09	2,8E-02	449
9	9 -- 10			134285	2,22E+09	2,4E-02	379
10	10 -- 11			134285	2,58E+09	2,0E-02	319
11	11 -- 12			134285	2,69E+09	1,9E-02	304
12	12 -- 13			134285	2,97E+09	1,7E-02	265
13	13 -- 14			134285	3,35E+09	1,5E-02	219
14	14 -- 15			134285	3,73E+09	1,3E-02	180
15	15 -- 16			134285	4,03E+09	1,2E-02	153
16	16 -- 17			134285	4,12E+09	1,1E-02	145
17	17 -- 18			134285	4,50E+09	9,5E-03	116
18	18 -- 19			134285	4,88E+09	8,0E-03	91
19	19 -- 20			134285	5,04E+09	7,5E-03	82
20	20 -- 21			134285	5,26E+09	6,8E-03	70
21	21 -- 22			134285	5,46E+09	6,3E-03	61
22	22 -- 23			134285	5,65E+09	5,7E-03	52
23	23 -- 24			134285	5,84E+09	5,2E-03	44
24	24 -- 25			134285	6,03E+09	4,7E-03	37
25	25 -- 26			134285	6,22E+09	4,2E-03	31
26	26 -- 27			134285	6,41E+09	3,8E-03	25
27	27 -- 28			134285	6,60E+09	3,3E-03	20
28	28 -- 29			134285	6,79E+09	2,9E-03	16
29	29 -- 30			134285	6,99E+09	2,5E-03	12
30	30 -- 31			134285	7,18E+09	2,1E-03	9
31	31 -- 32			134285	7,56E+09	1,3E-03	4
32	32 -- 33			134285	7,94E+09	6,5E-04	1
33				134285	8,33E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	15,0	2908675	26	0,0354	1,9
2	592	15,0	3821157	97	0,0354	6,8
3	683	15,0	5149742	143	0,0354	10,2
4	775	15,0	6676372	166	0,0354	11,8
5	833	15,0	7750979	173	0,0354	12,3
6	867	15,0	8401049	176	0,0354	12,5
7	958	18,0	12272111	150	0,0354	10,7
8	1050	18,0	14805380	150	0,0354	10,6
9	1142	18,0	17576306	147	0,0354	10,4
10	1167	22,0	22225196	121	0,0354	8,6
11	1237	22,0	25052979	118	0,0354	8,4
12	1332	22,0	29161614	115	0,0354	8,1
13	1427	25,0	37920420	98	0,0354	7,0
14	1500	25,0	42027656	96	0,0354	6,8
15	1522	25,0	43281586	95	0,0354	6,7
16	1617	25,0	48997274	92	0,0354	6,5
17	1712	25,0	55067484	89	0,0354	6,3
18	1750	28,0	64198753	78	0,0354	5,6
19	1807	28,0	68527498	77	0,0354	5,4
20	1854	28,0	72264850	75	0,0354	5,3
21	1902	28,0	76101468	74	0,0354	5,3
22	1949	28,0	80037352	73	0,0354	5,2
23	1997	28,0	84072503	72	0,0354	5,1
24	2044	28,0	88206921	71	0,0354	5,0
25	2092	28,0	92440605	69	0,0354	4,9
26	2139	28,0	96773555	68	0,0354	4,8
27	2187	28,0	101205773	67	0,0354	4,8
28	2234	28,0	105737257	66	0,0354	4,7
29	2282	28,0	110368007	65	0,0354	4,6
30	2377	28,0	119927309	63	0,0354	4,5
31	2472	28,0	129883677	61	0,0354	4,3
32	2567	28,0	140237112	59	0,0354	4,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,79 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,73 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 57,3995 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,18

$V_m(z)$ = 32,0 m/s

V_o = 32,0 * 20 / 100 = 6,40 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,79 * [6,73 / 6,50]^2 * \exp[-(6,73 / 6,50)^2]$ = 2,77E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

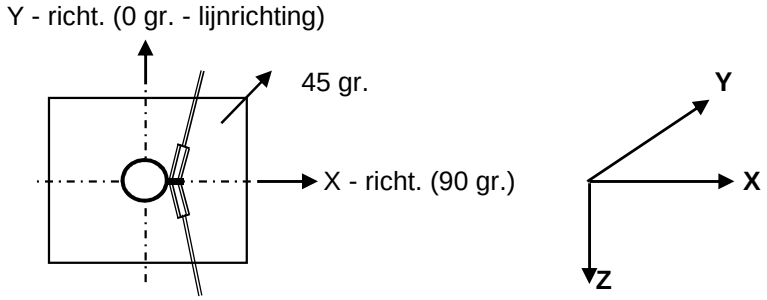
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	8,21	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
4	Lasnaad	12,19	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
5	Lasnaad	14,10	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	14,94	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
8	Lasnaad	12,79	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
9	Lasnaad	12,72	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
10	flenzen	12,50	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
11							
12	Lasnaad	10,07	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
13	Lasnaad	9,76	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
14	Lasnaad	8,37	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	8,08	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
17	Lasnaad	7,80	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
18	Lasnaad	7,53	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	6,53	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
21							
22	flenzen	6,31	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
23							
24	Lasnaad	6,09	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
25							
26	Lasnaad	5,89	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
27							
28	Lasnaad	5,71	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
29							
30	Lasnaad	5,53	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
31	Lasnaad	5,36	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
32	Lasnaad	5,20	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
33	voetplaat	5,05	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			793			
2 - Windbelasting mast	124	10		276	3587	
3 - Belasting geval 1a	783	53	111	1308	33400	111
4 - Belasting geval 1b	512	42	111	1017	21593	86
5 - Belasting geval 3	849	113	213	2772	36011	235
6 - Belasting geval 4	519	47	132	1147	21885	97
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	907	63	904	1584	36987	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	535	43	904	1069	22266	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	884	**116**	**1006**	**2850**	**37019**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	542	49	925	1198	22557	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment - XY	30563	kNm	37129	kNm	37129	kNm
Dwarskracht - XY	750	kN	891	kN	891	kN
Verticale kracht	753	kN	1006	kN	678	kN

Opmerking:
De voetmoment en de dwarskrach zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	599,90	9,28	33	M 48 - 8,8	848,45	0,71
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2927,00					
st.c binnenkant		2151,00					
2539	96	493,72	7,81	33	M 48 - 8,8	848,45	0,58

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 599,9 kN

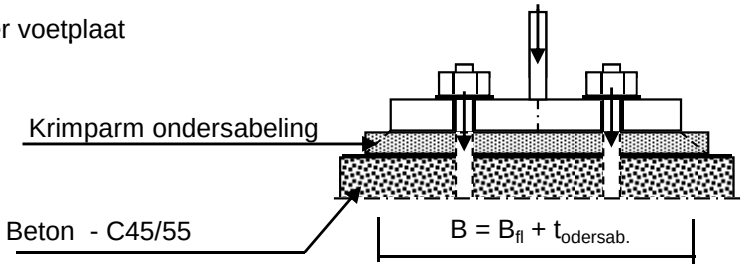
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 493,7 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 619,8 + 1,00 * 493,7 = 1113,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

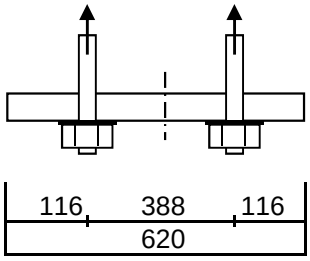
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	640,0	mm	D =	2539	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	680,0	mm			

A_{voetpl} = 680 * 2*π*D / n = 113000 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 19,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

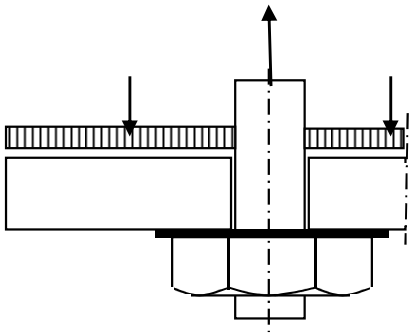


D = 2539 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 620 * $2*\pi*D / n$ = 103030 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 116 mm
L_{veld} = 388 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 78348 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2259 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 140790 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 140790 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2259 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 140790 / 179718,8 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 278,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2259 / 9223 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 50,2 N/mm^2

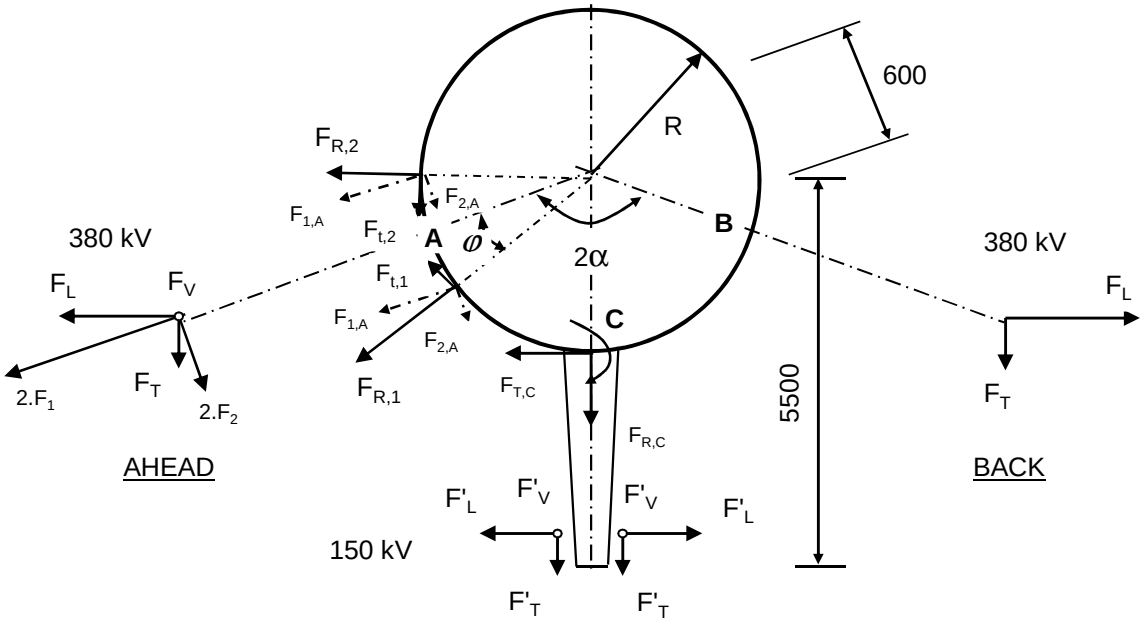
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (278,1^2 + 3*50,2^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 291 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;A} + F_{T;2;A} \text{ I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;B} + F_{T;2;B} \text{ I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

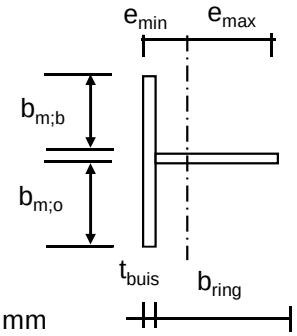
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

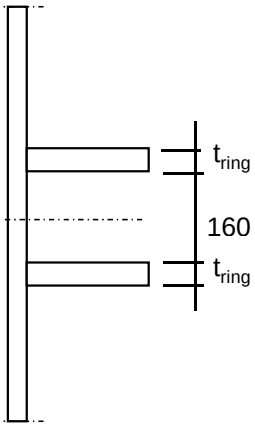
Opmerking:
In mast W2H400A+5 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 52,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	15	mm
$t_{buis;reken}$ =	15	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	158,2	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	6573	mm^2
e_{min} =	38,3	mm
e_{max} =	111,7	mm
I =	13121674	mm^4
W_{min} =	117483	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y;Rd}$ =	28	kNm
$M_{w;Rd}$ =	3669	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 52,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AN en AN1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,7 mm

Mast 141 : Lijnhoek = 2. α = 148,3 graden

Lijnhoek = 2. α = 148,3 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) = 37,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	55,9	36,5	55,9	36,5		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	59,0	42,2	59,0	42,2		
BG 1a - (wind (45 gr))	33,7	25,4	58,3	37,9		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,1	41,0	59,8	42,5		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	41,4	28,7	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	45,3	32,2	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	33,1	25,3	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	39,5	30,4	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

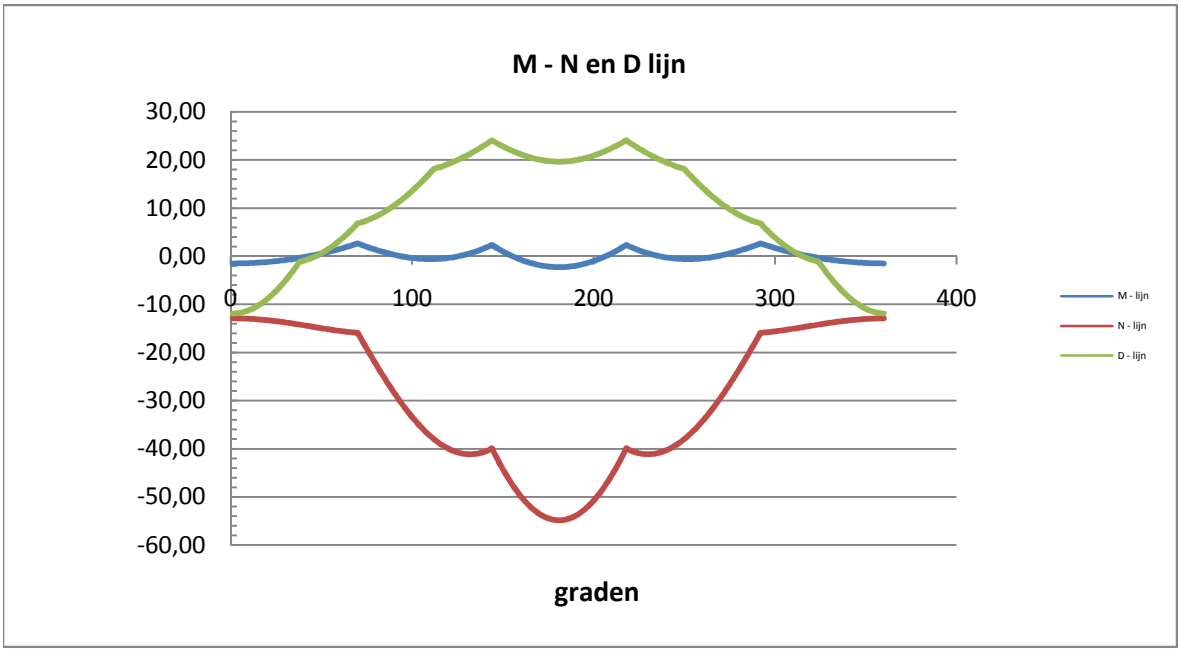
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,48	-12,89	-11,88	0,18	2,57
15,0	-1,29	-13,14	-10,02	0,56	7,79
30,0	-0,73	-13,80	-4,64	0,96	13,27
45,0	0,22	-14,69	-0,12	1,37	19,10
60,0	1,60	-15,55	3,57	0,23	3,15
75,0	1,82	-19,85	7,60	1,59	22,10
90,0	0,23	-28,87	10,80	0,77	10,72
105,0	-0,54	-35,92	15,76	0,25	3,44
120,0	-0,29	-40,16	19,34	1,39	19,26
135,0	1,09	-41,00	22,18	0,29	4,03
150,0	0,80	-44,88	22,67	2,26	31,38
165,0	-1,46	-52,31	20,45	0,78	10,80
180,0	-2,23	-54,86	19,66	0,78	10,80
195,0	-1,46	-52,31	20,45	2,26	31,38
210,0	0,80	-44,88	22,67	0,29	4,03
225,0	1,09	-41,00	22,18	1,39	19,26
240,0	-0,29	-40,16	19,34	0,25	3,44
255,0	-0,54	-35,92	15,76	0,77	10,72
270,0	0,23	-28,87	10,80	1,59	22,10
285,0	1,82	-19,85	7,60	0,23	3,15
300,0	1,60	-15,55	3,57	1,37	19,10
315,0	0,22	-14,69	-0,12	0,96	13,27
330,0	-0,73	-13,80	-4,64	0,56	7,79
345,0	-1,29	-13,14	-10,02	0,18	2,55
360,0	-1,48	-12,90	-11,87	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

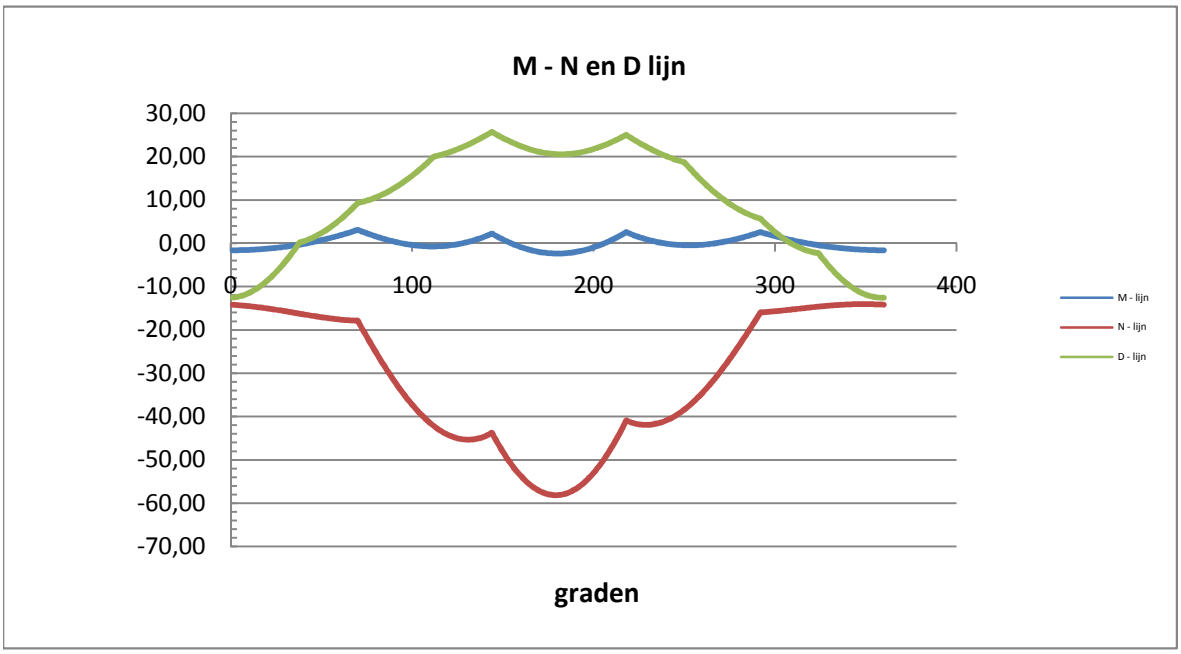
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 13121674 mm^4



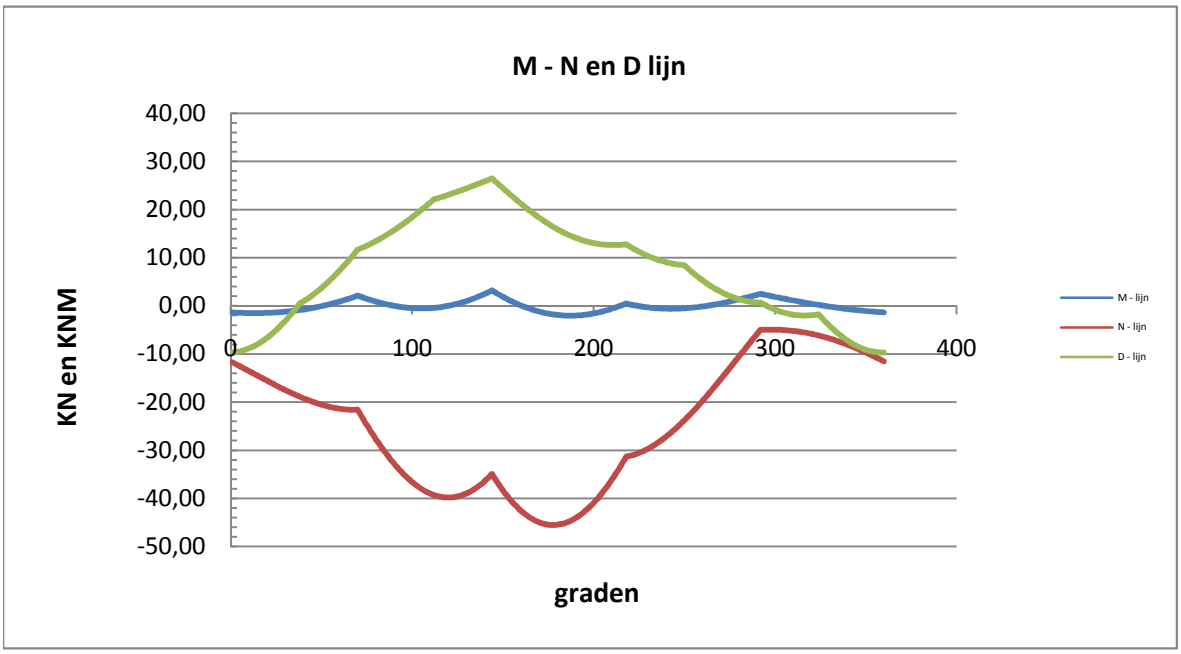
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,63	-14,19	-12,50	0,23	3,16
15,0	-1,40	-14,79	-9,97	0,65	9,04
30,0	-0,75	-15,74	-3,76	1,10	15,28
45,0	0,35	-16,79	1,47	1,58	21,93
60,0	1,93	-17,62	5,71	0,24	3,38
75,0	2,17	-22,28	9,98	1,87	26,01
90,0	0,30	-32,27	12,96	0,96	13,29
105,0	-0,65	-39,96	17,69	0,18	2,46
120,0	-0,48	-44,44	21,09	1,44	19,96
135,0	0,96	-45,08	23,82	0,28	3,94
150,0	0,68	-48,76	24,10	2,33	32,31
165,0	-1,65	-56,04	21,55	0,74	10,25
180,0	-2,39	-58,09	20,55	0,91	12,61
195,0	-1,48	-54,76	21,27	2,46	34,17
210,0	0,98	-46,35	23,54	0,35	4,85
225,0	1,33	-41,83	22,98	1,46	20,32
240,0	-0,13	-40,71	19,96	0,31	4,29
255,0	-0,44	-36,21	15,99	0,72	9,99
270,0	0,28	-28,99	10,33	1,54	21,43
285,0	1,82	-19,90	6,60	0,27	3,80
300,0	1,54	-15,65	2,29	1,42	19,71
315,0	0,13	-14,96	-1,40	0,99	13,77
330,0	-0,87	-14,34	-5,84	0,58	8,07
345,0	-1,45	-14,04	-11,06	0,18	2,50
360,0	-1,63	-14,16	-12,52	0,00	0,01



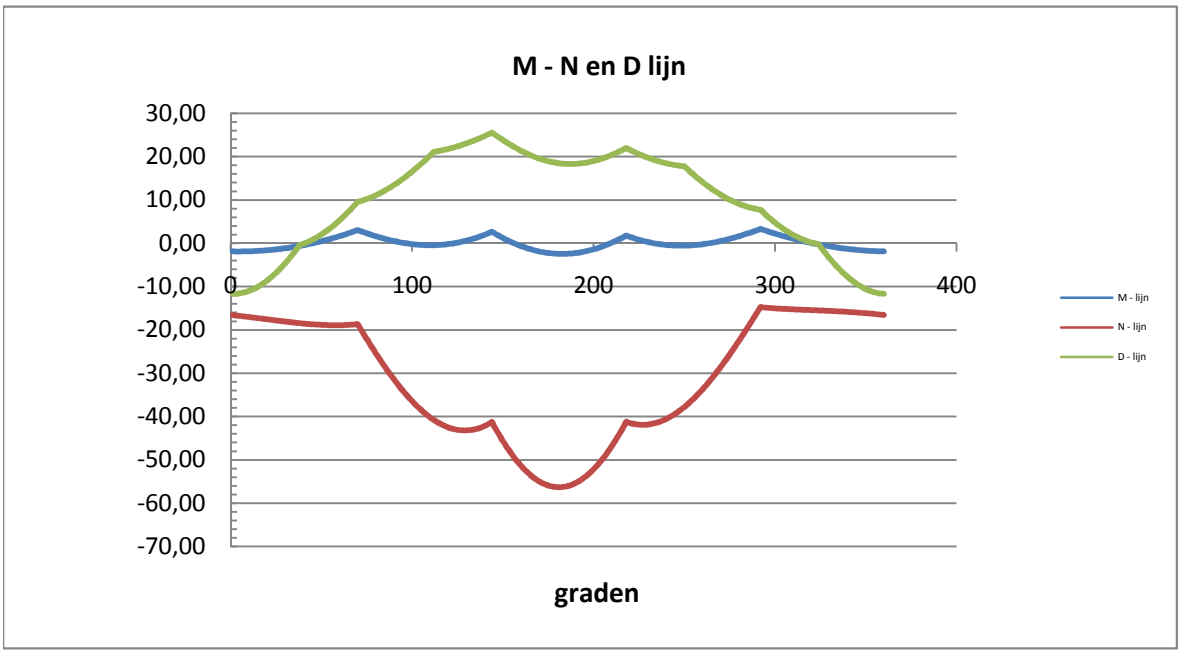
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,35	-11,76	-9,67	0,12	1,62
15,0	-1,46	-14,77	-7,70	0,31	4,24
30,0	-1,16	-17,69	-2,74	0,81	11,24
45,0	-0,35	-20,06	2,48	1,38	19,16
60,0	1,03	-21,44	7,75	0,34	4,71
75,0	1,37	-25,37	12,69	1,41	19,59
90,0	-0,04	-33,23	15,97	0,47	6,50
105,0	-0,51	-38,25	20,24	0,62	8,56
120,0	0,11	-39,83	23,23	1,74	24,23
135,0	1,85	-37,65	25,31	0,15	2,06
150,0	1,70	-38,84	24,15	2,43	33,73
165,0	-0,72	-44,25	19,46	1,17	16,32
180,0	-1,90	-45,44	15,74	0,11	1,57
195,0	-1,79	-42,44	13,42	1,32	18,28
210,0	-0,47	-35,63	12,65	0,37	5,15
225,0	-0,10	-30,43	11,09	0,48	6,65
240,0	-0,58	-26,89	8,99	0,28	3,95
255,0	-0,29	-21,46	6,48	0,89	12,43
270,0	0,60	-14,84	2,74	1,32	18,30
285,0	1,92	-7,78	0,88	0,11	1,56
300,0	1,81	-4,99	-0,93	1,07	14,90
315,0	0,73	-5,55	-2,01	0,91	12,67
330,0	-0,18	-6,92	-4,47	0,71	9,90
345,0	-0,89	-9,05	-8,51	0,43	6,01
360,0	-1,33	-11,57	-9,69	0,02	0,29



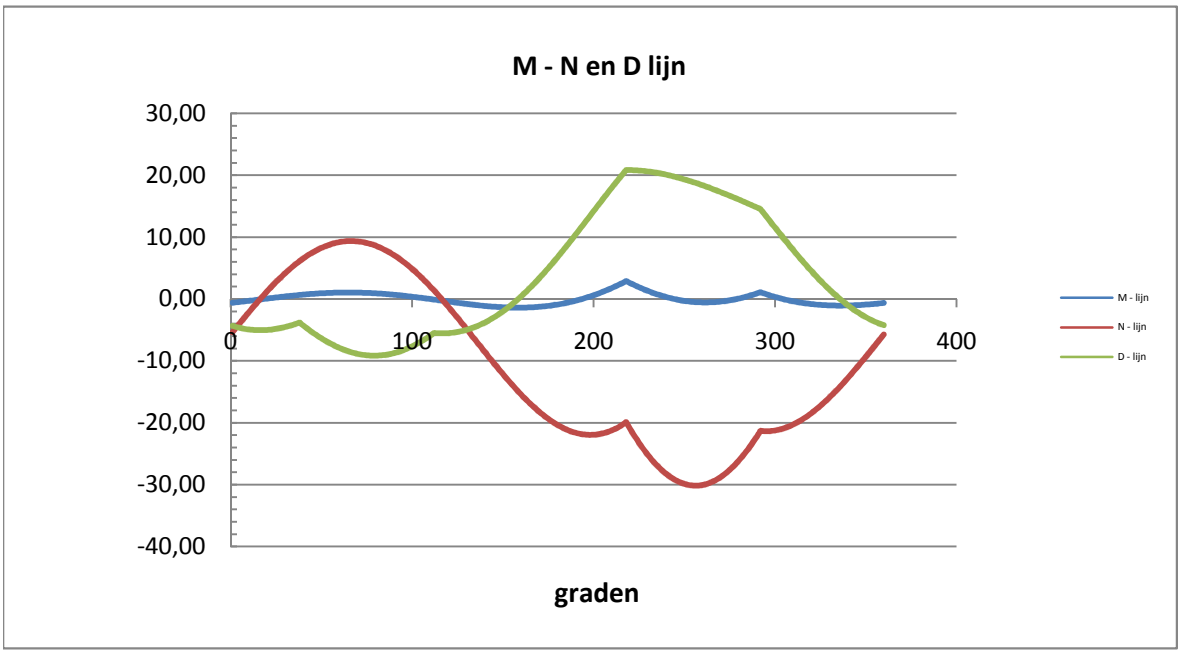
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,90	-16,62	-11,65	0,15	2,10
15,0	-1,74	-17,36	-9,75	0,65	8,99
30,0	-1,10	-18,15	-4,13	1,17	16,18
45,0	0,07	-18,76	1,05	1,70	23,61
60,0	1,77	-18,94	5,69	0,39	5,39
75,0	2,15	-22,81	10,39	1,73	24,09
90,0	0,42	-31,99	13,74	0,83	11,47
105,0	-0,40	-38,88	18,74	0,28	3,85
120,0	-0,13	-42,67	21,91	1,49	20,65
135,0	1,36	-42,79	24,04	0,34	4,70
150,0	1,02	-46,29	23,57	2,50	34,67
165,0	-1,48	-53,78	20,20	0,97	13,51
180,0	-2,45	-56,31	18,48	0,62	8,66
195,0	-1,83	-53,71	18,64	2,15	29,80
210,0	0,32	-46,22	20,59	0,38	5,24
225,0	0,70	-41,90	20,41	1,13	15,70
240,0	-0,43	-40,36	18,38	0,01	0,21
255,0	-0,42	-35,53	15,53	1,02	14,21
270,0	0,61	-28,05	10,99	1,82	25,28
285,0	2,43	-18,77	8,28	0,32	4,38
300,0	2,11	-15,08	4,46	1,67	23,19
315,0	0,44	-15,39	0,79	1,23	17,09
330,0	-0,79	-15,66	-3,90	0,78	10,87
345,0	-1,57	-16,04	-9,61	0,32	4,40
360,0	-1,89	-16,58	-11,64	0,01	0,10



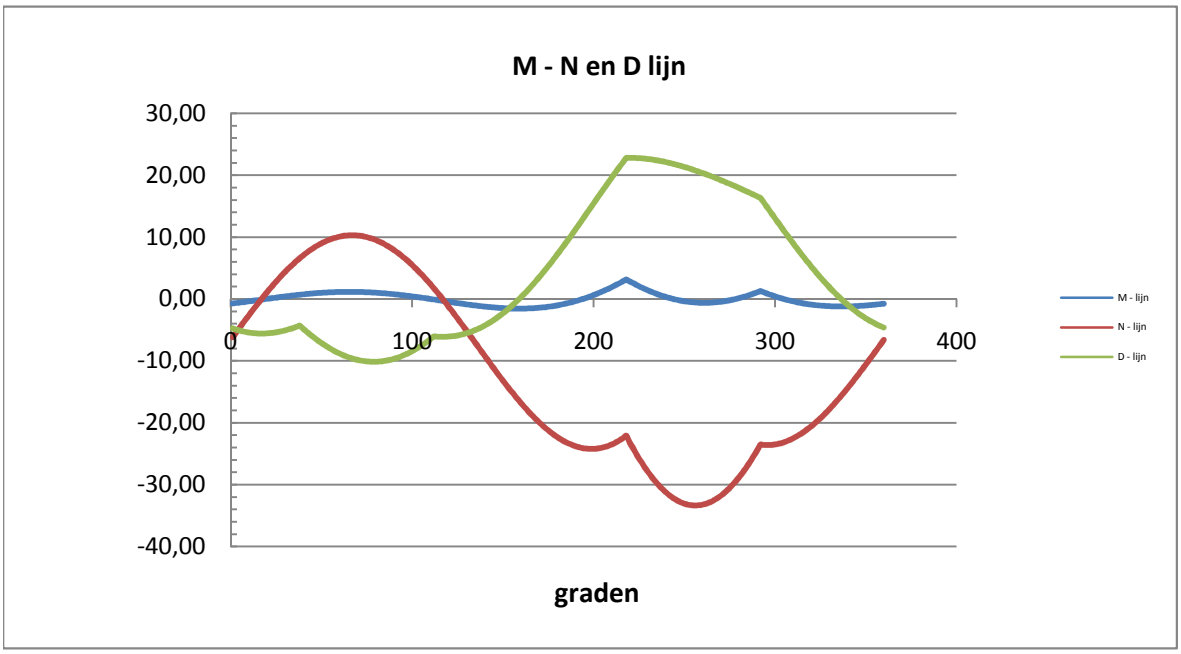
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,61	-5,38	-4,35	0,53	7,30
15,0	-0,09	-0,10	-5,05	0,53	7,36
30,0	0,44	4,42	-4,47	0,41	5,65
45,0	0,85	7,65	-5,60	0,19	2,67
60,0	1,04	9,23	-8,06	0,07	0,92
75,0	0,97	8,96	-9,14	0,32	4,42
90,0	0,66	6,88	-8,69	0,51	7,09
105,0	0,15	3,21	-6,70	0,60	8,33
120,0	-0,45	-1,63	-5,50	0,55	7,66
135,0	-1,01	-7,07	-4,37	0,35	4,86
150,0	-1,36	-12,47	-1,81	0,00	0,07
165,0	-1,35	-17,16	2,10	0,49	6,83
180,0	-0,86	-20,49	7,06	1,07	14,89
195,0	0,21	-21,93	12,66	1,69	23,52
210,0	1,91	-21,11	18,35	0,11	1,57
225,0	1,79	-23,64	20,76	1,55	21,52
240,0	0,24	-28,47	20,05	0,74	10,33
255,0	-0,50	-30,15	18,80	0,11	1,52
270,0	-0,39	-28,57	17,18	0,92	12,75
285,0	0,53	-23,92	15,33	0,28	3,82
300,0	0,25	-21,19	11,19	0,93	12,85
315,0	-0,67	-19,29	5,85	0,38	5,26
330,0	-1,05	-15,63	1,25	0,07	0,90
345,0	-0,99	-10,78	-2,23	0,34	4,73
360,0	-0,65	-5,74	-4,25	0,03	0,43



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,71	-6,20	-4,72	0,58	7,99
15,0	-0,13	-0,36	-5,57	0,59	8,16
30,0	0,45	4,67	-4,98	0,46	6,36
45,0	0,91	8,30	-6,25	0,22	3,12
60,0	1,14	10,12	-8,94	0,06	0,82
75,0	1,08	9,91	-10,11	0,34	4,69
90,0	0,74	7,70	-9,57	0,55	7,68
105,0	0,19	3,72	-7,35	0,66	9,11
120,0	-0,47	-1,57	-6,05	0,61	8,47
135,0	-1,08	-7,56	-4,86	0,39	5,47
150,0	-1,47	-13,54	-2,09	0,01	0,12
165,0	-1,48	-18,75	2,16	0,52	7,27
180,0	-0,96	-22,49	7,60	1,16	16,12
195,0	0,20	-24,16	13,75	1,84	25,62
210,0	2,05	-23,36	20,03	0,12	1,71
225,0	1,92	-26,19	22,75	1,68	23,39
240,0	0,24	-31,51	22,06	0,79	11,00
255,0	-0,55	-33,34	20,79	0,15	2,10
270,0	-0,40	-31,57	19,12	1,04	14,51
285,0	0,64	-26,41	17,17	0,31	4,30
300,0	0,33	-23,44	12,64	1,05	14,59
315,0	-0,72	-21,43	6,71	0,44	6,16
330,0	-1,16	-17,47	1,59	0,05	0,73
345,0	-1,11	-12,15	-2,31	0,36	5,06
360,0	-0,74	-6,61	-4,61	0,03	0,47



Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr.+ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	56,3	kN	N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	3,32	kNm	M_{Rd} =	28	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	10,6	kNm	M_{Rd} =	3669	kNm
$V_{Ed;max}$ =	25,5	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 56,31 / 1555 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 8,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 3,32 / 27,8 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 28,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 25,54 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 14,78

V_{Ed} = 7,75

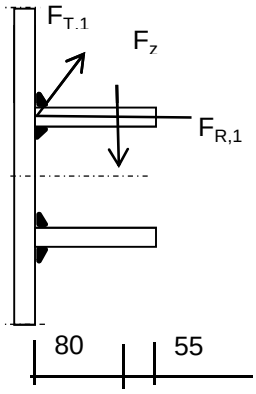
$\sigma_b + \sigma_N$ = 28,3 + 2,2 = 30,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 2,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 31 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	59,04	kN
$F_{T,1,h}$ =	49,48	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	34,67	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - Maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 26,1 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 30,92 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 21,67 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 70,61 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 168,1 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

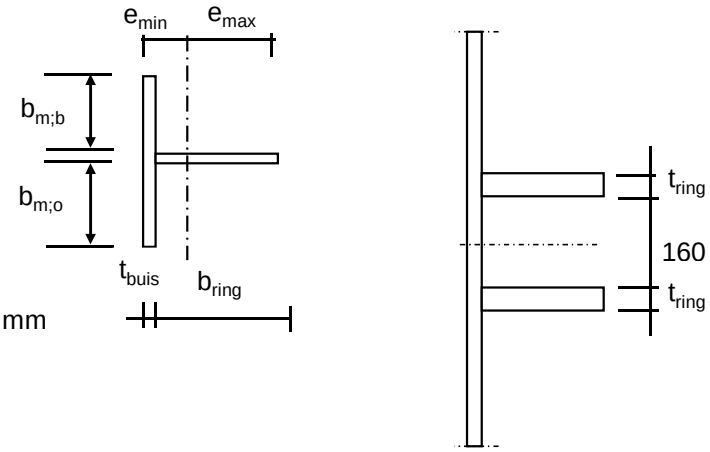
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 168,1 / 302,2 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 70,6 / 244,8 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 42,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm	
$b_{m;o}$ =	80	mm	
A =	10004	mm^2	
e_{min} =	32,2	mm	
e_{max} =	124,8	mm	
I =	16542576	mm^4	
W_{min} =	132539	mm^3	
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)	
N_{Rd} =	2367	kN	
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm	
$M_{w;Rd}$ =	10520	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 42,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,4 mm

Mast 141 : Lijnhoek = 2. α = 148,3 graden

Lijnhoek = 2. α = 148,3 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) = 26,9 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,0	44,5	59,0	44,5		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62,9	50,3	62,9	50,3		
BG 1a - (wind (45 gr))	36,2	29,9	61,4	46,2		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,2	48,1	63,7	50,8		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,0	34,5	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	48,3	38,5	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	35,6	29,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	42,5	35,7	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

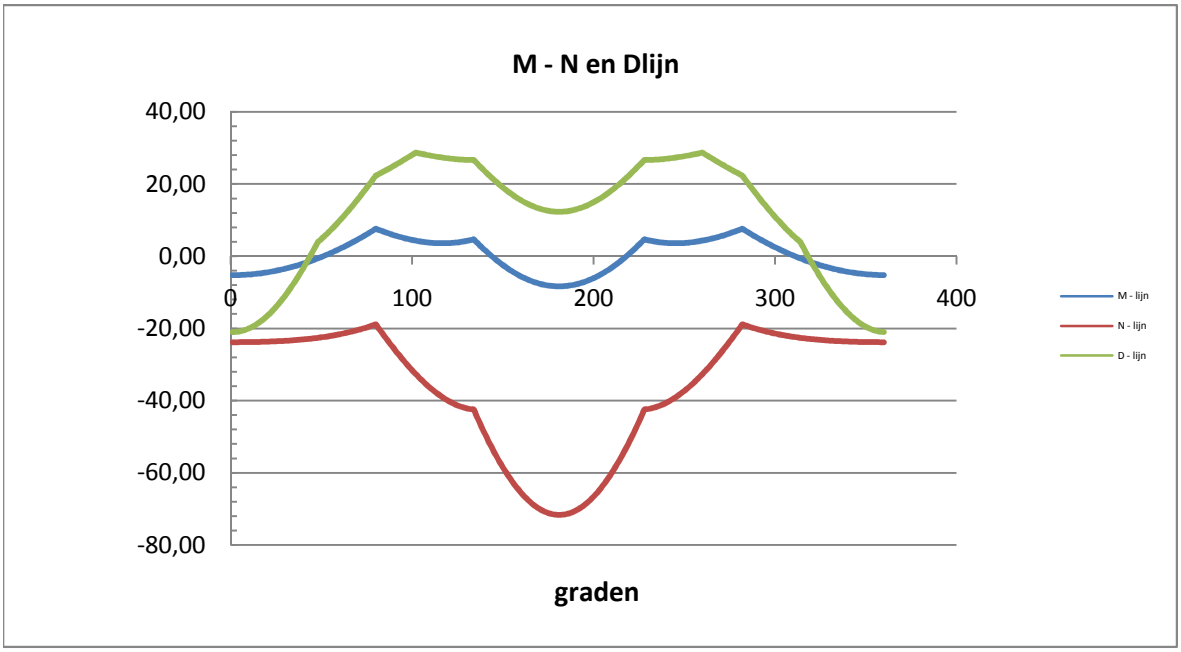
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-5,24	-23,83	-21,01	0,48	5,25
15,0	-4,77	-23,74	-18,24	1,42	15,69
30,0	-3,34	-23,41	-10,24	2,36	25,99
45,0	-0,98	-22,74	2,01	3,27	35,99
60,0	2,28	-21,54	10,36	4,13	45,45
75,0	6,41	-19,58	19,62	0,70	7,68
90,0	5,71	-26,27	25,34	1,70	18,74
105,0	4,01	-34,67	28,25	0,32	3,56
120,0	3,69	-40,35	27,03	0,00	0,04
135,0	3,68	-44,75	25,58	6,49	71,49
150,0	-2,81	-59,24	18,62	4,14	45,59
165,0	-6,94	-68,45	13,96	1,42	15,66
180,0	-8,36	-71,61	12,32	1,42	15,66
195,0	-6,94	-68,45	13,96	4,14	45,59
210,0	-2,81	-59,24	18,62	6,49	71,49
225,0	3,68	-44,75	25,58	0,00	0,04
240,0	3,69	-40,35	27,03	0,32	3,56
255,0	4,01	-34,67	28,25	1,70	18,74
270,0	5,71	-26,27	25,34	0,70	7,68
285,0	6,41	-19,58	19,62	4,13	45,45
300,0	2,28	-21,54	10,36	3,27	35,99
315,0	-0,98	-22,74	2,01	2,36	25,99
330,0	-3,34	-23,41	-10,24	1,42	15,69
345,0	-4,77	-23,74	-18,24	0,47	5,22
360,0	-5,24	-23,83	-21,00	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 16542576 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	71,6	kN		N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,36	kNm		M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	14,5	kNm		M_{Rd} =	10520	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,7	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 71,61 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,2 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,36 / 31,4 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 63,1 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,67 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,6 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 71,61

V_{Ed} = 12,32

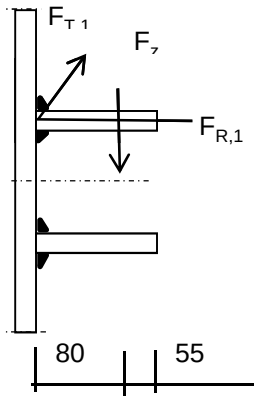
$\sigma_b + \sigma_N$ = 63,1 + 7,2 = 70,3 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 4,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 71 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	62,95	kN
$F_{T,1,h}$ =	41,17	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	71,49	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - Maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 27,8 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 25,73 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 44,68 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 72,34 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 189,2 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

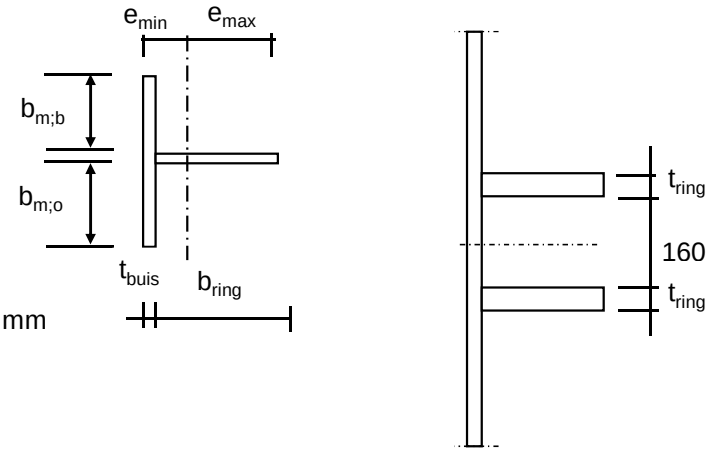
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	189,2	/	302,2	=	0,63	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	72,3	/	244,8	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	11790	mm^2
e_{min} =	30,8	mm
e_{max} =	129,2	mm
I =	17896923	mm^4
W_{min} =	138543	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y;Rd}$ =	33	kNm
$M_{w;Rd}$ =	19893	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 32,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 52 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049	88694	157786	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	19805	94794	175433	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045	64613	133947	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	19802	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 750,1 mm

Mast 141 : hoek tussen lijnen 2. α = 148,3 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 148,3 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) = 21,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,9	48,3	59,9	48,3		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,3	54,2	64,3	54,2		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,1	32,1	62,4	50,1		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,6	51,4	65,0	54,7		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,8	37,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,3	41,5	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,5	31,8	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,6	38,2	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

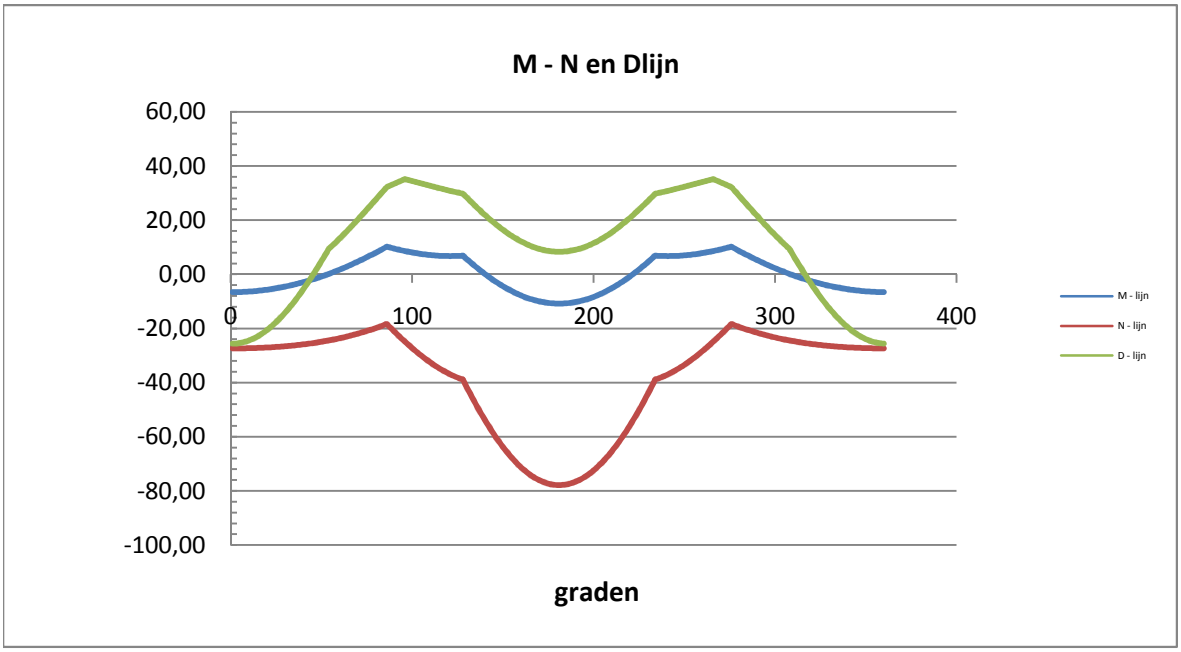
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-6,59	-27,38	-25,65	0,55	5,57
15,0	-6,04	-27,18	-22,51	1,63	16,62
30,0	-4,41	-26,54	-13,44	2,69	27,41
45,0	-1,72	-25,36	0,47	3,70	37,71
60,0	1,98	-23,49	13,84	4,64	47,25
75,0	6,62	-20,75	24,62	2,71	27,61
90,0	9,33	-21,70	33,69	1,91	19,48
105,0	7,42	-30,57	33,41	0,70	7,12
120,0	6,72	-36,98	30,81	4,45	45,30
135,0	2,27	-49,08	24,48	7,07	71,98
150,0	-4,80	-64,63	15,96	4,50	45,86
165,0	-9,30	-74,51	10,29	1,55	15,74
180,0	-10,85	-77,90	8,30	1,55	15,74
195,0	-9,30	-74,51	10,29	4,50	45,86
210,0	-4,80	-64,63	15,96	7,07	71,98
225,0	2,27	-49,08	24,48	4,45	45,30
240,0	6,72	-36,98	30,81	0,70	7,12
255,0	7,42	-30,57	33,41	1,91	19,48
270,0	9,33	-21,70	33,69	2,71	27,61
285,0	6,62	-20,75	24,62	4,64	47,25
300,0	1,98	-23,49	13,84	3,70	37,71
315,0	-1,72	-25,36	0,47	2,69	27,41
330,0	-4,41	-26,54	-13,44	1,63	16,62
345,0	-6,04	-27,18	-22,51	0,54	5,54
360,0	-6,59	-27,38	-25,64	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	77,9	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,85	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	19,5	kNm		M_{Rd} =	19893	kNm
$V_{Ed;max}$ =	35,1	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 77,90 / 2790 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,85 / 32,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 78,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 35,14 / 369 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 13,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 77,90

V_{Ed} = 8,30

$\sigma_b + \sigma_N$ = 78,3 + 6,6 = 84,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

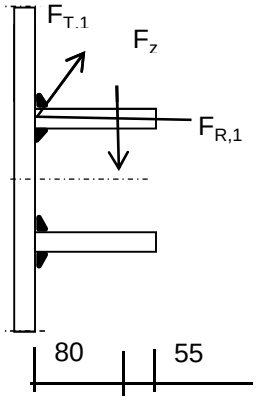
τ_z = 3,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 85 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,25	kN	
$F_{T,1,h}$ =	35,96	kN	
F_z =	14,69	kN	
$F_{Langs,Ed}$ =	71,98	kN	

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - Maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,4 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 22,48 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 44,99 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 72,91 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 186,9 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

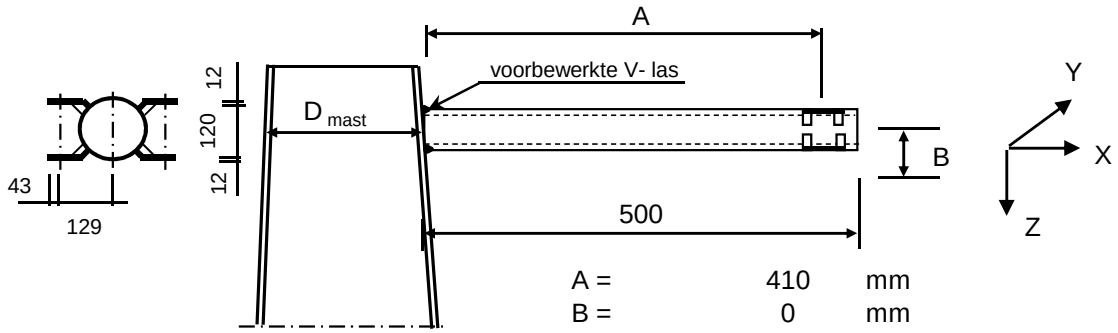
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 186,9 / 302,2 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 72,9 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	15	mm
Hoogte :	61,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AN en AN1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20429	32679	2228	20429	-32679	2228
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32450	58151	9246	32450	-58151	9246
BG 1a - (wind (45 gr))	9102	17936	2226	21514	-34170	2228
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26385	54955	9244	33116	-58719	9247
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13529	23228	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20828	35526	3797	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8595	17608	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13832	28363	3796	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14071	23957	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21594	36481	3798	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	40,86	0,00	4,46	0,00	1,83	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,90	0,00	18,49	0,00	7,58	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,62	16,23	4,45	0,00	1,83	6,66
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,50	3,76	18,49	0,00	7,58	1,54
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,53	23,23	2,23	0,00	0,91	9,52
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,83	35,53	3,80	0,00	1,56	14,57
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,60	17,61	2,23	0,00	0,91	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,83	28,36	3,80	0,00	1,56	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,07	23,96	2,23	0,00	0,91	9,82
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**21,59**	**36,48**	**3,80**	**0,00**	**1,56**	**14,96**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,56	/	36	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,1	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	14,96	/	36	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		97,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	21,59	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,80	/	275	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		1,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	36,48	/	275	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		18,1	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 103 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 108 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	15,0	23751	S355	355	2908675
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 17,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,29 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14,10 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,013

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 7,58 / 58,1 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 32,7 kNm

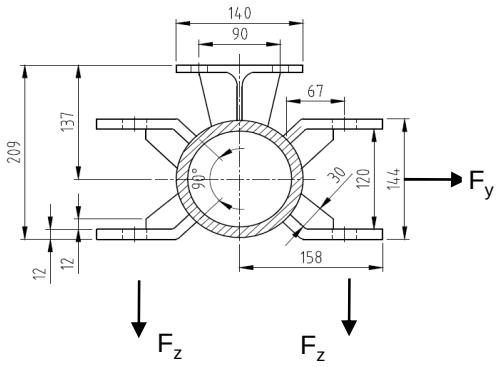
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

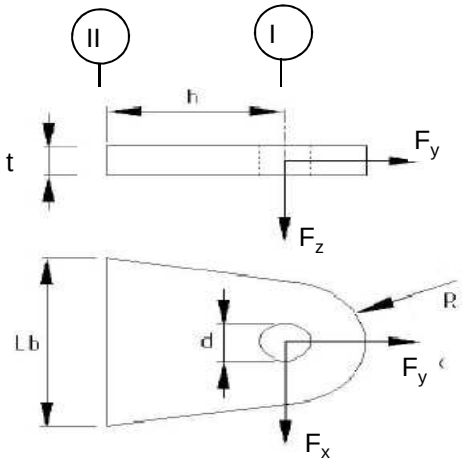
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,96 / 32,7 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,43	32,68	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**32,45**	**58,15**	**9,25**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,10	17,94	2,23
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,39	54,95	9,24

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,23**	**29,08**	**9,25**

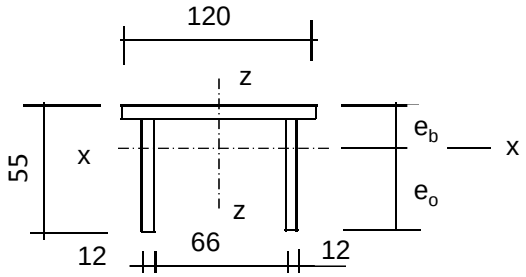
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	29,08	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,05	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,25	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,60	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,23	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	29,08	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,05	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		23,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,60	/	4,0	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		35,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,25	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		9,0	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,23	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 71,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 75 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

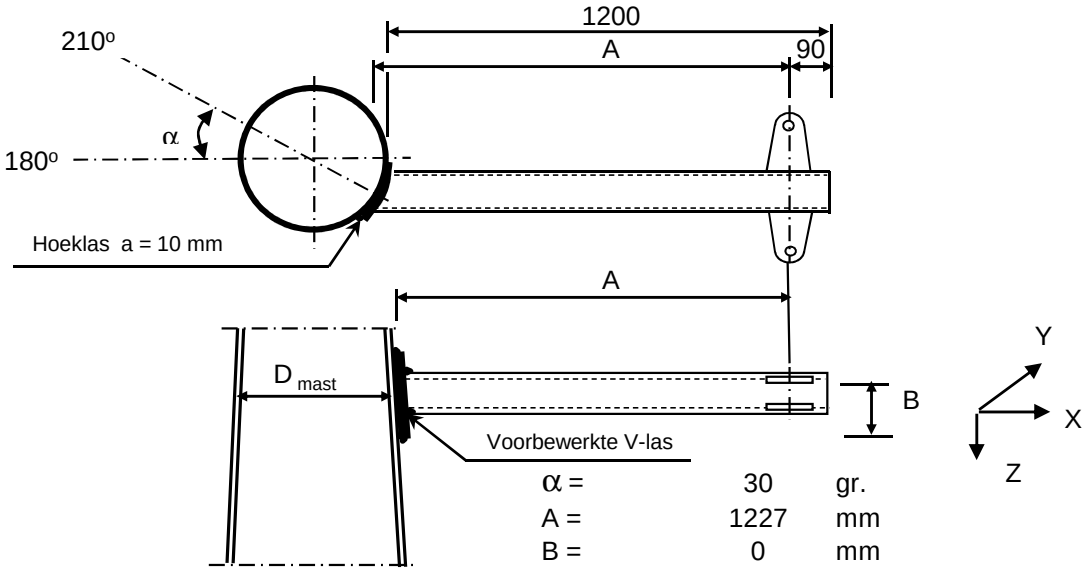
a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =				60,4	N/mm^2
τ_1 =				60,4	N/mm^2
τ_2 =	0			13,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=		123,1	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	123,1	/	302,2 =	0,41	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,4	/	244,8 =	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleiderr"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	24,5	m

Buisgegevens

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10013	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2370	kN
$W_y = W_z$ =	9,78E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	231,5	kNm
W_x =	1,96E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	231,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	267,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	684,1	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AN en AN1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	31951	53373	4620	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60012	113159	18678	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	18081	36619	4617	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52715	110835	18676	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	33409	55362	4620	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	60793	113667	18679	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	4,62	0,00	5,67	65,50
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,01	113,16	18,68	0,00	22,92	138,87
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	4,62	0,00	5,67	44,94
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,83	18,68	0,00	22,92	136,02
BG 1a - (wind (-45 gr))	33,41	55,36	4,62	0,00	5,67	67,94
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	60,79	113,67	18,68	0,00	22,92	139,50

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 22,92 / 231 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 23,4 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 139,50 / 231 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 142,6 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 60,79 / 2370 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 18,68 / 684 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 3,7 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 113,67 / 684 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 22,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 151 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 156 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

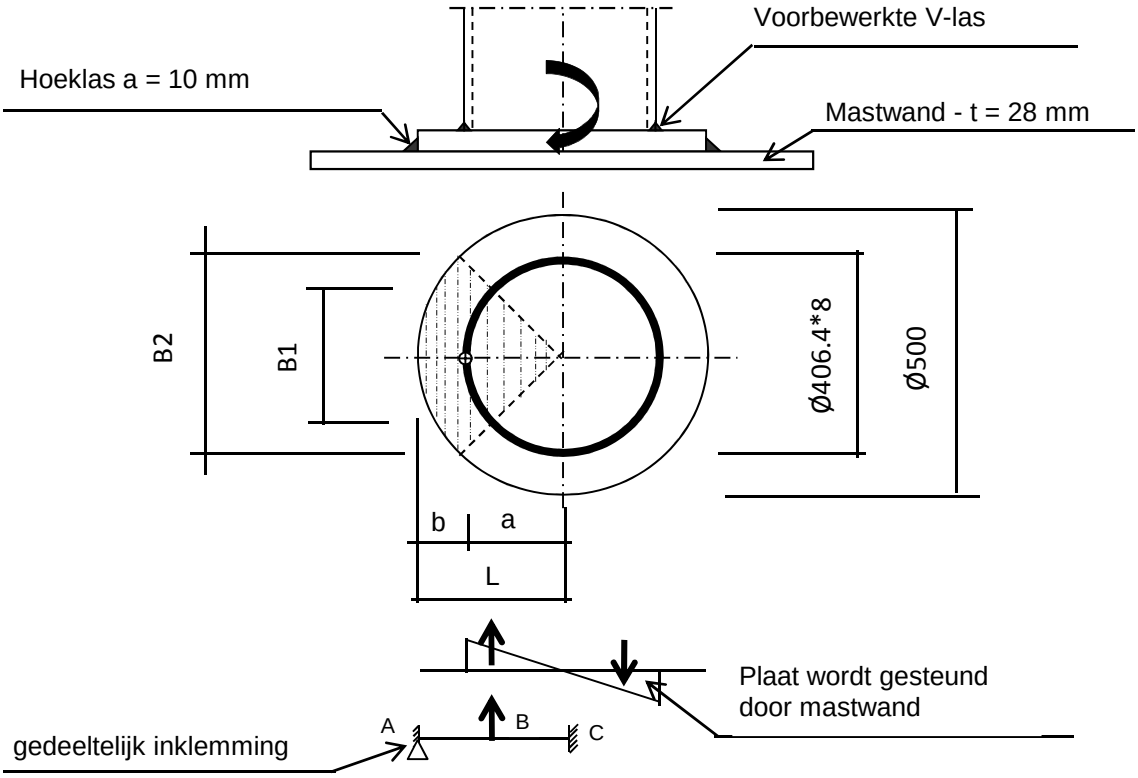
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 406,4*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 500 * 25 - S355

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ; A = 10013 mm^2
W = 978046 mm^3
I = 198738928 mm^4
R = 203 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 141,4 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 308,8 kN

a = R_{buis} = 203,2
b = R_{pl} - a = 46,8

B1 = 287,4 mm ; Boog B1 = 319 mm
B2 = 353,6 mm ; Boog B2 = 393 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 10,44 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 223,1 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 9,55 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,57 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 280,4 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 9,5 * 40,0% = 3,82 kNm

$M_{B;Ed}$ = 10,4 * 60,0% + 3,6 * 40,0% = 7,70 kNm

$R_{A;Ed}$ = 223,1 * 60,0% + 280,4 * 40,0% = 246,0 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 14,52 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 11,80 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 3,82 / 14,52 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 62,2 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 7,70 / 11,80 = 0,65 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 154,3 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 246,0 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 25,1 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 30,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 163,3 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 110,0 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 44,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	110,0	+	44,3	=		154,3	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	110,0	-	44,3	=		65,7	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		191,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	191,8	/	302,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	154,3	/	244,8	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1750,2	28,0	151493	S355	355	64198753
Plaat	500,0		196350	S355	355	12271846

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,29

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 393,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 15545,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,69 of n_p = -0,675

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 467,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 956,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,92 / 467,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 212,0 kNm

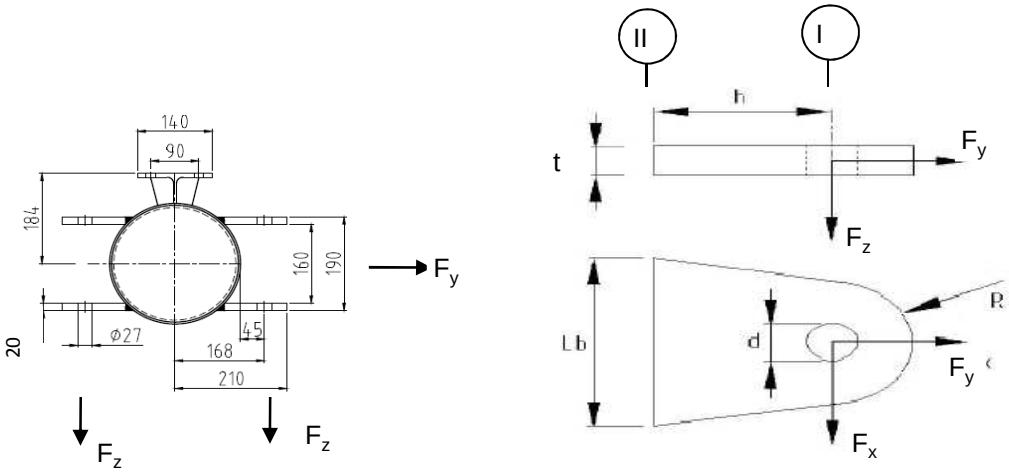
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 956,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 139,50 / 212,0 = 0,66 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	4,62
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,01	113,16	18,68
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	4,62
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,83	18,68
BG 1a - (wind (-45 gr))	33,41	55,36	4,62
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	**60,79**	**113,67**	**18,68**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**30,40**	**56,83**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6	kN

N_{Ed} =	56,83	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,28	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	30,40	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,83	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,3	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,28	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		34,9	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,40	/	2,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		150,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,68	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		6,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	30,40	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,9	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 205,3 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

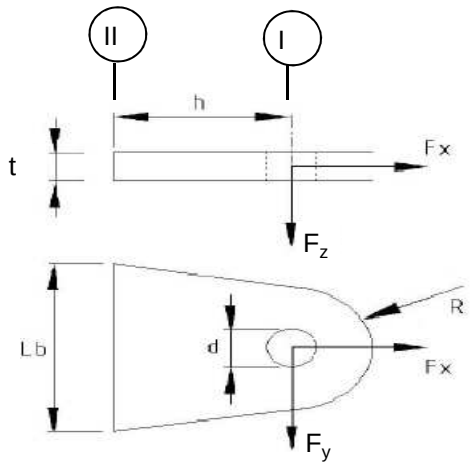
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2550,3	28,0	221876	S355	355	138392000
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 903,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 37129,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,77 of $n_p =$ -0,744

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,59

$N_{1,Rd} =$ 556,3 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 556,3 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 61,2 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 61,2 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

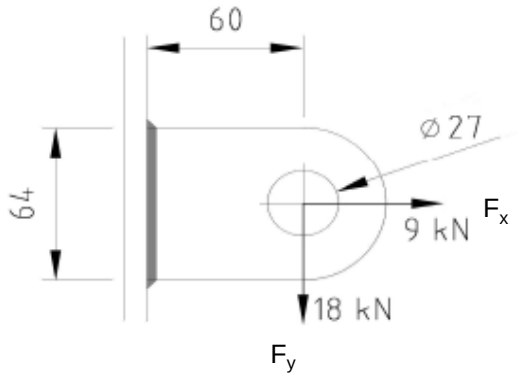
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
61,43 - 59,93 - 51,8 - 49,3 - 41,8 - 39,3 - 31,8 en 29,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 29.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1590,2	25,0	122929	S355	355	47357080
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 337,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 12278,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,74 of $n_p =$ -0,723

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,62

$N_{1,Rd} =$ 459,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 459,5 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 29,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 29,4 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

Clip op 51,8 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	840,1	15,0	38880	S355	355	7878898
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,08 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,08

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 75,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 959,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,35 of $n_p =$ -0,337

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,86

$N_{1,Rd} =$ 233,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 233,1 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 14,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 14,9 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

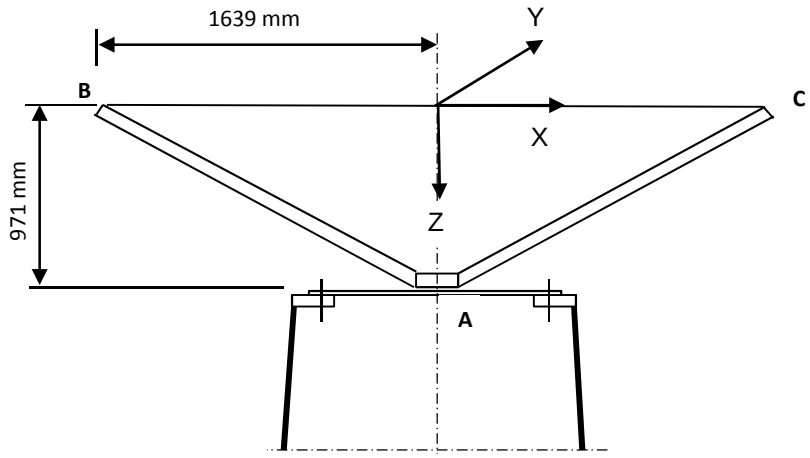
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



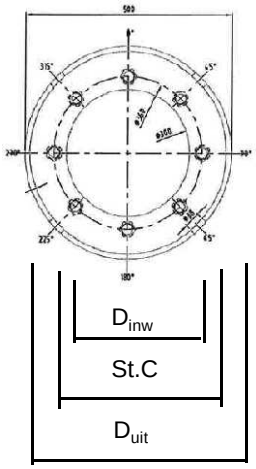
Buis rond 500 * 15

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm²
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

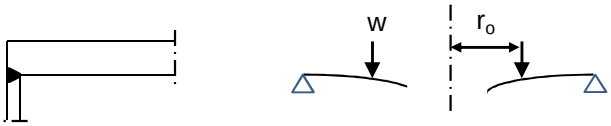
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

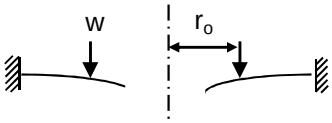
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 50,0%

Percentage vrij oplegging = 50,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 769 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 17550 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 18318 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 18318 / 35500 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 122,1 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 126 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 15 - S355 ;

A = 22855 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 8114 kN

$W_y = W_z$ = 2,69E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 955,2 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 8114 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,5 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 955 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 26,7 N/mm^2

σ_{max} = 28,3 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

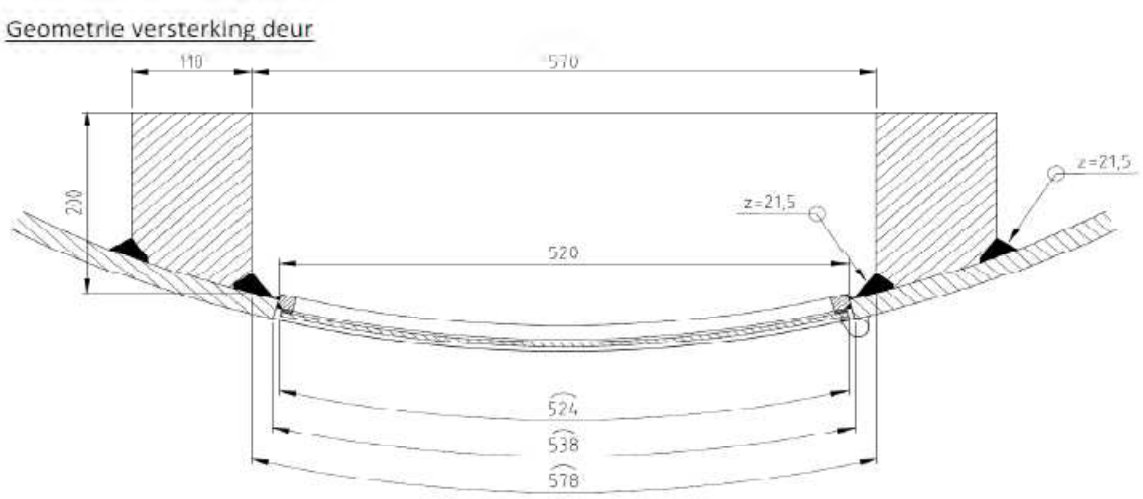
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

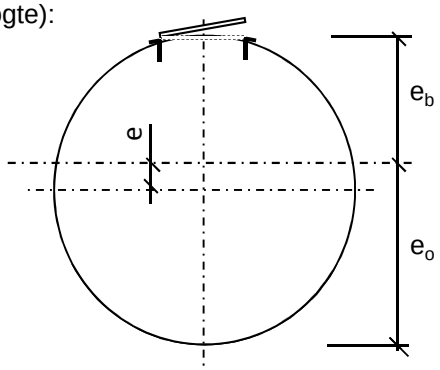
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2526	mm
dikte t ;	28	mm

A_{buis} =	219750	mm^2
$A_{versterking}$ =	40531	mm^2
$A_{verlies}$ =	14502	mm^2
A_{tot} =	245778	mm^2

e =	107,2	mm			
e_b =	1155,9	mm ;	e_o =	1370,3	mm

I_{tot} =	1,95E+11	mm^4
W_{min} =	1,42E+08	mm^3
W_{max} =	1,69E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} =	37500	kNm ;	N_{Ed} =	904 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,7	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	263,6	N/mm^2

σ_{max} = 3,7 + 263,6 = 267,3 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AN, AN1 en AN2

W2H400A+5 TOWER (revision date 23-11-2012) APPENDIX: AN

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17046	70458	137544	17046	70458	-137544
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	69655	136876	17046	69655	-136876
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68668	136110	17045	68668	-136110
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9796	18590	2226	9796	-18590
	Comp. gl	4617	18864	37163			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72973	153782	17036	72973	-153782
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72875	153781	17036	72875	-153781
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72751	153785	17036	72751	-153785
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9509	19909	2225	9509	-19909
	Comp. gl	4615	19347	40832			
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104312	216126	29376	104312	-216126
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	104020	216089	29376	104020	-216089
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103654	216058	29376	103654	-216058
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26783	54949	9244	26783	-54949
	Comp. gl	18676	53224	110761	18676	53224	-110761
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73762	155471	20053	73762	-155471
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73667	155479	20053	73667	-155479
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73547	155493	20053	73547	-155493
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10784	22643	2978	10784	-22643
	Comp. gl	6122	21974	46465			
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
	Comp. gl	5195	18706	40116			
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	67119	135061	17057	130900	-213662
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66677	134803	17056	124305	-204739
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	66131	134516	17054	115909	-193419
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9102	17936	2228	21514	-34170
	Comp. gl	4617	18081	36619			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72547	153803	17037	79755	-157640
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72487	153812	17036	78948	-156952
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72410	153824	17036	77958	-156163
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9428	19902	2225	10900	-20985
	Comp. gl	4615	19245	40840			
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	103058	216048	29381	125336	-231339
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102881	216055	29380	122823	-228863
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102659	216072	29379	119728	-225957
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26385	54955	9247	33116	-58719
	Comp. gl	18676	52715	110835			
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73350	155525	20053	79986	-158127
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73291	155536	20053	79261	-157616
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73217	155553	20053	78368	-157037
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10709	22648	2978	11966	-23269
	Comp. gl	6122	21877	46484			
1a	380C1F1 / 380C2F1	17056	124980	205651	17056	124980	-205651
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	118872	197406	17055	118872	-197406
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	111117	186995	17053	111117	-186995
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	20429	32679	2228	20429	-32679
	Comp. gl	4620	31951	53373			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	79030	157020	17036	79030	-157020
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78303	156430	17036	78303	-156430
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77410	155757	17036	77410	-155757

Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10748	20825	2225	10748	-20825
	Comp. gl	4615	20776	41527			
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	123077	229108	29380	123077	-229108
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	120807	226950	29380	120807	-226950
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	118012	224428	29379	118012	-224428
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32450	58151	9246	32450	-58151
	Comp. gl	18678	60012	113159			
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79334	157666	20053	79334	-157666
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78680	157232	20053	78680	-157232
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77872	156743	20053	77872	-156743
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	11840	23167	2978	11840	-23167
	Comp. gl	6122	23237	46803			
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	130900	213662	17045	67119	-135061
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17056	124305	204739	17045	66677	-134803
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17054	115909	193419	17045	66131	-134516
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21514	34170	2226	9102	-17936
	Comp. gl	4620	33409	55362			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79755	157640	17036	72547	-153803
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78948	156952	17036	72487	-153812
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77958	156163	17036	72410	-153824
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10900	20985	2225	9428	-19902
	Comp. gl	4615	20946	41664			
3	380C1F1 / 380C2F1	29381	125336	231339	29376	103058	-216048
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	122823	228863	29376	102881	-216055
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	119728	225957	29376	102659	-216072
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9247	33116	58719	9244	26385	-54955
	Comp. gl	18679	60793	113667			
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79986	158127	20053	73350	-155525
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	79261	157616	20053	73291	-155536
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	78368	157037	20053	73217	-155553
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11966	23269	2978	10709	-22648
	Comp. gl	6122	23381	46885			
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58487	111876	12782	58487	-111876
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	57534	110884	12782	57534	-110884
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	56365	109729	12781	56365	-109729
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8291	15363	1669	8291	-15363
	Comp. gl	3462	15495	29938			
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59266	124389	12774	59266	-124389
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59160	124371	12774	59160	-124371
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	59026	124354	12774	59026	-124354
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7663	15950	1668	7663	-15950
	Comp. gl	3461	15550	32688			
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93214	192328	25109	93214	-192328
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92908	192258	25109	92908	-192258
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92524	192190	25109	92524	-192190
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25652	52524	8685	25652	-52524
	Comp. gl	17518	50875	105724			
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61248	128638	15788	61248	-128638
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61149	128635	15788	61149	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	61023	128636	15788	61023	-128636
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9163	19167	2421	9163	-19167
	Comp. gl	4966	18625	39284			
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
	Comp. gl	3462	13367	28666			
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	54545	108097	12792	126013	-203187
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	54030	107683	12791	119007	-193383
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53398	107211	12789	110005	-180763
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7466	14428	1671	21038	-33151
	Comp. gl	3462	14575	29100			
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58810	124344	12775	67185	-130687

Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58746	124344	12775	66217	-129653
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58665	124348	12774	65032	-128446
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7574	15927	1669	9312	-17579
	Comp. gl	3461	15441	32682			
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91902	192127	25114	116091	-211518
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91720	192120	25113	113341	-208533
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91490	192121	25112	109949	-204991
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25248	52517	8688	32173	-56698
	Comp. gl	17518	50360	105786			
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60818	128650	15789	68194	-132843
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60757	128657	15788	67364	-132105
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60680	128668	15788	66345	-131256
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9084	19165	2421	10470	-20062
	Comp. gl	4966	18525	39296			
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	119726	194390	12791	119726	-194390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	113193	185234	12790	113193	-185234
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12789	104817	173489	12789	104817	-173489
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19913	31574	1671	19913	-31574
	Comp. gl	3464	30325	49888			
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66315	129755	12775	66315	-129755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	65444	128858	12774	65444	-128858
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64379	127815	12774	64379	-127815
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9129	17354	1669	9129	-17354
	Comp. gl	3461	17200	33860			
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	113619	208830	25113	113619	-208830
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	111132	206207	25112	111132	-206207
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	108069	203109	25112	108069	-203109
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31486	56084	8688	31486	-56084
	Comp. gl	17520	57838	108499			
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67448	132178	15788	67448	-132178
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66700	131544	15788	66700	-131544
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65782	130818	15788	65782	-130818
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10329	19926	2421	10329	-19926
	Comp. gl	4966	19993	39847			
1a	380C1F1 / 380C2F1	12792	126013	203187	12781	54545	-108097
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12791	119007	193383	12781	54030	-107683
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12789	110005	180763	12781	53398	-107211
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	21038	33151	1669	7466	-14428
	Comp. gl	3465	31889	52105			
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	67185	130687	12774	58810	-124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	66217	129653	12774	58746	-124344
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	65032	128446	12774	58665	-124348
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9312	17579	1668	7574	-15927
	Comp. gl	3461	17403	34068			
3	380C1F1 / 380C2F1	25114	116091	211518	25109	91902	-192127
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	113341	208533	25109	91720	-192120
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	109949	204991	25109	91490	-192121
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	32173	56698	8685	25248	-52517
	Comp. gl	17520	58644	109062			
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	68194	132843	15788	60818	-128650
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	67364	132105	15788	60757	-128657
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	66345	131256	15788	60680	-128668
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10470	20062	2421	9084	-19165
	Comp. gl	4966	20153	39964			

W2H400A+5 TOWER

APPENDIX: AN1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	65978	134443	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65655	134298	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	134141	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	8869	17762	0	0	0
	Comp. gl	4617	17812	36487	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72723	153787	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72647	153793	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	153803	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9461	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19287	40835	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	77768	160718	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77517	160650	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	160581	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3796	14234	28538	0	0	0
	Comp. gl	7762	28198	57773	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71802	151812	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71728	151822	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	151838	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2828	10310	21723	0	0	0
	Comp. gl	5821	21063	44642	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	0	0	0
	GW / opgw	2505	9033	19371	0	0	0
	Comp. gl	5195	18706	40116	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	64613	133947	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64427	133907	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	133866	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	8595	17608	0	0	0
	Comp. gl	4617	17489	36384	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72393	153827	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72346	153837	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	153850	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9399	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19208	40847	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	76696	160509	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76547	160498	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	160493	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3796	13832	28363	0	0	0
	Comp. gl	7762	27716	57669	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71480	151870	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71434	151881	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	151896	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2828	10251	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20986	44660	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	88694	157786	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	85924	154369	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	150248	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2227	13529	23228	0	0	0
	Comp. gl	4618	23161	41797	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77213	155617	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76684	155257	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	154852	0	0	0

Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10368	20455	0	0	0
	Comp. gl	4615	20350	41219	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19805	94794	175433	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	92704	173118	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	170380	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3797	20828	35526	0	0	0
	Comp. gl	7763	35850	64466	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76022	153058	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75535	152787	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	152486	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2828	11112	22051	0	0	0
	Comp. gl	5821	22032	44825	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	91433	161228	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	88385	157402	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	152765	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	14071	23957	0	0	0
	Comp. gl	4618	23814	42605	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77740	155999	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77154	155575	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	155096	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10478	20558	0	0	0
	Comp. gl	4615	20473	41302	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19806	96873	177802	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	94560	175171	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	172045	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3798	21594	36481	0	0	0
	Comp. gl	7764	36772	65513	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76507	153348	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75968	153026	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	152666	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2828	11206	22119	0	0	0
	Comp. gl	5821	22141	44877	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	53222	107088	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52851	106842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	106564	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	7191	14164	0	0	0
	Comp. gl	3462	14265	28881	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58997	124352	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58915	124346	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	124344	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7610	15934	0	0	0
	Comp. gl	3461	15485	32682	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65149	133659	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64872	133536	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	133402	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12761	25380	0	0	0
	Comp. gl	6606	25101	51132	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59156	124693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59079	124696	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	124702	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17660	37346	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	51673	106197	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51465	106111	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	106018	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	3462	13901	28691	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58647	124349	0	0	0

Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58597	124354	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	124361	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7543	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15402	32684	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63979	133237	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63819	133203	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	133169	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12329	25139	0	0	0
	Comp. gl	6606	24590	50966	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58821	124722	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58773	124730	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	124742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17581	37358	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	79869	138866	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76688	134567	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	129277	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12565	21162	0	0	0
	Comp. gl	3463	20558	36215	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64146	127595	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63519	127026	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	126371	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8672	16819	0	0	0
	Comp. gl	3461	16694	33380	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	84746	153890	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82341	150899	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	147304	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19918	33574	0	0	0
	Comp. gl	6608	33469	59363	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	63819	126890	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63265	126476	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	126005	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9546	18692	0	0	0
	Comp. gl	4665	18707	37695	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	82990	143126	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	79515	138386	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	132522	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	13162	22007	0	0	0
	Comp. gl	3463	21310	37236	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64772	128192	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64075	127530	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	126766	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8804	16969	0	0	0
	Comp. gl	3461	16840	33512	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	87128	156909	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84477	153553	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	149498	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20730	34631	0	0	0
	Comp. gl	6608	34473	60583	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64373	127328	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63757	126842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	126289	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9652	18786	0	0	0
	Comp. gl	4665	18828	37773	0	0	0

W2H400A+5 TOWER APPENDIX: AN2

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58927	117336	14202	58927	-117336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58429	116970	14202	58429	-116970
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57816	116556	14202	57816	-116556
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8041	15633	1855	8041	-15633
	Comp. gl	3847	15792	31671			
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63543	134464	14194	63543	-134464
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63480	134467	14194	63480	-134467
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63399	134474	14194	63399	-134474
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8213	17290	1854	8213	-17290
	Comp. gl	3845	16749	35479			
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84618	176416	22419	84618	-176416
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84425	176396	22419	84425	-176396
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84184	176381	22419	84184	-176381
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20638	42602	6530	20638	-42602
	Comp. gl	13213	41150	85996			
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62101	131369	16206	62101	-131369
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62039	131376	16206	62039	-131376
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61960	131388	16206	61960	-131388
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8891	18744	2356	8891	-18744
	Comp. gl	4850	18179	38547			
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56851	116000	14208	98189	-165882
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56574	115867	14208	93717	-159769
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56231	115721	14207	88077	-152129
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7613	15270	1856	15816	-25944
	Comp. gl	3847	15304	31383			
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63266	134493	14195	67811	-136493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63227	134500	14195	67309	-136112
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63177	134510	14195	66693	-135679
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8160	17289	1854	9080	-17879
	Comp. gl	3845	16682	35488			
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83790	176382	22421	98433	-186136
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83673	176389	22421	96774	-184519
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83526	176403	22420	94735	-182634
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20371	42601	6531	24969	-45353
	Comp. gl	13213	40808	86040			
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61831	131414	16207	66084	-132786
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61792	131422	16207	65626	-132496
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61743	131435	16207	65059	-132172
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8841	18749	2356	9651	-19102
	Comp. gl	4850	18115	38561			
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	94173	160390	14208	94173	-160390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	90060	154804	14207	90060	-154804
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84889	147858	14206	84889	-147858
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	15062	24884	1856	15062	-24884
	Comp. gl	3848	24165	41727			
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67360	136149	14195	67360	-136149
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66908	135825	14195	66908	-135825
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66351	135458	14195	66351	-135458
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8986	17788	1854	8986	-17788
	Comp. gl	3846	17650	35833			
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96941	184679	22421	96941	-184679
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95445	183276	22420	95445	-183276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93607	181648	22420	93607	-181648

Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24509	44940	6531	24509	-44940
	Comp. gl	13214	45753	87767			
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65672	132524	16207	65672	-132524
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65257	132281	16207	65257	-132281
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64744	132009	16206	64744	-132009
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9570	19041	2356	9570	-19041
	Comp. gl	4850	18997	38722			
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	98189	165882	14202	56851	-116000
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	93717	159769	14202	56574	-115867
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14207	88077	152129	14202	56231	-115721
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15816	25944	1855	7613	-15270
	Comp. gl	3849	25141	43062			
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67811	136493	14194	63266	-134493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67309	136112	14194	63227	-134500
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66693	135679	14194	63177	-134510
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9080	17879	1854	8160	-17289
	Comp. gl	3846	17755	35908			
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	98433	186136	22419	83790	-176382
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	96774	184519	22419	83673	-176389
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	94735	182634	22419	83526	-176403
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24969	45353	6530	20371	-42601
	Comp. gl	13214	46287	88135			
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	66084	132786	16206	61831	-131414
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65626	132496	16206	61792	-131422
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	65059	132172	16206	61743	-131435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9651	19102	2356	8841	-18749
	Comp. gl	4850	19090	38769			

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400A(+10)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	7-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2H400A(+10)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 57m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 47m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 37m hoogte	71
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	76
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	78
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	79
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	82
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	87
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	88
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	92
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	93
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	95
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	97
9.7 Berekening versterking deur	100

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AM, AM1 en AM2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400A(+10) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400A(+10) zijn de bijlage AM en AM1 (berekening maststerkte) en bijlage AM2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 67,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,733 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 19,80 meter en 2* 23,60 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2H400A(+10) zijn de bijlage AM en AM1 (berekening maststerkte) en bijlage AM2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2H400A(+10)”

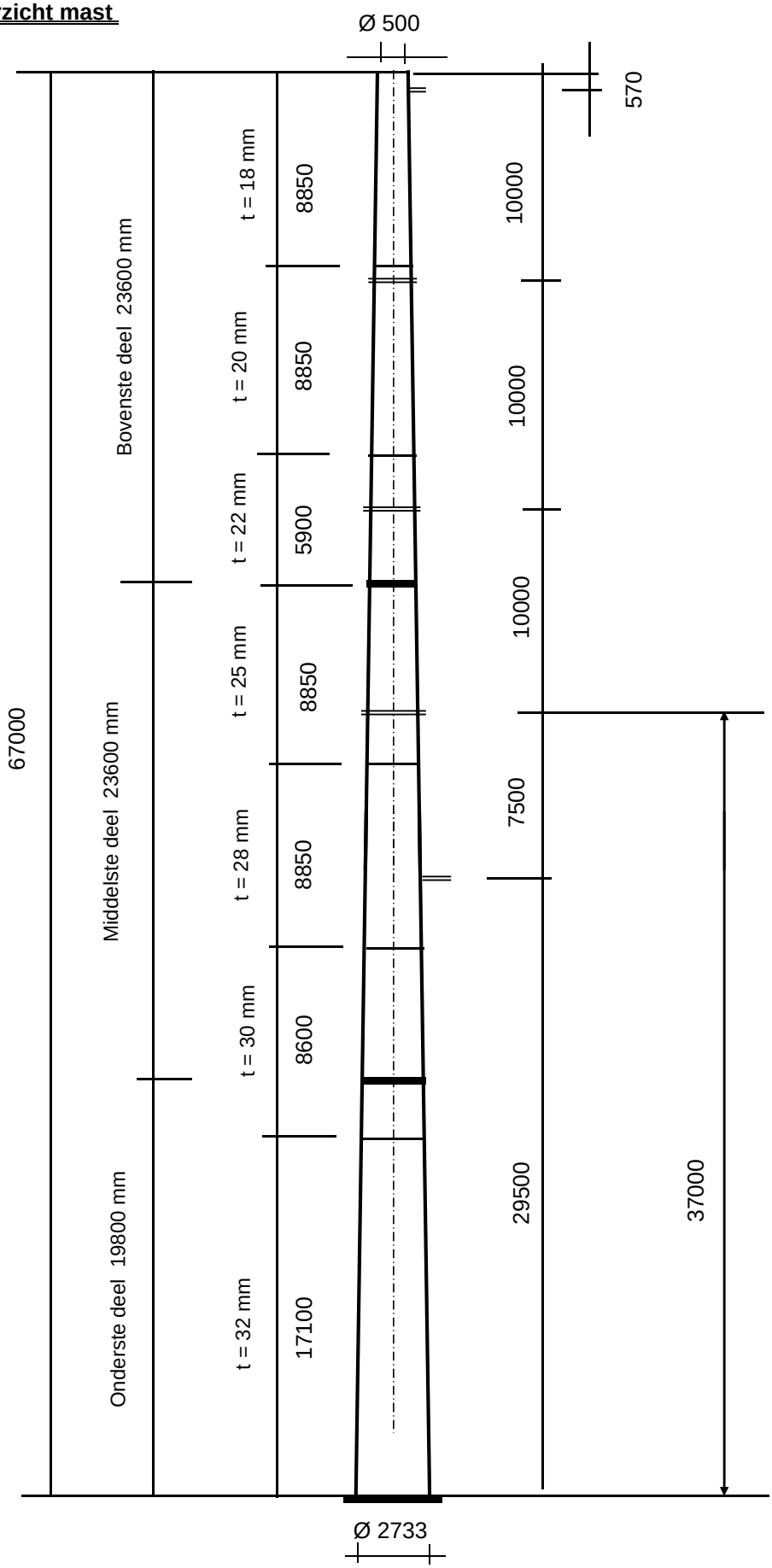
Berekening

W2H400A+10

67,0 m - 2733 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400A(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,617

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	519	500	n.v.t.	2	1	66,72
2	2380	598	519	n.v.t.	2	1	65,24
3	2950	697	598	n.v.t.	2	1	62,58
4	2950	795	697	n.v.t.	2	1	59,63
5	1150	833	795	n.v.t.	2	1	57,58
6	1800	893	833	n.v.t.	2	1	56,10
7	2950	992	893	n.v.t.	2	1	53,73
8	2950	1090	992	n.v.t.	2	1	50,78
9	2300	1167	1090	n.v.t.	2	1	48,15
10	650	1188	1167	n.v.t.	2	1	46,68
11	2950	1287	1188	n.v.t.	2	1	44,88
12	2950	1385	1287	n.v.t.	2	1	41,93
13	2950	1483	1385	n.v.t.	2	1	38,98
14	500	1500	1483	n.v.t.	2	1	37,25
15	2450	1582	1500	n.v.t.	2	1	35,78
16	1475	1631	1582	n.v.t.	2	1	33,81
17	1475	1680	1631	n.v.t.	2	1	32,34
18	2100	1750	1680	n.v.t.	2	1	30,55
19	850	1778	1750	n.v.t.	2	1	29,08
20	1475	1827	1778	n.v.t.	2	1	27,91
21	1475	1876	1827	n.v.t.	2	1	26,44
22	2950	1975	1876	n.v.t.	2	1	24,23
23	2950	2073	1975	n.v.t.	2	1	21,28
24	1350	2118	2073	n.v.t.	2	1	19,13
25	1350	2163	2118	n.v.t.	2	1	17,78
26	1425	2211	2163	n.v.t.	2	1	16,39
27	1425	2258	2211	n.v.t.	2	1	14,96
28	2850	2353	2258	n.v.t.	2	1	12,83
29	2850	2448	2353	n.v.t.	2	1	9,98
30	2850	2543	2448	n.v.t.	2	1	7,13
31	2850	2638	2543	n.v.t.	2	1	4,28
32	2850	2733	2638	n.v.t.	2	1	1,43
	67000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	18,0	27794	218,18	8,40E+08	173,89	3,30E+06
2	559	18,0	30573	240,00	1,12E+09	191,26	4,00E+06
3	647	18,0	35596	279,43	1,76E+09	222,65	5,45E+06
4	746	18,0	41156	323,07	2,73E+09	257,39	7,31E+06
5	814	20,0	49896	391,68	3,94E+09	280,85	9,67E+06
6	863	20,0	52985	415,93	4,71E+09	298,23	1,09E+07
7	942	20,0	57958	454,97	6,17E+09	326,21	1,31E+07
8	1041	20,0	64136	503,47	8,36E+09	360,96	1,61E+07
9	1128	22,0	76458	600,19	1,17E+10	391,19	2,07E+07
10	1177	22,0	79855	626,87	1,33E+10	408,57	2,26E+07
11	1237	22,0	84002	659,41	1,55E+10	429,78	2,51E+07
12	1336	25,0	102943	808,10	2,21E+10	463,49	3,31E+07
13	1434	25,0	110665	868,72	2,75E+10	498,24	3,83E+07
14	1492	25,0	115180	904,16	3,10E+10	518,57	4,15E+07
15	1541	25,0	119041	934,47	3,42E+10	535,95	4,44E+07
16	1606	28,0	138816	1089,70	4,32E+10	558,03	5,38E+07
17	1655	28,0	143140	1123,65	4,74E+10	575,40	5,73E+07
18	1715	28,0	148380	1164,79	5,28E+10	596,46	6,16E+07
19	1764	28,0	152705	1198,73	5,75E+10	613,84	6,52E+07
20	1803	28,0	156113	1225,48	6,15E+10	627,54	6,82E+07
21	1852	28,0	160437	1259,43	6,67E+10	644,92	7,21E+07
22	1926	30,0	178658	1402,47	8,03E+10	670,29	8,34E+07
23	2024	30,0	187924	1475,21	9,34E+10	705,04	9,23E+07
24	2096	30,0	194678	1528,22	1,04E+11	730,38	9,91E+07
25	2141	30,0	198918	1561,51	1,11E+11	746,28	1,04E+08
26	2187	32,0	216627	1700,52	1,26E+11	761,93	1,15E+08
27	2234	32,0	221402	1738,00	1,34E+11	778,72	1,20E+08
28	2306	32,0	228564	1794,22	1,48E+11	803,91	1,28E+08
29	2401	32,0	238113	1869,18	1,67E+11	837,49	1,39E+08
30	2496	32,0	247662	1944,14	1,88E+11	871,06	1,51E+08
31	2591	32,0	257211	2019,10	2,10E+11	904,64	1,63E+08
32	2686	32,0	266760	2094,06	2,35E+11	938,22	1,75E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	67000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,40E+08
2	66430	2 -- 3	2	2380	3,06E+04	1,12E+09
3	64050	3 -- 4	3	2950	3,56E+04	1,76E+09
4	61100	4 -- 5	4	2950	4,12E+04	2,73E+09
5	58150	5 -- 6	5	1150	4,99E+04	3,94E+09
6	57000	6 -- 7	6	1800	5,30E+04	4,71E+09
7	55200	7 -- 8	7	2950	5,80E+04	6,17E+09
8	52250	8 -- 9	8	2950	6,41E+04	8,36E+09
9	49300	9 -- 10	9	2300	7,65E+04	1,17E+10
10	47000	10 -- 11	10	650	7,99E+04	1,33E+10
11	46350	11 -- 12	11	2950	8,40E+04	1,55E+10
12	43400	12 -- 13	12	2950	1,03E+05	2,21E+10
13	40450	13 -- 14	13	2950	1,11E+05	2,75E+10
14	37500	14 -- 15	14	500	1,15E+05	3,10E+10
15	37000	15 -- 16	15	2450	1,19E+05	3,42E+10
16	34550	16 -- 17	16	1475	1,39E+05	4,32E+10
17	33075	17 -- 18	17	1475	1,43E+05	4,74E+10
18	31600	18 -- 19	18	2100	1,48E+05	5,28E+10
19	29500	19 -- 20	19	850	1,53E+05	5,75E+10
20	28650	20 -- 21	20	1475	1,56E+05	6,15E+10
21	27175	21 -- 22	21	1475	1,60E+05	6,67E+10
22	25700	22 -- 23	22	2950	1,79E+05	8,03E+10
23	22750	23 -- 24	23	2950	1,88E+05	9,34E+10
24	19800	24 -- 25	24	1350	1,95E+05	1,04E+11
25	18450	25 -- 26	25	1350	1,99E+05	1,11E+11
26	17100	26 -- 27	26	1425	2,17E+05	1,26E+11
27	15675	27 -- 28	27	1425	2,21E+05	1,34E+11
28	14250	28 -- 29	28	2850	2,29E+05	1,48E+11
29	11400	29 -- 30	29	2850	2,38E+05	1,67E+11
30	8550	30 -- 31	30	2850	2,48E+05	1,88E+11
31	5700	31 -- 32	31	2850	2,57E+05	2,10E+11
32	2850	32 -- 33	32	2850	2,67E+05	2,35E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	66,72	0,21	1,22	32,84	0,17	1486
2	65,24	0,21	1,21	32,72	0,17	1478
3	62,58	0,21	1,20	32,48	0,17	1463
4	59,63	0,21	1,19	32,21	0,18	1445
5	57,58	0,21	1,19	32,01	0,18	1432
6	56,10	0,21	1,18	31,86	0,18	1422
7	53,73	0,21	1,17	31,62	0,18	1407
8	50,78	0,21	1,16	31,30	0,18	1386
9	48,15	0,21	1,15	31,00	0,18	1367
10	46,68	0,21	1,14	30,82	0,18	1356
11	44,88	0,21	1,13	30,60	0,18	1342
12	41,93	0,21	1,12	30,22	0,19	1318
13	38,98	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
14	37,25	0,21	1,09	29,55	0,19	1276
15	35,78	0,21	1,09	29,32	0,19	1262
16	33,81	0,21	1,07	29,00	0,19	1243
17	32,34	0,21	1,06	28,75	0,20	1228
18	30,55	0,21	1,05	28,43	0,20	1208
19	29,08	0,21	1,04	28,15	0,20	1191
20	27,91	0,21	1,03	27,92	0,20	1177
21	26,44	0,21	1,02	27,61	0,20	1159
22	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
23	21,28	0,21	0,98	26,38	0,21	1087
24	19,13	0,21	0,95	25,78	0,22	1053
25	17,78	0,21	0,94	25,37	0,22	1029
26	16,39	0,21	0,92	24,91	0,23	1004
27	14,96	0,21	0,90	24,39	0,23	975
28	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
29	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
30	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
31	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
32	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1329	400	0,40	0,00	2,59E-02	980,11
2	2 -- 3	6069	4386	6,12	0,61	2,59E-02	965,36
3	3 -- 4	8686		12,18	22,38	2,58E-02	903,89
4	4 -- 5	9973		20,87	71,14	2,54E-02	828,32
5	5 -- 6	4677		30,84	147,41	2,49E-02	754,09
6	6 -- 7	7757	33393	68,91	185,57	2,46E-02	725,63
7	7 -- 8	13864		76,67	316,60	2,42E-02	681,68
8	8 -- 9	15295		90,53	563,22	2,32E-02	611,71
9	9 -- 10	14149		105,83	852,85	2,20E-02	544,97
10	10 -- 11	4172	34052	154,03	1112,53	2,11E-02	495,40
11	11 -- 12	19895		158,20	1214,01	2,08E-02	481,79
12	12 -- 13	24281	7046	185,14	1710,05	1,95E-02	422,26
13	13 -- 14	26070		209,42	2292,03	1,82E-02	366,56
14	14 -- 15	4596		235,49	2948,29	1,69E-02	314,70
15	15 -- 16	23262	34793	274,88	3067,19	1,66E-02	306,32
16	16 -- 17	16294		298,15	3769,15	1,55E-02	266,91
17	17 -- 18	16795		314,44	4220,93	1,48E-02	244,54
18	18 -- 19	24775		331,23	4697,11	1,42E-02	223,13
19	19 -- 20	10317	4391	360,40	5418,72	1,32E-02	194,34
20	20 -- 21	18297		370,72	5729,44	1,28E-02	183,27
21	21 -- 22	18798		389,01	6289,75	1,21E-02	164,85
22	22 -- 23	41815		407,81	6877,41	1,14E-02	147,45
23	23 -- 24	43961		449,63	8142,13	1,01E-02	115,56
24	24 -- 25	20833	33251	526,84	9533,37	8,81E-03	87,57
25	25 -- 26	21283		547,67	10258,67	8,19E-03	76,09
26	26 -- 27	24446		568,96	11012,40	7,58E-03	65,44
27	27 -- 28	24980		593,40	11840,58	6,96E-03	55,08
28	28 -- 29	51563		618,38	12703,97	6,34E-03	45,59
29	29 -- 30	53699		669,95	14539,84	5,09E-03	29,26
30	30 -- 31	55836		723,64	16525,71	3,83E-03	16,51
31	31 -- 32	57972		779,48	18667,66	2,56E-03	7,37
32	32 -- 33	60108		837,45	20971,79	1,28E-03	1,86
33			44762	942,32	23444,19	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	132,9	40,0	0,980	1652,91	164,188
2	2 -- 3	606,9	438,6	0,965	9718,10	938,884
3	3 -- 4	868,6		0,904	7379,76	651,542
4	4 -- 5	997,3		0,828	7740,91	624,327
5	5 -- 6	467,7		0,754	3394,49	256,010
6	6 -- 7	775,7	3339,3	0,726	29124,95	2142,345
7	7 -- 8	1386,4		0,682	8795,60	579,828
8	8 -- 9	1529,5		0,612	8677,56	511,581
9	9 -- 10	1414,9		0,545	7220,54	382,879
10	10 -- 11	417,2	3405,2	0,495	18548,59	935,312
11	11 -- 12	1989,5		0,482	8822,23	406,509
12	12 -- 13	2428,1	704,6	0,422	12313,63	503,349
13	13 -- 14	2607,0		0,367	8711,37	302,482
14	14 -- 15	459,6		0,315	1399,94	44,312
15	15 -- 16	2326,2	3479,3	0,306	16995,82	517,561
16	16 -- 17	1629,4		0,267	4087,65	106,555
17	17 -- 18	1679,5		0,245	3852,64	91,833
18	18 -- 19	2477,5		0,223	5073,33	107,951
19	19 -- 20	1031,7	439,1	0,194	2748,00	53,362
20	20 -- 21	1829,7		0,183	3124,37	55,437
21	21 -- 22	1879,8		0,165	2879,56	45,836
22	22 -- 23	4181,5		0,147	5394,55	72,317
23	23 -- 24	4396,1		0,116	4380,25	45,351
24	24 -- 25	2083,3	3325,1	0,088	4529,07	39,452
25	25 -- 26	2128,3		0,076	1477,51	10,658
26	26 -- 27	2444,6		0,065	1445,12	8,877
27	27 -- 28	2498,0		0,055	1233,51	6,329
28	28 -- 29	5156,3		0,046	1893,26	7,223
29	29 -- 30	5369,9		0,029	1205,75	2,813
30	30 -- 31	5583,6		0,017	654,18	0,796
31	31 -- 32	5797,2		0,007	262,58	0,124
32	32 -- 33	6010,8		0,002	54,89	0,005
33			4476,2	0,000	0,00	0,000
				Som	194793	9616

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,72	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	1073	0,992	0,570	0,56	602,34	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	551,88	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,30	678,26	2,61
4 -- 5	338	0,807	2,950	1,92	649,93	2,38
5 -- 6	3310	0,755	1,150	0,66	2169,37	0,87
6 -- 7	431	0,718	1,800	0,93	399,81	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,28	603,60	1,95
8 -- 9	518	0,590	2,950	1,03	532,56	1,74
9 -- 10	2096	0,531	2,300	0,65	1357,79	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	103,68	0,32
11 -- 12	913	0,461	2,950	0,63	573,06	1,36
12 -- 13	823	0,402	2,950	0,48	393,20	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	314,89	1,03
14 -- 15	7878	0,317	0,500	0,05	395,35	0,16
15 -- 16	949	0,292	2,450	0,21	198,93	0,72
16 -- 17	1105	0,261	1,475	0,10	110,92	0,38
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	95,60	0,35
18 -- 19	1389	0,213	2,100	0,10	132,29	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,29	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	57,71	0,26
21 -- 22	1274	0,159	1,475	0,04	47,72	0,24
22 -- 23	1417	0,134	2,950	0,05	75,28	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	82,92	0,31
24 -- 25	1543	0,083	1,350	0,01	14,52	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,10	0,10
26 -- 27	1716	0,061	1,425	0,01	9,24	0,09
27 -- 28	1753	0,051	1,425	0,00	6,59	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,52	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,93	0,07
30 -- 31	1959	0,012	2,850	0,00	0,83	0,03
31 -- 32	2034	0,005	2,850	0,00	0,13	0,01
32 -- 33	3680	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	67,00	13,89	10218,26	22,81

m_e = 10218,3 / 13,9 = 735,7 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,72	Hz
b =	1,62	m
h =	67,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	40,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	116,50	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,069	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,081	
$v_m(z_s)$ =	29,98	m/s
$v_m(z)$ =	32,87	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,54	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,44	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	18,41	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,16	
R^2 =	0,71	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,54	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,58

$c_s c_d$ = **1,08**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,77	1,66E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,63	1,81E+06	0,80	0,81	0,65
3	48,37	2,09E+06	0,80	0,81	0,65
4	48,08	2,39E+06	0,80	0,81	0,65
5	47,87	2,60E+06	0,80	0,81	0,65
6	47,71	2,75E+06	0,80	0,81	0,65
7	47,44	2,98E+06	0,80	0,81	0,65
8	47,10	3,27E+06	0,79	0,81	0,65
9	46,77	3,52E+06	0,79	0,81	0,65
10	46,58	3,66E+06	0,79	0,81	0,65
11	46,34	3,82E+06	0,79	0,81	0,65
12	45,92	4,09E+06	0,79	0,81	0,65
13	45,47	4,35E+06	0,79	0,81	0,64
14	45,19	4,49E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,94	4,62E+06	0,79	0,81	0,64
16	44,59	4,77E+06	0,79	0,81	0,64
17	44,32	4,89E+06	0,79	0,81	0,64
18	43,96	5,03E+06	0,79	0,81	0,64
19	43,66	5,13E+06	0,79	0,81	0,64
20	43,40	5,22E+06	0,79	0,81	0,64
21	43,07	5,32E+06	0,79	0,81	0,64
22	42,52	5,46E+06	0,79	0,81	0,64
23	41,71	5,63E+06	0,78	0,81	0,64
24	41,04	5,73E+06	0,78	0,81	0,64
25	40,58	5,79E+06	0,78	0,81	0,64
26	40,07	5,84E+06	0,78	0,81	0,64
27	39,50	5,88E+06	0,78	0,81	0,64
28	38,52	5,92E+06	0,78	0,81	0,63
29	36,92	5,91E+06	0,78	0,81	0,63
30	34,74	5,78E+06	0,77	0,81	0,63
31	31,38	5,42E+06	0,77	0,81	0,62
32	30,93	5,54E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	66,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AM, AM1 en AM2		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	66,43	0,759
1e traverse - 380C1F1	57,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	47,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	37,00	0,000
Retourstroomgeleider	29,50	2,075

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	66,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	47,00	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1244	86	1329	0,190	0,068	414	0,727
2	5712	357	6069	0,868	0,286	1840	0,773
3	8243	443	8686	1,244	0,354	2523	0,855
4	9531	443	9973	1,431	0,354	2783	0,943
5	4504	173	4677	0,608	0,138	1153	1,003
6	7487	270	7757	1,009	0,216	1880	1,045
7	13422	443	13864	1,803	0,354	3274	1,110
8	14852	443	15295	1,988	0,354	3504	1,188
9	13804	345	14149	1,678	0,276	2884	1,254
10	4075	98	4172	0,495	0,078	838	1,289
11	19453	443	19895	2,357	0,354	3927	1,331
12	23839	443	24281	2,542	0,354	4119	1,396
13	25627	443	26070	2,725	0,354	4295	1,456
14	4521	75	4596	0,480	0,060	744	1,488
15	22895	368	23262	2,429	0,294	3709	1,514
16	16073	221	16294	1,523	0,177	2280	1,546
17	16574	221	16795	1,568	0,177	2312	1,568
18	24460	315	24775	2,312	0,252	3343	1,592
19	10189	128	10317	0,962	0,102	1368	1,609
20	18076	221	18297	1,705	0,177	2391	1,621
21	18577	221	18798	1,750	0,177	2411	1,635
22	41373	443	41815	3,635	0,354	4866	1,649
23	43519	443	43961	3,815	0,354	4892	1,658
24	20631	203	20833	1,805	0,162	2235	1,656
25	21080	203	21283	1,842	0,162	2227	1,649
26	24232	214	24446	1,984	0,171	2335	1,638
27	24767	214	24980	2,025	0,171	2311	1,622
28	51135	428	51563	4,171	0,342	4518	1,585
29	53272	428	53699	4,329	0,342	4294	1,507
30	55408	428	55836	4,480	0,342	3926	1,378
31	57544	428	57972	4,614	0,342	3292	1,155
32	59681	428	60108	4,778	0,342	3305	1,160
	735799	10050	745849	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	70859

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2798	480	480	480	480
2	2 -- 3	3060	5165	5804	21482	7501
3	3 -- 4	3533				
4	4 -- 5	4057				
5	5 -- 6	4880				
6	6 -- 7	5171	39219	43678	70758	49955
7	7 -- 8	5640				
8	8 -- 9	6222				
9	9 -- 10	7382				
10	10 -- 11	7702	40000	44277	71490	50537
11	11 -- 12	8093				
12	12 -- 13	9877	8456	8456	8456	8456
13	13 -- 14	10605				
14	14 -- 15	11030				
15	15 -- 16	11394	40887	44890	72269	51127
16	16 -- 17	13256				
17	17 -- 18	13664				
18	18 -- 19	14157				
19	19 -- 20	14565	5154	5698	21553	7381
20	20 -- 21	14886				
21	21 -- 22	15293				
22	22 -- 23	17010				
23	23 -- 24	17882				
24	24 -- 25	18519	39901	39901	39901	39901
25	25 -- 26	18918				
26	26 -- 27	20586				
27	27 -- 28	21036				
28	28 -- 29	21711				
29	29 -- 30	22610				
30	30 -- 31	23510				
31	31 -- 32	24409				
32	32 -- 33	25309				
33			53715	53715	53715	53715

KEMA rapport - bijlage AM - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3373 / 2029 , t = 100 mm ; G = 4476 kg
Flenzen op 19,8m : 2 * rond 2073 / 1540 , t = 140 mm ; G = 3325 kg
Flenzen op 43,4m : 2 * rond 1287 / 970 , t = 80 mm ; G = 705 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 57m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 47m : 2 * rond 1437 / 1167 , t = 20 mm ; G = 173 kg
Bevestigingsringen op 37m : 2 * rond 1770 / 1500 , t = 20 mm ; G = 218 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

A - Horizontale belasting X -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	727				
2	2 -- 3	773	30123	17973	49015	19141
3	3 -- 4	855				
4	4 -- 5	943				
5	5 -- 6	1003				
6	6 -- 7	1045	188339	134730	193879	131343
7	7 -- 8	1110				
8	8 -- 9	1188				
9	9 -- 10	1254				
10	10 -- 11	1289	180113	133825	190887	130513
11	11 -- 12	1331				
12	12 -- 13	1396				
13	13 -- 14	1456				
14	14 -- 15	1488				
15	15 -- 16	1514	169772	132712	187211	129488
16	16 -- 17	1546				
17	17 -- 18	1568				
18	18 -- 19	1592				
19	19 -- 20	1609	24164	17651	45750	18997
20	20 -- 21	1621				
21	21 -- 22	1635				
22	22 -- 23	1649				
23	23 -- 24	1658				
24	24 -- 25	1656				
25	25 -- 26	1649				
26	26 -- 27	1638				
27	27 -- 28	1622				
28	28 -- 29	1585				
29	29 -- 30	1507				
30	30 -- 31	1378				
31	31 -- 32	1155				
32	32 -- 33	1160				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AM2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

B - Horizontale belasting Y -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
19	19 -- 20		41725	35835	87759	38721

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

A - Horizontale belasting X -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1163				
2	2 -- 3	1237	40855	21496	64895	23680
3	3 -- 4	1368				
4	4 -- 5	1509				
5	5 -- 6	1604				
6	6 -- 7	1671	249946	158066	246143	158665
7	7 -- 8	1776				
8	8 -- 9	1900				
9	9 -- 10	2006				
10	10 -- 11	2063	237731	156613	241603	157356
11	11 -- 12	2130				
12	12 -- 13	2234				
13	13 -- 14	2329				
14	14 -- 15	2381				
15	15 -- 16	2422	222224	154827	236014	155741
16	16 -- 17	2473				
17	17 -- 18	2508				
18	18 -- 19	2547				
19	19 -- 20	2575	31950	20776	60006	23236
20	20 -- 21	2594				
21	21 -- 22	2615				
22	22 -- 23	2639				
23	23 -- 24	2653				
24	24 -- 25	2649				
25	25 -- 26	2639				
26	26 -- 27	2621				
27	27 -- 28	2595				
28	28 -- 29	2536				
29	29 -- 30	2411				
30	30 -- 31	2204				
31	31 -- 32	1848				
32	32 -- 33	1855				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AM - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

B - Horizontale belasting Y -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
19	19 -- 20		53370	41529	113147	46801

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	414		0	0,00E+00	3,80E-03	136
2	2 -- 3	1840		414	1,31E+05	3,80E-03	133
3	3 -- 4	2523		2254	3,41E+06	3,79E-03	124
4	4 -- 5	2783		4777	1,40E+07	3,72E-03	113
5	5 -- 6	1153		7560	3,25E+07	3,61E-03	102
6	6 -- 7	1880		8713	4,22E+07	3,55E-03	98
7	7 -- 8	3274		10594	6,00E+07	3,46E-03	92
8	8 -- 9	3504		13868	9,70E+07	3,29E-03	82
9	9 -- 10	2884		17372	1,44E+08	3,09E-03	73
10	10 -- 11	838		20255	1,88E+08	2,93E-03	66
11	11 -- 12	3927		21093	2,02E+08	2,89E-03	64
12	12 -- 13	4119		25021	2,72E+08	2,67E-03	56
13	13 -- 14	4295		29139	3,53E+08	2,48E-03	48
14	14 -- 15	744		33434	4,47E+08	2,27E-03	41
15	15 -- 16	3709		34178	4,64E+08	2,24E-03	40
16	16 -- 17	2280		37887	5,54E+08	2,06E-03	34
17	17 -- 18	2312		40168	6,13E+08	1,97E-03	31
18	18 -- 19	3343		42480	6,74E+08	1,87E-03	29
19	19 -- 20	1368		45823	7,68E+08	1,74E-03	25
20	20 -- 21	2391		47190	8,09E+08	1,68E-03	23
21	21 -- 22	2411		49582	8,81E+08	1,59E-03	21
22	22 -- 23	4866		51993	9,57E+08	1,49E-03	19
23	23 -- 24	4892		56859	1,12E+09	1,31E-03	15
24	24 -- 25	2235		61751	1,30E+09	1,13E-03	11
25	25 -- 26	2227		63986	1,38E+09	1,04E-03	10
26	26 -- 27	2335		66213	1,47E+09	9,62E-04	8
27	27 -- 28	2311		68547	1,57E+09	8,80E-04	7
28	28 -- 29	4518		70859	1,67E+09	7,98E-04	6
29	29 -- 30	4294		75376	1,88E+09	6,36E-04	4
30	30 -- 31	3926		79670	2,10E+09	4,74E-04	2
31	31 -- 32	3292		83597	2,33E+09	3,14E-04	1
32	32 -- 33	3305		86889	2,58E+09	1,56E-04	0
33		0		90193	2,83E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,93E-02	1717
2	2 -- 3		30123	30123	1,69E+05	4,93E-02	1689
3	3 -- 4			30123	7,33E+07	4,90E-02	1571
4	4 -- 5			30123	1,65E+08	4,80E-02	1428
5	5 -- 6			30123	2,58E+08	4,69E-02	1288
6	6 -- 7		188339	218461	2,96E+08	4,66E-02	1234
7	7 -- 8			218461	6,96E+08	4,57E-02	1151
8	8 -- 9			218461	1,35E+09	4,33E-02	1020
9	9 -- 10			218461	2,01E+09	4,05E-02	896
10	10 -- 11		180113	398575	2,53E+09	3,84E-02	805
11	11 -- 12			398575	2,79E+09	3,78E-02	780
12	12 -- 13			398575	3,98E+09	3,47E-02	673
13	13 -- 14			398575	5,18E+09	3,18E-02	574
14	14 -- 15			398575	6,38E+09	2,89E-02	485
15	15 -- 16		169772	568347	6,58E+09	2,84E-02	470
16	16 -- 17			568347	7,99E+09	2,59E-02	404
17	17 -- 18			568347	8,84E+09	2,45E-02	367
18	18 -- 19			568347	9,69E+09	2,32E-02	331
19	19 -- 20		24164	593979	1,09E+10	2,12E-02	285
20	20 -- 21			593979	1,14E+10	2,04E-02	267
21	21 -- 22			593979	1,23E+10	1,91E-02	238
22	22 -- 23			593979	1,32E+10	1,77E-02	211
23	23 -- 24			593979	1,50E+10	1,53E-02	162
24	24 -- 25			593979	1,67E+10	1,29E-02	120
25	25 -- 26			593979	1,75E+10	1,18E-02	104
26	26 -- 27			593979	1,83E+10	1,08E-02	88
27	27 -- 28			593979	1,92E+10	9,78E-03	74
28	28 -- 29			593979	2,01E+10	8,79E-03	61
29	29 -- 30			593979	2,18E+10	6,87E-03	38
30	30 -- 31			593979	2,35E+10	5,03E-03	21
31	31 -- 32			593979	2,52E+10	3,28E-03	9
32	32 -- 33			593979	2,69E+10	1,60E-03	2
33				593979	2,86E+10	0,00E+00	0

)*

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		41725

)* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,47E-02	1229
2	2 -- 3		17973	17973	1,19E+05	3,47E-02	1210
3	3 -- 4			17973	4,39E+07	3,45E-02	1127
4	4 -- 5			17973	9,90E+07	3,39E-02	1026
5	5 -- 6			17973	1,55E+08	3,33E-02	927
6	6 -- 7		134730	152703	1,78E+08	3,30E-02	889
7	7 -- 8			152703	4,58E+08	3,25E-02	830
8	8 -- 9			152703	9,16E+08	3,09E-02	736
9	9 -- 10			152703	1,38E+09	2,90E-02	648
10	10 -- 11		133825	286528	1,74E+09	2,75E-02	583
11	11 -- 12			286528	1,93E+09	2,71E-02	565
12	12 -- 13			286528	2,79E+09	2,50E-02	488
13	13 -- 14			286528	3,65E+09	2,30E-02	417
14	14 -- 15			286528	4,51E+09	2,09E-02	352
15	15 -- 16		132712	419240	4,65E+09	2,05E-02	342
16	16 -- 17			419240	5,69E+09	1,88E-02	294
17	17 -- 18			419240	6,32E+09	1,78E-02	267
18	18 -- 19			419240	6,95E+09	1,68E-02	241
19	19 -- 20		17651	438358	7,84E+09	1,54E-02	207
20	20 -- 21			438358	8,21E+09	1,48E-02	194
21	21 -- 22			438358	8,87E+09	1,39E-02	173
22	22 -- 23			438358	9,52E+09	1,29E-02	154
23	23 -- 24			438358	1,08E+10	1,11E-02	118
24	24 -- 25			438358	1,21E+10	9,39E-03	88
25	25 -- 26			438358	1,27E+10	8,62E-03	76
26	26 -- 27			438358	1,33E+10	7,87E-03	64
27	27 -- 28			438358	1,40E+10	7,13E-03	54
28	28 -- 29			438358	1,46E+10	6,41E-03	44
29	29 -- 30			438358	1,58E+10	5,01E-03	28
30	30 -- 31			438358	1,71E+10	3,67E-03	15
31	31 -- 32			438358	1,84E+10	2,39E-03	7
32	32 -- 33			438358	1,96E+10	1,17E-03	2
33				438358	2,09E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		35835

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,76E-02	1943
2	2 -- 3		49015	49015	1,97E+05	5,76E-02	1910
3	3 -- 4			49015	1,18E+08	5,70E-02	1773
4	4 -- 5			49015	2,66E+08	5,55E-02	1607
5	5 -- 6			49015	4,16E+08	5,37E-02	1446
6	6 -- 7		193879	242893	4,77E+08	5,31E-02	1384
7	7 -- 8			242893	9,21E+08	5,18E-02	1290
8	8 -- 9			242893	1,65E+09	4,89E-02	1141
9	9 -- 10			242893	2,38E+09	4,55E-02	1001
10	10 -- 11		190887	433780	2,96E+09	4,31E-02	899
11	11 -- 12			433780	3,24E+09	4,23E-02	872
12	12 -- 13			433780	4,54E+09	3,88E-02	752
13	13 -- 14			433780	5,85E+09	3,55E-02	642
14	14 -- 15			433780	7,15E+09	3,22E-02	542
15	15 -- 16		187211	620991	7,37E+09	3,17E-02	526
16	16 -- 17			620991	8,91E+09	2,89E-02	451
17	17 -- 18			620991	9,84E+09	2,74E-02	410
18	18 -- 19			620991	1,08E+10	2,58E-02	371
19	19 -- 20		45750	672491	1,21E+10	2,37E-02	319
20	20 -- 21			672491	1,27E+10	2,28E-02	299
21	21 -- 22			672491	1,37E+10	2,13E-02	266
22	22 -- 23			672491	1,47E+10	1,98E-02	236
23	23 -- 24			672491	1,67E+10	1,71E-02	181
24	24 -- 25			672491	1,87E+10	1,44E-02	135
25	25 -- 26			672491	1,96E+10	1,32E-02	116
26	26 -- 27			672491	2,05E+10	1,21E-02	99
27	27 -- 28			672491	2,15E+10	1,10E-02	83
28	28 -- 29			672491	2,24E+10	9,85E-03	68
29	29 -- 30			672491	2,43E+10	7,70E-03	43
30	30 -- 31			672491	2,63E+10	5,64E-03	24
31	31 -- 32			672491	2,82E+10	3,68E-03	10
32	32 -- 33			672491	3,01E+10	1,80E-03	3
33				672491	3,20E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		87759

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	1,2E+05	3,4E-02	1212
2	2 -- 3		19141	19141	1,1E+06	3,4E-02	1191
3	3 -- 4			19141	4,9E+07	3,4E-02	1109
4	4 -- 5			19141	1,1E+08	3,4E-02	1009
5	5 -- 6			19141	1,7E+08	3,3E-02	912
6	6 -- 7		131343	150484	1,9E+08	3,3E-02	874
7	7 -- 8			150484	4,7E+08	3,2E-02	815
8	8 -- 9			150484	9,3E+08	3,0E-02	723
9	9 -- 10			150484	1,4E+09	2,9E-02	636
10	10 -- 11		130513	280998	1,7E+09	2,7E-02	573
11	11 -- 12			280998	1,9E+09	2,7E-02	554
12	12 -- 13			280998	2,8E+09	2,5E-02	479
13	13 -- 14			280998	3,6E+09	2,3E-02	409
14	14 -- 15			280998	4,4E+09	2,1E-02	346
15	15 -- 16		129488	410485	4,6E+09	2,0E-02	335
16	16 -- 17			410485	5,6E+09	1,8E-02	288
17	17 -- 18			410485	6,2E+09	1,7E-02	262
18	18 -- 19			410485	6,8E+09	1,6E-02	237
19	19 -- 20		18997	431224	7,7E+09	1,5E-02	204
20	20 -- 21			431224	8,1E+09	1,5E-02	191
21	21 -- 22			431224	8,7E+09	1,4E-02	170
22	22 -- 23			431224	9,4E+09	1,3E-02	151
23	23 -- 24			431224	1,1E+10	1,1E-02	116
24	24 -- 25			431224	1,2E+10	9,2E-03	86
25	25 -- 26			431224	1,3E+10	8,5E-03	74
26	26 -- 27			431224	1,3E+10	7,7E-03	63
27	27 -- 28			431224	1,4E+10	7,0E-03	53
28	28 -- 29			431224	1,4E+10	6,3E-03	43
29	29 -- 30			431224	1,6E+10	4,9E-03	27
30	30 -- 31			431224	1,7E+10	3,6E-03	15
31	31 -- 32			431224	1,8E+10	2,3E-03	7
32	32 -- 33			431224	1,9E+10	1,1E-03	2
33				431224	2,0E+10	0,0E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		38721

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,22E-04	2
2	2 -- 3				3,11E+06	1,22E-04	2
3	3 -- 4				3,11E+06	9,06E-05	1
4	4 -- 5				3,11E+06	6,59E-05	1
5	5 -- 6				3,11E+06	4,99E-05	1
6	6 -- 7				3,11E+06	4,56E-05	1
7	7 -- 8				3,11E+06	3,99E-05	1
8	8 -- 9				3,11E+06	3,28E-05	1
9	9 -- 10				3,11E+06	2,76E-05	1
10	10 -- 11				3,11E+06	2,47E-05	0
11	11 -- 12				3,11E+06	2,40E-05	0
12	12 -- 13				3,11E+06	2,12E-05	0
13	13 -- 14				3,11E+06	1,92E-05	0
14	14 -- 15				3,11E+06	1,76E-05	0
15	15 -- 16				3,11E+06	1,74E-05	0
16	16 -- 17				3,11E+06	1,63E-05	0
17	17 -- 18				3,11E+06	1,58E-05	0
18	18 -- 19				3,11E+06	1,53E-05	0
19	19 -- 20				1,22E+07	1,47E-05	0
20	20 -- 21				1,22E+07	1,39E-05	0
21	21 -- 22				1,22E+07	1,25E-05	0
22	22 -- 23				1,22E+07	1,12E-05	0
23	23 -- 24				1,22E+07	9,07E-06	0
24	24 -- 25				1,22E+07	7,23E-06	0
25	25 -- 26				1,22E+07	6,48E-06	0
26	26 -- 27				1,22E+07	5,77E-06	0
27	27 -- 28				1,22E+07	5,11E-06	0
28	28 -- 29				1,22E+07	4,49E-06	0
29	29 -- 30				1,22E+07	3,37E-06	0
30	30 -- 31				1,22E+07	2,38E-06	0
31	31 -- 32				1,22E+07	1,49E-06	0
32	32 -- 33				1,22E+07	7,06E-07	0
33					1,22E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

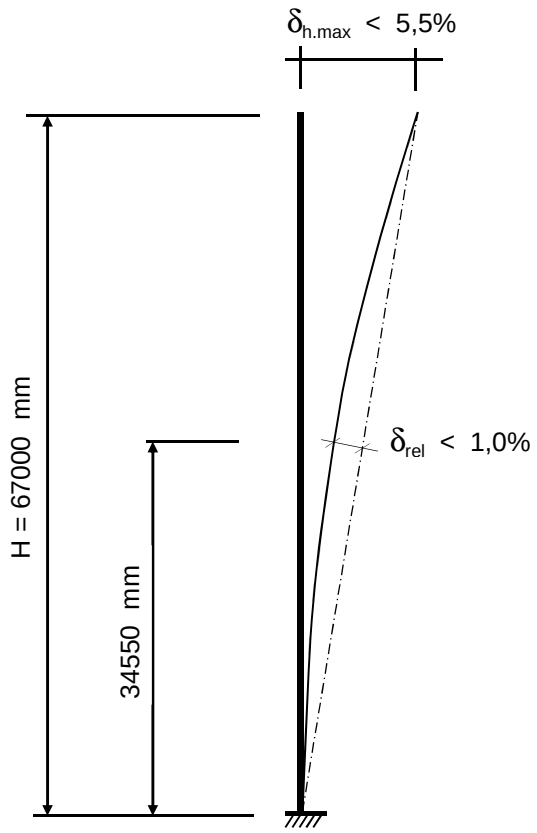
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,9E-02	1985
2	2 -- 3	5,9E-02	1951
3	3 -- 4	5,8E-02	1812
4	4 -- 5	5,7E-02	1642
5	5 -- 6	5,5E-02	1477
6	6 -- 7	5,4E-02	1415
7	7 -- 8	5,3E-02	1318
8	8 -- 9	5,0E-02	1166
9	9 -- 10	4,7E-02	1024
10	10 -- 11	4,4E-02	919
11	11 -- 12	4,3E-02	891
12	12 -- 13	4,0E-02	769
13	13 -- 14	3,6E-02	656
14	14 -- 15	3,3E-02	554
15	15 -- 16	3,2E-02	538
16	16 -- 17	3,0E-02	462
17	17 -- 18	2,8E-02	420
18	18 -- 19	2,6E-02	379
19	19 -- 20	2,4E-02	326
20	20 -- 21	2,3E-02	306
21	21 -- 22	2,2E-02	273
22	22 -- 23	2,0E-02	242
23	23 -- 24	1,7E-02	186
24	24 -- 25	1,5E-02	138
25	25 -- 26	1,4E-02	119
26	26 -- 27	1,2E-02	102
27	27 -- 28	1,1E-02	85
28	28 -- 29	1,0E-02	70
29	29 -- 30	7,9E-03	44
30	30 -- 31	5,8E-03	24
31	31 -- 32	3,8E-03	11
32	32 -- 33	1,8E-03	3
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1985 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 2,96 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 34550 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 462 mm
α = 1,70 graden

δ_{rel} = 561 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 0,84 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	621	480	0	0,00E+00	5,98E-03	213
2	2 -- 3	2760	7240	663	1,89E+05	5,98E-03	210
3	3 -- 4	3785	14523	3607	5,27E+06	5,96E-03	196
4	4 -- 5	4175	24946	7643	2,19E+07	5,86E-03	178
5	5 -- 6	1730	36913	12096	5,10E+07	5,67E-03	161
6	6 -- 7	2820	81745	13941	6,60E+07	5,59E-03	155
7	7 -- 8	4911	91053	16950	9,38E+07	5,45E-03	145
8	8 -- 9	5256	107690	22188	1,51E+08	5,17E-03	129
9	9 -- 10	4325	126043	27795	2,25E+08	4,86E-03	114
10	10 -- 11	1257	183023	32408	2,94E+08	4,62E-03	103
11	11 -- 12	5891	188029	33749	3,16E+08	4,54E-03	101
12	12 -- 13	6178	220359	40033	4,25E+08	4,21E-03	88
13	13 -- 14	6442	249497	46623	5,53E+08	3,90E-03	76
14	14 -- 15	1116	280780	53494	7,00E+08	3,58E-03	65
15	15 -- 16	5564	327183	54685	7,27E+08	3,53E-03	63
16	16 -- 17	3420	355097	60620	8,69E+08	3,25E-03	54
17	17 -- 18	3469	374651	64268	9,61E+08	3,11E-03	50
18	18 -- 19	5014	394805	67968	1,06E+09	2,96E-03	45
19	19 -- 20	2052	429689	73316	1,21E+09	2,74E-03	39
20	20 -- 21	3587	442069	75505	1,27E+09	2,66E-03	37
21	21 -- 22	3616	464025	79331	1,38E+09	2,50E-03	33
22	22 -- 23	7299	486583	83188	1,50E+09	2,35E-03	30
23	23 -- 24	7338	536761	90974	1,76E+09	2,07E-03	23
24	24 -- 25	3353	629416	98801	2,04E+09	1,78E-03	17
25	25 -- 26	3340	654416	102378	2,18E+09	1,65E-03	15
26	26 -- 27	3502	679955	105940	2,32E+09	1,52E-03	13
27	27 -- 28	3467	709291	109676	2,47E+09	1,39E-03	11
28	28 -- 29	6776	739267	113374	2,63E+09	1,26E-03	9
29	29 -- 30	6441	801143	120602	2,96E+09	1,01E-03	6
30	30 -- 31	5889	865582	127473	3,32E+09	7,50E-04	3
31	31 -- 32	4938	932584	133755	3,69E+09	4,98E-04	1
32	32 -- 33	4957	1002151	139022	4,08E+09	2,47E-04	0
33		0	1127996	144309	4,48E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,45E-02	2242
2	2 -- 3		40855	40855	0,00E+00	6,45E-02	2205
3	3 -- 4			40855	9,72E+07	6,40E-02	2052
4	4 -- 5			40855	2,18E+08	6,28E-02	1865
5	5 -- 6			40855	3,38E+08	6,13E-02	1682
6	6 -- 7		249946	290800	3,85E+08	6,08E-02	1611
7	7 -- 8			290800	9,09E+08	5,96E-02	1503
8	8 -- 9			290800	1,77E+09	5,66E-02	1331
9	9 -- 10			290800	2,62E+09	5,29E-02	1169
10	10 -- 11		237731	528531	3,29E+09	5,01E-02	1050
11	11 -- 12			528531	3,64E+09	4,93E-02	1018
12	12 -- 13			528531	5,20E+09	4,53E-02	878
13	13 -- 14			528531	6,76E+09	4,15E-02	750
14	14 -- 15			528531	8,31E+09	3,77E-02	633
15	15 -- 16		222224	750755	8,58E+09	3,70E-02	614
16	16 -- 17			750755	1,04E+10	3,38E-02	527
17	17 -- 18			750755	1,15E+10	3,20E-02	479
18	18 -- 19			750755	1,26E+10	3,02E-02	433
19	19 -- 20		31950	784522	1,42E+10	2,77E-02	372
20	20 -- 21			784522	1,49E+10	2,67E-02	349
21	21 -- 22			784522	1,60E+10	2,49E-02	311
22	22 -- 23			784522	1,72E+10	2,32E-02	275
23	23 -- 24			784522	1,95E+10	1,99E-02	212
24	24 -- 25			784522	2,18E+10	1,68E-02	157
25	25 -- 26			784522	2,29E+10	1,55E-02	135
26	26 -- 27			784522	2,39E+10	1,41E-02	115
27	27 -- 28			784522	2,50E+10	1,28E-02	96
28	28 -- 29			784522	2,62E+10	1,15E-02	79
29	29 -- 30			784522	2,84E+10	8,97E-03	50
30	30 -- 31			784522	3,06E+10	6,58E-03	28
31	31 -- 32			784522	3,29E+10	4,28E-03	12
32	32 -- 33			784522	3,51E+10	2,09E-03	3
33				784522	3,73E+10	0,00E+00	0

)*

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		53370

)* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,01E-02	1421
2	2 -- 3		21496	21496	0,00E+00	4,01E-02	1398
3	3 -- 4			21496	5,12E+07	3,99E-02	1303
4	4 -- 5			21496	1,15E+08	3,92E-02	1186
5	5 -- 6			21496	1,78E+08	3,84E-02	1071
6	6 -- 7		158066	179562	2,03E+08	3,82E-02	1027
7	7 -- 8			179562	5,26E+08	3,75E-02	959
8	8 -- 9			179562	1,06E+09	3,57E-02	851
9	9 -- 10			179562	1,59E+09	3,35E-02	749
10	10 -- 11		156613	336175	2,00E+09	3,18E-02	673
11	11 -- 12			336175	2,22E+09	3,13E-02	653
12	12 -- 13			336175	3,21E+09	2,89E-02	564
13	13 -- 14			336175	4,20E+09	2,65E-02	482
14	14 -- 15			336175	5,19E+09	2,41E-02	407
15	15 -- 16		154827	491001	5,36E+09	2,37E-02	395
16	16 -- 17			491001	6,56E+09	2,17E-02	340
17	17 -- 18			491001	7,29E+09	2,06E-02	308
18	18 -- 19			491001	8,01E+09	1,94E-02	279
19	19 -- 20		20776	513460	9,04E+09	1,78E-02	240
20	20 -- 21			513460	9,48E+09	1,72E-02	225
21	21 -- 22			513460	1,02E+10	1,60E-02	200
22	22 -- 23			513460	1,10E+10	1,49E-02	178
23	23 -- 24			513460	1,25E+10	1,29E-02	137
24	24 -- 25			513460	1,40E+10	1,09E-02	102
25	25 -- 26			513460	1,47E+10	9,97E-03	88
26	26 -- 27			513460	1,54E+10	9,10E-03	75
27	27 -- 28			513460	1,61E+10	8,25E-03	62
28	28 -- 29			513460	1,69E+10	7,42E-03	51
29	29 -- 30			513460	1,83E+10	5,80E-03	32
30	30 -- 31			513460	1,98E+10	4,25E-03	18
31	31 -- 32			513460	2,12E+10	2,77E-03	8
32	32 -- 33			513460	2,27E+10	1,35E-03	2
33				513460	2,42E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		41529

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,27E-02	2445
2	2 -- 3		64895	64895	0,00E+00	7,27E-02	2403
3	3 -- 4			64895	1,54E+08	7,20E-02	2231
4	4 -- 5			64895	3,46E+08	7,00E-02	2021
5	5 -- 6			64895	5,37E+08	6,77E-02	1818
6	6 -- 7		246143	311037	6,12E+08	6,69E-02	1741
7	7 -- 8			311037	1,17E+09	6,53E-02	1621
8	8 -- 9			311037	2,09E+09	6,16E-02	1434
9	9 -- 10			311037	3,01E+09	5,73E-02	1258
10	10 -- 11		241603	552640	3,72E+09	5,41E-02	1130
11	11 -- 12			552640	4,08E+09	5,32E-02	1095
12	12 -- 13			552640	5,71E+09	4,88E-02	944
13	13 -- 14			552640	7,34E+09	4,46E-02	806
14	14 -- 15			552640	8,97E+09	4,05E-02	681
15	15 -- 16		236014	788655	9,25E+09	3,98E-02	661
16	16 -- 17			788655	1,12E+10	3,63E-02	567
17	17 -- 18			788655	1,23E+10	3,44E-02	515
18	18 -- 19			788655	1,35E+10	3,25E-02	466
19	19 -- 20		60006	856170	1,52E+10	2,98E-02	401
20	20 -- 21			856170	1,59E+10	2,87E-02	376
21	21 -- 22			856170	1,71E+10	2,68E-02	335
22	22 -- 23			856170	1,84E+10	2,49E-02	297
23	23 -- 24			856170	2,09E+10	2,15E-02	228
24	24 -- 25			856170	2,34E+10	1,81E-02	170
25	25 -- 26			856170	2,46E+10	1,67E-02	146
26	26 -- 27			856170	2,57E+10	1,52E-02	125
27	27 -- 28			856170	2,69E+10	1,38E-02	104
28	28 -- 29			856170	2,82E+10	1,24E-02	85
29	29 -- 30			856170	3,06E+10	9,68E-03	54
30	30 -- 31			856170	3,30E+10	7,10E-03	30
31	31 -- 32			856170	3,55E+10	4,63E-03	13
32	32 -- 33			856170	3,79E+10	2,26E-03	3
33				856170	4,03E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		113147

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,10E-02	1444
2	2 -- 3		23680	23680	0,00E+00	4,10E-02	1420
3	3 -- 4			23680	5,64E+07	4,07E-02	1323
4	4 -- 5			23680	1,26E+08	4,00E-02	1204
5	5 -- 6			23680	1,96E+08	3,92E-02	1087
6	6 -- 7		158665	182344	2,23E+08	3,89E-02	1042
7	7 -- 8			182344	5,52E+08	3,82E-02	973
8	8 -- 9			182344	1,09E+09	3,63E-02	863
9	9 -- 10			182344	1,63E+09	3,40E-02	759
10	10 -- 11		157356	339700	2,05E+09	3,23E-02	683
11	11 -- 12			339700	2,27E+09	3,18E-02	662
12	12 -- 13			339700	3,27E+09	2,93E-02	571
13	13 -- 14			339700	4,27E+09	2,69E-02	489
14	14 -- 15			339700	5,27E+09	2,44E-02	413
15	15 -- 16		155741	495442	5,44E+09	2,40E-02	401
16	16 -- 17			495442	6,66E+09	2,20E-02	344
17	17 -- 18			495442	7,39E+09	2,08E-02	313
18	18 -- 19			495442	8,12E+09	1,97E-02	283
19	19 -- 20		23236	520785	9,16E+09	1,80E-02	243
20	20 -- 21			520785	9,60E+09	1,74E-02	228
21	21 -- 22			520785	1,04E+10	1,62E-02	203
22	22 -- 23			520785	1,11E+10	1,51E-02	180
23	23 -- 24			520785	1,27E+10	1,30E-02	138
24	24 -- 25			520785	1,42E+10	1,10E-02	103
25	25 -- 26			520785	1,49E+10	1,01E-02	89
26	26 -- 27			520785	1,56E+10	9,22E-03	76
27	27 -- 28			520785	1,63E+10	8,36E-03	63
28	28 -- 29			520785	1,71E+10	7,52E-03	52
29	29 -- 30			520785	1,86E+10	5,88E-03	33
30	30 -- 31			520785	2,00E+10	4,31E-03	18
31	31 -- 32			520785	2,15E+10	2,81E-03	8
32	32 -- 33			520785	2,30E+10	1,37E-03	2
33				520785	2,45E+10	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		46801

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,44E-04	2
2	2 -- 3				3,65E+06	1,44E-04	2
3	3 -- 4				3,65E+06	1,07E-04	2
4	4 -- 5				3,65E+06	7,74E-05	1
5	5 -- 6				3,65E+06	5,86E-05	1
6	6 -- 7				3,65E+06	5,35E-05	1
7	7 -- 8				3,65E+06	4,69E-05	1
8	8 -- 9				3,65E+06	3,86E-05	1
9	9 -- 10				3,65E+06	3,24E-05	1
10	10 -- 11				3,65E+06	2,90E-05	1
11	11 -- 12				3,65E+06	2,82E-05	1
12	12 -- 13				3,65E+06	2,49E-05	0
13	13 -- 14				3,65E+06	2,25E-05	0
14	14 -- 15				3,65E+06	2,07E-05	0
15	15 -- 16				3,65E+06	2,04E-05	0
16	16 -- 17				3,65E+06	1,91E-05	0
17	17 -- 18				3,65E+06	1,86E-05	0
18	18 -- 19				3,65E+06	1,80E-05	0
19	19 -- 20				1,43E+07	1,73E-05	0
20	20 -- 21				1,43E+07	1,63E-05	0
21	21 -- 22				1,43E+07	1,47E-05	0
22	22 -- 23				1,43E+07	1,32E-05	0
23	23 -- 24				1,43E+07	1,07E-05	0
24	24 -- 25				1,43E+07	8,49E-06	0
25	25 -- 26				1,43E+07	7,61E-06	0
26	26 -- 27				1,43E+07	6,77E-06	0
27	27 -- 28				1,43E+07	6,00E-06	0
28	28 -- 29				1,43E+07	5,27E-06	0
29	29 -- 30				1,43E+07	3,96E-06	0
30	30 -- 31				1,43E+07	2,79E-06	0
31	31 -- 32				1,43E+07	1,75E-06	0
32	32 -- 33				1,43E+07	8,29E-07	0
33					1,43E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	7,24	65,08	16,10
3	3 -- 4	14,52	65,91	171,98
4	4 -- 5	24,95	67,04	368,08
5	5 -- 6	36,91	68,30	567,71
6	6 -- 7	81,74	314,96	646,55
7	7 -- 8	91,05	315,80	1214,24
8	8 -- 9	107,69	317,28	2148,03
9	9 -- 10	126,04	318,85	3086,33
10	10 -- 11	183,02	561,76	3821,19
11	11 -- 12	188,03	562,28	4186,45
12	12 -- 13	220,36	568,56	5847,35
13	13 -- 14	249,50	575,15	7513,58
14	14 -- 15	280,78	582,03	9185,41
15	15 -- 16	327,18	805,44	9469,33
16	16 -- 17	355,10	811,37	11441,26
17	17 -- 18	374,65	815,02	12630,43
18	18 -- 19	394,80	818,72	13821,13
19	19 -- 20	429,69	876,79	15563,75
20	20 -- 21	442,07	877,41	16303,19
21	21 -- 22	464,03	878,48	17588,81
22	22 -- 23	486,58	879,57	18877,30
23	23 -- 24	536,76	881,76	21462,03
24	24 -- 25	629,42	883,96	24056,08
25	25 -- 26	654,42	886,90	25246,06
26	26 -- 27	679,96	890,46	26437,76
27	27 -- 28	709,29	894,20	27697,47
28	28 -- 29	739,27	897,90	28958,98
29	29 -- 30	801,14	905,12	31487,14
30	30 -- 31	865,58	911,99	34021,80
31	31 -- 32	932,58	918,28	36565,28
32	32 -- 33	1002,15	923,54	39188,97
33		1128,00	928,83	41827,80

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 29

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 29 t/m 32

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 795	16,10	7,24	34	16,3	1217,6	0,01
2	500 / 795	171,98	14,52	140	174,2	1640,9	0,11
3	500 / 795	368,08	24,95	170	374,6	2253,2	0,17
4	500 / 795	567,71	36,91	165	580,3	2962,6	0,20
5	795 / 1090	646,55	81,74	63	664,3	3602,0	0,19
6	795 / 1090	1214,24	91,05	97	1240,7	4159,5	0,30
7	795 / 1090	2148,03	107,69	152	2190,9	5160,0	0,43
8	795 / 1090	3086,33	126,04	143	3147,2	6268,3	0,51
9	1090 / 1287	3821,19	183,02	104	3901,1	7887,1	0,50
10	1090 / 1287	4186,45	188,03	28	4271,7	8191,2	0,53
11	1090 / 1287	5847,35	220,36	123	5959,6	9643,9	0,63
12	1287/ 1582	7513,58	249,50	112	7653,8	12661,5	0,61
13	1287/ 1582	9185,41	280,78	102	9354,3	14575,7	0,65
14	1287/ 1582	9469,33	327,18	16	9643,6	14913,5	0,65
15	1287/ 1582	11441,26	355,10	76	11642,5	16624,6	0,71
16	1582/ 1876	12630,43	374,65	42	12847,5	19713,9	0,66
17	1582/ 1876	13821,13	394,80	40	14054,1	20952,1	0,68
18	1582/ 1876	15563,75	429,69	53	15819,6	22780,2	0,70
19	1582/ 1876	16303,19	442,07	20	16567,9	23541,9	0,71
20	1582/ 1876	17588,81	464,03	33	17869,0	24893,3	0,73
21	1582/ 1876	18877,30	486,58	31	19172,6	26282,5	0,74
22	1876/ 2163	21462,03	536,76	56	21787,3	31162,7	0,71
23	1876/ 2163	24056,08	629,42	48	24411,3	34417,6	0,72
24	1876/ 2163	25246,06	654,42	19	25613,8	35961,1	0,72
25	1876/ 2163	26437,76	679,96	18	26817,4	37538,4	0,72
26	2163/ 2733	27697,47	709,29	17	28089,1	41742,2	0,68
27	2163/ 2733	28958,98	739,27	15	29361,8	43595,1	0,68
28	2163/ 2733	31487,14	801,14	26	31910,6	47421,5	0,68
29	2163/ 2733	34021,80	865,58	20	34462,1	51409,0	0,68
30	2163/ 2733	36565,28	932,58	14	37018,3	55557,5	0,68
31	2163/ 2733	39188,97	1002,15	8	39650,1	59866,9	0,67
32	2163/ 2733	41827,80	1128,00	3	42291,9	64337,4	0,67

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	18,0	28,83	0,81	355	355
598	18,0	33,24	0,81	355	355
697	18,0	38,70	0,81	355	355
795	18,0	44,16	0,81	355	355
833	20,0	41,66	0,81	355	355
893	20,0	44,66	0,81	355	355
992	20,0	49,58	0,81	355	355
1090	20,0	54,50	0,81	355	355
1167	22,0	53,03	0,81	355	355
1188	22,0	54,01	0,81	355	355
1287	22,0	58,48	0,81	355	355
1385	25,0	55,39	0,81	355	355
1483	25,0	59,33	0,81	355	355
1500	25,0	59,99	0,81	353	355
1582	25,0	63,26	0,81	341	355
1631	28,0	58,24	0,81	355	355
1680	28,0	59,99	0,81	353	355
1750	28,0	62,49	0,81	343	355
1778	28,0	63,51	0,81	340	355
1827	28,0	65,26	0,81	333	355
1876	28,0	67,02	0,81	327	355
1975	30,0	65,83	0,81	331	355
2073	30,0	69,10	0,81	321	355
2118	30,0	70,60	0,81	316	355
2163	30,0	72,10	0,81	312	355
2211	32,0	69,08	0,81	321	355
2258	32,0	70,56	0,81	316	355
2353	32,0	73,53	0,81	308	355
2448	32,0	76,50	0,81	300	355
2543	32,0	79,47	0,81	293	355
2638	32,0	82,44	0,81	286	355
2733	32,0	85,41	0,81	280	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 795	4,95	0,26	355	355	0,01
2	500 / 795	43,52	0,48	355	355	0,12
3	500 / 795	68,73	0,70	355	355	0,20
4	500 / 795	79,36	0,90	355	355	0,23
5	795 / 1090	68,70	1,64	355	355	0,20
6	795 / 1090	113,65	1,72	355	355	0,32
7	795 / 1090	167,40	1,86	355	355	0,48
8	795 / 1090	195,98	1,97	355	355	0,56
9	1090 / 1287	188,09	2,39	355	355	0,54
10	1090 / 1287	188,65	2,35	355	355	0,54
11	1090 / 1287	237,64	2,62	355	355	0,68
12	1287/ 1582	231,14	2,42	355	355	0,66
13	1287/ 1582	244,14	2,54	355	355	0,69
14	1287/ 1582	232,19	2,84	355	353	0,66
15	1287/ 1582	262,29	2,98	355	341	0,75
16	1582/ 1876	238,68	2,70	355	355	0,68
17	1582/ 1876	245,43	2,76	355	353	0,70
18	1582/ 1876	256,94	2,90	355	343	0,73
19	1582/ 1876	253,96	2,89	355	340	0,72
20	1582/ 1876	261,99	2,97	355	333	0,75
21	1582/ 1876	266,04	3,03	355	327	0,76
22	1876/ 2163	261,34	3,00	355	331	0,75
23	1876/ 2163	264,45	3,35	355	321	0,76
24	1876/ 2163	258,43	3,36	355	316	0,74
25	1876/ 2163	259,08	3,42	355	312	0,74
26	2163/ 2733	244,22	3,27	355	321	0,70
27	2163/ 2733	244,32	3,34	355	316	0,70
28	2163/ 2733	249,04	3,51	355	308	0,71
29	2163/ 2733	247,68	3,64	355	300	0,71
30	2163/ 2733	245,81	3,77	355	293	0,71
31	2163/ 2733	243,98	3,90	355	286	0,70
32	2163/ 2733	241,84	4,23	355	280	0,70

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

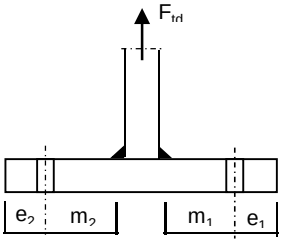
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

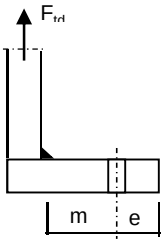
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

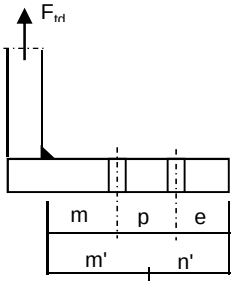
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$

$e = \max.(e_1;e_2)$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$

$n' = n + p / 3$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		3083					
st.c binnenkant		2319					
2701	104	584,77	8,93	33	M 48 - 8,8	848,4	0,69
flenzen op 19,80 m hoogte.							
st.c buitenkant		1860,00					
st.c binnenkant		1660,00					
	80	712,05	11,05	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,67
flenzen op 43,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		1090,00					
1090,00	28	758,49	20,31	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,72

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
3083,00	2319,00	168,2	145,0	145,0			140,1
3083,00	2319,00	168,2	145,0	145,0			186,3
flenzen op 19,80 m hoogte.							
1860,00	1660,0	69,8	60,0	60,0	119,8	110	130,4
1860,00	1660,0	69,8	60,0	60,0	119,8	110	130,4
flenzen op 43,40 m hoogte.							
1090,00	1090,0	66,5	60,0	60,0			122,3
1090,00	1090,0	69,5	60,0	60,0			122,3

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
100	1,17E+08	2790,20	1534,82	1696,90	1534,82	1169,54	0,76
100	1,56E+08	3709,44	1781,66	1696,90	1696,90	1169,54	0,69
flenzen op 19,80 m hoogte.							
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1424,10	0,80
140	1,76E+08	4156,32	1780,13	2121,12	1780,13	1424,10	0,80
flenzen op 43,40 m hoogte.							
80	6,56E+07	1971,88	1021,34	1060,56	1021,34	758,49	0,74
80	6,56E+07	1886,75	997,67	1060,56	997,67	758,49	0,76
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2733	0,72	1,617	0,18	6,43

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	980	1,000		1,000			
2	965	0,985	1 -- 2	0,992	133	479	1072,8
3	904	0,922	2 -- 3	0,954	607		255,0
4	828	0,845	3 -- 4	0,884	869		294,4
5	754	0,769	4 -- 5	0,807	997		338,1
6	726	0,740	5 -- 6	0,755	468	3339	3310,4
7	682	0,696	6 -- 7	0,718	776		430,9
8	612	0,624	7 -- 8	0,660	1386		470,0
9	545	0,556	8 -- 9	0,590	1529		518,5
10	495	0,505	9 -- 10	0,531	1415	3405	2095,7
11	482	0,492	10 -- 11	0,499	417		641,9
12	422	0,431	11 -- 12	0,461	1990	705	913,3
13	367	0,374	12 -- 13	0,402	2428		823,1
14	315	0,321	13 -- 14	0,348	2607		883,7
15	306	0,313	14 -- 15	0,317	460	3479	7877,7
16	267	0,272	15 -- 16	0,292	2326		949,5
17	245	0,249	16 -- 17	0,261	1629		1104,7
18	223	0,228	17 -- 18	0,239	1680		1138,6
19	194	0,198	18 -- 19	0,213	2478	439	1388,9
20	183	0,187	19 -- 20	0,193	1032		1213,7
21	165	0,168	20 -- 21	0,178	1830		1240,5
22	147	0,150	21 -- 22	0,159	1880		1274,4
23	116	0,118	22 -- 23	0,134	4182		1417,5
24	88	0,089	23 -- 24	0,104	4396	3325	2617,4
25	76	0,078	24 -- 25	0,083	2083		1543,2
26	65	0,067	25 -- 26	0,072	2128		1576,5
27	55	0,056	26 -- 27	0,061	2445		1715,5
28	46	0,047	27 -- 28	0,051	2498		1753,0
29	29	0,030	28 -- 29	0,038	5156		1809,2
30	17	0,017	29 -- 30	0,023	5370		1884,2
31	7	0,008	30 -- 31	0,012	5584		1959,1
32	2	0,002	31 -- 32	0,005	5797		2034,1
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	6011	4476	3679,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	1073	0,992	0,570	0,56	602,34	0,57
2 -- 3	255	0,954	2,380	2,16	551,88	2,27
3 -- 4	294	0,884	2,950	2,30	678,26	2,61
4 -- 5	338	0,807	2,950	1,92	649,93	2,38
5 -- 6	3310	0,755	1,150	0,66	2169,37	0,87
6 -- 7	431	0,718	1,800	0,93	399,81	1,29
7 -- 8	470	0,660	2,950	1,28	603,60	1,95
8 -- 9	518	0,590	2,950	1,03	532,56	1,74
9 -- 10	2096	0,531	2,300	0,65	1357,79	1,22
10 -- 11	642	0,499	0,650	0,16	103,68	0,32
11 -- 12	913	0,461	2,950	0,63	573,06	1,36
12 -- 13	823	0,402	2,950	0,48	393,20	1,19
13 -- 14	884	0,348	2,950	0,36	314,89	1,03
14 -- 15	7878	0,317	0,500	0,05	395,35	0,16
15 -- 16	949	0,292	2,450	0,21	198,93	0,72
16 -- 17	1105	0,261	1,475	0,10	110,92	0,38
17 -- 18	1139	0,239	1,475	0,08	95,60	0,35
18 -- 19	1389	0,213	2,100	0,10	132,29	0,45
19 -- 20	1214	0,193	0,850	0,03	38,29	0,16
20 -- 21	1240	0,178	1,475	0,05	57,71	0,26
21 -- 22	1274	0,159	1,475	0,04	47,72	0,24
22 -- 23	1417	0,134	2,950	0,05	75,28	0,40
23 -- 24	2617	0,104	2,950	0,03	82,92	0,31
24 -- 25	1543	0,083	1,350	0,01	14,52	0,11
25 -- 26	1577	0,072	1,350	0,01	11,10	0,10
26 -- 27	1716	0,061	1,425	0,01	9,24	0,09
27 -- 28	1753	0,051	1,425	0,00	6,59	0,07
28 -- 29	1809	0,038	2,850	0,00	7,52	0,11
29 -- 30	1884	0,023	2,850	0,00	2,93	0,07
30 -- 31	1959	0,012	2,850	0,00	0,83	0,03
31 -- 32	2034	0,005	2,850	0,00	0,13	0,01
32 -- 33	3680	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	67,00	13,89	10218,26	22,81

m_e = 10218,3 / 13,9 = 735,7 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2733	735,7	0,030	1,25	1,617	13,5

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,5

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 22,81 / (4 * π * 13,89) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,617 * 6,43 / $15*10^{-6}$ = 6,9E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,46 / 22,81 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,074 * 0,131 * 0,37 * 0,2 = 0,022

$y_{F;max}$ = 1,617 * 0,022 = 0,036 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		137168	137168	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			137168	7,82E+07	4,7E-02	973
3	3 -- 4			137168	4,05E+08	4,5E-02	863
4	4 -- 5			137168	8,09E+08	4,0E-02	738
5	5 -- 6			137168	1,21E+09	3,5E-02	628
6	6 -- 7			137168	1,37E+09	3,3E-02	589
7	7 -- 8			137168	1,62E+09	3,0E-02	532
8	8 -- 9			137168	2,02E+09	2,6E-02	449
9	9 -- 10			137168	2,43E+09	2,2E-02	378
10	10 -- 11			137168	2,74E+09	2,0E-02	330
11	11 -- 12			137168	2,83E+09	1,9E-02	317
12	12 -- 13			137168	3,24E+09	1,6E-02	265
13	13 -- 14			137168	3,64E+09	1,4E-02	220
14	14 -- 15			137168	4,05E+09	1,2E-02	181
15	15 -- 16			137168	4,12E+09	1,2E-02	175
16	16 -- 17			137168	4,45E+09	1,0E-02	147
17	17 -- 18			137168	4,65E+09	9,7E-03	133
18	18 -- 19			137168	4,86E+09	9,0E-03	119
19	19 -- 20			137168	5,14E+09	8,1E-03	101
20	20 -- 21			137168	5,26E+09	7,7E-03	94
21	21 -- 22			137168	5,46E+09	7,1E-03	83
22	22 -- 23			137168	5,67E+09	6,5E-03	73
23	23 -- 24			137168	6,07E+09	5,5E-03	56
24	24 -- 25			137168	6,47E+09	4,5E-03	41
25	25 -- 26			137168	6,66E+09	4,1E-03	35
26	26 -- 27			137168	6,84E+09	3,7E-03	30
27	27 -- 28			137168	7,04E+09	3,3E-03	25
28	28 -- 29			137168	7,24E+09	3,0E-03	20
29	29 -- 30			137168	7,63E+09	2,3E-03	13
30	30 -- 31			137168	8,02E+09	1,7E-03	7
31	31 -- 32			137168	8,41E+09	1,1E-03	3
32	32 -- 33			137168	8,80E+09	5,2E-04	1
33				137168	9,19E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	519	18,0	3429758	23	0,0358	1,6
2	598	18,0	4622182	88	0,0358	6,3
3	697	18,0	6347085	128	0,0358	9,1
4	795	18,0	8345293	145	0,0358	10,4
5	833	20,0	10146485	135	0,0358	9,7
6	893	20,0	11716965	138	0,0358	9,9
7	992	20,0	14535293	139	0,0358	10,0
8	1090	20,0	17657300	137	0,0358	9,8
9	1167	22,0	22217085	123	0,0358	8,8
10	1188	22,0	23073828	123	0,0358	8,8
11	1287	22,0	27165945	119	0,0358	8,5
12	1385	25,0	35666334	102	0,0358	7,3
13	1483	25,0	41058306	99	0,0358	7,1
14	1500	25,0	42009821	98	0,0358	7,0
15	1582	25,0	46829878	95	0,0358	6,8
16	1631	28,0	55532051	84	0,0358	6,0
17	1680	28,0	59020129	82	0,0358	5,9
18	1750	28,0	64169592	80	0,0358	5,7
19	1778	28,0	66315149	79	0,0358	5,7
20	1827	28,0	70122092	78	0,0358	5,6
21	1876	28,0	74035323	77	0,0358	5,5
22	1975	30,0	87782333	69	0,0358	5,0
23	2073	30,0	96951101	67	0,0358	4,8
24	2118	30,0	101298906	66	0,0358	4,7
25	2163	30,0	105742107	65	0,0358	4,6
26	2211	32,0	117583678	60	0,0358	4,3
27	2258	32,0	122803006	59	0,0358	4,2
28	2353	32,0	133581792	57	0,0358	4,1
29	2448	32,0	144814086	55	0,0358	4,0
30	2543	32,0	156499889	54	0,0358	3,8
31	2638	32,0	168639201	52	0,0358	3,7
32	2733	32,0	181232022	51	0,0358	3,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,72 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 6,43 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 62,1505 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,20

$V_m(z)$ = 32,4 m/s

V_o = 32,4 * 20 / 100 = 6,49 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,72 * [6,43 / 6,50]^2 * \exp[-(6,43 / 6,50)^2]$ = 2,53E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

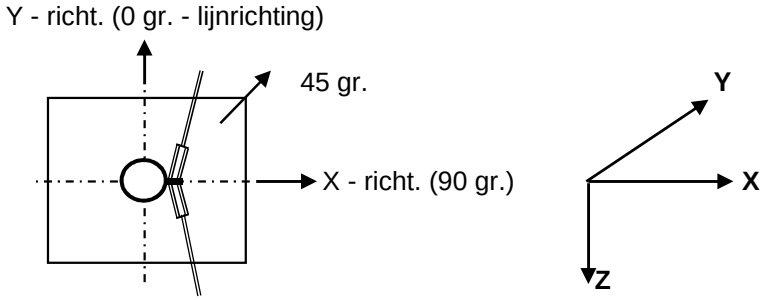
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	7,52	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
4	Lasnaad	10,96	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
5	Lasnaad	12,50	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	11,87	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
8	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
9	Lasnaad	11,82	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	10,55	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
12	flenzen	10,24	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
13	Lasnaad	8,78	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
14	Lasnaad	8,47	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	8,17	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	7,07	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	6,82	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
21							
22	Lasnaad	6,58	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
23	Lasnaad	5,94	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
24	flenzen	5,74	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
25							
26	Lasnaad	5,56	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
27							
28	Lasnaad	5,06	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
29	Lasnaad	4,91	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
30	Lasnaad	4,76	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
31	Lasnaad	4,62	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
32	Lasnaad	4,48	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
33	voetplaat	4,36	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			1004			
2 - Windbelasting mast	144	6		189	4477	
3 - Belasting geval 1a	783	53	124	1574	37313	111
4 - Belasting geval 1b	512	42	138	1225	24156	86
5 - Belasting geval 3	849	113	251	3338	40260	235
6 - Belasting geval 4	519	47	160	1381	24481	97
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	927	**59**	**1128**	**1763**	**41791**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	539	43	1142	1261	24995	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	889	115	1255	3391	41519	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	546	48	1164	1416	25321	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment - XY	34474	kNm	41828	kNm	41828	kNm
Dwarskracht - XY	763	kN	929	kN	929	kN
Verticale kracht	618	kN	1128	kN	557	kN

Opmerking:
De voetmoment en de dwarskrach zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	584,77	8,93	33	M 48 - 8,8	848,45	0,69
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3083,00					
st.c binnenkant		2319,00					
2701	104	484,96	7,33	33	M 48 - 8,8	848,45	0,57

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 584,8 kN

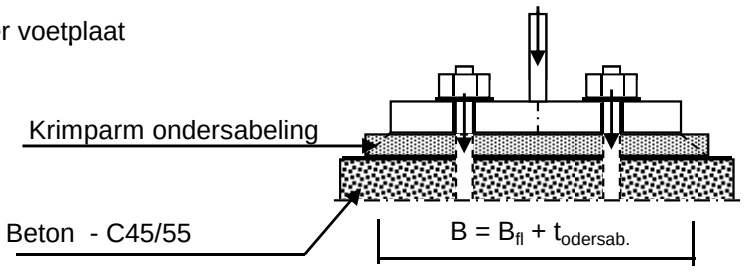
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 485,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 606,5 + 1,00 * 485,0 = 1091,4 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

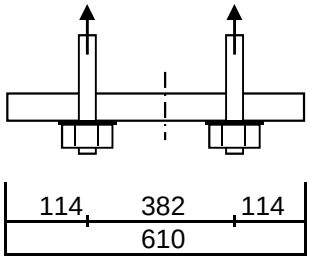
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	672,0	mm	D =	2701	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	104	
B =	712,0	mm			

A_{voetpl} = 712 * 2*π*D / n = 116185 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 18,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

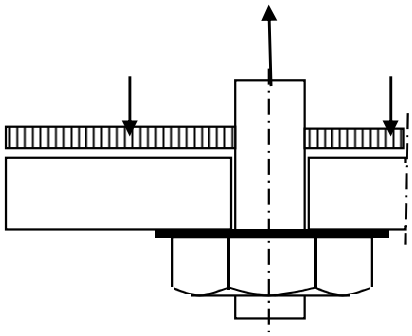


D = 2701 mm
n = 104

$A_{stortring}$ = 610 * $2*\pi*D / n$ = 99541 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 114 mm
L_{veld} = 382 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 76347 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2244 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 137967 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 137967 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2244 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 137967 / 179718,8 = 0,77 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 272,5 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2244 / 9223 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 49,9 N/mm^2

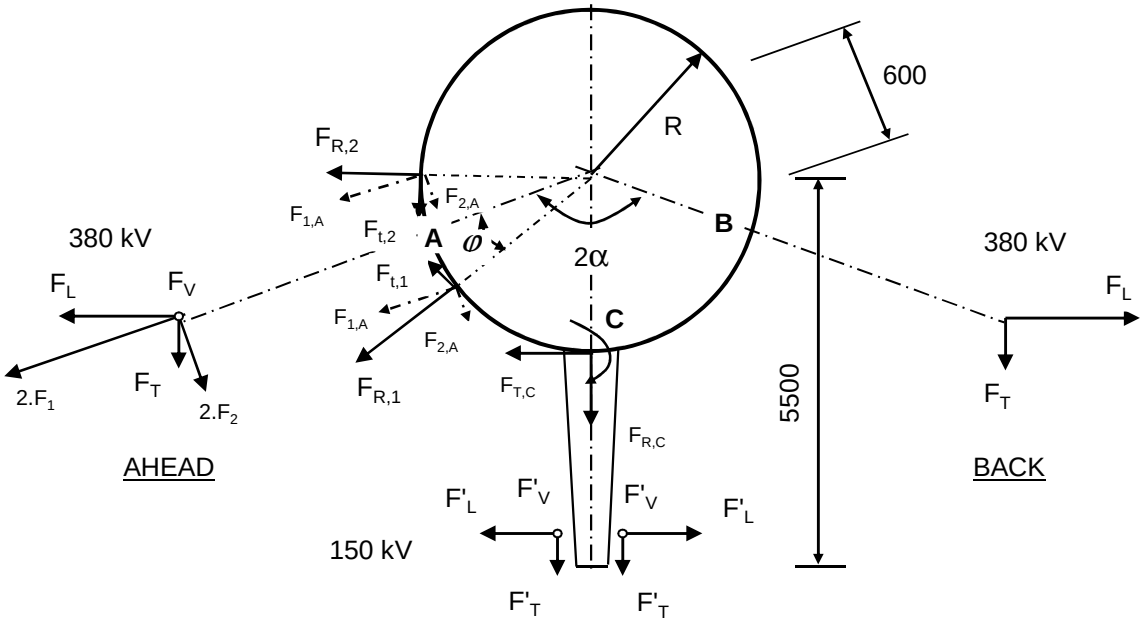
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (272,5^2 + 3*49,9^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 286 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;A} + F_{T;2;A}\, \text{I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I}\, F_{T;1;B} + F_{T;2;B}\, \text{I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

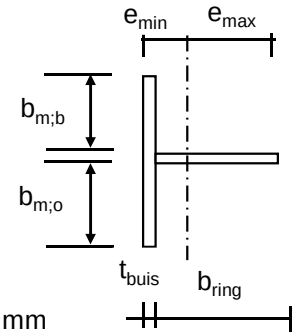
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

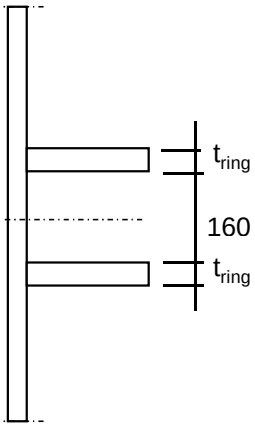
Opmerking:
In mast W2H400A+10 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 57,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0{,}5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	8918	mm^2
e_{min} =	33,5	mm
e_{max} =	121,5	mm
I =	15614845	mm^4
W_{min} =	128480	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y;Rd}$ =	30	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4803	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 57,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AM en AM1
Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
BG 1a - (wind (45 gr))	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19809	88691	157780	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23505	94792	175430	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20736	64612	133945	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24242	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,6 mm

Mast 133 : Lijnhoek = 2. α = 172 graden

Lijnhoek = 2. α = 172 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (417+80)) = 37,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,3	25,9	59,3	25,9		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	31,1	63,4	31,1		
BG 1a - (wind (45 gr))	36,5	19,1	61,7	26,8		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,6	31,1	64,2	31,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,3	20,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	48,6	23,8	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	35,8	19,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	42,8	23,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

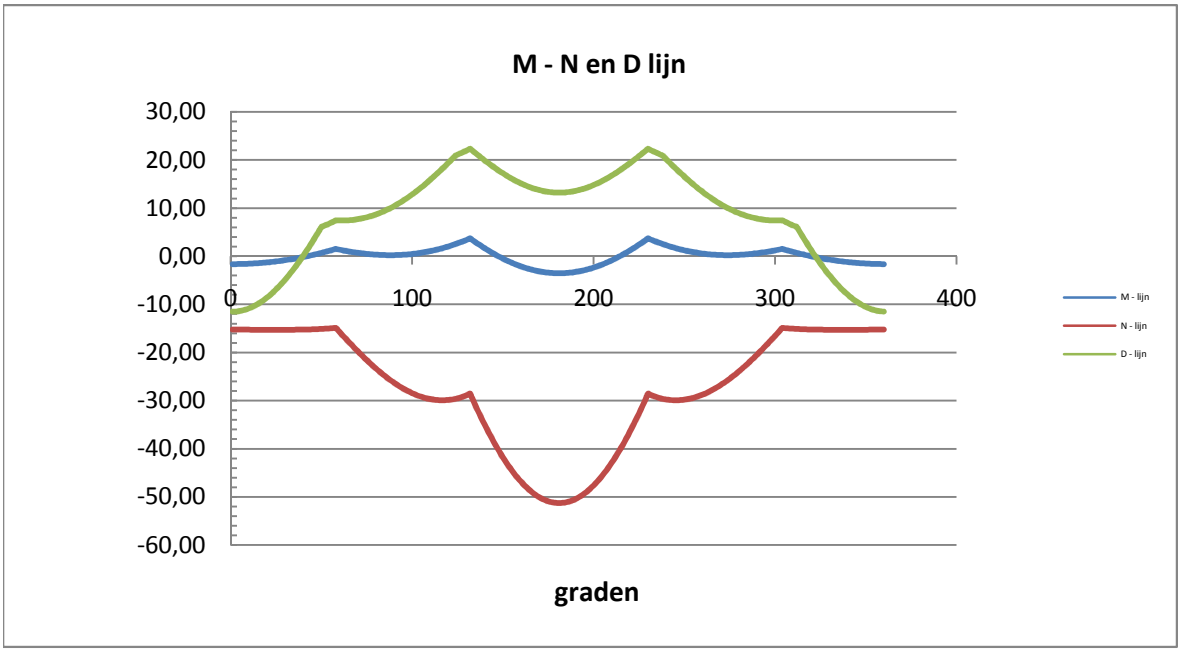
Belastinggeval : BG 1 - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,61	-15,23	-11,51	0,22	2,54
15,0	-1,39	-15,24	-9,68	0,65	7,62
30,0	-0,74	-15,25	-4,43	1,09	12,70
45,0	0,35	-15,14	3,61	0,95	11,13
60,0	1,30	-16,12	7,44	0,83	9,74
75,0	0,47	-21,92	8,21	0,21	2,47
90,0	0,26	-26,51	10,63	0,54	6,31
105,0	0,80	-29,29	14,61	1,37	16,01
120,0	2,17	-29,79	19,81	0,49	5,77
135,0	2,66	-31,87	21,12	3,31	38,69
150,0	-0,65	-42,33	17,01	2,11	24,68
165,0	-2,77	-48,98	14,22	0,73	8,48
180,0	-3,49	-51,26	13,24	0,73	8,48
195,0	-2,77	-48,98	14,22	2,11	24,68
210,0	-0,65	-42,33	17,01	3,31	38,69
225,0	2,66	-31,87	21,12	0,49	5,77
240,0	2,17	-29,79	19,81	1,37	16,01
255,0	0,80	-29,29	14,61	0,54	6,31
270,0	0,26	-26,51	10,63	0,21	2,47
285,0	0,47	-21,92	8,21	0,83	9,74
300,0	1,30	-16,12	7,44	0,95	11,13
315,0	0,35	-15,14	3,61	1,09	12,70
330,0	-0,74	-15,25	-4,43	0,65	7,62
345,0	-1,39	-15,24	-9,68	0,22	2,53
360,0	-1,61	-15,23	-11,50	0,00	0,01

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

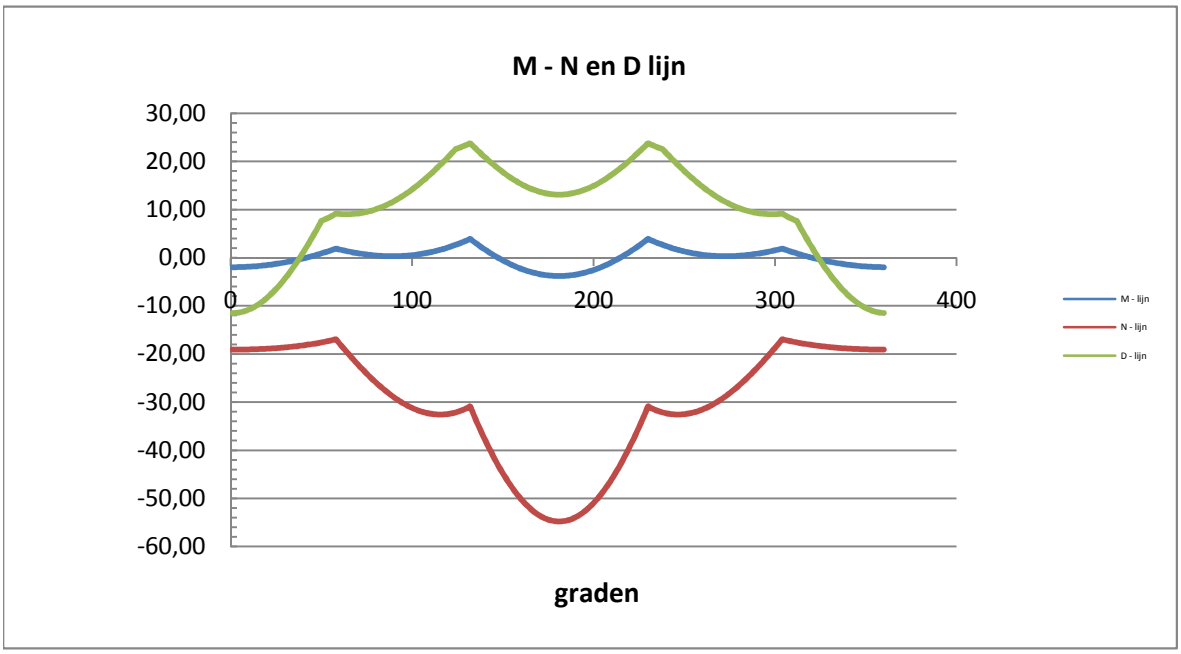
$S = 182250\ mm^3$

$I = 15614845\ mm^4$



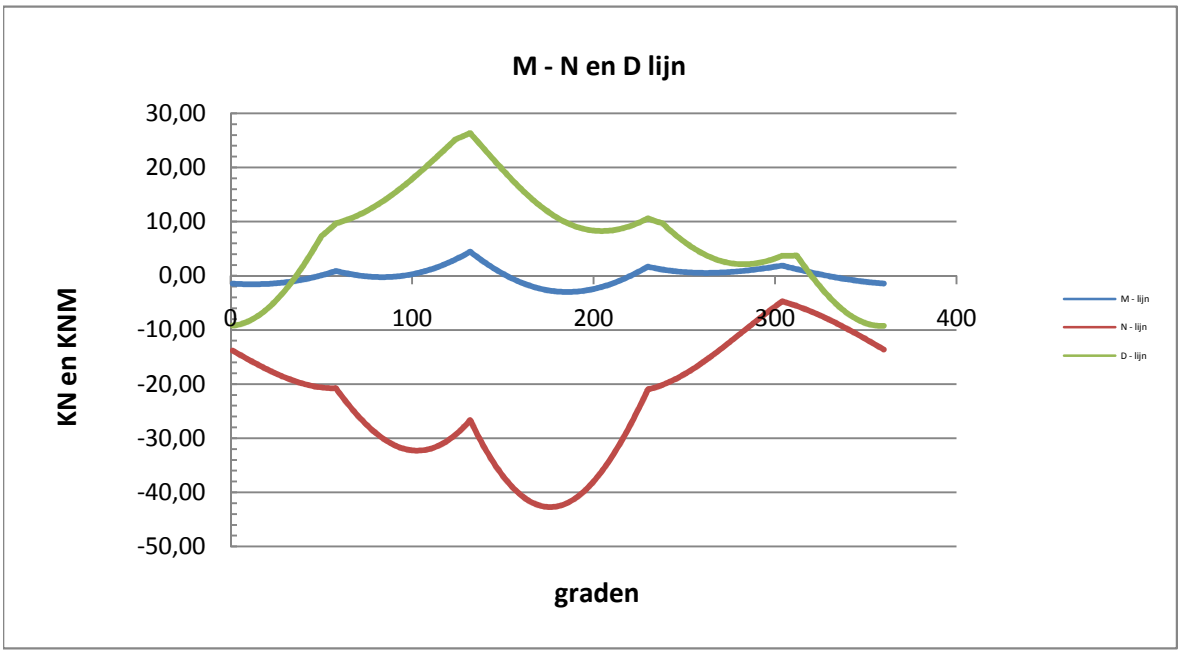
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,96	-19,09	-11,50	0,27	3,18
15,0	-1,68	-18,97	-9,52	0,81	9,50
30,0	-0,87	-18,59	-3,80	1,34	15,68
45,0	0,47	-17,85	4,93	1,17	13,70
60,0	1,65	-18,28	9,09	1,00	11,69
75,0	0,65	-24,47	9,64	0,31	3,57
90,0	0,34	-29,26	11,97	0,52	6,13
105,0	0,86	-32,06	16,01	1,43	16,74
120,0	2,30	-32,40	21,40	0,51	5,97
135,0	2,81	-34,42	22,35	3,55	41,45
150,0	-0,74	-45,43	17,53	2,26	26,42
165,0	-3,00	-52,43	14,27	0,78	9,07
180,0	-3,78	-54,83	13,13	0,78	9,07
195,0	-3,00	-52,43	14,27	2,26	26,42
210,0	-0,74	-45,43	17,53	3,55	41,45
225,0	2,81	-34,42	22,35	0,51	5,97
240,0	2,30	-32,40	21,40	1,43	16,74
255,0	0,86	-32,06	16,01	0,52	6,13
270,0	0,34	-29,26	11,97	0,31	3,57
285,0	0,65	-24,47	9,64	1,00	11,69
300,0	1,65	-18,28	9,09	1,17	13,70
315,0	0,47	-17,85	4,93	1,34	15,68
330,0	-0,87	-18,59	-3,80	0,81	9,50
345,0	-1,68	-18,97	-9,52	0,27	3,16
360,0	-1,96	-19,09	-11,49	0,00	0,01



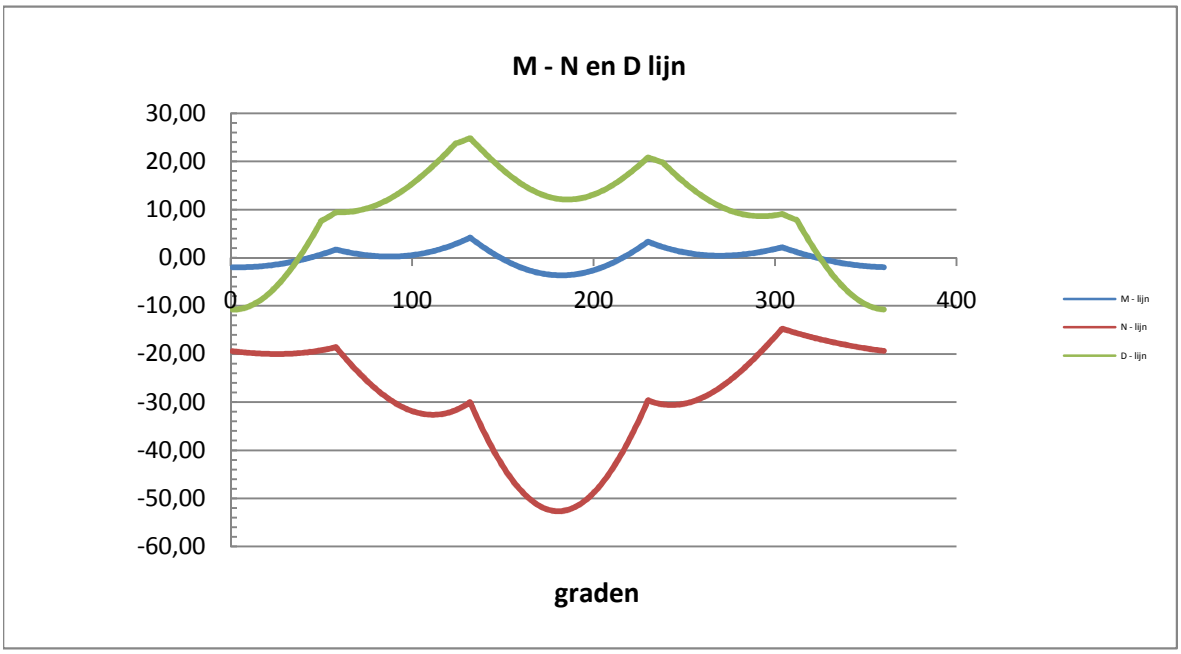
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,43	-13,83	-9,19	0,10	1,17
15,0	-1,53	-16,60	-7,17	0,37	4,35
30,0	-1,16	-18,92	-2,25	0,91	10,63
45,0	-0,25	-20,42	5,07	0,91	10,58
60,0	0,66	-22,13	9,98	0,79	9,19
75,0	-0,13	-27,87	12,17	0,00	0,03
90,0	-0,13	-31,39	15,46	0,89	10,42
105,0	0,76	-32,21	19,63	1,81	21,07
120,0	2,57	-30,10	24,25	0,86	10,07
135,0	3,43	-29,33	24,82	3,22	37,53
150,0	0,22	-37,36	19,18	2,16	25,18
165,0	-1,94	-41,83	14,20	0,97	11,34
180,0	-2,91	-42,48	10,53	0,23	2,71
195,0	-2,68	-39,39	8,57	1,35	15,75
210,0	-1,33	-32,94	8,44	2,28	26,65
225,0	0,95	-23,78	9,97	0,06	0,69
240,0	1,01	-19,74	8,77	0,44	5,14
255,0	0,57	-16,96	4,92	0,04	0,49
270,0	0,61	-13,33	2,68	0,42	4,92
285,0	1,03	-9,35	2,18	0,69	8,04
300,0	1,72	-5,48	3,32	0,81	9,41
315,0	0,92	-6,11	1,84	1,05	12,22
330,0	-0,13	-8,31	-4,29	0,81	9,44
345,0	-0,94	-10,96	-8,15	0,47	5,53
360,0	-1,41	-13,64	-9,22	0,02	0,25



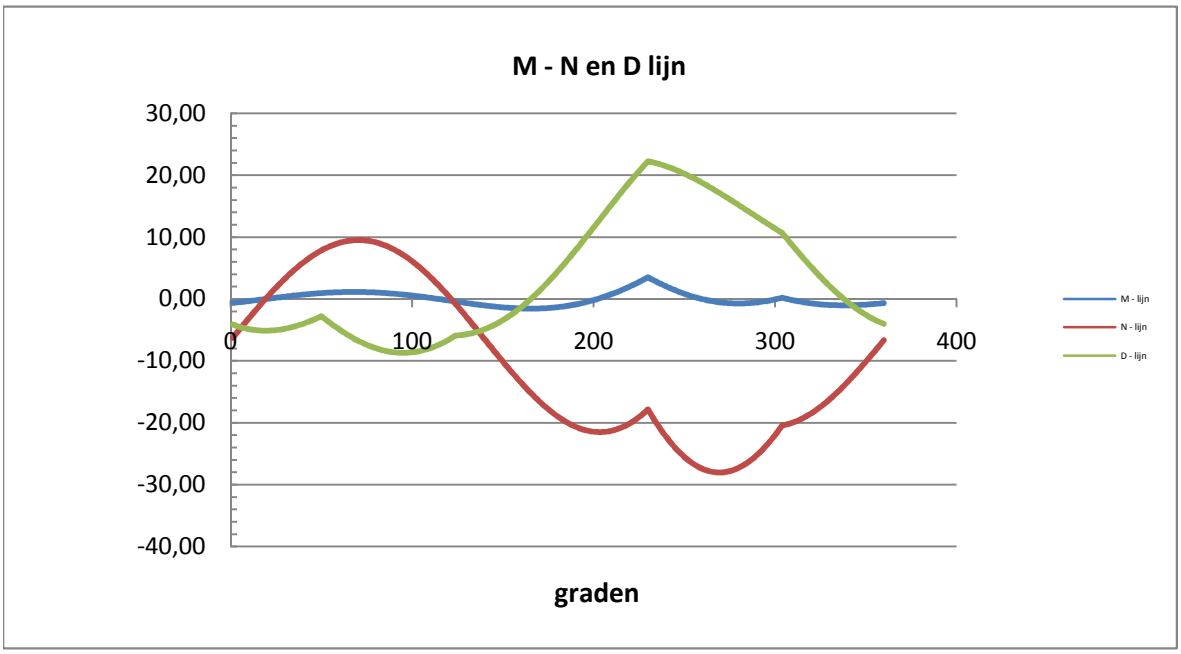
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,97	-19,43	-10,74	0,18	2,05
15,0	-1,80	-19,92	-8,89	0,74	8,68
30,0	-1,05	-19,99	-3,41	1,31	15,32
45,0	0,26	-19,49	5,05	1,19	13,84
60,0	1,45	-19,93	9,44	0,96	11,16
75,0	0,49	-25,91	10,37	0,22	2,57
90,0	0,27	-30,28	13,00	0,64	7,46
105,0	0,91	-32,47	17,20	1,56	18,21
120,0	2,47	-32,09	22,57	0,61	7,06
135,0	3,07	-33,41	23,28	3,55	41,42
150,0	-0,47	-43,91	17,97	2,30	26,90
165,0	-2,78	-50,52	14,08	0,87	10,18
180,0	-3,65	-52,69	12,21	0,62	7,25
195,0	-3,03	-50,28	12,63	2,05	23,89
210,0	-0,98	-43,52	15,21	3,28	38,29
225,0	2,30	-32,99	19,49	0,36	4,26
240,0	1,93	-30,58	18,72	1,17	13,68
255,0	0,76	-29,71	13,87	0,33	3,84
270,0	0,43	-26,66	10,47	0,43	5,00
285,0	0,86	-21,91	8,81	1,05	12,27
300,0	1,91	-16,02	8,89	1,19	13,87
315,0	0,72	-16,10	5,26	1,41	16,43
330,0	-0,68	-17,49	-3,18	0,91	10,61
345,0	-1,59	-18,60	-8,75	0,37	4,32
360,0	-1,96	-19,38	-10,73	0,01	0,10



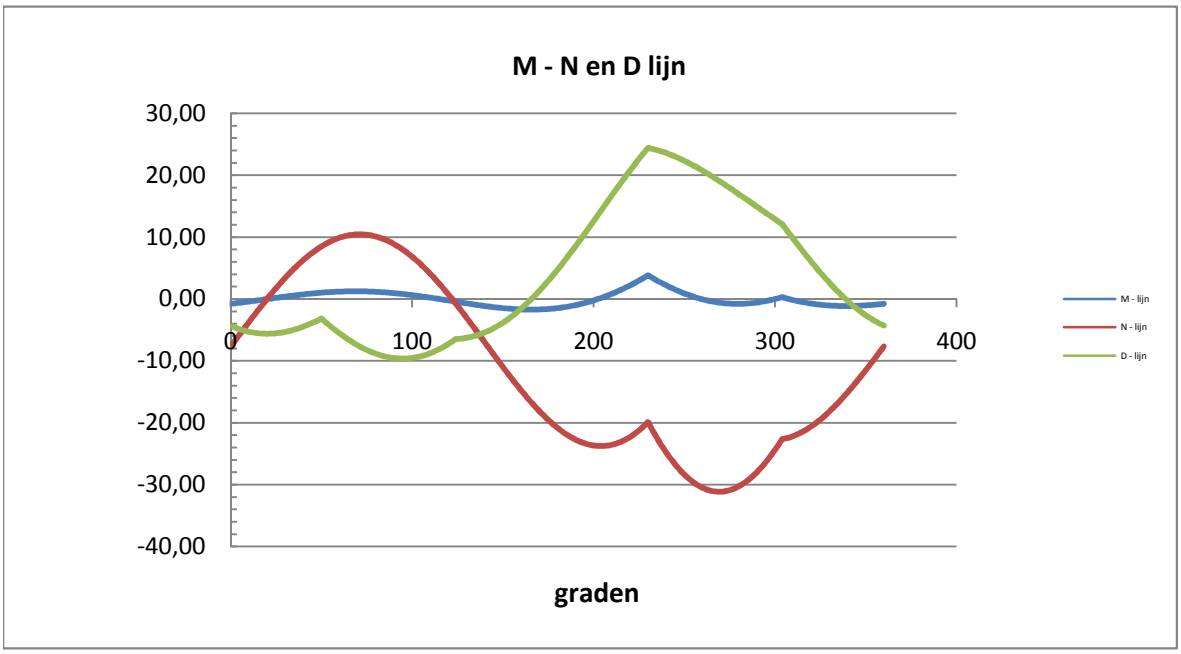
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,65	-6,32	-4,12	0,51	6,01
15,0	-0,14	-1,08	-5,08	0,55	6,38
30,0	0,41	3,59	-4,74	0,45	5,22
45,0	0,85	7,12	-3,30	0,25	2,88
60,0	1,10	9,13	-5,14	0,01	0,11
75,0	1,09	9,37	-7,52	0,27	3,18
90,0	0,82	7,81	-8,63	0,49	5,74
105,0	0,33	4,62	-8,28	0,62	7,24
120,0	-0,29	0,16	-6,44	0,62	7,27
135,0	-0,92	-5,08	-5,28	0,48	5,57
150,0	-1,39	-10,48	-3,24	0,18	2,09
165,0	-1,57	-15,39	0,16	0,26	3,00
180,0	-1,32	-19,16	4,72	0,80	9,34
195,0	-0,51	-21,24	10,05	1,40	16,36
210,0	0,89	-21,23	15,66	2,00	23,37
225,0	2,89	-18,89	20,96	0,98	11,49
240,0	1,90	-22,66	21,34	1,63	19,04
255,0	0,27	-26,84	19,37	0,87	10,18
270,0	-0,60	-28,03	16,84	0,08	0,92
285,0	-0,68	-26,21	14,04	0,66	7,74
300,0	-0,01	-21,64	11,20	0,53	6,24
315,0	-0,55	-19,18	6,48	0,45	5,21
330,0	-1,00	-16,00	1,84	0,01	0,09
345,0	-0,99	-11,51	-1,78	0,30	3,56
360,0	-0,68	-6,67	-4,01	0,03	0,35



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,75	-7,27	-4,43	0,56	6,52
15,0	-0,19	-1,47	-5,57	0,60	7,03
30,0	0,41	3,71	-5,25	0,50	5,83
45,0	0,91	7,69	-3,73	0,28	3,31
60,0	1,20	9,98	-5,77	0,00	0,04
75,0	1,20	10,33	-8,38	0,29	3,35
90,0	0,91	8,70	-9,57	0,53	6,20
105,0	0,38	5,25	-9,15	0,68	7,91
120,0	-0,29	0,37	-7,08	0,69	8,00
135,0	-0,98	-5,39	-5,84	0,53	6,20
150,0	-1,51	-11,36	-3,64	0,21	2,43
165,0	-1,72	-16,81	0,07	0,27	3,14
180,0	-1,45	-21,03	5,05	0,87	10,10
195,0	-0,58	-23,41	10,92	1,53	17,84
210,0	0,94	-23,49	17,11	2,19	25,60
225,0	3,14	-21,00	22,99	1,08	12,59
240,0	2,06	-25,20	23,49	1,78	20,76
255,0	0,28	-29,81	21,42	0,94	10,92
270,0	-0,66	-31,11	18,73	0,06	0,64
285,0	-0,71	-29,07	15,74	0,77	8,96
300,0	0,06	-23,97	12,70	0,61	7,13
315,0	-0,55	-21,32	7,48	0,53	6,13
330,0	-1,08	-17,89	2,30	0,02	0,21
345,0	-1,10	-12,99	-1,76	0,32	3,73
360,0	-0,78	-7,67	-4,30	0,03	0,37



Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	42,7	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	4,44	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	18,3	kNm	M_{Rd} =	4803	kNm
$V_{Ed;max}$ =	26,3	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 42,69 / 2111 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 4,8 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 4,44 / 30,4 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 34,6 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 26,34 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 26,66

V_{Ed} = 26,34

$\sigma_b + \sigma_N$ = 34,6 + 3,0 = 37,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

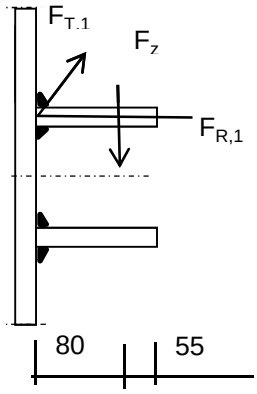
τ_z = 9,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 41 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 63,37 kN

$F_{T,1,h}$ = 57,09 kN

F_z = 17,30 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 41,45 kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,0 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 35,68 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 25,90 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,43 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 80,44 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 193,0 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

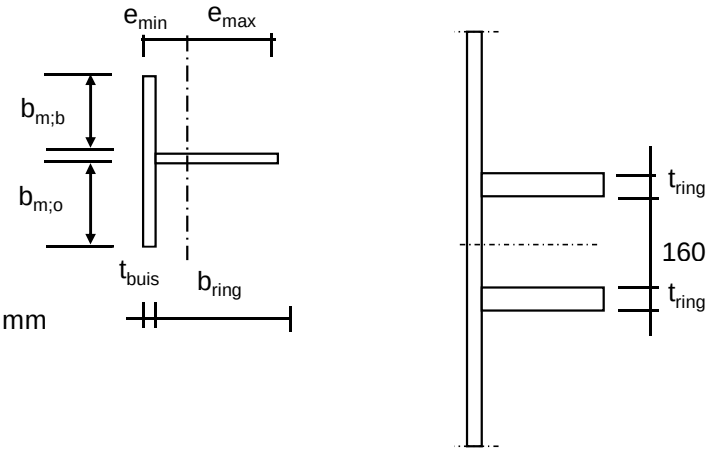
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	193,0	/	302,2	=	0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	80,4	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 47,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	10004	mm^2
e_{min} =	32,2	mm
e_{max} =	124,8	mm
I =	16542576	mm^4
W_{min} =	132539	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y;Rd}$ =	31	kNm
$M_{w;Rd}$ =	10516	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 47,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
BG 1a - (wind (45 gr))	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19809	88691	157780	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	23505	94792	175430	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20736	64612	133945	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	24242	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,3 mm

Mast 133 : Lijnhoek = 2. α = 172 graden

Lijnhoek = 2. α = 172 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+80)) = 26,9 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	60,2	35,2	60,2	35,2		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	40,8	64,9	40,8		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,6	24,6	62,6	36,5		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,6	39,7	65,7	41,1		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,2	27,7	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,8	31,2	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,0	24,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,3	29,5	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

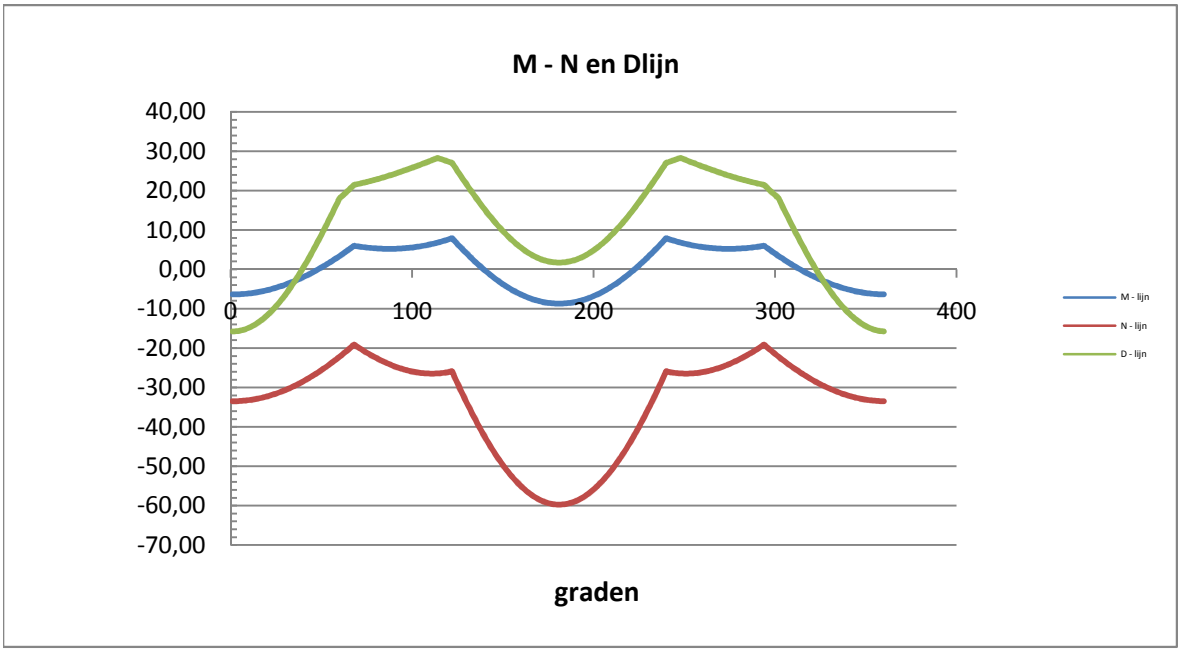
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-6,39	-33,46	-15,79	0,67	7,34
15,0	-5,72	-32,70	-13,25	1,97	21,69
30,0	-3,75	-30,44	-5,91	3,18	35,04
45,0	-0,57	-26,76	5,31	4,25	46,78
60,0	3,67	-21,79	18,47	1,80	19,85
75,0	5,48	-21,39	22,33	0,25	2,73
90,0	5,23	-24,69	24,36	0,73	8,09
105,0	5,96	-26,32	26,87	1,78	19,61
120,0	7,74	-25,96	27,23	6,35	70,01
135,0	1,39	-39,16	17,69	5,46	60,16
150,0	-4,07	-50,29	9,25	3,46	38,16
165,0	-7,54	-57,35	3,67	1,19	13,07
180,0	-8,72	-59,76	1,72	1,19	13,07
195,0	-7,54	-57,35	3,67	3,46	38,16
210,0	-4,07	-50,29	9,25	5,46	60,16
225,0	1,39	-39,16	17,69	6,35	70,01
240,0	7,74	-25,96	27,23	1,78	19,61
255,0	5,96	-26,32	26,87	0,73	8,09
270,0	5,23	-24,69	24,36	0,25	2,73
285,0	5,48	-21,39	22,33	1,80	19,85
300,0	3,67	-21,79	18,47	4,25	46,78
315,0	-0,57	-26,76	5,31	3,18	35,04
330,0	-3,75	-30,44	-5,91	1,97	21,69
345,0	-5,72	-32,70	-13,25	0,66	7,31
360,0	-6,38	-33,46	-15,78	0,00	0,03

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 16542576 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	59,8	kN	N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,72	kNm	M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	27,8	kNm	M_{Rd} =	10516	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,3	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 59,76 / 2367 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,0 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,72 / 31,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 65,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,31 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 59,76

V_{Ed} = 1,72

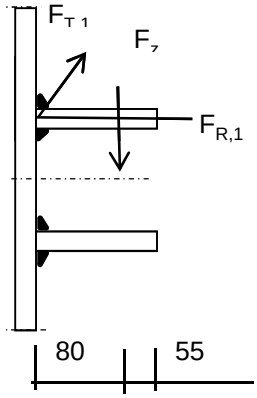
$\sigma_b + \sigma_N$ = 65,8 + 6,0 = 71,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 72 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	64,95	kN
$F_{T,1,h}$ =	50,62	kN
F_z =	17,30	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	70,01	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 31,64 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 43,75 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,43 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,14 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 208,3 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

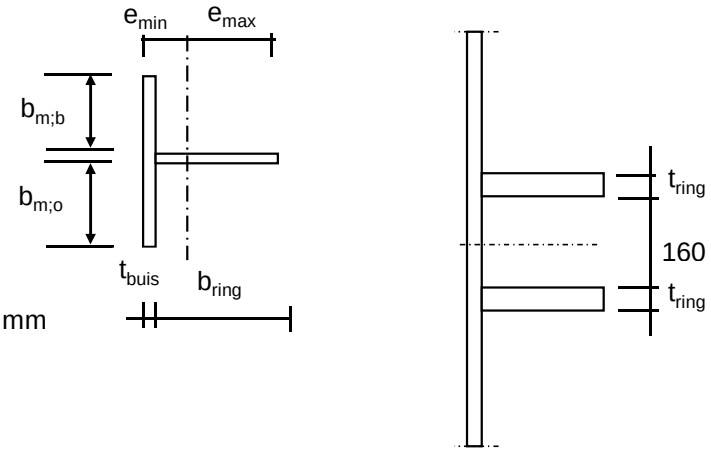
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	208,3	/	302,2	=	0,69	< 1,0 -- Voldoet
$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	81,1	/	244,8	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	mm
$t_{ring;nom}$ =	20	mm
$t_{ring;reken}$ =	20	mm
b_{ring} =	135	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	11790	mm^2
e_{min} =	30,8	mm
e_{max} =	129,2	mm
I =	17896923	mm^4
W_{min} =	138543	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y;Rd}$ =	33	kNm
$M_{w;Rd}$ =	19885	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN

Belastingen op 37,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 57 m)

Belastingen - geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
BG 3 - (wind (90) + ijs)	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
BG 1a - (wind (45 gr))	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
1a- Bundelbr.-(90 gr)	19809	88691	157780	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	23505	94792	175430	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	20736	64612	133945	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	24242	76696	160509	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 749,9 mm

Mast 133 : Lijnhoek = 2. α = 172 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 172 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (750+80)) = 21,2 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;1;Ed}$ kN	$F_{R;2;Ed}$ kN	$F_{R;max;Ed}$ kN	$M_{T;Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,8	39,9	59,8	39,9		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,9	45,6	64,9	45,6		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,7	27,3	62,3	41,4		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,8	44,0	65,7	46,0		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	45,1	31,1	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,8	34,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,2	27,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,5	32,7	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

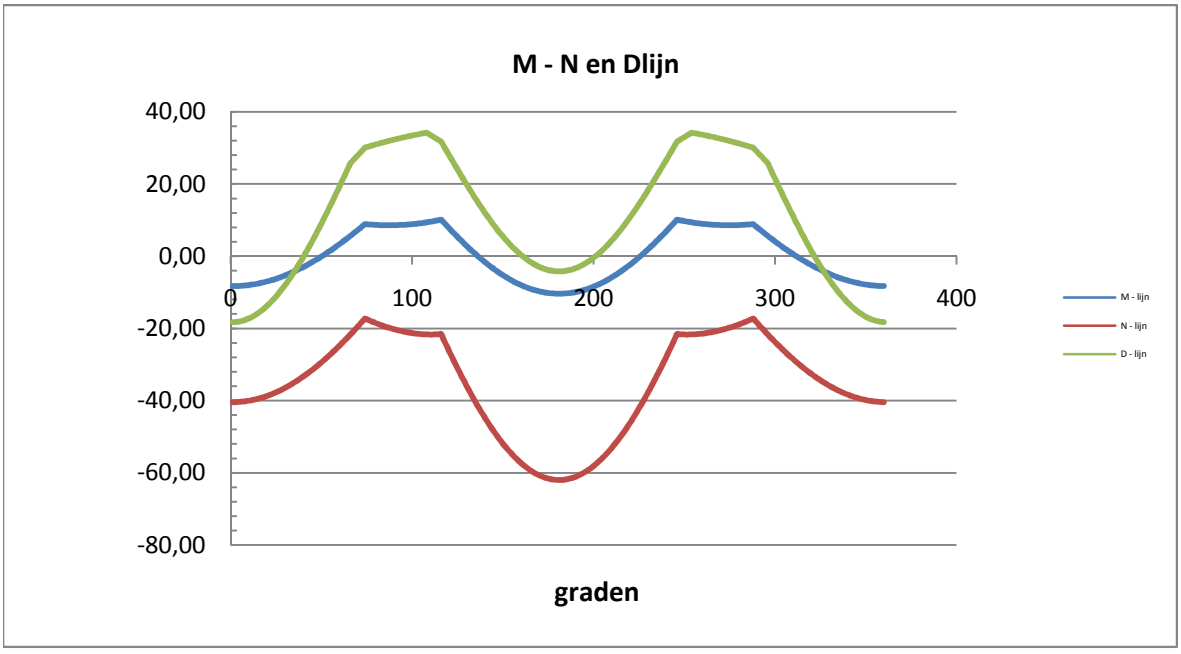
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-8,31	-40,45	-18,29	0,80	8,20
15,0	-7,50	-39,38	-15,45	2,37	24,16
30,0	-5,13	-36,21	-7,30	3,81	38,83
45,0	-1,32	-31,10	5,18	5,05	51,43
60,0	3,74	-24,30	20,44	5,09	51,82
75,0	8,82	-17,74	30,40	0,19	1,95
90,0	8,63	-20,39	32,45	0,62	6,30
105,0	9,25	-21,65	34,05	1,82	18,55
120,0	7,43	-26,94	27,49	7,33	74,62
135,0	0,10	-41,36	15,15	5,69	57,89
150,0	-5,58	-52,53	4,91	3,60	36,65
165,0	-9,18	-59,60	-1,84	1,23	12,54
180,0	-10,41	-62,02	-4,19	1,23	12,54
195,0	-9,18	-59,60	-1,84	3,60	36,65
210,0	-5,58	-52,53	4,91	5,69	57,89
225,0	0,10	-41,36	15,15	7,33	74,62
240,0	7,43	-26,94	27,49	1,82	18,55
255,0	9,25	-21,65	34,05	0,62	6,30
270,0	8,63	-20,39	32,45	0,19	1,95
285,0	8,82	-17,74	30,40	5,09	51,82
300,0	3,74	-24,30	20,44	5,05	51,43
315,0	-1,32	-31,10	5,18	3,81	38,83
330,0	-5,13	-36,21	-7,30	2,37	24,16
345,0	-7,50	-39,38	-15,45	0,80	8,16
360,0	-8,30	-40,45	-18,27	0,00	0,04

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S = 182250\ mm^3$

$I = 17896923\ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	62,0	kN		N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,41	kNm		M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	37,3	kNm		M_{Rd} =	19885	kNm
$V_{Ed;max}$ =	34,2	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 62,02 / 2790 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,41 / 32,8 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 75,2 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 34,22 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 62,02

V_{Ed} = 4,19

$\sigma_b + \sigma_N$ = 75,2 + 5,3 = 80,4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

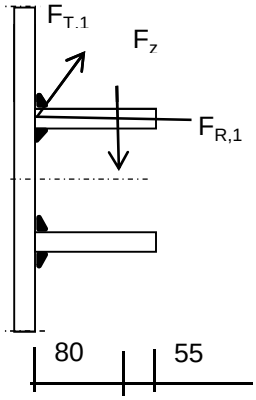
τ_z = 1,6 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 80 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 64,92 kN

$F_{T,1,h}$ = 46,32 kN

F_z = 17,30 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 74,62 kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 210 mm

of

L_{las} = 2 * 80 = 160 mm

L_{las} = 160 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 28,95 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 46,64 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 52,43 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,13 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 208,5 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

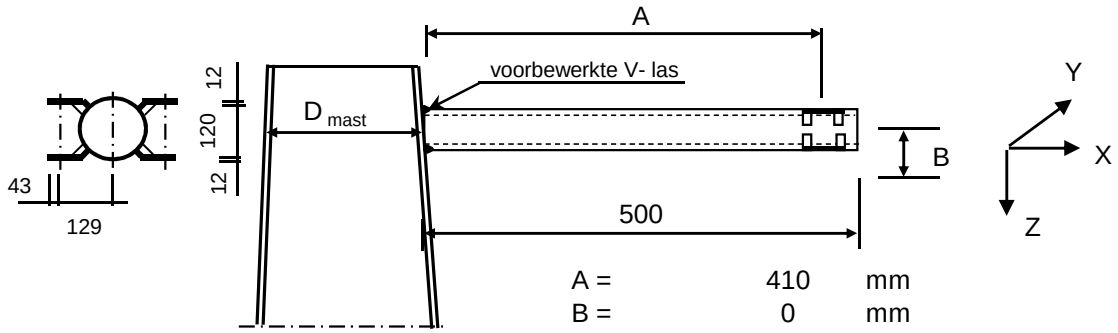
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 208,5 / 302,2 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 81,1 / 244,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519,0	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	66,43	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AM en AM1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20427	32676	2405	20427	-32676	2405
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32447	58144	10564	32447	-58144	10564
BG 1a - (wind (45 gr))	9102	17936	2690	21512	-34167	2393
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26383	54949	10774	33112	-58712	10537
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13529	23227	2532	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20827	35524	4305	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8595	17608	2707	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13832	28362	4573	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14071	23956	2518	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21592	36479	4282	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	40,85	0,00	4,81	0,00	1,97	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,89	0,00	21,13	0,00	8,66	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,61	16,23	5,08	0,00	2,08	6,65
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,49	3,76	21,31	0,00	8,74	1,54
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,53	23,23	2,53	0,00	1,04	9,52
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,83	35,52	4,31	0,00	1,77	14,56
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,59	17,61	2,71	0,00	1,11	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,83	28,36	4,57	0,00	1,87	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	14,07	23,96	2,52	0,00	1,03	9,82
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**21,59**	**36,48**	**4,28**	**0,00**	**1,76**	**14,96**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,76	/	36	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		11,4	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	14,96	/	36	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		97,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	21,59	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	4,28	/	275	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		2,1	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	36,48	/	275	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		18,1	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 103 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 108 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	519,0	18,0	28331	S355	355	3429758
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,32

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 7,24 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 16,10 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,013

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 76,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 8,74 / 69,7 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,1 kNm

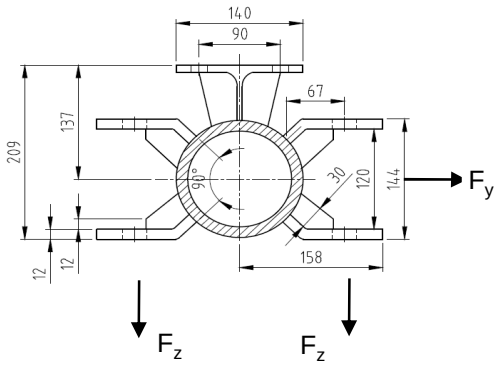
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

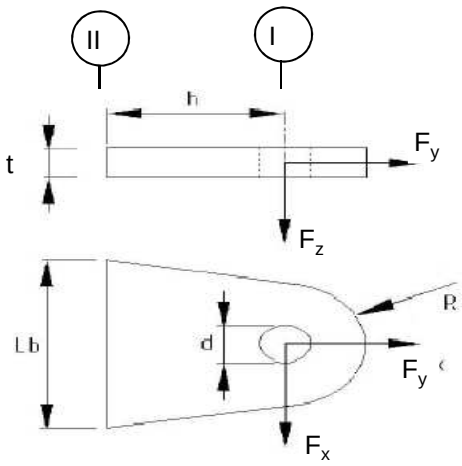
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 69,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,96 / 47,1 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)





R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,43	32,68	2,40
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**32,45**	**58,14**	**10,56**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,10	17,94	2,69
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,38	54,95	10,77

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,22**	**29,07**	**10,56**

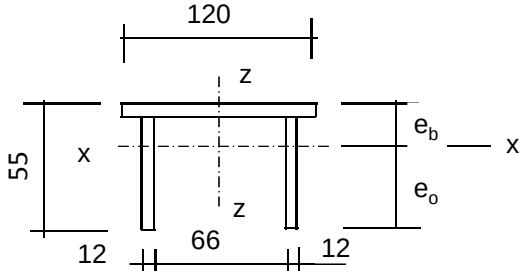
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,5 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	29,07	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,05	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,56	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,69	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,22	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	29,07	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,05	/	10,5	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		23,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,69	/	4,0	=	0,17	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		40,8	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,56	/	141	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		10,2	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,22	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		11,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 76,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 81 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

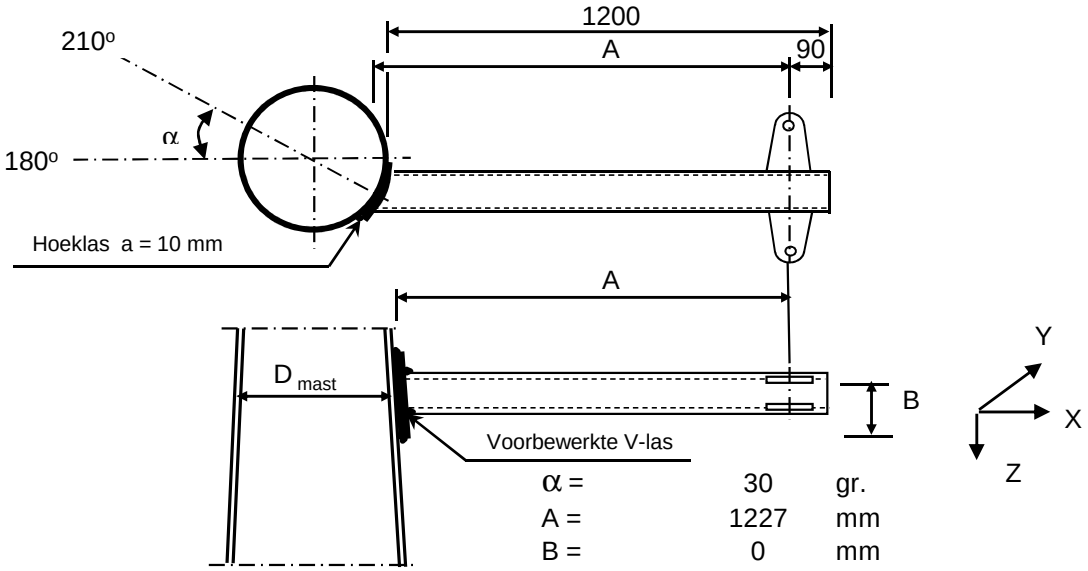
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =			64,7	N/mm^2
τ_1 =			64,7	N/mm^2
τ_2 =	0		13,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	131,5	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	131,5	/	302,2	=	0,44	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	64,7	/	244,8	=	0,26	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	29,5	m

Buisgegevens

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10013	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2370	kN
$W_y = W_z$ =	9,78E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	231,5	kNm
W_x =	1,96E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	231,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	267,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	684,1	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AM en AM1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	31950	53370	5154	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60006	113147	21553	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	18081	36618	5606	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52709	110823	21766	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	33407	55358	5123	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	60787	113655	21522	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	5,15	0,00	6,32	65,50
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,01	113,15	21,55	0,00	26,45	138,86
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	5,61	0,00	6,88	44,94
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,82	21,77	0,00	26,71	136,00
BG 1a - (wind (-45 gr))	33,41	55,36	5,12	0,00	6,29	67,94
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	**60,79**	**113,65**	**21,52**	**0,00**	**26,41**	**139,48**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 26,41 / 231 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 27,0 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 139,48 / 231 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 142,6 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 60,79 / 2370 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 21,52 / 684 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 4,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 113,65 / 684 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 22,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 151 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 156 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

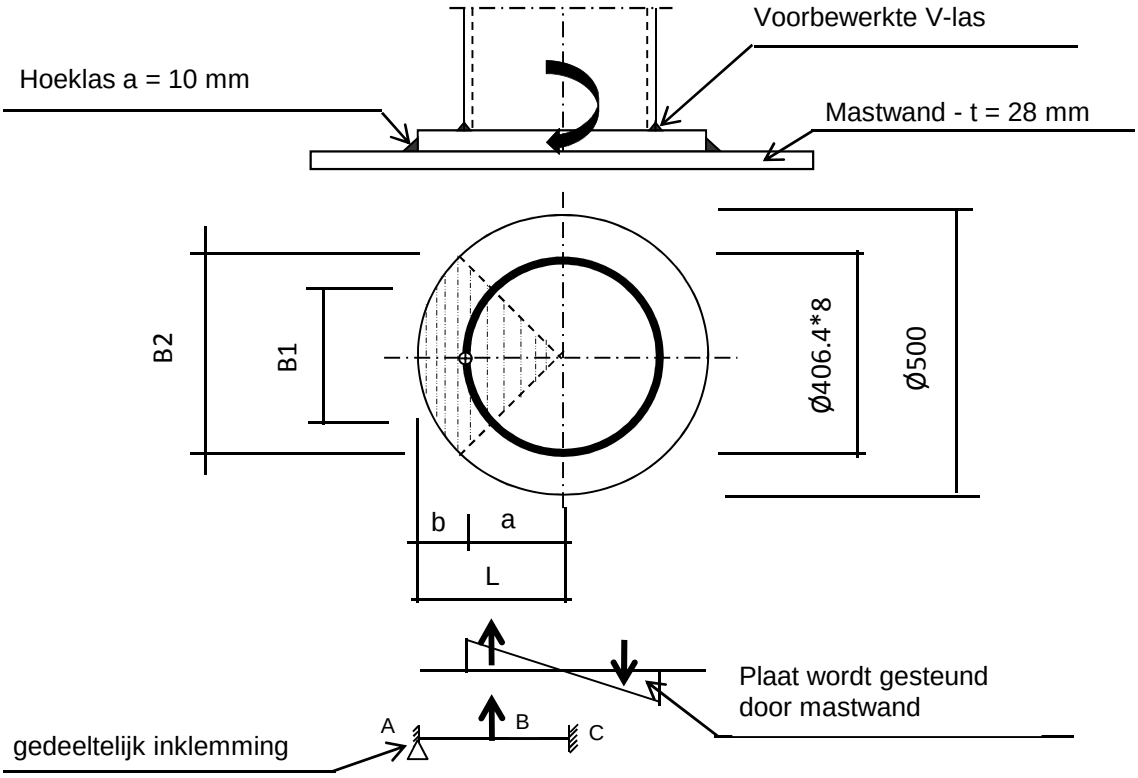
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 406,4*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 500 * 25 - S355

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ; A = 10013 mm^2
W = 978046 mm^3
I = 198738928 mm^4
R = 203 mm

Hoeklas a= 10,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 142,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 310,1 kN

a = R_{buis} = 203,2

b = R_{pl} - a = 46,8

B1 = 287,4 mm ; Boog B1 = 319 mm

B2 = 353,6 mm ; Boog B2 = 393 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 10,49 kNm

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 224,1 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 9,59 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,59 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 281,6 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 9,6 * 40,0% = 3,84 kNm

$M_{B;Ed}$ = 10,5 * 60,0% + 3,6 * 40,0% = 7,73 kNm

$R_{A;Ed}$ = 224,1 * 60,0% + 281,6 * 40,0% = 247,1 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 14,52 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 11,80 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 3,84 / 14,52 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 62,5 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 7,73 / 11,80 = 0,65 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 154,9 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 247,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 25,2 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 31,0 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 164,0 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 110,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 44,5 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	110,5	+	44,5	=		155,0	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	110,5	-	44,5	=		66,0	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		192,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	192,6	/	302,2	=	0,64	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	155,0	/	244,8	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1749,8	28,0	151459	S355	355	64169592
Plaat	500,0		196350	S355	355	12271846

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,29

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,2

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 429,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 15563,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,69 of n_p = -0,675

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 466,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 956,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 26,71 / 466,7 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 211,6 kNm

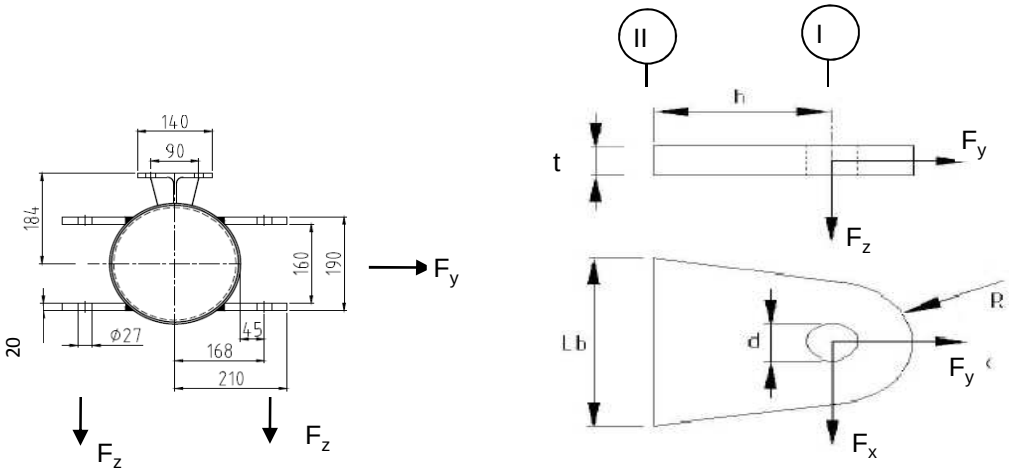
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 956,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 139,48 / 211,6 = 0,66 < 1,0 -- Voldoet

9.3,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	5,15
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,01	113,15	21,55
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	5,61
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,82	21,77
BG 1a - (wind (-45 gr))	33,41	55,36	5,12
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	**60,79**	**113,65**	**21,52**

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

Per clip :	**30,39**	**56,83**	**21,52**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,6 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 51 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6	kN

N_{Ed} =	56,83	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,28	kNm
$V_{z,Ed}$ =	21,52	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,61	kNm
$V_{x,Ed}$ =	30,39	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,83	/	663	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		20,3	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,28	/	15,5	=	0,15	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		34,9	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,61	/	2,2	=	0,73	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		172,9	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,52	/	383	/	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	30,39	/	383	/	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		10,9	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 228,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 229 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

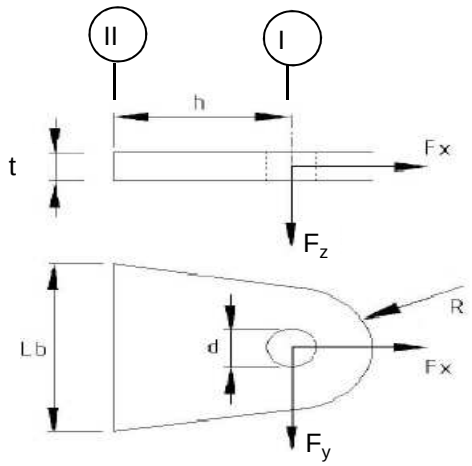
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN

$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2716,3	32,0	269859	S355	355	178989953
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1128,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 41892,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,67 of $n_p =$ -0,648

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,66

$N_{1,Rd} =$ 812,2 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 812,2 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 89,3 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 89,3 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

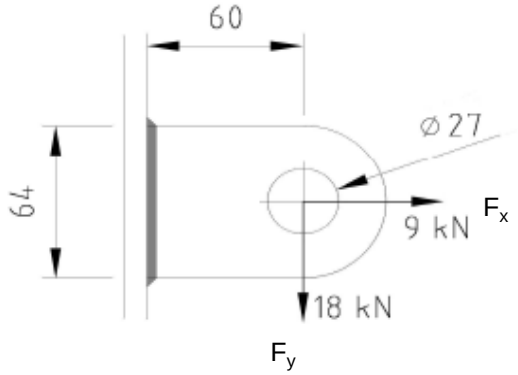
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
66,43 - 64,93 - 56,8 - 54,3 - 46,8 - 44,3 - 36,8 en 34,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm	
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm	
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN

N_{Ed} = 9,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 18,00 kN
$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h = 1,080 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 34.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1589,8	28,0	137386	S355	355	52715966
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 355,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11445,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,62 of $n_p =$ -0,604

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,70

$N_{1,Rd} =$ 655,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 655,4 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 41,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 41,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

Clip op 64,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	569,0	18,0	31158	S355	355	4160559
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 36,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 567,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,39 of $n_p =$ -0,381

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,84

$N_{1,Rd} =$ 330,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 330,5 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 21,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 21,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

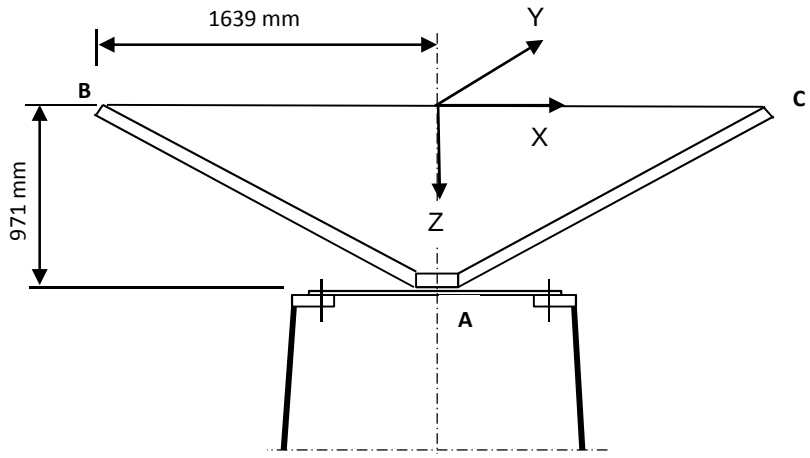
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



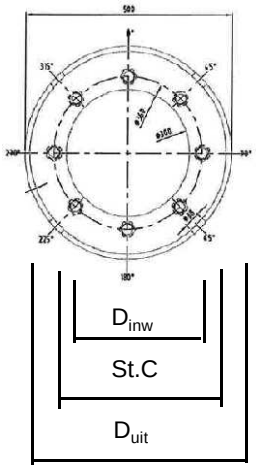
Buis rond 500 * 18

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

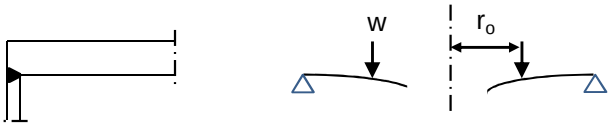
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

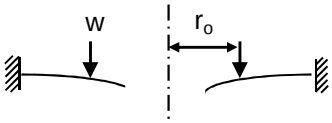
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 60,0%

Percentage vrij oplegging = 40,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 922 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 21060 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 21982 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 21982 / 35500 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 146,5 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 18 - S355 ;

A = 27256 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 9676 kN

$W_y = W_z$ = 3,17E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1125,6 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 9676 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1126 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,7 N/mm^2

σ_{max} = 24,0 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

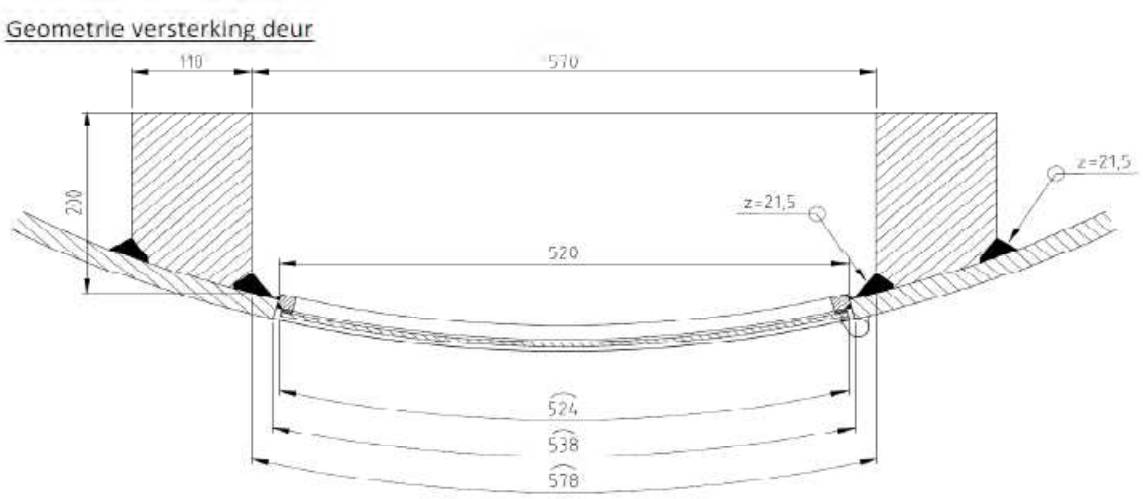
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

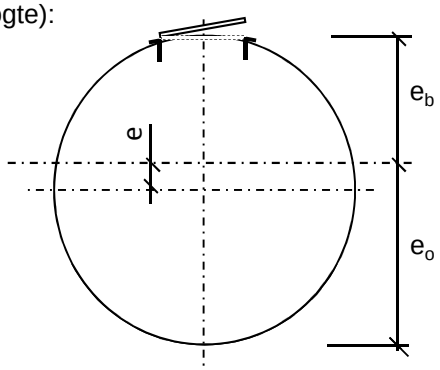
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2692	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	267430	mm^2
$A_{versterking}$ =	40756	mm^2
$A_{verlies}$ =	16546	mm^2
A_{tot} =	291639	mm^2

e =	89,3	mm			
e_b =	1256,8	mm ;	e_o =	1435,4	mm

I_{tot} =	2,62E+11	mm^4
W_{min} =	1,82E+08	mm^3
W_{max} =	2,08E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	42292	kNm ;	N_{Ed} =	1128 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,9	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	231,9	N/mm^2

σ_{max} = 3,9 + 231,9 = 235,8 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AM, AM1 en AM2

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Appendix AM

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20535	70457	137541	20535	70457	-137541
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20567	69654	136873	20567	69654	-136873
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20605	68667	136107	20605	68667	-136107
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2662	9796	18589	2662	9796	-18589
	Comp. gl	5578	18864	37162			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21292	72977	153790	21292	72977	-153790
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21293	72878	153790	21293	72878	-153790
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21296	72754	153794	21296	72754	-153794
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2774	9509	19910	2774	9509	-19910
	Comp. gl	5746	19348	40834			
3	380C1F1 / 380C2F1	35343	104308	216117	35343	104308	-216117
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35350	104016	216079	35350	104016	-216079
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35357	103650	216048	35357	103650	-216048
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10767	26780	54943	10767	26780	-54943
	Comp. gl	21759	53218	110749			
4	380C1F1 / 380C2F1	24366	73760	155468	24366	73760	-155468
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24367	73665	155476	24367	73665	-155476
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24369	73546	155489	24369	73546	-155489
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3606	10784	22642	3606	10784	-22642
	Comp. gl	7412	21973	46464			
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	GW / opgw	3042	9033	19370	3042	9033	-19370
	Comp. gl	6308	18706	40115			
1a	380C1F1 / 380C2F1	20662	67118	135058	18727	130892	-213646
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20676	66676	134801	18849	124298	-204724
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20694	66130	134514	19025	115903	-193407
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2690	9102	17936	2393	21512	-34167
	Comp. gl	5606	18081	36618			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21299	72551	153812	21031	79758	-157648
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21299	72490	153820	21069	78952	-156960
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21300	72414	153833	21114	77961	-156170
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2776	9428	19903	2717	10900	-20986
	Comp. gl	5747	19246	40842			
3	380C1F1 / 380C2F1	35368	103053	216039	34506	125330	-231326
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35371	102877	216046	34616	122818	-228850
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35374	102654	216063	34753	119723	-225945
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10774	26383	54949	10537	33112	-58712
	Comp. gl	21766	52709	110823			
4	380C1F1 / 380C2F1	24371	73349	155521	24179	79984	-158123
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24371	73290	155533	24207	79259	-157612
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24372	73215	155550	24240	78367	-157033
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3607	10709	22648	3568	11965	-23268
	Comp. gl	7413	21876	46482			
1a	380C1F1 / 380C2F1	18836	124973	205636	18836	124973	-205636
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18960	118865	197393	18960	118865	-197393
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19137	111112	186984	19137	111112	-186984
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2405	20427	32676	2405	20427	-32676
	Comp. gl	5154	31950	53370			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21065	79033	157027	21065	79033	-157027
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21099	78306	156438	21099	78306	-156438
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21139	77413	155764	21139	77413	-155764
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2724	10748	20826	2724	10748	-20826
	Comp. gl	5698	20776	41529			
3	380C1F1 / 380C2F1	34605	123071	229096	34605	123071	-229096
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34705	120802	226938	34705	120802	-226938
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34828	118007	224416	34828	118007	-224416
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	10564	32447	58144	10564	32447	-58144
	Comp. gl	21553	60006	113147			
4	380C1F1 / 380C2F1	24204	79332	157662	24204	79332	-157662

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Appendix AM

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24228	78678	157228	24228	78678	-157228
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24257	77871	156739	24257	77871	-156739
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3573	11840	23166	3573	11840	-23166
	Comp. gl	7381	23236	46801			
1a	380C1F1 / 380C2F1	18727	130892	213646	20662	67118	-135058
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18849	124298	204724	20676	66676	-134801
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19025	115903	193407	20694	66130	-134514
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2393	21512	34167	2690	9102	-17936
	Comp. gl	5123	33407	55358			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21031	79758	157648	21299	72551	-153812
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21069	78952	156960	21299	72490	-153820
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21114	77961	156170	21300	72414	-153833
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2717	10900	20986	2776	9428	-19903
	Comp. gl	5691	20946	41666			
3	380C1F1 / 380C2F1	34506	125330	231326	35368	103053	-216039
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	34616	122818	228850	35371	102877	-216046
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	34753	119723	225945	35374	102654	-216063
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	10537	33112	58712	10774	26383	-54949
0	Comp. gl	21522	60787	113655			
4	380C1F1 / 380C2F1	24179	79984	158123	24371	73349	-155521
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24207	79259	157612	24371	73290	-155533
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24240	78367	157033	24372	73215	-155550
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3568	11965	23268	3607	10709	-22648
	Comp. gl	7376	23380	46883			
1a	380C1F1 / 380C2F1	15422	58488	111876	15422	58488	-111876
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15461	57534	110885	15461	57534	-110885
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15509	56365	109729	15509	56365	-109729
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1988	8291	15363	1988	8291	-15363
	Comp. gl	4191	15495	29938			
1b	380C1F1 / 380C2F1	16205	59272	124401	16205	59272	-124401
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16208	59166	124383	16208	59166	-124383
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16211	59032	124367	16211	59032	-124367
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2106	7664	15952	2106	7664	-15952
	Comp. gl	4364	15551	32691			
3	380C1F1 / 380C2F1	30398	93212	192322	30398	93212	-192322
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30406	92905	192253	30406	92905	-192253
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30415	92522	192185	30415	92522	-192185
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10139	25649	52518	10139	25649	-52518
	Comp. gl	20458	50870	105713			
4	380C1F1 / 380C2F1	19350	61249	128638	19350	61249	-128638
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19352	61149	128635	19352	61149	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19354	61024	128636	19354	61024	-128636
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2951	9163	19166	2951	9163	-19166
	Comp. gl	6056	18625	39283			
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	GW / opgw	2052	6441	13813	2052	6441	-13813
	Comp. gl	4257	13367	28666			
1a	380C1F1 / 380C2F1	15582	54545	108098	13806	126006	-203173
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15602	54030	107684	13890	119001	-193370
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15625	53398	107212	14016	110000	-180753
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2021	7466	14428	1768	21037	-33148
	Comp. gl	4227	14575	29100			
1b	380C1F1 / 380C2F1	16215	58815	124356	15857	67190	-130698
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16216	58751	124357	15905	66222	-129664
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16217	58671	124361	15964	65038	-128458
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2108	7575	15928	2034	9312	-17581
	Comp. gl	4366	15442	32684			
3	380C1F1 / 380C2F1	30428	91900	192122	29451	116087	-211509
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30432	91717	192115	29570	113337	-208524

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Appendix AM

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	30436	91487	192116	29719	109946	-204983
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10146	25246	52512	9897	32170	-56692
	Comp. gl	20465	50355	105775			
4	380C1F1 / 380C2F1	19357	60818	128650	19112	68193	-132842
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19357	60757	128657	19147	67364	-132104
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19358	60680	128669	19188	66345	-131256
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2953	9084	19164	2906	10470	-20062
	Comp. gl	6057	18525	39295			
1a	380C1F1 / 380C2F1	13881	119720	194377	13881	119720	-194377
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13969	113188	185223	13969	113188	-185223
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14100	104813	173480	14100	104813	-173480
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1776	19912	31571	1776	19912	-31571
	Comp. gl	3796	30324	49885			
1b	380C1F1 / 380C2F1	15900	66320	129767	15900	66320	-129767
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15943	65450	128869	15943	65450	-128869
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15996	64385	127826	15996	64385	-127826
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2042	9129	17355	2042	9129	-17355
	Comp. gl	4299	17201	33862			
3	380C1F1 / 380C2F1	29558	113615	208821	29558	113615	-208821
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29667	111128	206198	29667	111128	-206198
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29802	108065	203101	29802	108065	-203101
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9924	31483	56078	9924	31483	-56078
	Comp. gl	20237	57832	108487			
4	380C1F1 / 380C2F1	19143	67447	132177	19143	67447	-132177
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19174	66700	131543	19174	66700	-131543
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19210	65782	130817	19210	65782	-130817
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2911	10328	19925	2911	10328	-19925
	Comp. gl	6017	19993	39846			
1a	380C1F1 / 380C2F1	13806	126006	203173	15582	54545	-108098
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13890	119001	193370	15602	54030	-107684
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14016	110000	180753	15625	53398	-107212
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1768	21037	33148	2021	7466	-14428
	Comp. gl	3774	31888	52102			
1b	380C1F1 / 380C2F1	15857	67190	130698	16215	58815	-124356
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15905	66222	129664	16216	58751	-124357
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15964	65038	128458	16217	58671	-124361
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2034	9312	17581	2108	7575	-15928
	Comp. gl	4290	17404	34071			
3	380C1F1 / 380C2F1	29451	116087	211509	30428	91900	-192122
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29570	113337	208524	30432	91717	-192115
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	29719	109946	204983	30436	91487	-192116
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9897	32170	56692	10146	25246	-52512
0	Comp. gl	20205	58639	109050			
4	380C1F1 / 380C2F1	19112	68193	132842	19357	60818	-128650
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19147	67364	132104	19357	60757	-128657
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19188	66345	131256	19358	60680	-128669
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2906	10470	20062	2953	9084	-19164
	Comp. gl	6011	20153	39963			

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012 Appendix AM1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20699	65977	134441	20699	65977	-134441
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20708	65654	134296	20708	65654	-134296
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20720	65253	134139	20720	65253	-134139
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2698	8869	17762	2698	8869	-17762
	Comp. gl	5614	17812	36486			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21296	72727	153795	21296	72727	-153795
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21297	72651	153801	21297	72651	-153801
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21299	72555	153811	21299	72555	-153811
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	9462	19904	2775	9462	-19904
	Comp. gl	5747	19288	40837			
3	380C1F1 / 380C2F1	24217	77768	160718	24217	77768	-160718
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24223	77516	160650	24223	77516	-160650
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24231	77203	160580	24231	77203	-160580
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4560	14234	28537	4560	14234	-28537
	Comp. gl	9345	28197	57771			
4	380C1F1 / 380C2F1	23664	71801	151809	23664	71801	-151809
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23665	71727	151819	23665	71727	-151819
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23666	71634	151835	23666	71634	-151835
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10310	21723	3430	10310	-21723
	Comp. gl	7060	21062	44641			
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	23267	68714	-147358
	GW / opgw	3042	9033	19370	3042	9033	-19370
	Comp. gl	6308	18706	40115			
1a	380C1F1 / 380C2F1	20736	64612	133945	19712	91430	-161221
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20740	64426	133904	19820	88382	-157396
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20745	64192	133864	19961	84600	-152759
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2707	8595	17608	2518	14071	-23956
	Comp. gl	5622	17489	36384			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21300	72397	153836	21124	77744	-156006
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21301	72350	153845	21150	77158	-155583
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21302	72290	153858	21180	76436	-155104
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2777	9399	19904	2737	10478	-20559
	Comp. gl	5748	19209	40848			
3	380C1F1 / 380C2F1	24242	76696	160509	23415	96871	-177798
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24245	76547	160498	23515	94559	-175168
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24249	76360	160492	23641	91710	-172042
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4573	13832	28362	4282	21592	-36479
	Comp. gl	9357	27714	57666			
4	380C1F1 / 380C2F1	23668	71479	151867	23538	76505	-153345
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	71433	151878	23557	75966	-153023
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23668	71374	151894	23579	75301	-152663
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10251	21730	3404	11206	-22118
	Comp. gl	7061	20986	44659			
1a	380C1F1 / 380C2F1	19809	88691	157780	19809	88691	-157780
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19910	85922	154364	19910	85922	-154364

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012 Appendix AM1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20042	82494	150243	20042	82494	-150243
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2532	13529	23227	2532	13529	-23227
	Comp. gl	5408	23161	41795			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21147	77217	155624	21147	77217	-155624
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21170	76688	155265	21170	76688	-155265
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21196	76036	154860	21196	76036	-154860
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2742	10368	20456	2742	10368	-20456
	Comp. gl	5716	20350	41220			
3	380C1F1 / 380C2F1	23505	94792	175430	23505	94792	-175430
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23597	92703	173116	23597	92703	-173116
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23711	90132	170378	23711	90132	-170378
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4305	20827	35524	4305	20827	-35524
	Comp. gl	9035	35848	64462			
4	380C1F1 / 380C2F1	23555	76021	153054	23555	76021	-153054
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23572	75533	152784	23572	75533	-152784
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23591	74930	152483	23591	74930	-152483
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3408	11112	22050	3408	11112	-22050
	Comp. gl	7039	22031	44824			
1a	380C1F1 / 380C2F1	19712	91430	161221	20736	64612	-133945
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19820	88382	157396	20740	64426	-133904
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19961	84600	152759	20745	64192	-133864
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2518	14071	23956	2707	8595	-17608
	Comp. gl	5384	23813	42604			
1b	380C1F1 / 380C2F1	21124	77744	156006	21300	72397	-153836
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21150	77158	155583	21301	72350	-153845
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21180	76436	155104	21302	72290	-153858
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2737	10478	20559	2777	9399	-19904
	Comp. gl	5711	20474	41304			
3	380C1F1 / 380C2F1	23415	96871	177798	24242	76696	-160509
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23515	94559	175168	24245	76547	-160498
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23641	91710	172042	24249	76360	-160492
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4282	21592	36479	4573	13832	-28362
0	Comp. gl	8998	36770	65509			
4	380C1F1 / 380C2F1	23538	76505	153345	23668	71479	-151867
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23557	75966	153023	23668	71433	-151878
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23579	75301	152663	23668	71374	-151894
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3404	11206	22118	3431	10251	-21730
	Comp. gl	7036	22140	44876			
1a	380C1F1 / 380C2F1	15631	53222	107089	15631	53222	-107089
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15644	52852	106842	15644	52852	-106842
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15659	52395	106565	15659	52395	-106565
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2032	7191	14164	2032	7191	-14164
	Comp. gl	4238	14265	28881			
1b	380C1F1 / 380C2F1	16211	59002	124364	16211	59002	-124364
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16213	58921	124359	16213	58921	-124359
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16215	58819	124356	16215	58819	-124356
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	7611	15936	2107	7611	-15936

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012 Appendix AM1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4365	15487	32685			
3	380C1F1 / 380C2F1	19175	65151	133662	19175	65151	-133662
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19184	64874	133539	19184	64874	-133539
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19194	64530	133405	19194	64530	-133405
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3908	12761	25379	3908	12761	-25379
	Comp. gl	7997	25101	51130			
4	380C1F1 / 380C2F1	18642	59156	124693	18642	59156	-124693
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18644	59079	124696	18644	59079	-124696
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18645	58982	124703	18645	58982	-124703
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	8662	18188	2775	8662	-18188
	Comp. gl	5701	17660	37345			
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	15721	49434	-106011
	GW / opgw	2052	6441	13813	2052	6441	-13813
	Comp. gl	4257	13367	28666			
1a	380C1F1 / 380C2F1	15681	51673	106198	14568	82988	-143122
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15687	51465	106112	14665	79514	-138382
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15694	51208	106019	14797	75160	-132520
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2043	6874	13917	1855	13161	-22006
	Comp. gl	4249	13902	28691			
1b	380C1F1 / 380C2F1	16218	58653	124362	15976	64778	-128204
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16218	58603	124366	16010	64081	-127542
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16219	58541	124374	16051	63227	-126778
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7544	15925	2057	8805	-16970
	Comp. gl	4366	15403	32687			
3	380C1F1 / 380C2F1	19209	63980	133241	18249	87128	-156908
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19213	63820	133206	18353	84478	-153553
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19218	63620	133173	18488	81196	-149499
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3923	12329	25138	3623	20729	-34628
	Comp. gl	8011	24589	50965			
4	380C1F1 / 380C2F1	18647	58821	124723	18478	64373	-127328
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18647	58774	124731	18503	63757	-126843
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18648	58713	124742	18531	63001	-126289
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2775	8600	18190	2742	9652	-18786
	Comp. gl	5702	17581	37358			
1a	380C1F1 / 380C2F1	14654	79867	138862	14654	79867	-138862
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14749	76687	134564	14749	76687	-134564
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14877	72714	129275	14877	72714	-129275
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1866	12565	21161	1866	12565	-21161
	Comp. gl	4006	20558	36214			
1b	380C1F1 / 380C2F1	16007	64151	127607	16007	64151	-127607
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16037	63524	127038	16037	63524	-127038
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16073	62756	126383	16073	62756	-126383
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2063	8673	16820	2063	8673	-16820
	Comp. gl	4322	16695	33383			
3	380C1F1 / 380C2F1	18342	84746	153890	18342	84746	-153890

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012 Appendix AM1

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18440	82341	150900	18440	82341	-150900
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18566	79371	147305	18566	79371	-147305
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3644	19917	33572	3644	19917	-33572
	Comp. gl	7657	33468	59360			
4	380C1F1 / 380C2F1	18500	63819	126890	18500	63819	-126890
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18522	63265	126476	18522	63265	-126476
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18547	62582	126006	18547	62582	-126006
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2746	9546	18691	2746	9546	-18691
	Comp. gl	5674	18707	37694			
1a	380C1F1 / 380C2F1	14568	82988	143122	15681	51673	-106198
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14665	79514	138382	15687	51465	-106112
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14797	75160	132520	15694	51208	-106019
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	13161	22006	2043	6874	-13917
	Comp. gl	3984	21310	37236			
1b	380C1F1 / 380C2F1	15976	64778	128204	16218	58653	-124362
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16010	64081	127542	16218	58603	-124366
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16051	63227	126778	16219	58541	-124374
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2057	8805	16970	2109	7544	-15925
	Comp. gl	4316	16842	33515			
3	380C1F1 / 380C2F1	18249	87128	156908	19209	63980	-133241
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18353	84478	153553	19213	63820	-133206
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18488	81196	149499	19218	63620	-133173
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3623	20729	34628	3923	12329	-25138
0	Comp. gl	7620	34471	60580			
4	380C1F1 / 380C2F1	18478	64373	127328	18647	58821	-124723
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18503	63757	126843	18647	58774	-124731
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18531	63001	126289	18648	58713	-124742
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2742	9652	18786	2775	8600	-18190
	Comp. gl	5670	18828	37772			

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	20699	65977	134441	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20708	65654	134296	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20720	65253	134139	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2698	8869	17762	0	0	0
	Comp. gl	5614	17812	36486	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21296	72727	153795	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21297	72651	153801	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21299	72555	153811	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	9462	19904	0	0	0
	Comp. gl	5747	19288	40837	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24217	77768	160718	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24223	77516	160650	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24231	77203	160580	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4560	14234	28537	0	0	0
	Comp. gl	9345	28197	57771	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23664	71801	151809	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23665	71727	151819	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23666	71634	151835	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3430	10310	21723	0	0	0
	Comp. gl	7060	21062	44641	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	23267	68714	147358	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23267	68714	147358	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	23267	68714	147358	0	0	0
	GW / opgw	3042	9033	19370	0	0	0
	Comp. gl	6308	18706	40115	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	20736	64612	133945	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20740	64426	133904	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20745	64192	133864	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2707	8595	17608	0	0	0
	Comp. gl	5622	17489	36384	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21300	72397	153836	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21301	72350	153845	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21302	72290	153858	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2777	9399	19904	0	0	0
	Comp. gl	5748	19209	40848	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	24242	76696	160509	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24245	76547	160498	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	24249	76360	160492	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4573	13832	28362	0	0	0
	Comp. gl	9357	27714	57666	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23668	71479	151867	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23668	71433	151878	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23668	71374	151894	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3431	10251	21730	0	0	0
	Comp. gl	7061	20986	44659	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19809	88691	157780	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19910	85922	154364	0	0	0

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20042	82494	150243	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2532	13529	23227	0	0	0
	Comp. gl	5408	23161	41795	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21147	77217	155624	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21170	76688	155265	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21196	76036	154860	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2742	10368	20456	0	0	0
	Comp. gl	5716	20350	41220	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23505	94792	175430	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23597	92703	173116	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23711	90132	170378	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4305	20827	35524	0	0	0
	Comp. gl	9035	35848	64462	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23555	76021	153054	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23572	75533	152784	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23591	74930	152483	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3408	11112	22050	0	0	0
	Comp. gl	7039	22031	44824	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	19712	91430	161221	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19820	88382	157396	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19961	84600	152759	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2518	14071	23956	0	0	0
	Comp. gl	5384	23813	42604	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	21124	77744	156006	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21150	77158	155583	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21180	76436	155104	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2737	10478	20559	0	0	0
	Comp. gl	5711	20474	41304	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	23415	96871	177798	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23515	94559	175168	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23641	91710	172042	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4282	21592	36479	0	0	0
0	Comp. gl	8998	36770	65509	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	23538	76505	153345	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23557	75966	153023	0	0	0
Permanent loads γg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23579	75301	152663	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3404	11206	22118	0	0	0
	Comp. gl	7036	22140	44876	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15631	53222	107089	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15644	52852	106842	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15659	52395	106565	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2032	7191	14164	0	0	0
	Comp. gl	4238	14265	28881	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16211	59002	124364	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16213	58921	124359	0	0	0
Permanent loads γg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16215	58819	124356	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2107	7611	15936	0	0	0

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	4365	15487	32685	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19175	65151	133662	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19184	64874	133539	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19194	64530	133405	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3908	12761	25379	0	0	0
	Comp. gl	7997	25101	51130	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18642	59156	124693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18644	59079	124696	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18645	58982	124703	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2775	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	5701	17660	37345	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	15721	49434	106011	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15721	49434	106011	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	15721	49434	106011	0	0	0
	GW / opgw	2052	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	4257	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	15681	51673	106198	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15687	51465	106112	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15694	51208	106019	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2043	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	4249	13902	28691	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16218	58653	124362	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16218	58603	124366	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16219	58541	124374	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2109	7544	15925	0	0	0
	Comp. gl	4366	15403	32687	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19209	63980	133241	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19213	63820	133206	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	19218	63620	133173	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3923	12329	25138	0	0	0
	Comp. gl	8011	24589	50965	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18647	58821	124723	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18647	58774	124731	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18648	58713	124742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2775	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	5702	17581	37358	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14654	79867	138862	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14749	76687	134564	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14877	72714	129275	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1866	12565	21161	0	0	0
	Comp. gl	4006	20558	36214	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	16007	64151	127607	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16037	63524	127038	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16073	62756	126383	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2063	8673	16820	0	0	0
	Comp. gl	4322	16695	33383	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18342	84746	153890	0	0	0

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18440	82341	150900	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18566	79371	147305	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3644	19917	33572	0	0	0
	Comp. gl	7657	33468	59360	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18500	63819	126890	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18522	63265	126476	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18547	62582	126006	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2746	9546	18691	0	0	0
	Comp. gl	5674	18707	37694	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14568	82988	143122	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14665	79514	138382	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14797	75160	132520	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	13161	22006	0	0	0
	Comp. gl	3984	21310	37236	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	15976	64778	128204	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16010	64081	127542	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	16051	63227	126778	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2057	8805	16970	0	0	0
	Comp. gl	4316	16842	33515	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	18249	87128	156908	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18353	84478	153553	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18488	81196	149499	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3623	20729	34628	0	0	0
0	Comp. gl	7620	34471	60580	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	18478	64373	127328	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18503	63757	126843	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18531	63001	126289	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2742	9652	18786	0	0	0
	Comp. gl	5670	18828	37772	0	0	0

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) Appendix AM2

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17279	58927	117335	17279	58927	-117335
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17298	58429	116970	17298	58429	-116970
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17320	57816	116556	17320	57816	-116556
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2244	8041	15633	2244	8041	-15633
	Comp. gl	4688	15792	31671			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17918	63549	134475	17918	63549	-134475
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17919	63485	134478	17919	63485	-134478
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17920	63404	134485	17920	63404	-134485
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2332	8213	17291	2332	8213	-17291
	Comp. gl	4828	16750	35482			
3	380C1F1 / 380C2F1	27294	84616	176414	27294	84616	-176414
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27298	84424	176394	27298	84424	-176394
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27303	84182	176378	27303	84182	-176378
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7709	20637	42599	7709	20637	-42599
	Comp. gl	15603	41147	85989			
4	380C1F1 / 380C2F1	19851	62101	131369	19851	62101	-131369
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19852	62039	131376	19852	62039	-131376
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19852	61960	131388	19852	61960	-131388
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2876	8891	18744	2876	8891	-18744
	Comp. gl	5920	18179	38546			
1a	380C1F1 / 380C2F1	17351	56851	116000	15955	98185	-165875
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17360	56574	115867	16063	93713	-159762
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17369	56231	115721	16214	88074	-152123
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2260	7613	15270	2033	15816	-25943
	Comp. gl	4703	15304	31383			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17921	63272	134504	17768	67816	-136504
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17922	63232	134511	17790	67314	-136123
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17922	63182	134521	17817	66698	-135690
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2333	8161	17290	2299	9081	-17880
	Comp. gl	4829	16683	35490			
3	380C1F1 / 380C2F1	27310	83788	176380	26752	98431	-186132
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27311	83672	176387	26826	96772	-184515
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	27313	83525	176400	26917	94733	-182630
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7714	20369	42597	7548	24967	-45349
	Comp. gl	15608	40805	86033			
4	380C1F1 / 380C2F1	19854	61831	131413	19742	66084	-132785
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19854	61792	131422	19759	65625	-132496
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19854	61743	131435	19778	65059	-132171
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2876	8841	18749	2853	9651	-19102
	Comp. gl	5920	18115	38560			
1a	380C1F1 / 380C2F1	16052	94169	160383	16052	94169	-160383
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16159	90057	154798	16159	90057	-154798
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16308	84886	147853	16308	84886	-147853
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2045	15061	24882	2045	15061	-24882

W2H400A+10 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) Appendix AM2

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4391	24164	41725			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17788	67365	136160	17788	67365	-136160
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17808	66913	135836	17808	66913	-135836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17831	66356	135469	17831	66356	-135469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2303	8986	17789	2303	8986	-17789
	Comp. gl	4801	17651	35835			
3	380C1F1 / 380C2F1	26819	96939	184675	26819	96939	-184675
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26886	95443	183272	26886	95443	-183272
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26966	93605	181644	26966	93605	-181644
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7567	24507	44936	7567	24507	-44936
	Comp. gl	15461	45750	87759			
4	380C1F1 / 380C2F1	19757	65672	132524	19757	65672	-132524
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19771	65257	132280	19771	65257	-132280
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19788	64744	132008	19788	64744	-132008
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2856	9570	19041	2856	9570	-19041
	Comp. gl	5901	18997	38721			
1a	380C1F1 / 380C2F1	15955	98185	165875	17351	56851	-116000
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16063	93713	159762	17360	56574	-115867
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16214	88074	152123	17369	56231	-115721
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2033	15816	25943	2260	7613	-15270
	Comp. gl	4365	25140	43060			
1b	380C1F1 / 380C2F1	17768	67816	136504	17921	63272	-134504
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17790	67314	136123	17922	63232	-134511
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17817	66698	135690	17922	63182	-134521
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2299	9081	17880	2333	8161	-17290
	Comp. gl	4797	17757	35910			
3	380C1F1 / 380C2F1	26752	98431	186132	27310	83788	-176380
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26826	96772	184515	27311	83672	-176387
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	26917	94733	182630	27313	83525	-176400
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7548	24967	45349	7714	20369	-42597
	Comp. gl	15439	46283	88127			
4	380C1F1 / 380C2F1	19742	66084	132785	19854	61831	-131413
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19759	65625	132496	19854	61792	-131422
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19778	65059	132171	19854	61743	-131435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2853	9651	19102	2876	8841	-18749
	Comp. gl	5899	19090	38768			

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S350(+5)"

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-detailberekening toegevoegd	22 - 03 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-mast met nieuwe V-brace	24 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	M. 24-1-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2S300(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

	blz.
9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV	55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast	62
9.1.3 Berekening clips 14,5	65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator	67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm	69
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	70
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	72
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	73
9.3 Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"	75
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	80
9.3.2 Berekening clip "Passieve Loop geleider"	81
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	83
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	85
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	86
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	88
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	90
9.7 Berekening Clips voor 4,5m hijsbalk	93
9.7.1 Hijsbalk op 49,75/47,25 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 45,33/42,33 en 36,83/33,83 m	99
9.7.2.1 Berekening clip positie 9	99
9.7.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting	102
9.8 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk	104
9.8.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip	108
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting	110
9.8.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip	111
9.8.4 Controle capaciteit van de aansluiting	115
9.9 Berekening versterking deur	118

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage I en I2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S350(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S350(+5) zijn de bijlage I (berekening maststerkte) en bijlage I2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 Rev 03, d.d. 27-11-2013 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.

- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 51,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,720 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 25,5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S350(+5) zijn de bijlage I (berekening maststerkte) en bijlage I2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2S350(+5)”

Berekening

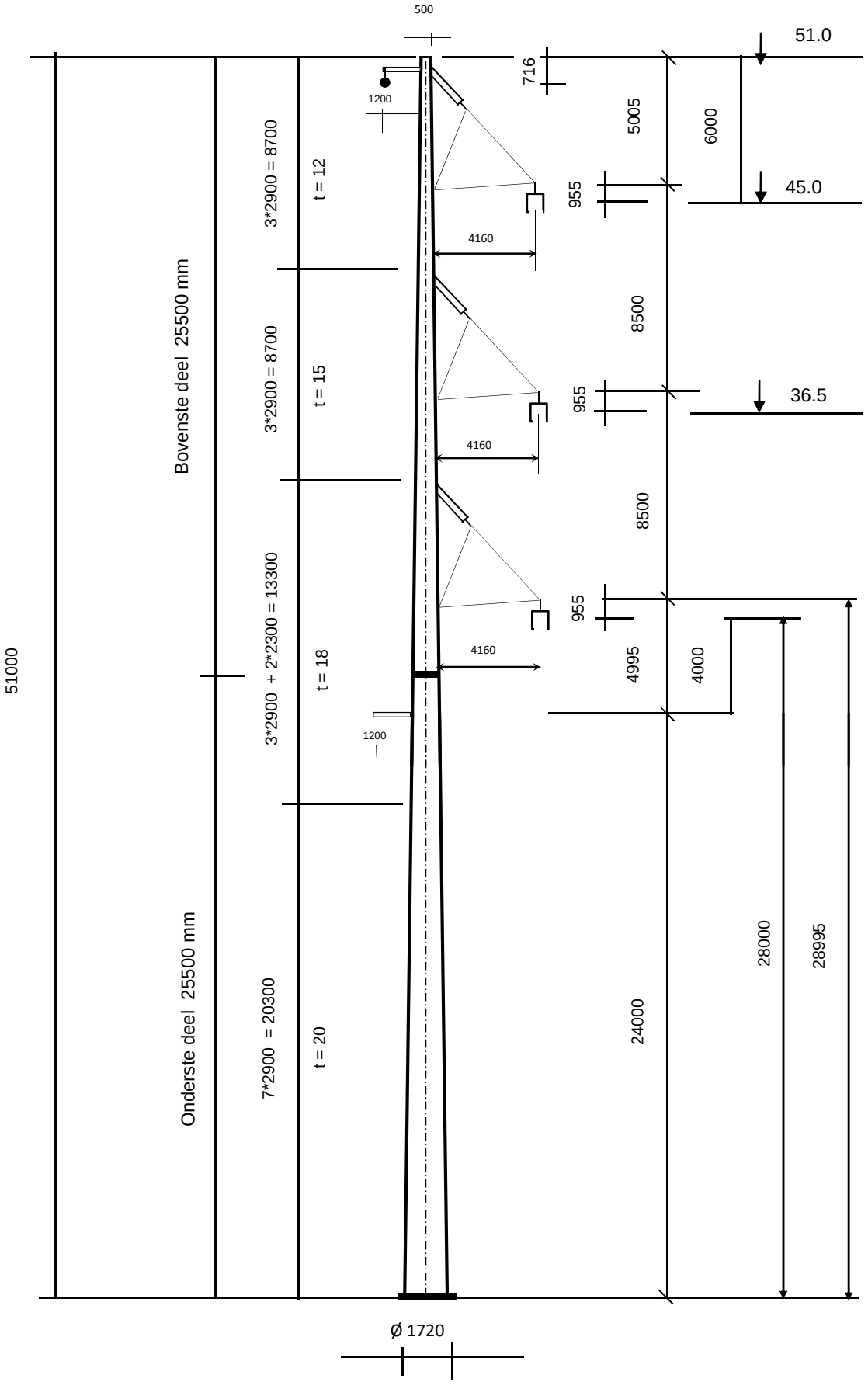
W2S350+5

51,0 m - 1720 - 500

Mast 19 en 21 t/m 24

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,110

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	517	500	n.v.t.	2	1	50,65
2	2200	569	517	n.v.t.	2	1	49,20
3	2105	620	569	n.v.t.	2	1	47,05
4	795	639	620	n.v.t.	2	1	45,60
5	1450	673	639	n.v.t.	2	1	44,48
6	1450	708	673	n.v.t.	2	1	43,03
7	1450	743	708	n.v.t.	2	1	41,58
8	1450	777	743	n.v.t.	2	1	40,13
9	1905	823	777	n.v.t.	2	1	38,45
10	995	847	823	n.v.t.	2	1	37,00
11	1450	881	847	n.v.t.	2	1	35,78
12	1450	916	881	n.v.t.	2	1	34,33
13	1450	951	916	n.v.t.	2	1	32,88
14	1450	985	951	n.v.t.	2	1	31,43
15	1705	1026	985	n.v.t.	2	1	29,85
16	1195	1055	1026	n.v.t.	2	1	28,40
17	2300	1110	1055	n.v.t.	2	1	26,65
18	1500	1146	1110	n.v.t.	2	1	24,75
19	800	1165	1146	n.v.t.	2	1	23,60
20	2900	1234	1165	n.v.t.	2	1	21,75
21	2900	1303	1234	n.v.t.	2	1	18,85
22	2900	1373	1303	n.v.t.	2	1	15,95
23	2900	1442	1373	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	1512	1442	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	1581	1512	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	1650	1581	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	1720	1650	n.v.t.	2	1	1,45
	51000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	508	12,0	18713	146,89	5,77E+08	175,54	2,27E+06
2	543	12,0	20020	157,16	7,06E+08	187,80	2,60E+06
3	595	12,0	21960	172,39	9,32E+08	205,99	3,13E+06
4	629	12,0	23268	182,65	1,11E+09	218,25	3,52E+06
5	656	12,0	24279	190,59	1,26E+09	227,74	3,84E+06
6	691	12,0	25587	200,86	1,47E+09	240,00	4,27E+06
7	725	15,0	33476	262,79	2,11E+09	251,21	5,82E+06
8	760	15,0	35110	275,61	2,44E+09	263,47	6,41E+06
9	800	15,0	37000	290,45	2,85E+09	277,65	7,13E+06
10	835	15,0	38634	303,28	3,25E+09	289,91	7,78E+06
11	864	15,0	40012	314,09	3,61E+09	300,24	8,35E+06
12	899	15,0	41646	326,92	4,07E+09	312,50	9,05E+06
13	933	18,0	51766	406,36	5,42E+09	323,71	1,16E+07
14	968	18,0	53727	421,76	6,06E+09	335,97	1,25E+07
15	1006	18,0	55860	438,50	6,82E+09	349,31	1,36E+07
16	1040	18,0	57821	453,89	7,56E+09	361,56	1,45E+07
17	1082	18,0	60184	472,44	8,52E+09	376,34	1,58E+07
18	1128	18,0	62753	492,61	9,66E+09	392,40	1,71E+07
19	1155	18,0	64308	504,82	1,04E+10	402,12	1,80E+07
20	1199	18,0	66810	524,46	1,17E+10	417,76	1,94E+07
21	1269	20,0	78465	615,95	1,53E+10	441,58	2,41E+07
22	1338	20,0	82822	650,15	1,80E+10	466,09	2,69E+07
23	1408	20,0	87179	684,36	2,10E+10	490,61	2,98E+07
24	1477	20,0	91537	718,56	2,43E+10	515,12	3,29E+07
25	1546	20,0	95894	752,77	2,79E+10	539,64	3,61E+07
26	1616	20,0	100251	786,97	3,19E+10	564,16	3,95E+07
27	1685	20,0	104608	821,18	3,63E+10	588,67	4,30E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	51000	1 -- 2	1	700	1,87E+04	5,77E+08
2	50300	2 -- 3	2	2200	2,00E+04	7,06E+08
3	48100	3 -- 4	3	2105	2,20E+04	9,32E+08
4	45995	4 -- 5	4	795	2,33E+04	1,11E+09
5	45200	5 -- 6	5	1450	2,43E+04	1,26E+09
6	43750	6 -- 7	6	1450	2,56E+04	1,47E+09
7	42300	7 -- 8	7	1450	3,35E+04	2,11E+09
8	40850	8 -- 9	8	1450	3,51E+04	2,44E+09
9	39400	9 -- 10	9	1905	3,70E+04	2,85E+09
10	37495	10 -- 11	10	995	3,86E+04	3,25E+09
11	36500	11 -- 12	11	1450	4,00E+04	3,61E+09
12	35050	12 -- 13	12	1450	4,16E+04	4,07E+09
13	33600	13 -- 14	13	1450	5,18E+04	5,42E+09
14	32150	14 -- 15	14	1450	5,37E+04	6,06E+09
15	30700	15 -- 16	15	1705	5,59E+04	6,82E+09
16	28995	16 -- 17	16	1195	5,78E+04	7,56E+09
17	27800	17 -- 18	17	2300	6,02E+04	8,52E+09
18	25500	18 -- 19	18	1500	6,28E+04	9,66E+09
19	24000	19 -- 20	19	800	6,43E+04	1,04E+10
20	23200	20 -- 21	20	2900	6,68E+04	1,17E+10
21	20300	21 -- 22	21	2900	7,85E+04	1,53E+10
22	17400	22 -- 23	22	2900	8,28E+04	1,80E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	8,72E+04	2,10E+10
24	11600	24 -- 25	24	2900	9,15E+04	2,43E+10
25	8700	25 -- 26	25	2900	9,59E+04	2,79E+10
26	5800	26 -- 27	26	2900	1,00E+05	3,19E+10
27	2900	27 -- 28	27	2900	1,05E+05	3,63E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	50,65	0,21	1,16	31,28	0,18	1385
2	49,20	0,21	1,15	31,12	0,18	1375
3	47,05	0,21	1,14	30,87	0,18	1359
4	45,60	0,21	1,14	30,69	0,18	1348
5	44,48	0,21	1,13	30,55	0,19	1339
6	43,03	0,21	1,12	30,36	0,19	1327
7	41,58	0,21	1,12	30,17	0,19	1315
8	40,13	0,21	1,11	29,97	0,19	1302
9	38,45	0,21	1,10	29,73	0,19	1287
10	37,00	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
11	35,78	0,21	1,09	29,32	0,19	1262
12	34,33	0,21	1,08	29,09	0,19	1248
13	32,88	0,21	1,07	28,84	0,20	1233
14	31,43	0,21	1,06	28,59	0,20	1218
15	29,85	0,21	1,05	28,30	0,20	1200
16	28,40	0,21	1,04	28,01	0,20	1183
17	26,65	0,21	1,02	27,65	0,20	1162
18	24,75	0,21	1,01	27,24	0,21	1137
19	23,60	0,21	1,00	26,97	0,21	1121
20	21,75	0,21	0,98	26,51	0,21	1095
21	18,85	0,21	0,95	25,70	0,22	1048
22	15,95	0,21	0,92	24,75	0,23	995
23	13,05	0,21	0,87	23,62	0,24	933
24	10,15	0,21	0,82	22,20	0,25	857
25	7,25	0,21	0,75	20,30	0,28	759
26	4,35	0,21	0,64	17,41	0,32	620
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1133	400	0,40	0,00	3,98E-02	1209,75
2	2 -- 3	3787	3244	4,78	0,68	3,98E-02	1181,90
3	3 -- 4	3945		8,56	15,35	3,97E-02	1094,47
4	4 -- 5	1571	24842	37,35	37,53	3,94E-02	1011,21
5	5 -- 6	2981		38,92	67,85	3,92E-02	979,96
6	6 -- 7	3130		41,90	126,45	3,87E-02	923,44
7	7 -- 8	4028		45,03	189,48	3,79E-02	867,85
8	8 -- 9	4214		49,06	257,70	3,72E-02	813,33
9	9 -- 10	5819		53,28	331,89	3,64E-02	759,95
10	10 -- 11	3167	24842	83,94	438,93	3,52E-02	691,75
11	11 -- 12	4772		87,10	524,02	3,45E-02	657,11
12	12 -- 13	4958		91,87	653,78	3,33E-02	607,93
13	13 -- 14	6110		96,83	790,59	3,21E-02	560,46
14	14 -- 15	6333		102,94	935,43	3,10E-02	514,68
15	15 -- 16	7732		109,28	1089,28	2,99E-02	470,53
16	16 -- 17	5603	24842	141,85	1282,19	2,84E-02	420,80
17	17 -- 18	11211		147,45	1455,05	2,74E-02	387,41
18	18 -- 19	7614	5836	164,50	1807,08	2,53E-02	326,67
19	19 -- 20	4159	6730	178,84	2059,55	2,39E-02	289,74
20	20 -- 21	15644		183,00	2204,28	2,31E-02	270,93
21	21 -- 22	18298		198,65	2757,68	2,02E-02	208,00
22	22 -- 23	19289		216,94	3360,29	1,74E-02	153,35
23	23 -- 24	20281		236,23	4017,40	1,46E-02	106,80
24	24 -- 25	21273		256,52	4731,88	1,17E-02	68,53
25	25 -- 26	22265		277,79	5506,63	8,81E-03	38,66
26	26 -- 27	23257		300,05	6344,50	5,88E-03	17,25
27	27 -- 28	24249		323,31	7248,38	2,94E-03	4,36
28			9559	357,12	8221,14	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,3	40,0	1,210	1804,14	220,597
2	2 -- 3	378,7	324,4	1,182	7990,15	943,804
3	3 -- 4	394,5		1,094	4074,06	437,241
4	4 -- 5	157,1	2484,2	1,011	26177,90	2695,966
5	5 -- 6	298,1		0,980	2783,22	270,010
6	6 -- 7	313,0		0,923	2750,03	251,076
7	7 -- 8	402,8		0,868	3321,49	284,610
8	8 -- 9	421,4		0,813	3251,84	260,758
9	9 -- 10	581,9		0,760	4143,38	306,573
10	10 -- 11	316,7	2484,2	0,692	18953,28	1332,793
11	11 -- 12	477,2		0,657	2960,94	190,913
12	12 -- 13	495,8		0,608	2841,32	169,204
13	13 -- 14	611,0		0,560	3222,04	176,563
14	14 -- 15	633,3		0,515	3060,40	153,678
15	15 -- 16	773,2		0,471	3380,51	153,576
16	16 -- 17	560,3	2484,2	0,421	12476,17	531,385
17	17 -- 18	1121,1		0,387	3926,82	142,919
18	18 -- 19	761,4	583,6	0,327	4172,45	134,609
19	19 -- 20	415,9	673,0	0,290	3056,54	89,179
20	20 -- 21	1564,4		0,271	3675,11	89,711
21	21 -- 22	1829,8		0,208	3243,08	59,729
22	22 -- 23	1928,9		0,153	2461,41	32,637
23	23 -- 24	2028,1		0,107	1744,26	15,588
24	24 -- 25	2127,3		0,069	1118,54	6,111
25	25 -- 26	2226,5		0,039	610,64	1,740
26	26 -- 27	2325,7		0,017	246,55	0,272
27	27 -- 28	2424,9		0,004	51,84	0,012
28			955,9	0,000	0,00	0,000
				Som	127498	8951

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,60	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	682	0,988	0,700	0,68	466,79	0,69
2 -- 3	172	0,941	2,200	1,95	335,26	2,07
3 -- 4	1368	0,870	2,105	1,59	2180,33	1,83
4 -- 5	198	0,823	0,795	0,54	106,42	0,65
5 -- 6	206	0,787	1,450	0,90	184,50	1,14
6 -- 7	216	0,740	1,450	0,79	171,56	1,07
7 -- 8	278	0,695	1,450	0,70	194,47	1,01
8 -- 9	291	0,650	1,450	0,61	178,17	0,94
9 -- 10	1609	0,600	1,905	0,69	1103,80	1,14
10 -- 11	318	0,557	0,995	0,31	98,43	0,55
11 -- 12	329	0,523	1,450	0,40	130,45	0,76
12 -- 13	342	0,483	1,450	0,34	115,62	0,70
13 -- 14	421	0,444	1,450	0,29	120,64	0,64
14 -- 15	437	0,407	1,450	0,24	105,01	0,59
15 -- 16	1911	0,368	1,705	0,23	442,08	0,63
16 -- 17	469	0,334	1,195	0,13	62,52	0,40
17 -- 18	487	0,295	2,300	0,20	97,66	0,68
18 -- 19	956	0,255	1,500	0,10	93,10	0,38
19 -- 20	520	0,232	0,800	0,04	22,33	0,19
20 -- 21	539	0,198	2,900	0,11	61,30	0,57
21 -- 22	631	0,149	2,900	0,06	40,81	0,43
22 -- 23	665	0,108	2,900	0,03	22,30	0,31
23 -- 24	699	0,072	2,900	0,02	10,65	0,21
24 -- 25	734	0,044	2,900	0,01	4,18	0,13
25 -- 26	768	0,023	2,900	0,00	1,19	0,07
26 -- 27	802	0,009	2,900	0,00	0,19	0,03
27 -- 28	1166	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,97	6349,77	17,83

m_e = 6349,8 / 11,0 = 579,1 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,60	Hz
b =	1,11	m
h =	51,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	99,19	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,56

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,068	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,080	
$v_m(z_s)$ =	28,44	m/s
$v_m(z)$ =	31,32	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,08

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,90	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,27	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,39	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,22	
R^2 =	1,17	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,49	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,55

$c_s c_d$ = 1,20

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,1	1,60E+06	0,80	0,83	0,66
2	46,9	1,70E+06	0,80	0,83	0,66
3	46,6	1,85E+06	0,80	0,83	0,66
4	46,4	1,95E+06	0,80	0,83	0,66
5	46,3	2,02E+06	0,80	0,83	0,66
6	46,1	2,12E+06	0,80	0,83	0,66
7	45,9	2,22E+06	0,80	0,83	0,66
8	45,6	2,31E+06	0,79	0,83	0,66
9	45,4	2,42E+06	0,79	0,83	0,66
10	45,1	2,51E+06	0,79	0,83	0,66
11	44,9	2,59E+06	0,79	0,83	0,65
12	44,7	2,68E+06	0,79	0,83	0,65
13	44,4	2,76E+06	0,79	0,83	0,65
14	44,1	2,85E+06	0,79	0,83	0,65
15	43,8	2,94E+06	0,79	0,83	0,65
16	43,5	3,02E+06	0,79	0,83	0,65
17	43,1	3,11E+06	0,79	0,83	0,65
18	42,7	3,21E+06	0,79	0,83	0,65
19	42,4	3,26E+06	0,79	0,83	0,65
20	41,8	3,35E+06	0,79	0,83	0,65
21	41,0	3,46E+06	0,79	0,83	0,65
22	39,9	3,56E+06	0,78	0,83	0,65
23	38,6	3,62E+06	0,78	0,83	0,65
24	37,0	3,65E+06	0,78	0,83	0,64
25	34,9	3,59E+06	0,77	0,83	0,64
26	31,5	3,39E+06	0,77	0,83	0,63
27	30,9	3,47E+06	0,77	0,83	0,63

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	50,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - I en I2		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Passieve run	24,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	50,30	1,458
1e traverse - 380C1F1	46,00	4,470
2e traverse - 380C1F2	37,50	4,572
3e traverse - 380C1F3	29,00	4,673
Passieve run	24,00	1,773

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	50,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Passieve run	24,00	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1028	105	1133	0,235	0,084	529	0,756
2	3457	330	3787	0,788	0,264	1732	0,787
3	3629	316	3945	0,825	0,253	1752	0,832
4	1452	119	1571	0,329	0,095	685	0,862
5	2764	218	2981	0,626	0,174	1282	0,884
6	2912	218	3130	0,659	0,174	1322	0,912
7	3810	218	4028	0,691	0,174	1361	0,939
8	3996	218	4214	0,723	0,174	1399	0,965
9	5533	286	5819	1,000	0,229	1893	0,994
10	3018	149	3167	0,544	0,119	1012	1,017
11	4554	218	4772	0,821	0,174	1503	1,036
12	4740	218	4958	0,853	0,174	1534	1,058
13	5892	218	6110	0,885	0,174	1563	1,078
14	6115	218	6333	0,917	0,174	1590	1,097
15	7476	256	7732	1,120	0,205	1902	1,116
16	5424	179	5603	0,811	0,143	1352	1,131
17	10866	345	11211	1,623	0,276	2640	1,148
18	7389	225	7614	1,101	0,180	1744	1,163
19	4039	120	4159	0,601	0,096	936	1,170
20	15209	435	15644	2,261	0,348	3417	1,178
21	17863	435	18298	2,386	0,348	3430	1,183
22	18854	435	19289	2,511	0,348	3405	1,174
23	19846	435	20281	2,634	0,348	3329	1,148
24	20838	435	21273	2,754	0,348	3181	1,097
25	21830	435	22265	2,869	0,348	2924	1,008
26	22822	435	23257	2,974	0,348	2464	0,850
27	23814	435	24249	3,096	0,348	2465	0,850
	249174	7650	256824	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	52347

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1943	480	480	480	480
2	2 -- 3	2066	3894	3892	16166	5398
3	3 -- 4	2249				
4	4 -- 5	2372	29814	29800	51382	35826
5	5 -- 6	2467				
6	6 -- 7	2590				
7	7 -- 8	3333				
8	8 -- 9	3487				
9	9 -- 10	3665				
10	10 -- 11	3819	29814	29800	51382	35826
11	11 -- 12	3949				
12	12 -- 13	4103				
13	13 -- 14	5056				
14	14 -- 15	5241				
15	15 -- 16	5442				
16	16 -- 17	5627	29814	29800	51382	35826
17	17 -- 18	5849				
18	18 -- 19	6091	7003	7003	7003	7003
19	19 -- 20	6238	8076	8072	32664	11084
20	20 -- 21	6473				
21	21 -- 22	7571				
22	22 -- 23	7982				
23	23 -- 24	8392				
24	24 -- 25	8803				
25	25 -- 26	9213				
26	26 -- 27	9624				
27	27 -- 28	10034				
28			11471	11471	11471	11471

KEMA rapport - bijlage I - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : Rond 2080 / 1320 , t = 60 mm ; G = 956 kg
Flenzen op 25,5m : 2 * Rond 1110 / 800 , t = 80 mm ; G = 584 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : Rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	756				
2	2 -- 3	787	9046	3088	10918	3174
3	3 -- 4	832				
4	4 -- 5	862	53494	21090	38654	20384
5	5 -- 6	884				
6	6 -- 7	912				
7	7 -- 8	939				
8	8 -- 9	965				
9	9 -- 10	994				
10	10 -- 11	1017	50066	20484	36906	19788
11	11 -- 12	1036				
12	12 -- 13	1058				
13	13 -- 14	1078				
14	14 -- 15	1097				
15	15 -- 16	1116				
16	16 -- 17	1131	45750	19724	34718	19040
17	17 -- 18	1148				
18	18 -- 19	1163				
19	19 -- 20	1170	14008	5508	18118	5728
20	20 -- 21	1178				
21	21 -- 22	1183				
22	22 -- 23	1174				
23	23 -- 24	1148				
24	24 -- 25	1097				
25	25 -- 26	1008				
26	26 -- 27	850				
27	27 -- 28	850				
28						

KEMA rapport - bijlage I2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1209				
2	2 -- 3	1259	13078	4024	15464	4220
3	3 -- 4	1332				
4	4 -- 5	1379	76654	26718	53156	26472
5	5 -- 6	1414				
6	6 -- 7	1459				
7	7 -- 8	1502				
8	8 -- 9	1544				
9	9 -- 10	1590				
10	10 -- 11	1628	71550	25798	50532	25570
11	11 -- 12	1658				
12	12 -- 13	1693				
13	13 -- 14	1725				
14	14 -- 15	1755				
15	15 -- 16	1785				
16	16 -- 17	1810	65112	24646	47244	24440
17	17 -- 18	1837				
18	18 -- 19	1860				
19	19 -- 20	1872	20068	7004	25354	7464
20	20 -- 21	1885				
21	21 -- 22	1893				
22	22 -- 23	1879				
23	23 -- 24	1837				
24	24 -- 25	1755				
25	25 -- 26	1613				
26	26 -- 27	1360				
27	27 -- 28	1360				
28						

KEMA rapport - bijlage I - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	529		0	0,00E+00	6,71E-03	201
2	2 -- 3	1732		529	2,07E+05	6,71E-03	196
3	3 -- 4	1752		2261	3,40E+06	6,69E-03	182
4	4 -- 5	685		4013	1,05E+07	6,62E-03	168
5	5 -- 6	1282		4698	1,42E+07	6,58E-03	162
6	6 -- 7	1322		5979	2,23E+07	6,48E-03	153
7	7 -- 8	1361		7302	3,23E+07	6,36E-03	143
8	8 -- 9	1399		8663	4,43E+07	6,23E-03	134
9	9 -- 10	1893		10062	5,84E+07	6,09E-03	125
10	10 -- 11	1012		11955	8,03E+07	5,87E-03	114
11	11 -- 12	1503		12967	9,32E+07	5,75E-03	108
12	12 -- 13	1534		14469	1,14E+08	5,55E-03	100
13	13 -- 14	1563		16003	1,37E+08	5,34E-03	92
14	14 -- 15	1590		17566	1,62E+08	5,15E-03	85
15	15 -- 16	1902		19157	1,89E+08	4,95E-03	77
16	16 -- 17	1352		21059	2,25E+08	4,70E-03	69
17	17 -- 18	2640		22411	2,51E+08	4,52E-03	63
18	18 -- 19	1744		25051	3,08E+08	4,17E-03	53
19	19 -- 20	936		26795	3,47E+08	3,93E-03	47
20	20 -- 21	3417		27731	3,70E+08	3,79E-03	44
21	21 -- 22	3430		31148	4,57E+08	3,31E-03	34
22	22 -- 23	3405		34578	5,54E+08	2,85E-03	25
23	23 -- 24	3329		37983	6,61E+08	2,39E-03	17
24	24 -- 25	3181		41312	7,78E+08	1,91E-03	11
25	25 -- 26	2924		44494	9,04E+08	1,44E-03	6
26	26 -- 27	2464		47418	1,04E+09	9,57E-04	3
27	27 -- 28	2465		49882	1,18E+09	4,77E-04	1
28				52347	1,33E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,39E-02	1242
2	2 -- 3		9046	9046	1,43E+05	4,39E-02	1212
3	3 -- 4			9046	2,08E+07	4,38E-02	1115
4	4 -- 5		53494	62540	4,32E+07	4,35E-02	1023
5	5 -- 6			62540	9,42E+07	4,32E-02	989
6	6 -- 7			62540	1,87E+08	4,25E-02	926
7	7 -- 8			62540	2,81E+08	4,14E-02	866
8	8 -- 9			62540	3,74E+08	4,03E-02	806
9	9 -- 10			62540	4,68E+08	3,91E-02	749
10	10 -- 11		50066	112606	5,93E+08	3,74E-02	676
11	11 -- 12			112606	7,08E+08	3,65E-02	639
12	12 -- 13			112606	8,76E+08	3,50E-02	587
13	13 -- 14			112606	1,04E+09	3,34E-02	538
14	14 -- 15			112606	1,21E+09	3,19E-02	490
15	15 -- 16			112606	1,38E+09	3,05E-02	445
16	16 -- 17		45750	158356	1,58E+09	2,87E-02	394
17	17 -- 18			158356	1,77E+09	2,74E-02	361
18	18 -- 19			158356	2,15E+09	2,49E-02	301
19	19 -- 20		14008	172364	2,39E+09	2,32E-02	265
20	20 -- 21			172364	2,53E+09	2,23E-02	246
21	21 -- 22			172364	3,04E+09	1,90E-02	186
22	22 -- 23			172364	3,55E+09	1,61E-02	135
23	23 -- 24			172364	4,06E+09	1,32E-02	93
24	24 -- 25			172364	4,57E+09	1,03E-02	58
25	25 -- 26			172364	5,08E+09	7,57E-03	32
26	26 -- 27			172364	5,58E+09	4,94E-03	14
27	27 -- 28			172364	6,09E+09	2,41E-03	4
28	28 -- 29			172364	6,59E+09	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,73E-02	494
2	2 -- 3		3088	3088	5,63E+04	1,73E-02	482
3	3 -- 4			3088	7,17E+06	1,73E-02	444
4	4 -- 5		21090	24178	1,50E+07	1,72E-02	408
5	5 -- 6			24178	3,47E+07	1,71E-02	394
6	6 -- 7			24178	7,08E+07	1,68E-02	369
7	7 -- 8			24178	1,07E+08	1,64E-02	345
8	8 -- 9			24178	1,43E+08	1,60E-02	322
9	9 -- 10			24178	1,79E+08	1,55E-02	299
10	10 -- 11		20484	44662	2,28E+08	1,49E-02	270
11	11 -- 12			44662	2,73E+08	1,45E-02	255
12	12 -- 13			44662	3,40E+08	1,39E-02	235
13	13 -- 14			44662	4,07E+08	1,33E-02	215
14	14 -- 15			44662	4,73E+08	1,27E-02	196
15	15 -- 16			44662	5,40E+08	1,21E-02	178
16	16 -- 17		19724	64386	6,19E+08	1,15E-02	158
17	17 -- 18			64386	6,98E+08	1,10E-02	145
18	18 -- 19			64386	8,50E+08	9,97E-03	121
19	19 -- 20		5508	69894	9,49E+08	9,31E-03	106
20	20 -- 21			69894	1,01E+09	8,95E-03	99
21	21 -- 22			69894	1,21E+09	7,64E-03	75
22	22 -- 23			69894	1,42E+09	6,45E-03	54
23	23 -- 24			69894	1,63E+09	5,28E-03	37
24	24 -- 25			69894	1,83E+09	4,14E-03	24
25	25 -- 26			69894	2,04E+09	3,04E-03	13
26	26 -- 27			69894	2,24E+09	1,99E-03	6
27	27 -- 28			69894	2,45E+09	9,71E-04	1
28				69894	2,65E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,54E-02	988
2	2 -- 3		10918	10918	1,15E+05	3,54E-02	963
3	3 -- 4			10918	2,48E+07	3,52E-02	886
4	4 -- 5		38654	49572	5,04E+07	3,48E-02	812
5	5 -- 6			49572	9,09E+07	3,46E-02	784
6	6 -- 7			49572	1,65E+08	3,39E-02	735
7	7 -- 8			49572	2,39E+08	3,29E-02	686
8	8 -- 9			49572	3,13E+08	3,20E-02	639
9	9 -- 10			49572	3,87E+08	3,10E-02	593
10	10 -- 11		36906	86478	4,86E+08	2,97E-02	535
11	11 -- 12			86478	5,75E+08	2,89E-02	506
12	12 -- 13			86478	7,04E+08	2,77E-02	465
13	13 -- 14			86478	8,33E+08	2,64E-02	426
14	14 -- 15			86478	9,62E+08	2,52E-02	389
15	15 -- 16			86478	1,09E+09	2,41E-02	353
16	16 -- 17		34718	121196	1,24E+09	2,27E-02	313
17	17 -- 18			121196	1,39E+09	2,17E-02	286
18	18 -- 19			121196	1,68E+09	1,97E-02	239
19	19 -- 20		18118	139314	1,87E+09	1,84E-02	210
20	20 -- 21			139314	1,98E+09	1,77E-02	196
21	21 -- 22			139314	2,39E+09	1,51E-02	148
22	22 -- 23			139314	2,81E+09	1,28E-02	108
23	23 -- 24			139314	3,22E+09	1,05E-02	74
24	24 -- 25			139314	3,63E+09	8,21E-03	47
25	25 -- 26			139314	4,04E+09	6,03E-03	26
26	26 -- 27			139314	4,45E+09	3,94E-03	11
27	27 -- 28			139314	4,85E+09	1,93E-03	3
28				139314	5,26E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,69E-02	481
2	2 -- 3		3174	3174	5,48E+04	1,69E-02	469
3	3 -- 4			3174	7,35E+06	1,68E-02	432
4	4 -- 5		20384	23558	1,53E+07	1,67E-02	397
5	5 -- 6			23558	3,45E+07	1,66E-02	383
6	6 -- 7			23558	6,97E+07	1,63E-02	359
7	7 -- 8			23558	1,05E+08	1,59E-02	336
8	8 -- 9			23558	1,40E+08	1,55E-02	313
9	9 -- 10			23558	1,75E+08	1,51E-02	291
10	10 -- 11		19788	43346	2,23E+08	1,45E-02	263
11	11 -- 12			43346	2,67E+08	1,41E-02	249
12	12 -- 13			43346	3,32E+08	1,35E-02	229
13	13 -- 14			43346	3,96E+08	1,29E-02	209
14	14 -- 15			43346	4,61E+08	1,24E-02	191
15	15 -- 16			43346	5,26E+08	1,18E-02	173
16	16 -- 17		19040	62386	6,02E+08	1,11E-02	154
17	17 -- 18			62386	6,79E+08	1,07E-02	141
18	18 -- 19			62386	8,26E+08	9,70E-03	117
19	19 -- 20		5728	68114	9,22E+08	9,05E-03	103
20	20 -- 21			68114	9,78E+08	8,71E-03	96
21	21 -- 22			68114	1,18E+09	7,43E-03	73
22	22 -- 23			68114	1,38E+09	6,28E-03	53
23	23 -- 24			68114	1,58E+09	5,14E-03	36
24	24 -- 25			68114	1,78E+09	4,03E-03	23
25	25 -- 26			68114	1,98E+09	2,96E-03	13
26	26 -- 27			68114	2,18E+09	1,93E-03	6
27	27 -- 28			68114	2,38E+09	9,45E-04	1
28				68114	2,58E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,02E-03	143
2	2 -- 3				-4,73E+06	7,02E-03	139
3	3 -- 4				-4,73E+06	7,09E-03	123
4	4 -- 5				1,06E+08	7,14E-03	108
5	5 -- 6				1,06E+08	6,77E-03	103
6	6 -- 7				1,06E+08	6,19E-03	93
7	7 -- 8				1,06E+08	5,69E-03	85
8	8 -- 9				1,06E+08	5,34E-03	77
9	9 -- 10				1,06E+08	5,04E-03	69
10	10 -- 11				2,20E+08	4,71E-03	60
11	11 -- 12				2,20E+08	4,38E-03	55
12	12 -- 13				2,20E+08	3,96E-03	49
13	13 -- 14				2,20E+08	3,59E-03	44
14	14 -- 15				2,20E+08	3,31E-03	39
15	15 -- 16				2,20E+08	3,06E-03	34
16	16 -- 17				3,36E+08	2,80E-03	29
17	17 -- 18				3,36E+08	2,55E-03	26
18	18 -- 19				3,36E+08	2,11E-03	21
19	19 -- 20				3,24E+08	1,87E-03	18
20	20 -- 21				3,24E+08	1,75E-03	16
21	21 -- 22				3,24E+08	1,36E-03	12
22	22 -- 23				3,24E+08	1,07E-03	8
23	23 -- 24				3,24E+08	8,21E-04	5
24	24 -- 25				3,24E+08	6,08E-04	3
25	25 -- 26				3,24E+08	4,24E-04	2
26	26 -- 27				3,24E+08	2,64E-04	1
27	27 -- 28				3,24E+08	1,23E-04	0
28					3,24E+08	0,00E+00	0

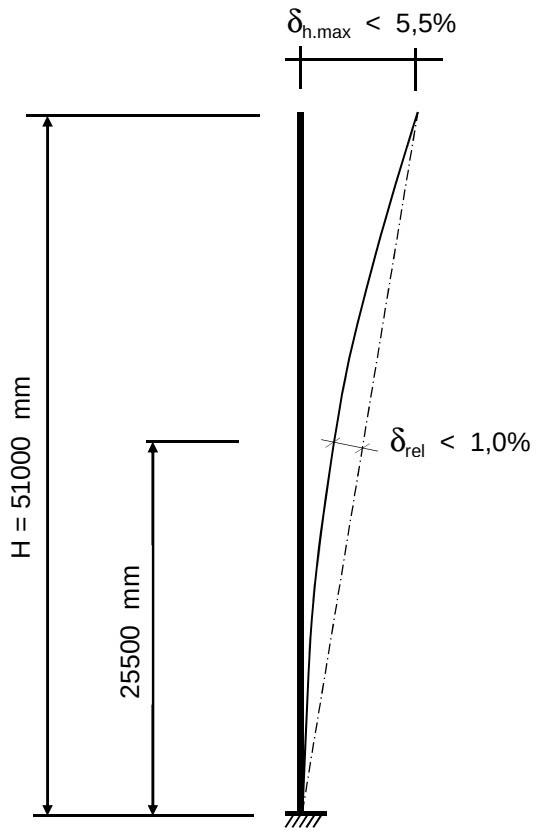
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,8E-02	1587
2	2 -- 3	5,8E-02	1546
3	3 -- 4	5,8E-02	1420
4	4 -- 5	5,7E-02	1299
5	5 -- 6	5,7E-02	1253
6	6 -- 7	5,5E-02	1172
7	7 -- 8	5,3E-02	1094
8	8 -- 9	5,2E-02	1017
9	9 -- 10	5,0E-02	943
10	10 -- 11	4,8E-02	850
11	11 -- 12	4,7E-02	802
12	12 -- 13	4,4E-02	736
13	13 -- 14	4,2E-02	673
14	14 -- 15	4,0E-02	613
15	15 -- 16	3,8E-02	556
16	16 -- 17	3,6E-02	493
17	17 -- 18	3,5E-02	450
18	18 -- 19	3,1E-02	375
19	19 -- 20	2,9E-02	329
20	20 -- 21	2,8E-02	307
21	21 -- 22	2,4E-02	232
22	22 -- 23	2,0E-02	168
23	23 -- 24	1,6E-02	115
24	24 -- 25	1,3E-02	73
25	25 -- 26	9,4E-03	40
26	26 -- 27	6,2E-03	18
27	27 -- 28	3,0E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1587 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 3,11 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 18 ; Hoogte = 25500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 375 mm
α = 1,78 graden

δ_{rel} = 419 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 0,82 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	793	480	0	0,00E+00	1,04E-02	313
2	2 -- 3	2597	5734	846	2,96E+05	1,04E-02	306
3	3 -- 4	2628	10279	3617	5,21E+06	1,04E-02	283
4	4 -- 5	1028	44826	6420	1,58E+07	1,03E-02	261
5	5 -- 6	1923	46712	7516	2,13E+07	1,02E-02	253
6	6 -- 7	1983	50289	9567	3,37E+07	1,01E-02	238
7	7 -- 8	2042	54045	11683	4,91E+07	9,88E-03	224
8	8 -- 9	2098	58879	13861	6,76E+07	9,69E-03	210
9	9 -- 10	2839	63935	16099	8,93E+07	9,47E-03	196
10	10 -- 11	1518	100732	19127	1,23E+08	9,13E-03	178
11	11 -- 12	2254	104532	20747	1,43E+08	8,94E-03	169
12	12 -- 13	2301	110258	23151	1,75E+08	8,64E-03	156
13	13 -- 14	2345	116208	25605	2,10E+08	8,31E-03	144
14	14 -- 15	2386	123539	28106	2,49E+08	8,02E-03	132
15	15 -- 16	2853	131139	30651	2,91E+08	7,71E-03	121
16	16 -- 17	2028	170232	33694	3,46E+08	7,33E-03	108
17	17 -- 18	3960	176956	35857	3,88E+08	7,06E-03	99
18	18 -- 19	2616	197412	40081	4,75E+08	6,50E-03	84
19	19 -- 20	1404	214625	42872	5,37E+08	6,13E-03	74
20	20 -- 21	5126	219616	44369	5,72E+08	5,93E-03	69
21	21 -- 22	5146	238389	49837	7,09E+08	5,17E-03	53
22	22 -- 23	5107	260346	55325	8,61E+08	4,46E-03	39
23	23 -- 24	4993	283493	60773	1,03E+09	3,74E-03	27
24	24 -- 25	4772	307831	66099	1,21E+09	3,00E-03	18
25	25 -- 26	4386	333359	71190	1,41E+09	2,25E-03	10
26	26 -- 27	3696	360077	75868	1,63E+09	1,50E-03	4
27	27 -- 28	3698	387986	79811	1,85E+09	7,50E-04	1
28			428555	83755	2,09E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,12E-02	1732
2	2 -- 3		13078	13078	0,00E+00	6,12E-02	1690
3	3 -- 4			13078	2,88E+07	6,10E-02	1555
4	4 -- 5		76654	89732	5,63E+07	6,05E-02	1427
5	5 -- 6			89732	1,28E+08	6,02E-02	1379
6	6 -- 7			89732	2,58E+08	5,92E-02	1293
7	7 -- 8			89732	3,88E+08	5,76E-02	1208
8	8 -- 9			89732	5,18E+08	5,62E-02	1125
9	9 -- 10			89732	6,48E+08	5,45E-02	1045
10	10 -- 11		71550	161282	8,19E+08	5,22E-02	943
11	11 -- 12			161282	9,79E+08	5,09E-02	892
12	12 -- 13			161282	1,21E+09	4,88E-02	820
13	13 -- 14			161282	1,45E+09	4,65E-02	751
14	14 -- 15			161282	1,68E+09	4,45E-02	685
15	15 -- 16			161282	1,91E+09	4,25E-02	621
16	16 -- 17		65112	226394	2,19E+09	4,00E-02	551
17	17 -- 18			226394	2,46E+09	3,83E-02	504
18	18 -- 19			226394	2,98E+09	3,48E-02	420
19	19 -- 20		20068	246462	3,32E+09	3,24E-02	370
20	20 -- 21			246462	3,52E+09	3,12E-02	344
21	21 -- 22			246462	4,23E+09	2,66E-02	260
22	22 -- 23			246462	4,95E+09	2,25E-02	189
23	23 -- 24			246462	5,66E+09	1,84E-02	130
24	24 -- 25			246462	6,38E+09	1,44E-02	82
25	25 -- 26			246462	7,09E+09	1,06E-02	45
26	26 -- 27			246462	7,81E+09	6,92E-03	20
27	27 -- 28			246462	8,52E+09	3,38E-03	5
28				246462	9,24E+09	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,13E-02	609
2	2 -- 3		4024	4024	0,00E+00	2,13E-02	594
3	3 -- 4			4024	8,85E+06	2,13E-02	547
4	4 -- 5		26718	30742	1,73E+07	2,11E-02	502
5	5 -- 6			30742	4,18E+07	2,10E-02	486
6	6 -- 7			30742	8,63E+07	2,07E-02	455
7	7 -- 8			30742	1,31E+08	2,02E-02	426
8	8 -- 9			30742	1,75E+08	1,97E-02	397
9	9 -- 10			30742	2,20E+08	1,91E-02	369
10	10 -- 11		25798	56540	2,79E+08	1,83E-02	333
11	11 -- 12			56540	3,35E+08	1,79E-02	315
12	12 -- 13			56540	4,17E+08	1,71E-02	290
13	13 -- 14			56540	4,99E+08	1,64E-02	265
14	14 -- 15			56540	5,81E+08	1,57E-02	242
15	15 -- 16			56540	6,63E+08	1,50E-02	220
16	16 -- 17		24646	81186	7,59E+08	1,41E-02	195
17	17 -- 18			81186	8,56E+08	1,35E-02	179
18	18 -- 19			81186	1,04E+09	1,23E-02	149
19	19 -- 20		7004	88190	1,16E+09	1,15E-02	131
20	20 -- 21			88190	1,24E+09	1,10E-02	122
21	21 -- 22			88190	1,49E+09	9,42E-03	92
22	22 -- 23			88190	1,75E+09	7,96E-03	67
23	23 -- 24			88190	2,00E+09	6,52E-03	46
24	24 -- 25			88190	2,26E+09	5,12E-03	29
25	25 -- 26			88190	2,51E+09	3,76E-03	16
26	26 -- 27			88190	2,77E+09	2,46E-03	7
27	27 -- 28			88190	3,03E+09	1,20E-03	2
28				88190	3,28E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,75E-02	1327
2	2 -- 3		15464	15464	0,00E+00	4,75E-02	1294
3	3 -- 4			15464	3,40E+07	4,73E-02	1190
4	4 -- 5		53156	68620	6,66E+07	4,67E-02	1091
5	5 -- 6			68620	1,21E+08	4,64E-02	1053
6	6 -- 7			68620	2,21E+08	4,55E-02	987
7	7 -- 8			68620	3,20E+08	4,42E-02	922
8	8 -- 9			68620	4,20E+08	4,30E-02	858
9	9 -- 10			68620	5,19E+08	4,17E-02	797
10	10 -- 11		50532	119152	6,50E+08	3,98E-02	719
11	11 -- 12			119152	7,68E+08	3,88E-02	680
12	12 -- 13			119152	9,41E+08	3,71E-02	625
13	13 -- 14			119152	1,11E+09	3,54E-02	573
14	14 -- 15			119152	1,29E+09	3,39E-02	522
15	15 -- 16			119152	1,46E+09	3,23E-02	474
16	16 -- 17		47244	166396	1,66E+09	3,04E-02	421
17	17 -- 18			166396	1,86E+09	2,91E-02	385
18	18 -- 19			166396	2,24E+09	2,65E-02	321
19	19 -- 20		25354	191750	2,49E+09	2,47E-02	283
20	20 -- 21			191750	2,65E+09	2,38E-02	263
21	21 -- 22			191750	3,20E+09	2,03E-02	199
22	22 -- 23			191750	3,76E+09	1,72E-02	145
23	23 -- 24			191750	4,32E+09	1,41E-02	99
24	24 -- 25			191750	4,87E+09	1,11E-02	63
25	25 -- 26			191750	5,43E+09	8,13E-03	35
26	26 -- 27			191750	5,98E+09	5,31E-03	15
27	27 -- 28			191750	6,54E+09	2,60E-03	4
28				191750	7,10E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,13E-02	608
2	2 -- 3		4220	4220	0,00E+00	2,13E-02	593
3	3 -- 4			4220	9,28E+06	2,12E-02	546
4	4 -- 5		26472	30692	1,82E+07	2,11E-02	501
5	5 -- 6			30692	4,26E+07	2,10E-02	485
6	6 -- 7			30692	8,71E+07	2,06E-02	454
7	7 -- 8			30692	1,32E+08	2,01E-02	425
8	8 -- 9			30692	1,76E+08	1,96E-02	396
9	9 -- 10			30692	2,21E+08	1,91E-02	368
10	10 -- 11		25570	56262	2,79E+08	1,83E-02	332
11	11 -- 12			56262	3,35E+08	1,78E-02	314
12	12 -- 13			56262	4,17E+08	1,71E-02	289
13	13 -- 14			56262	4,98E+08	1,63E-02	265
14	14 -- 15			56262	5,80E+08	1,56E-02	242
15	15 -- 16			56262	6,61E+08	1,49E-02	219
16	16 -- 17		24440	80702	7,57E+08	1,41E-02	195
17	17 -- 18			80702	8,54E+08	1,35E-02	178
18	18 -- 19			80702	1,04E+09	1,23E-02	149
19	19 -- 20		7464	88166	1,16E+09	1,14E-02	131
20	20 -- 21			88166	1,23E+09	1,10E-02	122
21	21 -- 22			88166	1,49E+09	9,40E-03	92
22	22 -- 23			88166	1,74E+09	7,94E-03	67
23	23 -- 24			88166	2,00E+09	6,51E-03	46
24	24 -- 25			88166	2,25E+09	5,11E-03	29
25	25 -- 26			88166	2,51E+09	3,76E-03	16
26	26 -- 27			88166	2,77E+09	2,45E-03	7
27	27 -- 28			88166	3,02E+09	1,20E-03	2
28				88166	3,28E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,42E-03	172
2	2 -- 3				-5,68E+06	8,42E-03	166
3	3 -- 4				-5,68E+06	8,50E-03	148
4	4 -- 5				1,28E+08	8,56E-03	130
5	5 -- 6				1,28E+08	8,13E-03	123
6	6 -- 7				1,28E+08	7,43E-03	112
7	7 -- 8				1,28E+08	6,83E-03	101
8	8 -- 9				1,28E+08	6,41E-03	92
9	9 -- 10				1,28E+08	6,05E-03	83
10	10 -- 11				2,64E+08	5,65E-03	72
11	11 -- 12				2,64E+08	5,26E-03	66
12	12 -- 13				2,64E+08	4,76E-03	59
13	13 -- 14				2,64E+08	4,31E-03	52
14	14 -- 15				2,64E+08	3,97E-03	46
15	15 -- 16				2,64E+08	3,67E-03	41
16	16 -- 17				4,03E+08	3,36E-03	35
17	17 -- 18				4,03E+08	3,05E-03	31
18	18 -- 19				4,03E+08	2,54E-03	25
19	19 -- 20				3,89E+08	2,24E-03	21
20	20 -- 21				3,89E+08	2,10E-03	19
21	21 -- 22				3,89E+08	1,64E-03	14
22	22 -- 23				3,89E+08	1,28E-03	10
23	23 -- 24				3,89E+08	9,86E-04	6
24	24 -- 25				3,89E+08	7,30E-04	4
25	25 -- 26				3,89E+08	5,09E-04	2
26	26 -- 27				3,89E+08	3,16E-04	1
27	27 -- 28				3,89E+08	1,48E-04	0
28					3,89E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	5,73	15,70	23,49
3	3 -- 4	10,28	16,70	28,30
4	4 -- 5	44,83	96,15	277,10
5	5 -- 6	46,71	97,25	333,21
6	6 -- 7	50,29	99,30	436,20
7	7 -- 8	54,05	101,41	564,55
8	8 -- 9	58,88	103,59	713,18
9	9 -- 10	63,94	105,83	865,01
10	10 -- 11	100,73	180,41	1205,80
11	11 -- 12	104,53	182,03	1386,11
12	12 -- 13	110,26	184,43	1651,80
13	13 -- 14	116,21	186,89	1921,00
14	14 -- 15	123,54	189,39	2193,80
15	15 -- 16	131,14	191,93	2470,26
16	16 -- 17	170,23	260,09	2939,43
17	17 -- 18	176,96	262,25	3251,52
18	18 -- 19	197,41	266,48	3859,56
19	19 -- 20	214,63	289,33	4247,05
20	20 -- 21	219,62	290,83	4479,11
21	21 -- 22	238,39	296,30	5330,45
22	22 -- 23	260,35	301,79	6197,68
23	23 -- 24	283,49	307,24	7080,76
24	24 -- 25	307,83	312,56	7979,47
25	25 -- 26	333,36	317,65	8893,27
26	26 -- 27	360,08	322,33	9821,25
27	27 -- 28	387,99	326,27	10761,72
28		428,56	330,22	11713,63

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 8 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 7

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 708	23,49	5,73	40	23,7	833,1	0,03
2	500 / 708	28,30	10,28	127	29,8	1017,9	0,03
3	500 / 708	277,10	44,83	121	284,1	1212,1	0,24
4	500 / 708	333,21	46,71	45	342,3	1289,8	0,27
5	500 / 708	436,20	50,29	81	449,3	1437,9	0,32
6	500 / 708	564,55	54,05	79	581,9	1594,0	0,37
7	708 / 916	713,18	58,88	76	735,1	2171,0	0,34
8	708 / 916	865,01	63,94	74	891,6	2384,9	0,38
9	708 / 916	1205,80	100,73	94	1241,9	2681,2	0,47
10	708 / 916	1386,11	104,53	47	1427,1	2842,9	0,51
11	708 / 916	1651,80	110,26	66	1700,1	3087,0	0,56
12	708 / 916	1921,00	116,21	63	1976,6	3341,1	0,60
13	916 / 1234	2193,80	123,54	60	2256,8	4285,4	0,53
14	916 / 1234	2470,26	131,14	57	2540,8	4613,0	0,56
15	916 / 1234	2939,43	170,23	64	3020,8	5013,5	0,61
16	916 / 1234	3251,52	176,96	42	3340,3	5304,2	0,64
17	916 / 1234	3859,56	197,41	76	3963,3	5886,8	0,68
18	916 / 1234	4247,05	214,63	45	4360,5	6283,1	0,70
19	916 / 1234	4479,11	219,62	23	4597,6	6499,8	0,72
20	916 / 1234	5330,45	238,39	75	5466,8	7315,9	0,76
21	1234/ 1720	6197,68	260,35	64	6350,6	9047,3	0,71
22	1234/ 1720	7080,76	283,49	53	7248,6	10059,0	0,73
23	1234/ 1720	7979,47	307,83	42	8160,4	11124,4	0,74
24	1234/ 1720	8893,27	333,36	32	9085,0	12243,4	0,75
25	1234/ 1720	9821,25	360,08	23	10021,1	13416,1	0,76
26	1234/ 1720	10761,72	387,99	13	10966,8	14642,4	0,76
27	1234/ 1720	11713,63	428,56	4	11920,6	15922,3	0,76

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
517	12,0	43,06	0,81	355	355
569	12,0	47,45	0,81	355	355
620	12,0	51,64	0,81	355	355
639	12,0	53,22	0,81	355	355
673	12,0	56,11	0,81	355	355
708	12,0	59,00	0,81	355	355
743	15,0	49,51	0,81	355	355
777	15,0	51,83	0,81	355	355
823	15,0	54,86	0,81	355	355
847	15,0	56,45	0,81	355	355
881	15,0	58,76	0,81	355	355
916	15,0	61,07	0,81	349	355
951	18,0	52,82	0,81	355	355
985	18,0	54,75	0,81	355	355
1026	18,0	57,01	0,81	355	355
1055	18,0	58,60	0,81	355	355
1110	18,0	61,65	0,81	347	355
1146	18,0	63,65	0,81	339	355
1165	18,0	64,71	0,81	335	355
1234	18,0	68,56	0,81	322	355
1303	20,0	65,17	0,81	334	355
1373	20,0	68,64	0,81	322	355
1442	20,0	72,11	0,81	312	355
1512	20,0	75,58	0,81	302	355
1581	20,0	79,04	0,81	294	355
1650	20,0	82,51	0,81	286	355
1720	20,0	85,98	0,81	279	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 708	10,46	0,31	355	355	0,03
2	500 / 708	11,47	0,51	355	355	0,03
3	500 / 708	90,61	2,04	355	355	0,26
4	500 / 708	97,16	2,01	355	355	0,28
5	500 / 708	117,05	2,07	355	355	0,34
6	500 / 708	136,37	2,11	355	355	0,39
7	708 / 916	126,20	1,76	355	355	0,36
8	708 / 916	139,03	1,82	355	355	0,40
9	708 / 916	174,19	2,72	355	355	0,50
10	708 / 916	183,46	2,71	355	355	0,52
11	708 / 916	203,64	2,76	355	355	0,58
12	708 / 916	218,40	2,79	355	349	0,62
13	916 / 1234	194,17	2,39	355	355	0,55
14	916 / 1234	202,80	2,44	355	355	0,58
15	916 / 1234	222,89	3,05	355	355	0,64
16	916 / 1234	229,91	3,06	355	355	0,66
17	916 / 1234	251,62	3,28	355	347	0,72
18	916 / 1234	254,46	3,42	355	339	0,73
19	916 / 1234	255,38	3,42	355	335	0,73
20	916 / 1234	281,19	3,57	355	322	0,80
21	1234/ 1720	263,32	3,32	355	334	0,75
22	1234/ 1720	269,55	3,42	355	322	0,77
23	1234/ 1720	273,68	3,53	355	312	0,78
24	1234/ 1720	276,19	3,64	355	302	0,79
25	1234/ 1720	277,43	3,75	355	294	0,79
26	1234/ 1720	277,64	3,87	355	286	0,80
27	1234/ 1720	277,03	4,10	355	279	0,80

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

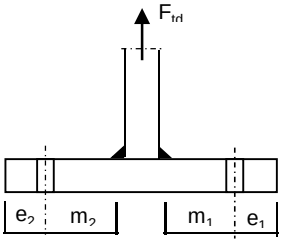
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1.} / 2)^2 + (d_{stc2.} / 2)^2]$

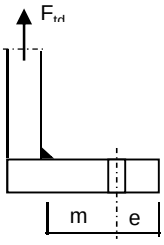
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld.} / 2)^2$$

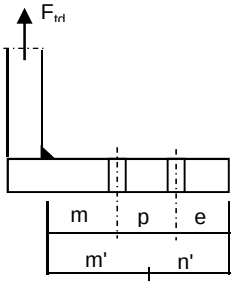
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$

$e = \max.(e_1;e_2)$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$

$n' = n + p / 3$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		1880					
st.c binnenkant		1520					
1700	48	565,27	6,88	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 25,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		920,00					
920,00	24	690,97	11,10	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,65

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
1880,00	1520,00	73,4	100,0	91,8			199,0
1880,00	1520,00	73,0	100,0	91,2			246,1
flenzen op 25,5 m hoogte.							
920,00	920,0	70,1	60,0	60,0			120,4
920,00	920,0	70,1	60,0	60,0			120,4

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	6,00E+07	3267,95	1668,93	1696,90	1668,93	1130,54	0,68
60	7,42E+07	4065,74	1846,22	1696,90	1696,90	1130,54	0,67
flenzen op 25,5 m hoogte.							
80	6,45E+07	1841,52	985,23	1060,56	985,23	690,97	0,70
80	6,45E+07	1841,52	985,23	1060,56	985,23	690,97	0,70
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 1720	0,60	1,110	0,18	3,70

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1210	1,000		1,000			
2	1182	0,977	1 -- 2	0,988	113	364	682,5
3	1094	0,905	2 -- 3	0,941	379		172,2
4	1011	0,836	3 -- 4	0,870	394	2484	1367,5
5	980	0,810	4 -- 5	0,823	157		197,7
6	923	0,763	5 -- 6	0,787	298		205,6
7	868	0,717	6 -- 7	0,740	313		215,9
8	813	0,672	7 -- 8	0,695	403		277,8
9	760	0,628	8 -- 9	0,650	421		290,6
10	692	0,572	9 -- 10	0,600	582	2484	1609,5
11	657	0,543	10 -- 11	0,557	317		318,3
12	608	0,503	11 -- 12	0,523	477		329,1
13	560	0,463	12 -- 13	0,483	496		341,9
14	515	0,425	13 -- 14	0,444	611		421,4
15	471	0,389	14 -- 15	0,407	633		436,8
16	421	0,348	15 -- 16	0,368	773	2484	1910,5
17	387	0,320	16 -- 17	0,334	560		468,9
18	327	0,270	17 -- 18	0,295	1121		487,4
19	290	0,240	18 -- 19	0,255	761	673	956,3
20	271	0,224	19 -- 20	0,232	416		519,8
21	208	0,172	20 -- 21	0,198	1564		539,5
22	153	0,127	21 -- 22	0,149	1830		630,9
23	107	0,088	22 -- 23	0,108	1929		665,2
24	69	0,057	23 -- 24	0,072	2028		699,4
25	39	0,032	24 -- 25	0,044	2127		733,6
26	17	0,014	25 -- 26	0,023	2227		767,8
27	4	0,004	26 -- 27	0,009	2326		802,0
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	2425	956	1165,8

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	682	0,988	0,700	0,68	466,79	0,69
2 -- 3	172	0,941	2,200	1,95	335,26	2,07
3 -- 4	1368	0,870	2,105	1,59	2180,33	1,83
4 -- 5	198	0,823	0,795	0,54	106,42	0,65
5 -- 6	206	0,787	1,450	0,90	184,50	1,14
6 -- 7	216	0,740	1,450	0,79	171,56	1,07
7 -- 8	278	0,695	1,450	0,70	194,47	1,01
8 -- 9	291	0,650	1,450	0,61	178,17	0,94
9 -- 10	1609	0,600	1,905	0,69	1103,80	1,14
10 -- 11	318	0,557	0,995	0,31	98,43	0,55
11 -- 12	329	0,523	1,450	0,40	130,45	0,76
12 -- 13	342	0,483	1,450	0,34	115,62	0,70
13 -- 14	421	0,444	1,450	0,29	120,64	0,64
14 -- 15	437	0,407	1,450	0,24	105,01	0,59
15 -- 16	1911	0,368	1,705	0,23	442,08	0,63
16 -- 17	469	0,334	1,195	0,13	62,52	0,40
17 -- 18	487	0,295	2,300	0,20	97,66	0,68
18 -- 19	956	0,255	1,500	0,10	93,10	0,38
19 -- 20	520	0,232	0,800	0,04	22,33	0,19
20 -- 21	539	0,198	2,900	0,11	61,30	0,57
21 -- 22	631	0,149	2,900	0,06	40,81	0,43
22 -- 23	665	0,108	2,900	0,03	22,30	0,31
23 -- 24	699	0,072	2,900	0,02	10,65	0,21
24 -- 25	734	0,044	2,900	0,01	4,18	0,13
25 -- 26	768	0,023	2,900	0,00	1,19	0,07
26 -- 27	802	0,009	2,900	0,00	0,19	0,03
27 -- 28	1166	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,97	6349,77	17,83

m_e = 6349,8 / 11,0 = 579,1 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1720	579,1	0,030	1,25	1,110	22,6

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 22,6

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 17,83 / (4 * π * 10,97) = 0,129 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,110 * 3,70 / $15*10^{-6}$ = 2,7E+05

C_{lat} = 0,70

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 6,66 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 5,95 / 17,83 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,044 * 0,129 * 0,33 * 0,7 = 0,041

$y_{F;max}$ = 1,110 * 0,041 = 0,046 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		70791	70791	0,00E+00	4,9E-02	1000
2	2 -- 3			70791	4,96E+07	4,9E-02	966
3	3 -- 4			70791	2,05E+08	4,7E-02	860
4	4 -- 5			70791	3,54E+08	4,4E-02	765
5	5 -- 6			70791	4,11E+08	4,2E-02	730
6	6 -- 7			70791	5,13E+08	4,0E-02	670
7	7 -- 8			70791	6,16E+08	3,7E-02	614
8	8 -- 9			70791	7,19E+08	3,5E-02	562
9	9 -- 10			70791	8,21E+08	3,3E-02	512
10	10 -- 11			70791	9,56E+08	3,0E-02	452
11	11 -- 12			70791	1,03E+09	2,9E-02	423
12	12 -- 13			70791	1,13E+09	2,7E-02	383
13	13 -- 14			70791	1,23E+09	2,5E-02	346
14	14 -- 15			70791	1,33E+09	2,3E-02	311
15	15 -- 16			70791	1,44E+09	2,1E-02	279
16	16 -- 17			70791	1,56E+09	2,0E-02	244
17	17 -- 18			70791	1,64E+09	1,8E-02	221
18	18 -- 19			70791	1,81E+09	1,6E-02	181
19	19 -- 20			70791	1,91E+09	1,5E-02	158
20	20 -- 21			70791	1,97E+09	1,4E-02	146
21	21 -- 22			70791	2,17E+09	1,2E-02	109
22	22 -- 23			70791	2,38E+09	9,6E-03	78
23	23 -- 24			70791	2,58E+09	7,7E-03	53
24	24 -- 25			70791	2,79E+09	5,9E-03	33
25	25 -- 26			70791	2,99E+09	4,3E-03	18
26	26 -- 27			70791	3,20E+09	2,8E-03	8
27	27 -- 28			70791	3,41E+09	1,3E-03	2
28	28 -- 29			70791	3,61E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	517	12,0	2346639	21	0,0459	1,9
2	569	12,0	2867306	72	0,0459	6,6
3	620	12,0	3414329	104	0,0459	9,5
4	639	12,0	3633350	113	0,0459	10,4
5	673	12,0	4050365	127	0,0459	11,6
6	708	12,0	4490042	137	0,0459	12,6
7	743	15,0	6115492	117	0,0459	10,8
8	777	15,0	6718071	122	0,0459	11,2
9	823	15,0	7552791	127	0,0459	11,6
10	847	15,0	8008212	128	0,0459	11,8
11	881	15,0	8695775	130	0,0459	11,9
12	916	15,0	9411665	131	0,0459	12,0
13	951	18,0	12071616	111	0,0459	10,1
14	985	18,0	12994262	111	0,0459	10,1
15	1026	18,0	14122654	110	0,0459	10,1
16	1055	18,0	14941536	110	0,0459	10,1
17	1110	18,0	16582612	109	0,0459	10,0
18	1146	18,0	17698958	108	0,0459	9,9
19	1165	18,0	18309217	107	0,0459	9,9
20	1234	18,0	20608150	105	0,0459	9,7
21	1303	20,0	25485269	93	0,0459	8,6
22	1373	20,0	28335272	91	0,0459	8,4
23	1442	20,0	31336358	89	0,0459	8,2
24	1512	20,0	34488527	87	0,0459	8,0
25	1581	20,0	37791780	85	0,0459	7,8
26	1650	20,0	41246116	83	0,0459	7,6
27	1720	20,0	44851536	80	0,0459	7,4

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,60 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,70 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 47,670645 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,15

$V_m(z)$ = 30,9 m/s

V_o = 30,9 * 20 / 100 = 6,19 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,60 * [3,70 / 6,19]^2 * \exp[-(3,70 / 6,19)^2]$ = 1,44E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

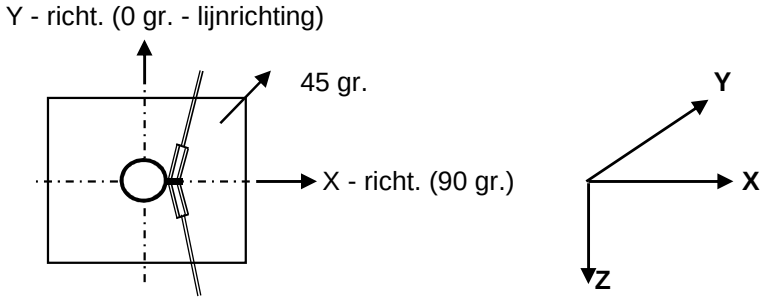
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
Knoop		in MPa	in MPa	in MPa	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl. per jaar	beschadiging < 1
3	Lasnaad	7,88 11,43	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
5	Lasnaad	12,44 13,95	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
7	Lasnaad	15,10 12,94	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
9	Lasnaad	13,46	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
11	Lasnaad	14,11	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
13	Lasnaad	14,41	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
15	Lasnaad	12,18	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
17	Lasnaad	12,10	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
18	flenzen	11,99	35	19,25	1,000E+10	1,44E+08	0,01
20	Lasnaad	11,84	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
21	Lasnaad	11,61	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
22	Lasnaad	10,28	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
23	Lasnaad	10,04	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
24	Lasnaad	9,80	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
25	Lasnaad	9,56	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
26	Lasnaad	9,32	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
27	Lasnaad	9,09	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
28	voetplaat	8,86	35	19,25	1,000E+10	1,44E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			327			
2 - Windbelasting mast	84				2089	
3 - Belasting geval 1a	246		101		9625	
4 - Belasting geval 1b	88		101		3670	
5 - Belasting geval 3	192		203		7719	
6 - Belasting geval 4	88		124		3740	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	330		**429**		**11714**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	104		429		4062	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	215		530		8306	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	104		451		4132	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	8085	kNm	11714	kNm	11714	kNm
Dwarskracht	225	kN	330	kN	330	kN
Verticale kracht	357	kN	429	kN	321	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		1880,00					
st.c binnenkant		1520,00					
1700	48	565,27	6,88	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		1880,00					
st.c binnenkant		1520,00					
1700	48	388,88	4,68	28	M 48 - 8,8	848,45	0,46

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 565,3 kN

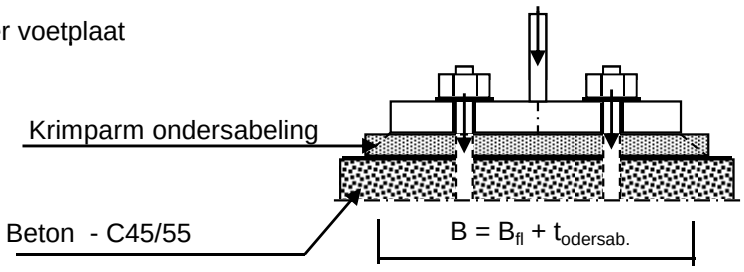
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 388,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 583,1 + 1,00 * 388,9 = 972,0 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

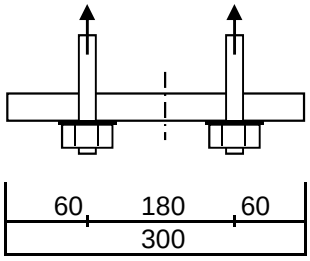
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	380,0	mm	D =	1700	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	48	
B =	420,0	mm			

A_{voetpl} = 420 * 2*π*D / n = 93462 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

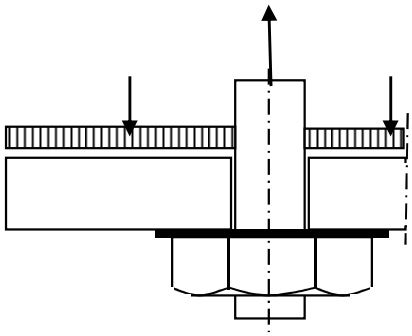


D = 1700 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 66759 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 16,9 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 60 mm
L_{veld} = 180 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 30482 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1524 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 38103 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 38103 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1524 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 38103 / 79875,0 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 169,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1524 / 6149 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 50,8 N/mm^2

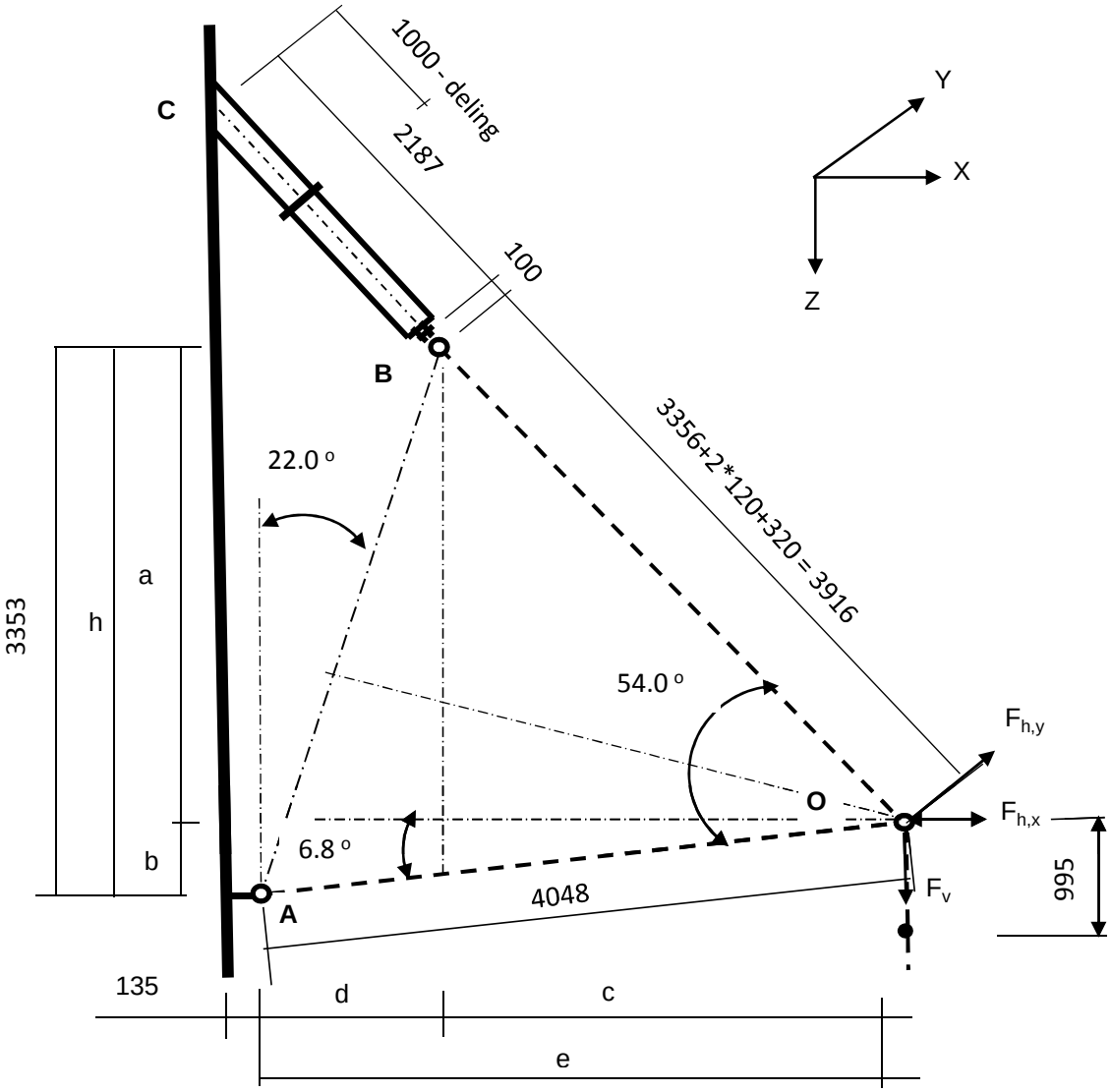
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (169,3^2 + 3*50,8^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 191 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix I
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	38327	252760	14918	38327	-252760	14918
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26578	259690	25695	26578	-259690	25695
BG 1a - (+wind (45 gr))	20279	178767	14910	23138	-189670	14912
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	17440	239845	25692	18873	-242182	25692

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	29836	±	76654	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	51390	±	53156	0
BG 1a - (wind (45 gr))	29822	±	43417	-10903
BG 3 - (wind (45) + ijs)	51384	±	36313	-2337

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	44,2	0,00	-5,3	32,5	0,00	35,1
BG 1a - (-wind (90 gr))	-93,9	0,00	11,2	17,3	0,00	18,6
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,0	0,00	-0,6	48,1	0,00	52,0
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-90,7	0,00	10,8	37,6	0,00	40,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	14,2	-9,34	-1,7	29,2	-1,56	31,5
BG 1a - (-wind (45 gr))	-64,0	-9,34	7,6	20,6	-1,56	22,2
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-10,1	-2,00	1,2	46,5	-0,33	50,2
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-75,6	-2,00	9,0	39,2	-0,33	42,4

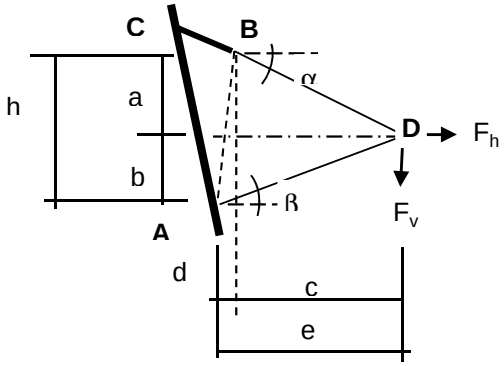
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

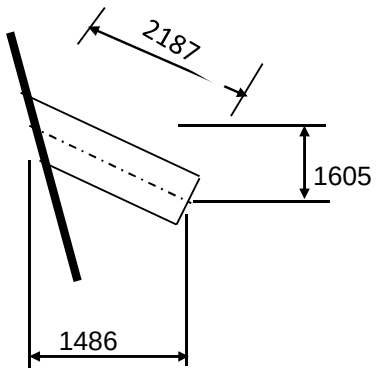
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	32,50	0,00	35,10	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	17,26	0,00	18,64	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	48,14	0,00	51,99	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	37,57	0,00	40,57	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	29,19	-1,56	31,52	0,00	-2,32
BG 1a - (-wind (45 gr))	20,55	-1,56	22,19	0,00	-2,32
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	46,46	-0,33	50,17	0,00	-0,50
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	39,24	-0,33	42,37	0,00	-0,50

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	24863	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



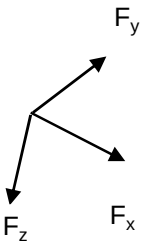


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	24,86	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	2,03	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	1,07	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	57,97	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	25,93	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	57,97	kN
$F_{z,Ed}$ =	9,18	kN
$F_{x,Ed}$ =	24,25	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
24,25	57,97	9,18	86,14	20,08	126,78

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $48{,}1^2$ + $52{,}0^2$ }^{0,5} = 70,85 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,85 / 2894 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,8 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	2,32	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	2,5	N/mm²
N_{Ed} =	42,96	kN ;	σ_N =	3,5	N/mm²
			σ_{max} =	6,0	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	24,25	/ 2894 =	0,01	< 1,0 -- Voldoet	
		σ_N =	2,0	N/mm²	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	20,08	/ 217 =	0,09	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,y}$ =	21,9	N/mm²	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	126,78	/ 217 =	0,58	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,z}$ =	138,3	N/mm²	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	86,14	/ 251 =	0,34	< 1,0 -- Voldoet	
		τ_w =	47,0	N/mm²	

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 57,97 / 835 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 9,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 9,18 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,5 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 21,9^2 + 140,3^2 \}^{0,5} = 142,0$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 164 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

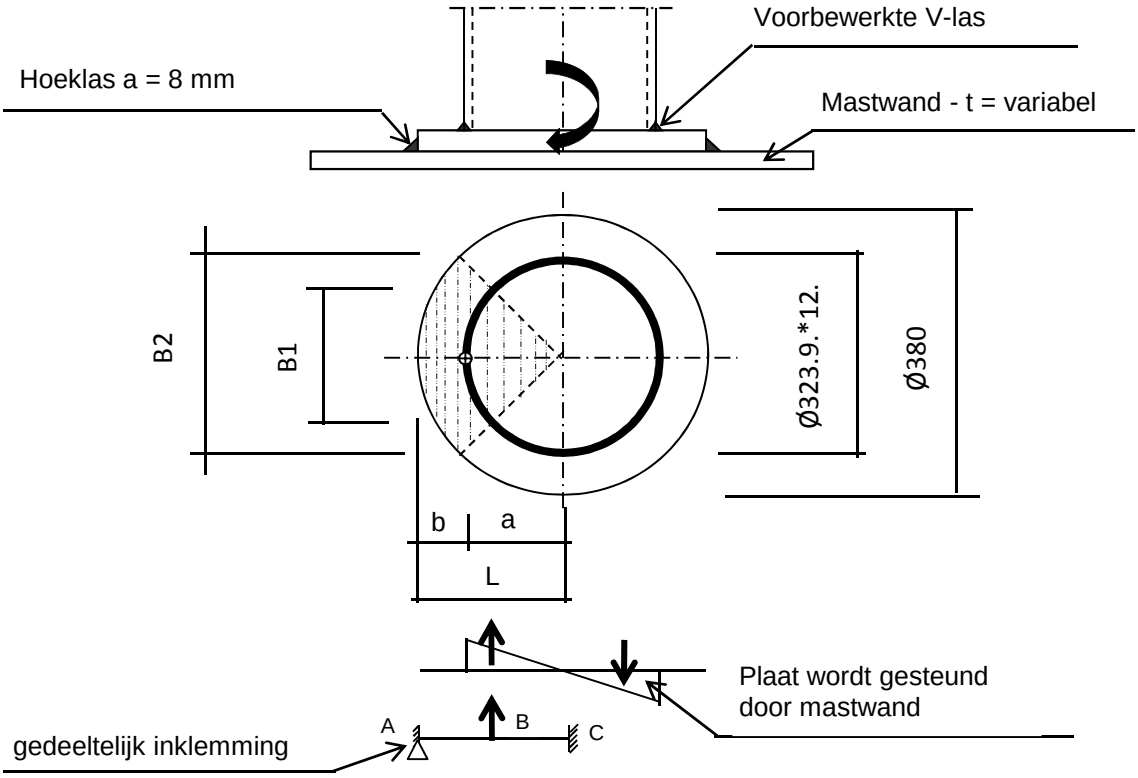
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 128,4 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 365,4 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,00 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 285,1 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 7,45 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,20 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 343,8 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 7,4 * 32,0% = 2,38 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,0 * 68,0% + 2,2 * 32,0% = 6,14 kNm

$R_{A;Ed}$ = 285,1 * 68,0% + 343,8 * 32,0% = 303,9 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,38 / 11,04 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 51,1 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,14 / 9,41 = 0,65 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 154,5 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 303,9 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 40,7 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 47,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 175,3 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 112,9 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 90,0 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 112,9 + 90,0 = 202,9 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 112,9 - 90,0 = 22,9 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 206,7 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 206,7 / 302,2 = 0,68 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 202,9 / 244,8 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 50,546 m hoogte (380 kV op 45,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	511	12,0	18806	S355	355	2291595
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,74

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 5,73 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 23,49 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,028

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 400,8 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 541,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,08 / 400,8 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 163,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 126,78 / 163,6 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 736,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 126,78 / 163,6 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 42,046 m hoogte (380 kV op 36,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	714	15,0	32948	S355	355	5640840
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,53

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 23,8

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 56,46 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 590,26 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,30 of n_p = -0,290

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,88

$M_{ip,1,Rd}$ = 422,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,08 / 422,3 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 159,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 126,78 / 159,1 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 126,78 / 159,1 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 33,546 m hoogte (380 kV op 28,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	918	18,0	50866	S355	355	11218877
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,41

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 119,87 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1931,01 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,49 of n_p = -0,478

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$M_{ip,1,Rd}$ = 432,6 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,08 / 432,6 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 173,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 126,78 / 173,3 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

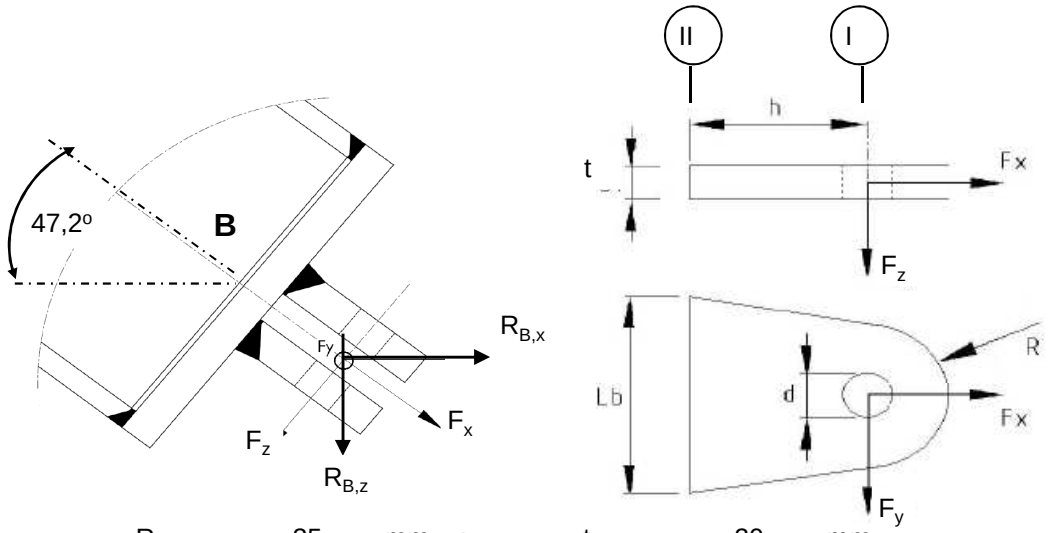
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 126,78 / 173,3 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	32,50	0,00	35,10	47,84	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	17,26	0,00	18,64	25,40	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	48,14	0,00	51,99	70,85	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	37,57	0,00	40,57	55,30	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	29,19	-1,56	31,52	42,96	-1,56	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	20,55	-1,56	22,19	30,25	-1,56	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	46,46	-0,33	50,17	68,38	-0,33	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	39,24	-0,33	42,37	57,75	-0,33	0,000
BG bundelbreuk	0,00	57,97	25,93	24,25	57,97	9,181

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 35,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 39 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	12,12	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,367	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,18	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,159	kNm
$V_{y,Ed}$ =	28,99	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	12,12	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,0	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,16	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		8,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,37	/	3,2	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		27,5	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	9,18	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,3	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	28,99	/	547	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		7,2	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 39,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 41 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

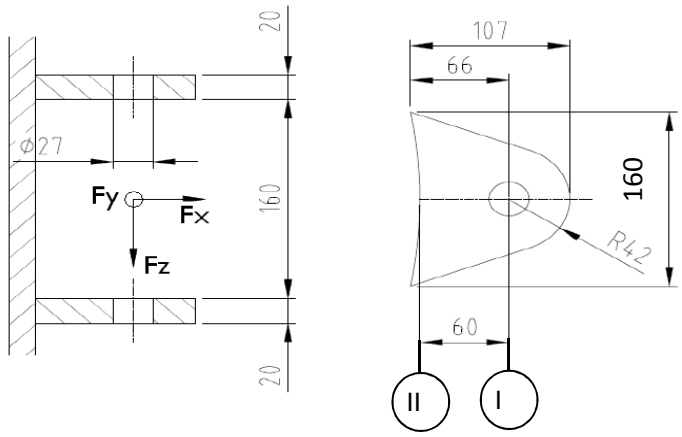
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	44,15	0,00	-5,26	44,15	0,00	5,26
BG 1a - (-wind (90 gr))	-93,91	0,00	11,20	93,91	0,00	11,20
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,01	0,00	-0,60	5,01	0,00	0,60
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-90,73	0,00	10,82	90,73	0,00	10,82
BG 1a - (+wind (45 gr))	14,23	-9,34	-1,70	14,23	9,34	1,70
BG 1a - (-wind (45 gr))	-63,97	-9,34	7,63	63,97	9,34	7,63
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-10,15	-2,00	1,21	10,15	2,00	1,21
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-75,55	-2,00	9,01	75,55	2,00	9,01
BG bundelbreuk	0,00	2,03	1,07	0,00	2,03	1,07

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 47,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 41 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	46,96	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,672	kNm
$V_{z,Ed}$ =	11,20	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	46,96	/	757	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,67	/	2,5	=	0,27	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		63,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	11,20	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,5	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 77,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 78 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 23,5 + 28,8 = 52,3 kN

σ_1 =					46,2	N/mm^2
τ_1 =					46,2	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			92,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	92,4	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	46,2	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2187 - 1000 = 1187 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
24,25	57,97	9,18	46,75	10,90	68,81

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 69,7 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 58,7 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 37,3 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 92,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 92,35 / 203 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 37,31 / 136 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,60 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$ 264,6 kN

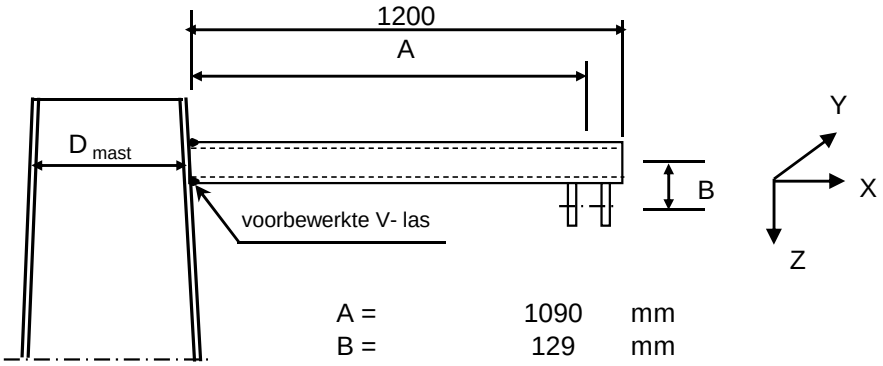
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 169,4 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 203,3 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,55 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	50,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix I

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	6539	40255	1949	6539	-40255	1949
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	7732	64556	8086	7732	-64556	8086
BG 1a - (+wind (45 gr))	3334	26317	1947	3847	-28499	1948
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4842	59459	8084	5298	-60060	8084

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	13,078	0	3,898	0,00	5,94	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	15,464	0	16,172	0,00	19,62	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,181	2,182	3,895	0,28	5,17	2,38
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,14	0,601	16,168	0,08	18,93	0,66

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	19,62	/	36	=	0,54	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		127,3	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	15,46	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,8	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	16,17	/	275	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		8,0	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 127,3 + 3,8 = 131,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 132 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,2	12,0	18592	S355	355	2239110
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,0

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 5,73 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 23,49 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,029

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 42,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 19,62 / 42,1 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 21,0 kNm

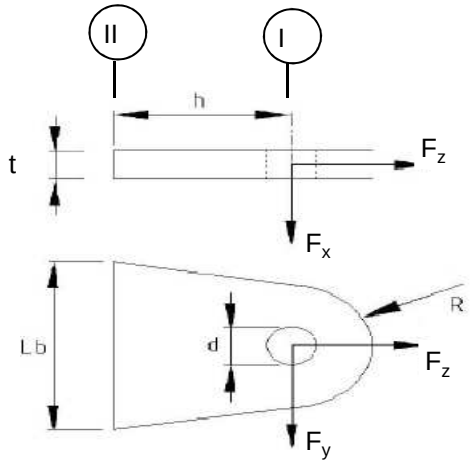
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,38 / 21,0 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	13,08	0,00	3,90
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	15,46	0,00	16,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,18	2,18	3,90
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,14	0,60	16,17

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 8,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	7	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568	kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4	kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9	kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	8,09	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,603	kNm
$V_{x,Ed}$ =	7,73	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	8,09	/	568	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,60	/	1,9	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		75,4	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	7,73	/	328	/	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,2	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 79 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

a = 5 mm

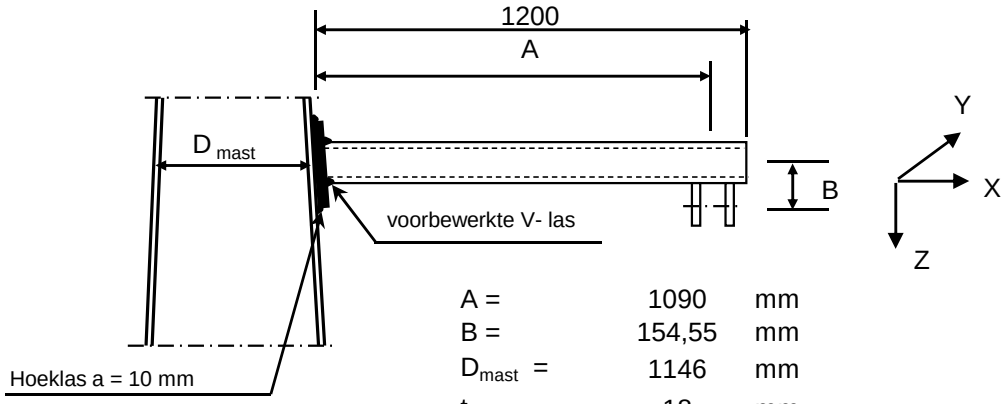
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,0 + 25,8 = 29,9 kN

σ_1 =			35,2	N/mm^2
τ_1 =			35,2	N/mm^2
τ_2 = 0				
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		70,5	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	70,5	/	302,2	=	0,23	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	35,2	/	244,8	=	0,14	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1146	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte:	24	m

Buisgegevens

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix I

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	10034	67819	4041	10034	-67819	4041
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12677	124217	16335	12677	-124217	16335
BG 1a - (+wind (45 gr))	5336	48171	4039	6079	-51032	4039
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8489	118455	16332	9151	-119112	16333

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,068	0	8,082	0,00	11,91	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	25,354	0	32,67	0,00	39,53	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,415	2,861	8,078	0,44	10,57	3,12
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	17,64	0,657	32,665	0,10	38,33	0,72

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	39,53	/	64	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		146,3	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	25,35	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,8	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	32,67	/	362	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		12,3	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 146,3 + 4,8 = 151,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 153 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

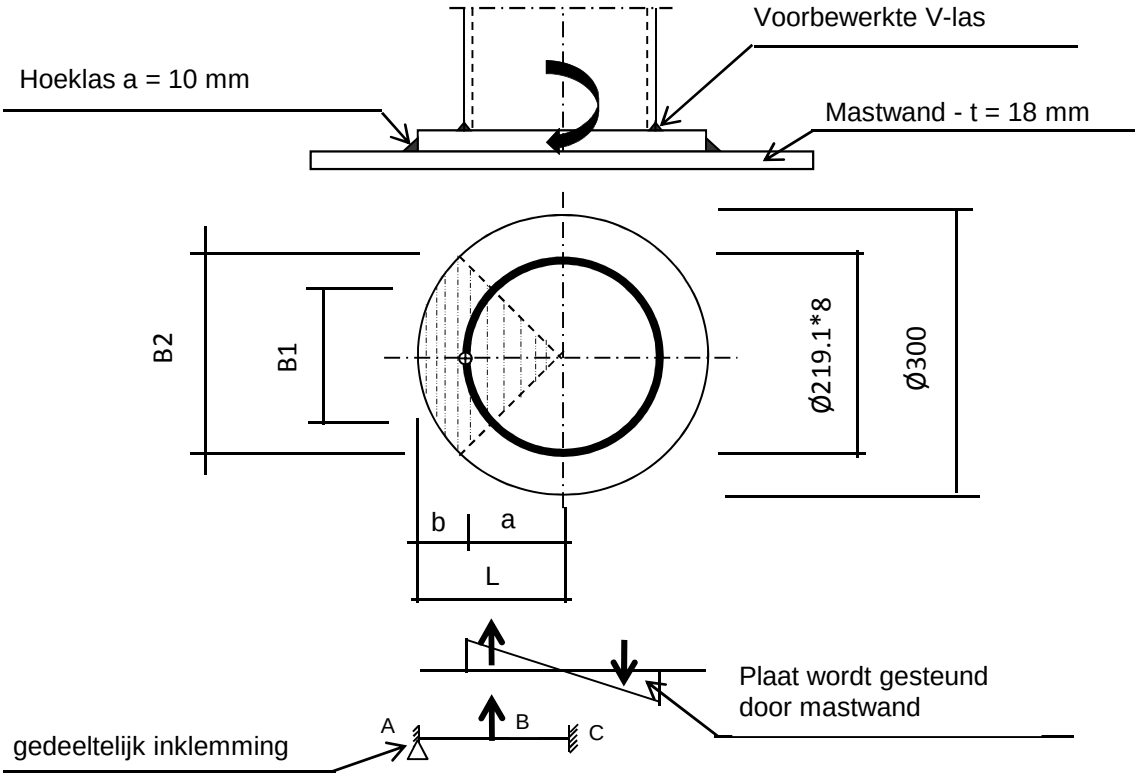
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 20 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 39,5 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 165,6 kN

a = R_{buis} = 109,6

b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm

B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 50,0%

Percentage vrij oplegging = 50,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 4,06 kNm

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 100,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 3,57 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 1,93 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 136,0 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 50,0% + 3,6 * 50,0% = 1,79 kNm

$M_{B;Ed} =$ 4,1 * 50,0% + 1,9 * 50,0% = 2,99 kNm

$R_{A;Ed} =$ 100,3 * 50,0% + 136,0 * 50,0% = 118,1 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 5,58 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 4,07 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 1,79 / 5,58 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 75,8 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 2,99 / 4,07 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 173,9 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 118,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 25,1 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 34,3 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 183,7 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 107,3 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 35,5 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	107,3	+	35,5	=		142,7	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	107,3	-	35,5	=		71,8	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		189,3	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	189,3	/	302,2	=		0,63	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	142,7	/	244,8	=		0,58	< 1,0 -- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1145,9	18,0	63780	S355	355	17706159
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,26

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,8

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 214,63 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 4247,05 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,69 of n_p = -0,666

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,65

$M_{ip,1,Rd}$ = 107,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 221,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 39,53 / 107,7 = 0,37 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 51,5 kNm

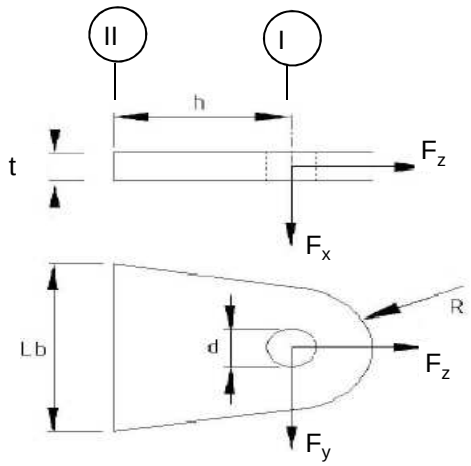
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 221,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 3,12 / 51,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip draagarm Passieve Loop geleider (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,07	0,00	8,08
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	25,35	0,00	32,67
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,42	2,86	8,08
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	17,64	0,66	32,67

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 16,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 14 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	16,34	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,786	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,68	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	16,34	/	568	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		6,8	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,79	/	1,9	=	0,42	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		98,2	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	12,68	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		5,3	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 105 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

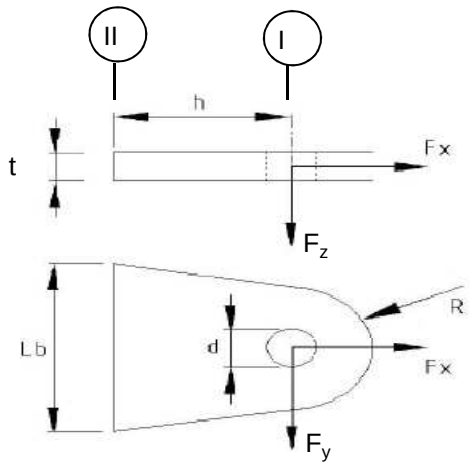
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 8,2 + 33,7 = 41,9 kN

σ_1 =					49,3	N/mm^2
τ_1 =					49,3	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			98,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	98,6	/	302,2	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	49,3	/	244,8	=	0,20	< 1,0 -- Voldoet

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 42,43 / 521 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 19,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 2,33 / 10 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 57,9 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 42,43 / 301 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN

$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,30 / 10 = 0,35 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 81,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 60,00 / 301 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 27,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1708,0	20,0	106063	S355	355	44241577
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,06 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,06

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 428,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11713,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,76 of $n_p =$ -0,734

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,60

$N_{1,Rd} =$ 289,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 289,0 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 31,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 31,8 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

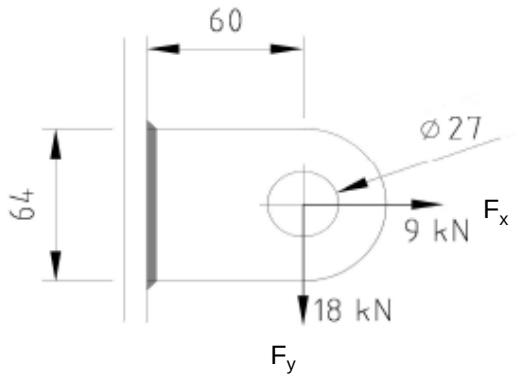
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm	
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm	
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 26.987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1074,4	18,0	59740	S355	355	15517843
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,06 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,06

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 187,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3464,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,620

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,69

$N_{1,Rd} =$ 267,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 267,2 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 17,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 17,1 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 43,987 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	667,8	12,0	24722	S355	355	3981379
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,10 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,10

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 48,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 451,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,32 of $n_p =$ -0,314

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,87

$N_{1,Rd} =$ 152,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 152,0 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,7 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

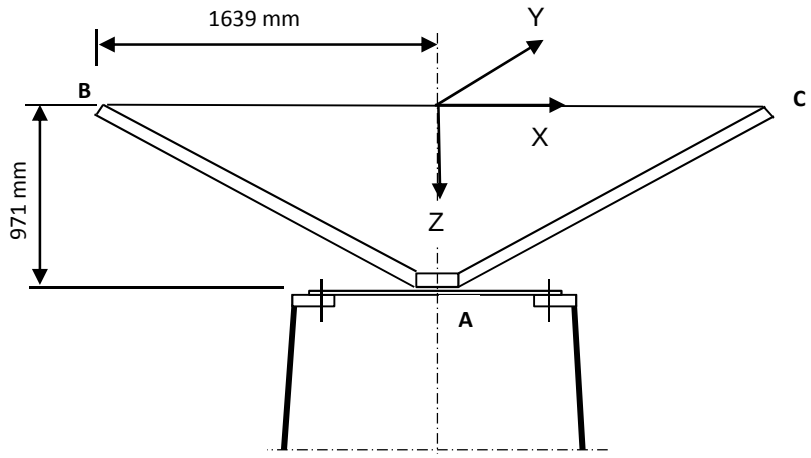
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



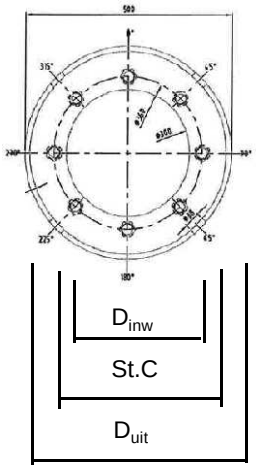
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

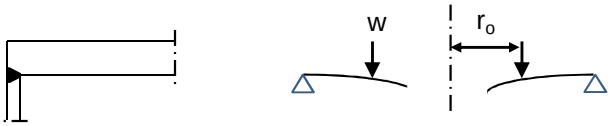
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

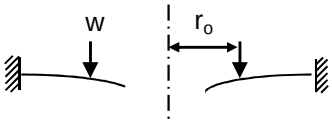
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

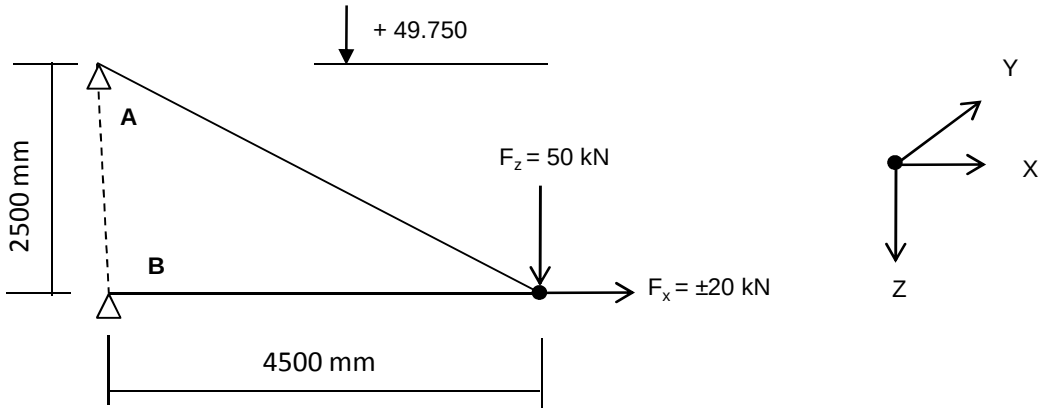
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

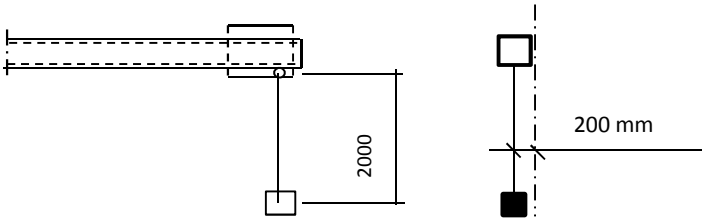
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 49,75 / 47,25



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

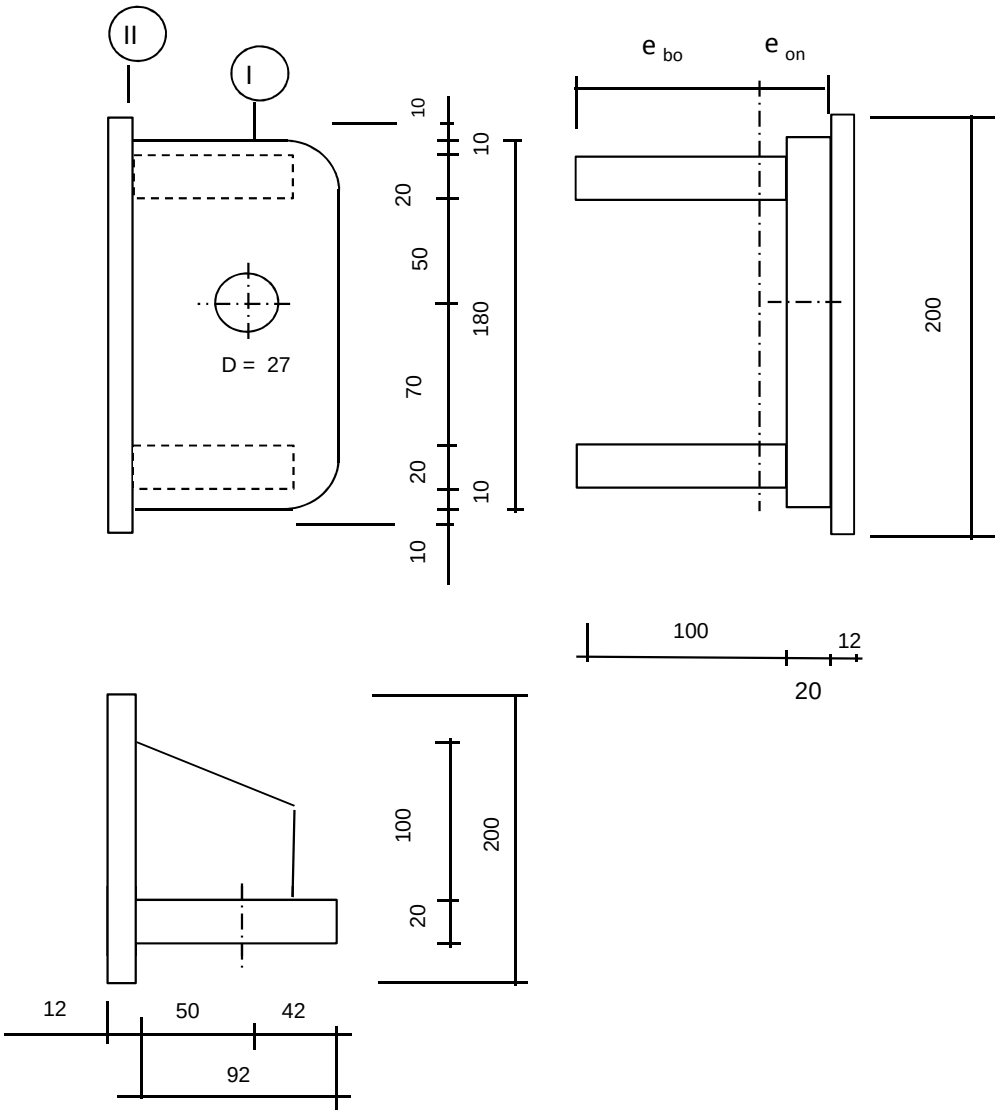
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

α = boogtan ((200-110) / 2000 = 2,6°

$F_{y;Ed}$ = 2,3 kN

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm
of					
$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	110	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm

9.7.1.1 - Berekening clip



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	180	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

A =	7600	mm^2			
I_y =	9,85E+06	mm^4 ;	W_y =	1,09E+05	mm^3
e_o =	41,58	mm ;	$W_{z,min}$ =	1,31E+05	mm^3
e_b =	78,42	mm ;	$W_{z,max}$ =	2,47E+05	mm^3
I_z =	1,03E+07	mm^4 ;			

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1799	kN
$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	25,9	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	31,0	kNm
$V_{Rd} = L_b * t * f_y / 3^{0,5}$ =	491,9	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00
0,00	110,00

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 110,0 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 96 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

N_{Ed} = 90,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 3,4 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 8,94 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 6,87 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	1799	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		11,8 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,40	/	26	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		31,1 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	6,87	/	31	=	0,22	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		52,5 N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	50,00	/	492	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		13,9 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 11,8 + 24,2 + 52,5 } = 88,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 92 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 110,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 0,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 1,1 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 13,56 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 9,59 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	110,00	/	1799	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,5 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,10	/	26	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,0 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	9,59	/	31	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		73,2 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 14,5 + 7,8 + 73,2 } = 95,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

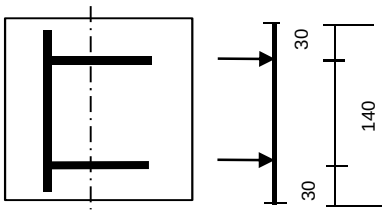
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			125,1	N/mm^2	
τ_1 =			125,1	N/mm^2	
τ_2 =			27,8	N/mm^2	
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		254,8	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	254,8 /	302,2 =	0,84	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	125,1 /	244,8 =	0,51	< 1,0	-- Voldoet

of

σ_1 =			135,1	N/mm^2	
τ_1 =			135,1	N/mm^2	
τ_2 =			0,0	N/mm^2	
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		270,2	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	270,2 /	302,2 =	0,89	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	135,1 /	244,8 =	0,55	< 1,0	-- Voldoet

Versterkingsplaat 200 * 200 * 12 - S355



$F = \sigma_{max} * t * e_b / 4$

σ_{max} =	95,5	N/mm^2
t =	20	mm
e_b =	78,42	mm
F =	37,45	kN

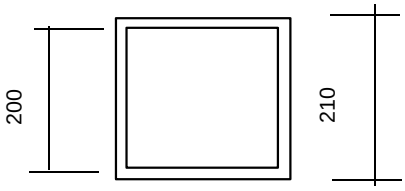
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 1,136 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 0,96 / 1,14 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 199,0 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom



A_{las} =	4100	mm^2
W_{las} =	273659	mm^3

N_{Ed} =	110,00	kN ;	σ_N =	26,8	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ =	1,1	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	4,0	N/mm^2
$M_{z,Ed}$ =	9,59	kNm ;	$\sigma_{b,z}$ =	35,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max} =$ 65,9 N/mm^2

σ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_2 =	0,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 131,8 / 302,2 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,9 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.7.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +49,750 / 47,250

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	12,0	21779	S355	355	3082786
plaat	210,0	5,0	4100	S355	355	273659

$N_{i,Rd} = k_p * f_{y0} * t^2_0 * (4 + 20*\beta^2) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$;

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0$ $h_i / d_0 =$ 0,36

$\beta = b_i / d_0$ $b_i / d_0 =$ 0,36

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 10,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 42,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,04 of $n_p =$ -0,037

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 239,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 239,5 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 9,59 / 25,2 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$M_{ip,i,Rd} =$ 50,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 50,3 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

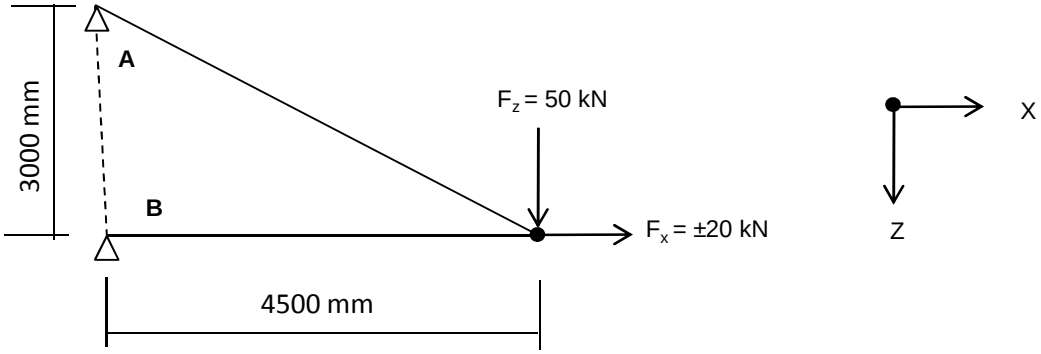
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Berekening hijsbalk op 45,33 / 42,33 en 36,83 / 33,83

Hijsbalk 4,5m op 45,33 / 42,33 en 36,83 / 33,83

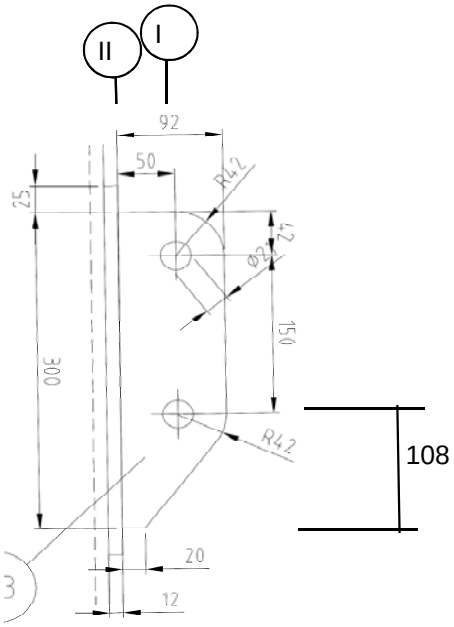


$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-75,0	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	55,0	kN

of

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-75,0	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	95,0	kN

9.7.2.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	300	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
75,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 90,1 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 79 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y =$	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	4,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =$	819,8	kN

N_{Ed} = 75,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 5,65 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 75,00 / 1420 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 12,5 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 5,65 / 71 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 18,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 820 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 8,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 12,5 + 18,8 \} =$ 31,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 34 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =				44,3	N/mm^2
τ_1 =				44,3	N/mm^2
τ_2 = 0				16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =			93,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	93,2	/	302,2 =	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	44,3	/	244,8 =	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.7.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +45,33 / 42,33

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	636	12,0	23510	S355	355	3597625
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,47 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,47

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 45,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 341,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,27 of $n_p =$ -0,262

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,90

$N_{1,Rd} =$ 170,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 170,7 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 51,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 51,2 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,650 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +36,83 / 33,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	839	15,0	38829	S355	355	7857988
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,36 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,36

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 105,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1325,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,48 of $n_p =$ -0,468

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,79

$N_{1,Rd} =$ 227,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 227,7 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 68,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 68,3 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

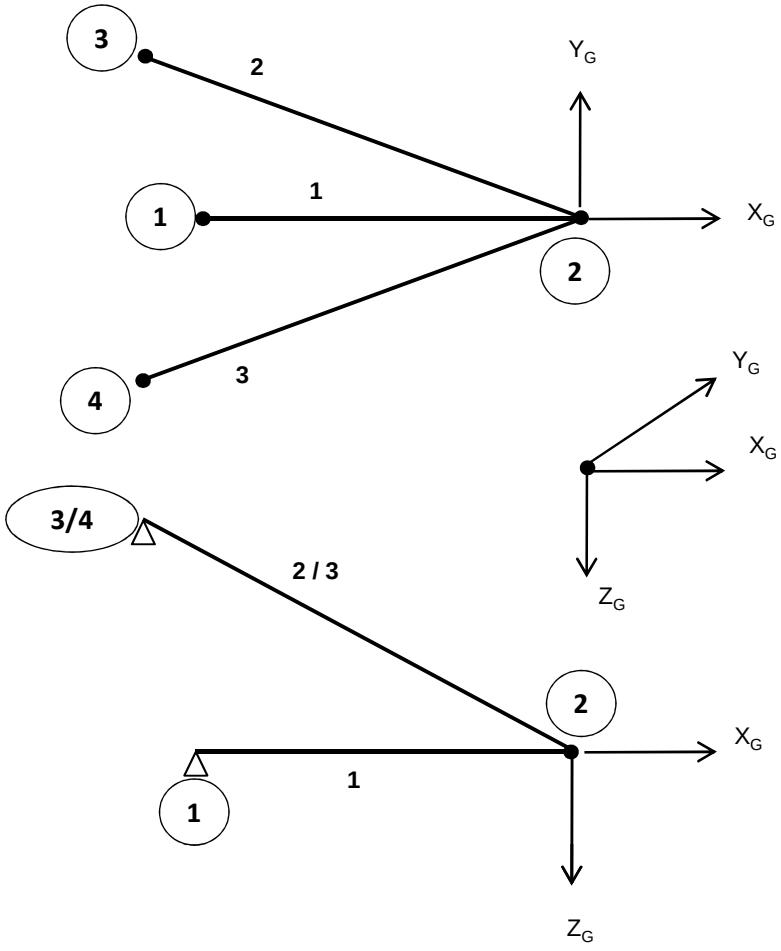
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
7	alle staven		factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
9	2 t/m	2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m	2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m	2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0932E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0138E-05	9.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

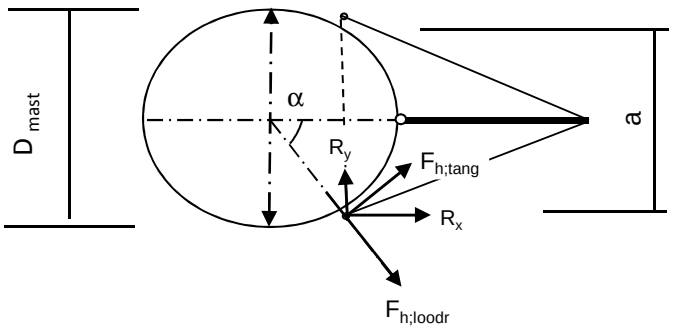
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	45330	636	12	55,18	0,00	-0,20
3	46487	608	12	50,84	-11,50	34,00
4	46487	608	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	36830	839	15	55,18	0,00	-0,20
3	37987	811	15	50,84	-11,50	34,00
4	37987	811	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	28330	1042	18	55,18	0,00	-0,20
3	29487	1015	18	50,84	-11,50	34,00
4	29487	1015	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * \cos\alpha + R_y * \sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * \sin\alpha + R_y * \cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	45330	636		0,00	55,18	0,00	0,20
3	46487	608	704	83,9	16,80	49,34	34,00
4	46487	608	704	83,9	15,03	128,32	84,87
1	36830	839		0,00	55,18	0,00	0,20
3	37987	811	854	69,6	28,52	43,63	34,00
4	37987	811	854	69,6	17,27	128,04	84,87
1	28330	1042		0,00	55,18	0,00	0,20
3	29487	1015	960	59,5	35,74	37,94	34,00
4	29487	1015	960	59,5	39,49	123,02	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 45,330 en 36,830m hoogte
Clip type 16,3 - 28,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 46,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 7,52 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,16 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 37,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 8,63 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,02 kN

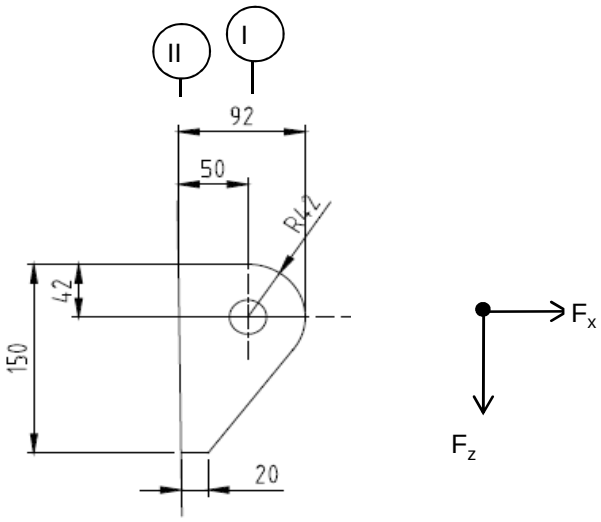
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 29,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 19,74 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 61,51 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 46,487m, 37,987m en 29,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 45,330 en 36,830m hoogte

en clip type16,3 op 28,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +28330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1042	18,0	57923	S355	355	14580987
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,14 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,14

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 173,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3112,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,61 of $n_p =$ -0,593

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,71

$N_{1,Rd} =$ 280,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 280,2 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 42,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 42,0 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

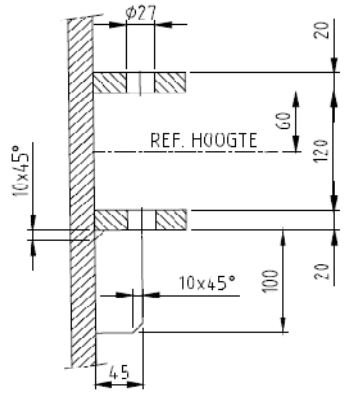
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

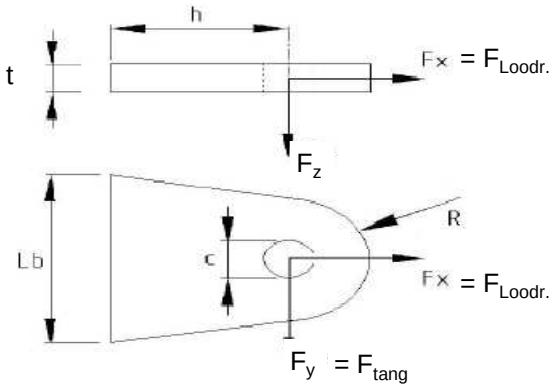
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 46,487m, 37,987 en 29,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 46,487m, 37,987 en 29,487 m hoogte.





R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	45	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	46,487m kN	37,987m kN	29,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	7,52	8,63	19,74
$F_{y,Ed}$ =	64,16	64,02	61,51

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6	kN

Clip op 46,487m hoogte

N_{Ed} =	7,52	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,89	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,16	kN			

Clip op 37,987m hoogte

N_{Ed} =	8,63	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,88	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,02	kN			

Clip op 29,487m hoogte

N_{Ed} =	19,74	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,77	kNm
$V_{y,Ed}$ =	61,51	kN			

	46,487m hoogte spanning in N/mm^2	37,987m hoogte spanning in N/mm^2	29,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	2,7	3,1	7,1
$\sigma_{b,z}$ =	44,2	44,1	44,1
τ_y =	22,9	22,9	22,0
$\sigma_{b,max}$ =	46,9	47,2	51,1
σ_{vlg} =	61,4	61,6	63,7

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

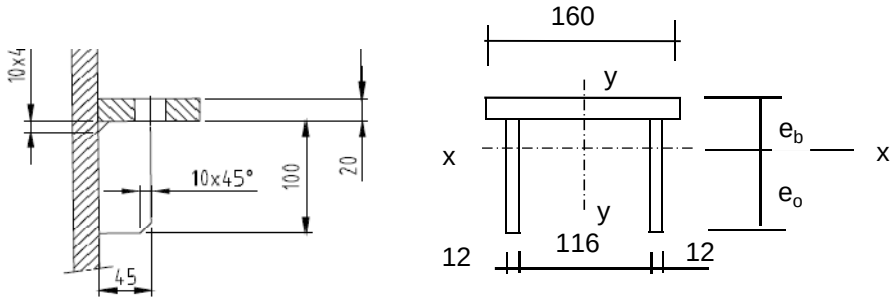
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			72,3	N/mm^2
τ_1 =			72,3	N/mm^2
τ_2 = 0			102,3	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		228,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	228,7 /	302,2 =	0,76	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	72,3 /	244,8 =	0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 46,487m, 37,987 en 29,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	46,487m kN	37,987m kN	29,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	7,52	8,63	19,74
$F_{y,Ed}$ =	64,16	64,02	61,51
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 46,487m hoogte

N_{Ed} =	7,52	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,89	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,16	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,012	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 37,987m hoogte

N_{Ed} =	8,63	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,88	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,02	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,041	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 29,487m hoogte

N_{Ed} =	19,74	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,77	kNm
$V_{y,Ed}$ =	61,51	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,327	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	46,487m hoogte spanning in N/mm^2	37,987m hoogte spanning in N/mm^2	29,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	1,3	1,5	3,5
$\sigma_{b,z}$ =	13,8	13,7	13,2
$\sigma_{b,y}$ =	40,4	40,7	43,5
τ_y =	20,1	20,0	19,2
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	55,5	55,9	60,2
σ_{vlg} =	89,6	89,9	92,1

> 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

t_1 = 12 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =	85,2	N/mm^2
τ_1 =	85,2	N/mm^2
τ_2 = 0	42,4	N/mm^2
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	185,6	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 185,6 / 302,2 = 0,61 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 85,2 / 244,8 = 0,35 < 1,0 -- Voldoet

9.8.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +46,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	608	12,0	22467	S355	355	3282620
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,23

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 27,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 55,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,05 of n_p = -0,044

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,98

$N_{1,Rd}$ = 169,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 7,52 / 169,7 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 11,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,89 / 11,9 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 7,52 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,89 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 937,6 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 3279 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +37,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	15,0	37524	S355	355	7334566
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,17

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 82,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1014,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,40 of n_p = -0,383

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,83

$N_{1,Rd}$ = 204,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 8,63 / 204,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 14,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,88 / 14,3 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 8,63 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,88 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 943,6 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4099 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +29,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1015	18,0	56358	S355	355	13797282
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,14

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 150,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2703,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,544

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,74

$N_{1,Rd}$ = 248,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 19,74 / 248,0 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,77 / 17,4 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

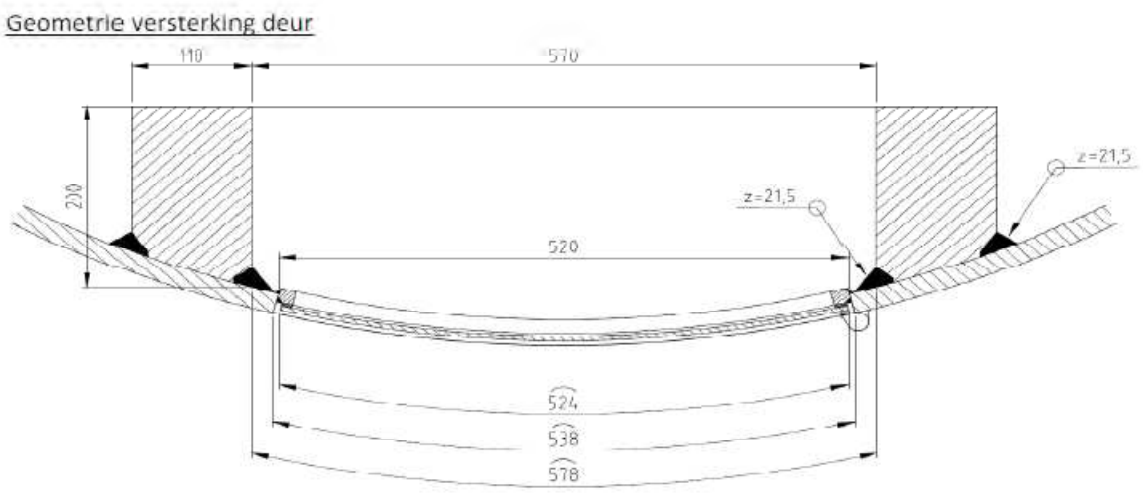
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 19,74 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,77 kNm

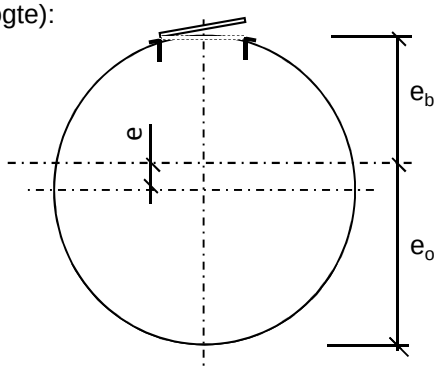
$\sigma_{max.}t_i$ = 988,4 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	1691	mm
dikte t ;	20	mm

A_{buis} =	104973	mm^2
$A_{versterking}$ =	38512	mm^2
$A_{verlies}$ =	10446	mm^2
A_{tot} =	133039	mm^2

e =	127,1	mm			
e_b =	718,2	mm ;	e_o =	972,5	mm

I_{tot} =	4,44E+10	mm^4
W_{min} =	4,57E+07	mm^3
W_{max} =	6,18E+07	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} =	11921	kNm ;	N_{Ed} =	429 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,2	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	261,1	N/mm^2

σ_{max} = 3,2 + 261,1 = 264,3 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage I en I2

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	6455	146657	14907	6455	-146657
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	6451	146657	14907	6451	-146657
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	6446	146657	14907	6446	-146657
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	849	19242	1947	849	-19242
	Comp. gl	4038	1754	39867	4038	1754	-39867
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	7606	173968	14900	7606	-173968
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	7605	173968	14900	7605	-173968
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	7604	173968	14900	7604	-173968
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	984	22489	1946	984	-22489
	Comp. gl	4036	2011	46005	4036	2011	-46005
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	10256	234233	25691	10256	-234233
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	10254	234233	25691	10254	-234233
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	10251	234233	25691	10251	-234233
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8083	2543	58024	8083	2543	-58024
	Comp. gl	16332	5119	116933	16332	5119	-116933
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	7550	172685	17913	7550	-172685
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	7549	172685	17913	7549	-172685
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	7548	172685	17913	7548	-172685
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	1108	25331	2699	1108	-25331
	Comp. gl	5542	2269	51910	5542	2269	-51910
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
	GW / opgw	2190	922	21111	2190	922	-21111
	Comp. gl	4543	1908	43708	4543	1908	-43708
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	20279	178767	14912	23138	-189670
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	19149	174662	14911	21776	-184396
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	17734	169727	14910	20067	-177988
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	3334	26317	1948	3847	-28499

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4039	5336	48171	4039	6079	-51032
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10153	175454	14900	10657	-176091
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	9954	175230	14900	10417	-175775
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	9703	174974	14900	10116	-175411
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	1435	22861	1946	1525	-23017
	Comp. gl	4036	2672	46388	4036	2802	-46552
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	17440	239845	25692	18873	-242182
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	16873	239019	25692	18190	-241025
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	16162	238064	25692	17334	-239686
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8084	4842	59459	8084	5298	-60060
	Comp. gl	16332	8489	118455	16333	9151	-119112
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	10083	173811	17914	10581	-174301
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	9886	173639	17914	10344	-174057
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	9637	173443	17913	10046	-173777
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	1553	25562	2699	1641	-25661
	Comp. gl	5542	2923	52147	5542	3051	-52252
1a	380C1F1 / 380C2F1	14918	38327	252760	14918	38327	-252760
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14917	35775	241952	14917	35775	-241952
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14916	32556	228346	14916	32556	-228346
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1949	6539	40255	1949	6539	-40255
	Comp. gl	4041	10034	67819	4041	10034	-67819
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	13359	181105	14900	13359	-181105
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	12899	180081	14900	12899	-180081
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	12323	178890	14900	12323	-178890
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	2012	24212	1946	2012	-24212
	Comp. gl	4037	3502	47847	4037	3502	-47847
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	26578	259690	25695	26578	-259690
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25695	25266	256221	25695	25266	-256221
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	23622	252124	25694	23622	-252124
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8086	7732	64556	8086	7732	-64556
	Comp. gl	16335	12677	124217	16335	12677	-124217
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	13236	178213	17914	13236	-178213

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	12785	177407	17914	12785	-177407
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	12220	176474	17914	12220	-176474
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	2110	26448	2699	2110	-26448
	Comp. gl	5542	3732	53097	5542	3732	-53097
1a	380C1F1 / 380C2F1	14912	23138	189670	14910	20279	-178767
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14911	21776	184396	14910	19149	-174662
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14910	20067	177988	14909	17734	-169727
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	3847	28499	1947	3334	-26317
	Comp. gl	4039	6079	51032	4039	5336	-48171
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10657	176091	14900	10153	-175454
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	10417	175775	14900	9954	-175230
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	10116	175411	14900	9703	-174974
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	1525	23017	1946	1435	-22861
	Comp. gl	4036	2802	46552	4036	2672	-46388
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	18873	242182	25692	17440	-239845
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	18190	241025	25692	16873	-239019
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25692	17334	239686	25691	16162	-238064
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8084	5298	60060	8084	4842	-59459
0	Comp. gl	16333	9151	119112	16332	8489	-118455
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	10581	174301	17913	10083	-173811
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	10344	174057	17913	9886	-173639
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	10046	173777	17913	9637	-173443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	1641	25661	2699	1553	-25562
	Comp. gl	5542	3051	52252	5542	2923	-52147
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	5177	117394	11178	5177	-117394
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5174	117394	11178	5174	-117394
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	5169	117394	11178	5169	-117394
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	677	15289	1460	677	-15289
	Comp. gl	3028	1399	31734	3028	1399	-31734
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	6290	143819	11172	6290	-143819
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	6289	143819	11172	6289	-143819
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	6288	143819	11172	6288	-143819

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	803	18356	1459	803	-18356
	Comp. gl	3027	1642	37544	3027	1642	-37544
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	9184	209682	21959	9184	-209682
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	9182	209682	21959	9182	-209682
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	9179	209682	21959	9179	-209682
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	2434	55540	7595	2434	-55540
	Comp. gl	15319	4895	111800	15319	4895	-111800
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	6342	145028	14184	6342	-145028
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	6342	145028	14184	6342	-145028
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	6341	145028	14184	6341	-145028
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	952	21752	2211	952	-21752
	Comp. gl	4531	1947	44539	4531	1947	-44539
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
	GW / opgw	1460	668	15289	1460	668	-15289
	Comp. gl	3028	1386	31734	3028	1386	-31734
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	19444	159676	11182	22396	-172725
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	18273	154641	11182	20991	-166465
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11180	16805	148484	11181	19225	-158726
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	3242	24215	1461	3768	-26690
	Comp. gl	3029	5097	42700	3029	5865	-46147
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	8868	146034	11173	9385	-146964
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8664	145707	11172	9139	-146503
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8408	145330	11172	8830	-145971
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	1262	18902	1459	1355	-19126
	Comp. gl	3027	2310	38113	3027	2444	-38353
3	380C1F1 / 380C2F1	21960	16424	216603	21961	17878	-219437
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	15850	215596	21960	17185	-218037
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	15129	214430	21960	16316	-216409
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7596	4739	57102	7596	5196	-57751
	Comp. gl	15319	8270	113466	15320	8935	-114181

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	8894	146589	14184	9399	-147257
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8694	146355	14184	9159	-146926
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8442	146086	14184	8857	-146544
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	1400	22056	2211	1489	-22185
	Comp. gl	4531	2605	44856	4531	2734	-44993
1a	380C1F1 / 380C2F1	11188	37902	243059	11188	37902	-243059
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11187	35313	231406	11187	35313	-231406
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11186	32039	216560	11186	32039	-216560
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1462	6497	39301	1462	6497	-39301
	Comp. gl	3030	9909	64971	3030	9909	-64971
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	12178	154081	11173	12178	-154081
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	11700	152650	11173	11700	-152650
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	11103	150973	11173	11103	-150973
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	1862	20775	1459	1862	-20775
	Comp. gl	3027	3168	40194	3027	3168	-40194
3	380C1F1 / 380C2F1	21964	25723	240154	21964	25723	-240154
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	24386	236112	21963	24386	-236112
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	22711	231302	21962	22711	-231302
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7598	7644	62562	7598	7644	-62562
	Comp. gl	15322	12479	119694	15322	12479	-119694
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	12112	152494	14184	12112	-152494
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	11650	151426	14184	11650	-151426
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	11071	150183	14184	11071	-150183
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	1968	23187	2212	1968	-23187
	Comp. gl	4531	3426	46086	4531	3426	-46086
1a	380C1F1 / 380C2F1	11182	22396	172725	11181	19444	-159676
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11182	20991	166465	11181	18273	-154641
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11181	19225	158726	11180	16805	-148484
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	3768	26690	1460	3242	-24215
	Comp. gl	3029	5865	46147	3029	5097	-42700
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	9385	146964	11172	8868	-146034
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	9139	146503	11172	8664	-145707

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8830	145971	11172	8408	-145330
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	1355	19126	1459	1262	-18902
	Comp. gl	3027	2444	38353	3027	2310	-38113
3	380C1F1 / 380C2F1	21961	17878	219437	21960	16424	-216603
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	17185	218037	21960	15850	-215596
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	16316	216409	21960	15129	-214430
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7596	5196	57751	7596	4739	-57102
0	Comp. gl	15320	8935	114181	15319	8270	-113466
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	9399	147257	14184	8894	-146589
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	9159	146926	14184	8694	-146355
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8857	146544	14184	8442	-146086
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2211	1489	22185	2211	1400	-22056
	Comp. gl	4531	2734	44993	4531	2605	-44856

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	5598	127433	12421	5598	-127433
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	5596	127433	12421	5596	-127433
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	5593	127433	12421	5593	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	733	16643	1622	733	-16643
	Comp. gl	3365	1516	34520	3365	1516	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	6739	154196	12415	6739	-154196
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	6739	154196	12415	6739	-154196
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	6738	154196	12415	6738	-154196
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	865	19778	1621	865	-19778
	Comp. gl	3363	1768	40455	3363	1768	-40455
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	8468	193497	19607	8468	-193497
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	8466	193497	19607	8466	-193497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	8464	193497	19607	8464	-193497
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	1989	45404	5711	1989	-45404
	Comp. gl	11555	4010	91636	11555	4010	-91636
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	6420	146877	14424	6420	-146877
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	6419	146877	14424	6419	-146877
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	6419	146877	14424	6419	-146877
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	922	21079	2123	922	-21079
	Comp. gl	4367	1892	43294	4367	1892	-43294
1a	380C1F1 / 380C2F1	12422	14713	146571	12423	16603	-153485
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12422	13968	144014	12423	15702	-150118
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	13036	140978	12422	14574	-146083
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	2372	20964	1623	2713	-22404
	Comp. gl	3365	3877	39438	3365	4367	-41236
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8430	155030	12415	8764	-155393
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8298	154904	12415	8605	-155213
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8132	154758	12415	8406	-155006
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	1164	19988	1621	1223	-20077
	Comp. gl	3363	2206	40669	3363	2293	-40762

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	13249	197078	19607	14201	-198583
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	12872	196548	19607	13747	-197838
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	12399	195937	19607	13178	-196976
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	3523	46421	5711	3828	-46848
	Comp. gl	11555	6258	92713	11555	6700	-93178
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8104	147534	14424	8434	-147824
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	7973	147433	14424	8277	-147680
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	7808	147318	14424	8080	-147515
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	1218	21219	2123	1276	-21280
	Comp. gl	4367	2327	43436	4367	2413	-43500
1a	380C1F1 / 380C2F1	12427	26747	196063	12427	26747	-196063
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12426	25033	188534	12426	25033	-188534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	22875	179172	12425	22875	-179172
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	4523	30615	1623	4523	-30615
	Comp. gl	3366	7004	52466	3366	7004	-52466
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	10545	158280	12415	10545	-158280
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	10242	157685	12415	10242	-157685
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	9862	156996	12415	9862	-156996
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	1544	20775	1621	1544	-20775
	Comp. gl	3363	2754	41506	3363	2754	-41506
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	19327	210048	19609	19327	-210048
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19609	18453	207752	19609	18453	-207752
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	17359	205055	19608	17359	-205055
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	5459	50066	5712	5459	-50066
	Comp. gl	11556	9059	96804	11556	9059	-96804
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	10192	150154	14425	10192	-150154
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14425	9894	149671	14425	9894	-149671
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	9520	149114	14424	9520	-149114
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	1587	21763	2123	1587	-21763
	Comp. gl	4367	2864	44015	4367	2864	-44015
1a	380C1F1 / 380C2F1	12423	16603	153485	12422	14713	-146571
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12423	15702	150118	12422	13968	-144014

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	**AHEAD** Transverse [N]	**AHEAD** Longitudinal [N]	**BACK** Vertical [N]	**BACK** Transverse [N]	**BACK** Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	14574	146083	12422	13036	-140978
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	2713	22404	1622	2372	-20964
	Comp. gl	3365	4367	41236	3365	3877	-39438
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8764	155393	12415	8430	-155030
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8605	155213	12415	8298	-154904
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8406	155006	12415	8132	-154758
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	1223	20077	1621	1164	-19988
	Comp. gl	3363	2293	40762	3363	2206	-40669
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	14201	198583	19607	13249	-197078
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	13747	197838	19607	12872	-196548
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	13178	196976	19607	12399	-195937
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5711	3828	46848	5711	3523	-46421
	Comp. gl	11555	6700	93178	11555	6258	-92713
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8434	147824	14424	8104	-147534
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	8277	147680	14424	7973	-147433
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	8080	147515	14424	7808	-147318
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	1276	21280	2123	1218	-21219
	Comp. gl	4367	2413	43500	4367	2327	-43436

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+22,5)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Fundatiebel. SLS toestaand gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-detailberekening toegevoegd	11 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-mast met nieuwe V-brace	5- 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	5-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2S400(+22,5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

	blz.
9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV	55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast	62
9.1.3 Berekening clips 14,5	65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator	67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm	69
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	70
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	72
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	73
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	75
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	80
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	81
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	83
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	85
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	86
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	88
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	90
9.7 Berekening Clips voor 4,5m hijsbalk	93
9.7.1 Hijsbalk op 73,35/70,75 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 68,83 / 64,33 en 58,83 / 54,33 m	99
9.7.2.1 Berekening clip positie 9	99
9.7.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting	102
9.8 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk	104
9.8.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip	108
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting	110
9.8.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip	111
9.8.4 Controle capaciteit van de aansluiting	115
9.9 Berekening versterking deur	118

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AF en AF2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+22,5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2S400(+22,5) zijn de bijlage AF (berekening maststerkte) en bijlage AF2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 Rev 03, d.d. 27-11-2013 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.

- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 74,5 meter. De basis diameter van de mast is 2,363 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 21,40 meter en 2* 26,55 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2S400(+22,5) zijn de bijlage AF (berekening maststerkte) en bijlage AF2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS- toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2S400(+22,5)"

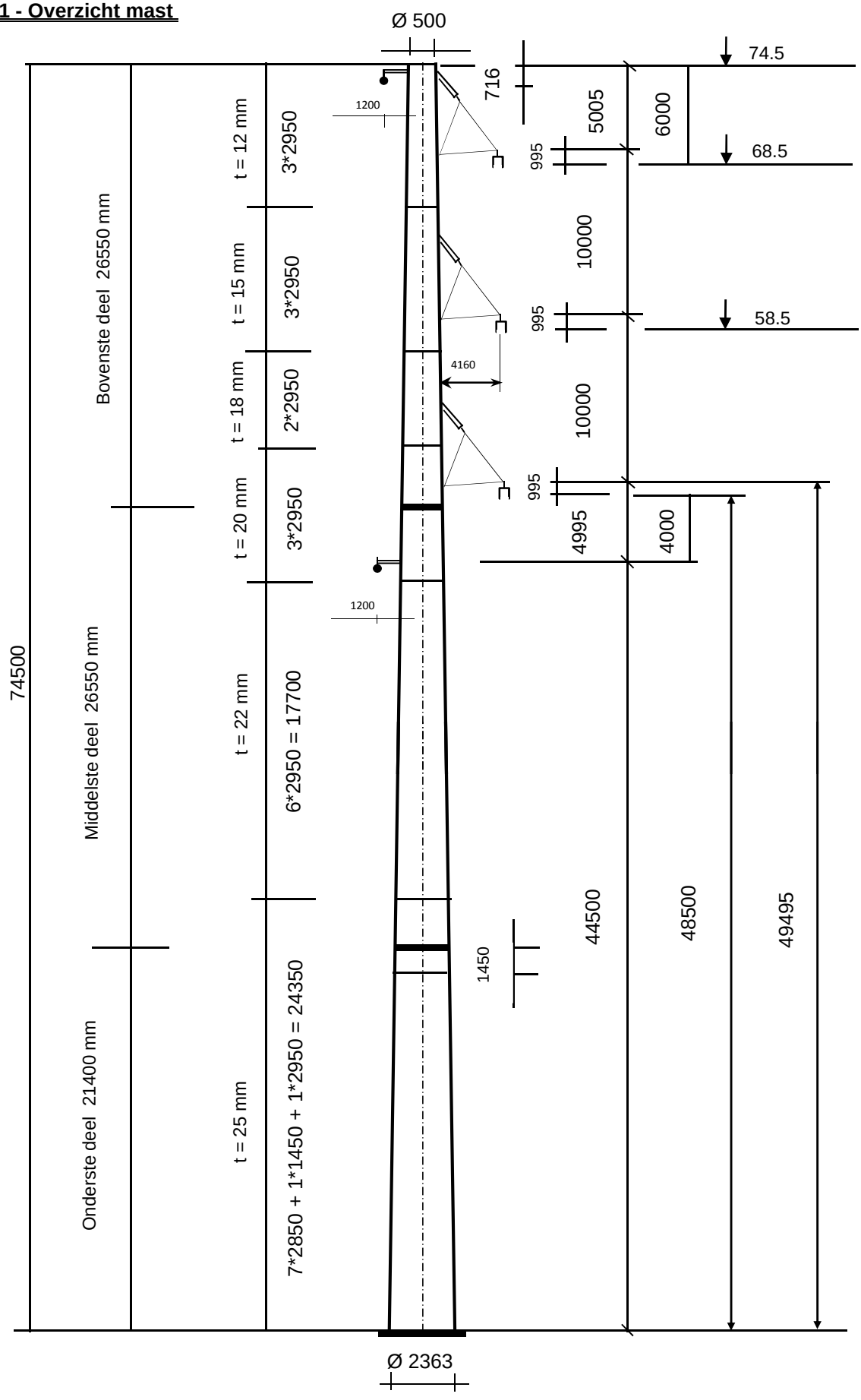
Berekening

W2S400+22,5

74,5 m - 2363 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+22,5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,432

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	716	518	500	n.v.t.	2	1	74,14
2	2234	574	518	n.v.t.	2	1	72,67
3	2055	625	574	n.v.t.	2	1	70,52
4	895	648	625	n.v.t.	2	1	69,05
5	2950	721	648	n.v.t.	2	1	67,13
6	2950	795	721	n.v.t.	2	1	64,18
7	2950	869	795	n.v.t.	2	1	61,23
8	255	875	869	n.v.t.	2	1	59,62
9	2695	943	875	n.v.t.	2	1	58,15
10	2950	1016	943	n.v.t.	2	1	55,33
11	2950	1090	1016	n.v.t.	2	1	52,38
12	1405	1125	1090	n.v.t.	2	1	50,20
13	1545	1164	1125	n.v.t.	2	1	48,72
14	2950	1238	1164	n.v.t.	2	1	46,48
15	500	1250	1238	n.v.t.	2	1	44,75
16	2450	1311	1250	n.v.t.	2	1	43,28
17	2950	1385	1311	n.v.t.	2	1	40,58
18	2950	1459	1385	n.v.t.	2	1	37,63
19	2950	1533	1459	n.v.t.	2	1	34,68
20	2950	1607	1533	n.v.t.	2	1	31,73
21	2950	1680	1607	n.v.t.	2	1	28,78
22	2950	1754	1680	n.v.t.	2	1	25,83
23	2950	1828	1754	n.v.t.	2	1	22,88
24	725	1846	1828	n.v.t.	2	1	21,04
25	725	1864	1846	n.v.t.	2	1	20,31
26	2850	1935	1864	n.v.t.	2	1	18,53
27	2850	2007	1935	n.v.t.	2	1	15,68
28	2850	2078	2007	n.v.t.	2	1	12,83
29	2850	2149	2078	n.v.t.	2	1	9,98
30	2850	2220	2149	n.v.t.	2	1	7,13
31	2850	2292	2220	n.v.t.	2	1	4,28
32	2850	2363	2292	n.v.t.	2	1	1,43
	74500				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18735	147,07	5,79E+08	175,75	2,27E+06
2	546	12,0	20125	157,98	7,17E+08	188,79	2,63E+06
3	599	12,0	22147	173,85	9,56E+08	207,74	3,19E+06
4	636	12,0	23537	184,77	1,15E+09	220,78	3,61E+06
5	684	12,0	25350	199,00	1,43E+09	237,78	4,19E+06
6	758	15,0	35022	274,92	2,42E+09	262,81	6,38E+06
7	832	15,0	38499	302,21	3,21E+09	288,89	7,72E+06
8	872	15,0	40387	317,04	3,71E+09	303,05	8,51E+06
9	909	15,0	42125	330,68	4,21E+09	316,09	9,26E+06
10	980	18,0	54372	426,82	6,29E+09	340,00	1,28E+07
11	1053	18,0	58543	459,57	7,85E+09	366,08	1,49E+07
12	1108	20,0	68344	536,50	1,01E+10	384,63	1,83E+07
13	1145	20,0	70661	554,69	1,12E+10	397,67	1,95E+07
14	1201	20,0	74193	582,41	1,29E+10	417,54	2,15E+07
15	1244	20,0	76903	603,69	1,44E+10	432,79	2,32E+07
16	1281	20,0	79221	621,88	1,57E+10	445,83	2,46E+07
17	1348	22,0	91671	719,62	2,02E+10	469,00	2,99E+07
18	1422	22,0	96770	759,64	2,37E+10	495,08	3,34E+07
19	1496	22,0	101868	799,66	2,77E+10	521,16	3,70E+07
20	1570	22,0	106967	839,69	3,20E+10	547,24	4,08E+07
21	1643	22,0	112065	879,71	3,68E+10	573,32	4,48E+07
22	1717	22,0	117164	919,74	4,21E+10	599,39	4,90E+07
23	1791	25,0	138699	1088,79	5,41E+10	624,43	6,04E+07
24	1837	25,0	142308	1117,12	5,84E+10	640,67	6,36E+07
25	1855	25,0	143732	1128,30	6,02E+10	647,08	6,49E+07
26	1900	25,0	147243	1155,85	6,47E+10	662,88	6,81E+07
27	1971	25,0	152840	1199,79	7,24E+10	688,08	7,34E+07
28	2042	25,0	158438	1243,73	8,06E+10	713,27	7,89E+07
29	2114	25,0	164035	1287,67	8,95E+10	738,47	8,46E+07
30	2185	25,0	169632	1331,61	9,89E+10	763,67	9,06E+07
31	2256	25,0	175230	1375,55	1,09E+11	788,86	9,67E+07
32	2327	25,0	180827	1419,49	1,20E+11	814,06	1,03E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	74500	1 -- 2	1	716	1,87E+04	5,79E+08
2	73784	2 -- 3	2	2234	2,01E+04	7,17E+08
3	71550	3 -- 4	3	2055	2,21E+04	9,56E+08
4	69495	4 -- 5	4	895	2,35E+04	1,15E+09
5	68600	5 -- 6	5	2950	2,53E+04	1,43E+09
6	65650	6 -- 7	6	2950	3,50E+04	2,42E+09
7	62700	7 -- 8	7	2950	3,85E+04	3,21E+09
8	59750	8 -- 9	8	255	4,04E+04	3,71E+09
9	59495	9 -- 10	9	2695	4,21E+04	4,21E+09
10	56800	10 -- 11	10	2950	5,44E+04	6,29E+09
11	53850	11 -- 12	11	2950	5,85E+04	7,85E+09
12	50900	12 -- 13	12	1405	6,83E+04	1,01E+10
13	49495	13 -- 14	13	1545	7,07E+04	1,12E+10
14	47950	14 -- 15	14	2950	7,42E+04	1,29E+10
15	45000	15 -- 16	15	500	7,69E+04	1,44E+10
16	44500	16 -- 17	16	2450	7,92E+04	1,57E+10
17	42050	17 -- 18	17	2950	9,17E+04	2,02E+10
18	39100	18 -- 19	18	2950	9,68E+04	2,37E+10
19	36150	19 -- 20	19	2950	1,02E+05	2,77E+10
20	33200	20 -- 21	20	2950	1,07E+05	3,20E+10
21	30250	21 -- 22	21	2950	1,12E+05	3,68E+10
22	27300	22 -- 23	22	2950	1,17E+05	4,21E+10
23	24350	23 -- 24	23	2950	1,39E+05	5,41E+10
24	21400	24 -- 25	24	725	1,42E+05	5,84E+10
25	20675	25 -- 26	25	725	1,44E+05	6,02E+10
26	19950	26 -- 27	26	2850	1,47E+05	6,47E+10
27	17100	27 -- 28	27	2850	1,53E+05	7,24E+10
28	14250	28 -- 29	28	2850	1,58E+05	8,06E+10
29	11400	29 -- 30	29	2850	1,64E+05	8,95E+10
30	8550	30 -- 31	30	2850	1,70E+05	9,89E+10
31	5700	31 -- 32	31	2850	1,75E+05	1,09E+11
32	2850	32 -- 33	32	2850	1,81E+05	1,20E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	74,14	0,21	1,24	33,44	0,17	1526
2	72,67	0,21	1,23	33,32	0,17	1518
3	70,52	0,21	1,23	33,16	0,17	1507
4	69,05	0,21	1,22	33,04	0,17	1499
5	67,13	0,21	1,22	32,88	0,17	1489
6	64,18	0,21	1,21	32,62	0,17	1472
7	61,23	0,21	1,20	32,36	0,17	1455
8	59,62	0,21	1,19	32,21	0,18	1445
9	58,15	0,21	1,19	32,06	0,18	1436
10	55,33	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
11	52,38	0,21	1,17	31,47	0,18	1398
12	50,20	0,21	1,16	31,23	0,18	1382
13	48,72	0,21	1,15	31,07	0,18	1371
14	46,48	0,21	1,14	30,80	0,18	1355
15	44,75	0,21	1,13	30,58	0,18	1341
16	43,28	0,21	1,13	30,40	0,19	1329
17	40,58	0,21	1,11	30,03	0,19	1306
18	37,63	0,21	1,10	29,60	0,19	1280
19	34,68	0,21	1,08	29,14	0,19	1252
20	31,73	0,21	1,06	28,64	0,20	1221
21	28,78	0,21	1,04	28,09	0,20	1188
22	25,83	0,21	1,02	27,48	0,21	1151
23	22,88	0,21	0,99	26,79	0,21	1111
24	21,04	0,21	0,97	26,32	0,21	1084
25	20,31	0,21	0,97	26,12	0,22	1072
26	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
27	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
28	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
29	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
30	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
31	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
32	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1160	400	0,40	0,00	5,86E-02	2391,37
2	2 -- 3	3864	4073	5,63	0,70	5,86E-02	2349,38
3	3 -- 4	3881		9,50	17,60	5,85E-02	2218,48
4	4 -- 5	1788	32160	45,54	41,11	5,82E-02	2098,50
5	5 -- 6	6313		47,33	82,67	5,80E-02	2046,48
6	6 -- 7	8553		53,64	231,59	5,65E-02	1877,30
7	7 -- 8	9358		62,19	402,45	5,46E-02	1713,18
8	8 -- 9	847		71,55	599,72	5,25E-02	1555,01
9	9 -- 10	9316	32364	104,76	618,07	5,23E-02	1541,66
10	10 -- 11	13034		114,08	912,95	4,99E-02	1403,77
11	11 -- 12	14000		127,11	1268,70	4,75E-02	1259,87
12	12 -- 13	7749		141,11	1664,33	4,49E-02	1123,44
13	13 -- 14	8802	32632	181,49	1868,03	4,37E-02	1061,19
14	14 -- 15	17624	4740	195,03	2155,23	4,24E-02	994,66
15	15 -- 16	3093		212,66	2756,57	3,97E-02	873,39
16	16 -- 17	15604	8693	224,44	2863,67	3,93E-02	853,64
17	17 -- 18	21671		240,05	3432,67	3,69E-02	760,23
18	18 -- 19	22852		261,72	4172,77	3,43E-02	655,06
19	19 -- 20	24033		284,57	4978,55	3,16E-02	557,80
20	20 -- 21	25213		308,60	5853,48	2,88E-02	468,59
21	21 -- 22	26394		333,82	6801,04	2,61E-02	387,53
22	22 -- 23	27575		360,21	7824,73	2,33E-02	314,67
23	23 -- 24	32562		387,78	8928,02	2,05E-02	250,05
24	24 -- 25	8208	10615	430,96	10120,01	1,80E-02	193,21
25	25 -- 26	8289		439,17	10435,43	1,74E-02	180,38
26	26 -- 27	33369		447,46	10756,84	1,68E-02	167,98
27	27 -- 28	34622		480,83	12079,64	1,44E-02	123,47
28	28 -- 29	35874		515,45	13499,33	1,20E-02	85,79
29	29 -- 30	37126		551,32	15019,48	9,60E-03	54,95
30	30 -- 31	38379		588,45	16643,65	7,20E-03	30,94
31	31 -- 32	39631		626,83	18375,42	4,80E-03	13,79
32	32 -- 33	40883		666,46	20218,35	2,40E-03	3,47
33			12627	719,97	22176,02	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	116,0	40,0	2,391	3636,70	880,738
2	2 -- 3	386,4	407,3	2,349	18046,55	4264,173
3	3 -- 4	388,1		2,218	8217,77	1808,151
4	4 -- 5	178,8	3216,0	2,098	69839,64	14930,035
5	5 -- 6	631,3		2,046	12149,87	2429,839
6	6 -- 7	855,3		1,877	15062,56	2756,469
7	7 -- 8	935,8		1,713	15001,02	2498,792
8	8 -- 9	84,7		1,555	1286,06	202,982
9	9 -- 10	931,6	3236,4	1,542	62405,02	9712,484
10	10 -- 11	1303,4		1,404	17028,63	2311,828
11	11 -- 12	1400,0		1,260	16365,81	1988,014
12	12 -- 13	774,9		1,123	8303,07	924,525
13	13 -- 14	880,2	3263,2	1,061	42846,45	4604,801
14	14 -- 15	1762,4	474,0	0,995	20773,49	2006,463
15	15 -- 16	309,3		0,873	2620,48	230,665
16	16 -- 17	1560,4	869,3	0,854	19631,96	1649,514
17	17 -- 18	2167,1		0,760	15044,10	1085,204
18	18 -- 19	2285,2		0,655	13594,78	840,396
19	19 -- 20	2403,3		0,558	12099,09	632,946
20	20 -- 21	2521,3		0,469	10587,76	461,998
21	21 -- 22	2639,4		0,388	9090,91	325,365
22	22 -- 23	2757,5		0,315	7638,14	219,850
23	23 -- 24	3256,2		0,250	7079,58	159,945
24	24 -- 25	820,8	1061,5	0,193	3515,94	68,263
25	25 -- 26	828,9		0,180	1416,31	25,147
26	26 -- 27	3336,9		0,168	4770,36	70,862
27	27 -- 28	3462,2		0,123	3553,61	37,901
28	28 -- 29	3587,4		0,086	2476,37	17,763
29	29 -- 30	3712,6		0,055	1564,07	6,847
30	30 -- 31	3837,9		0,031	842,01	1,920
31	31 -- 32	3963,1		0,014	335,47	0,295
32	32 -- 33	4088,3		0,003	69,63	0,012
33			1262,7	0,000	0,00	0,000
				Som	426893	57154

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,43	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	787	0,991	0,716	0,70	553,53	0,71
2 -- 3	173	0,955	2,234	2,04	352,50	2,13
3 -- 4	1754	0,903	2,055	1,67	2936,28	1,85
4 -- 5	200	0,867	0,895	0,67	134,29	0,78
5 -- 6	214	0,820	2,950	1,99	424,90	2,42
6 -- 7	290	0,751	2,950	1,66	482,01	2,21
7 -- 8	317	0,683	2,950	1,38	436,96	2,02
8 -- 9	13024	0,647	0,255	0,11	1392,23	0,17
9 -- 10	346	0,616	2,695	1,02	353,33	1,66
10 -- 11	442	0,557	2,950	0,91	404,26	1,64
11 -- 12	475	0,498	2,950	0,73	347,64	1,47
12 -- 13	2874	0,457	1,405	0,29	842,51	0,64
13 -- 14	877	0,430	1,545	0,29	250,21	0,66
14 -- 15	597	0,391	2,950	0,45	268,86	1,15
15 -- 16	2357	0,361	0,500	0,07	153,69	0,18
16 -- 17	637	0,337	2,450	0,28	177,67	0,83
17 -- 18	735	0,296	2,950	0,26	189,77	0,87
18 -- 19	775	0,254	2,950	0,19	146,96	0,75
19 -- 20	815	0,215	2,950	0,14	110,68	0,63
20 -- 21	855	0,179	2,950	0,09	80,79	0,53
21 -- 22	895	0,147	2,950	0,06	56,90	0,43
22 -- 23	935	0,118	2,950	0,04	38,44	0,35
23 -- 24	1464	0,093	2,950	0,03	37,09	0,27
24 -- 25	1132	0,078	0,725	0,00	5,01	0,06
25 -- 26	1143	0,073	0,725	0,00	4,40	0,05
26 -- 27	1171	0,061	2,850	0,01	12,39	0,17
27 -- 28	1215	0,044	2,850	0,01	6,63	0,12
28 -- 29	1259	0,029	2,850	0,00	3,11	0,08
29 -- 30	1303	0,018	2,850	0,00	1,20	0,05
30 -- 31	1347	0,009	2,850	0,00	0,34	0,03
31 -- 32	1391	0,004	2,850	0,00	0,05	0,01
32 -- 33	1878	0,001	2,850	0,00	0,00	0,00
		Σ	74,50	15,10	10204,60	24,95

m_e = 10204,6 / 15,1 = 675,8 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,43	Hz
b =	1,43	m
h =	74,50	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	44,70	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	124,02	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,53

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,100	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,112	
$v_m(z_s)$ =	30,58	m/s
$v_m(z)$ =	33,47	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,18	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,61	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,23	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,19	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,23	
R^2 =	0,94	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,35	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,45

$c_s c_d$ = 1,11

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	49,41	1,68E+06	0,80	0,84	0,67
2	49,29	1,79E+06	0,80	0,84	0,67
3	49,10	1,96E+06	0,80	0,84	0,67
4	48,98	2,08E+06	0,80	0,84	0,67
5	48,80	2,23E+06	0,80	0,84	0,67
6	48,53	2,45E+06	0,80	0,84	0,67
7	48,24	2,68E+06	0,80	0,84	0,67
8	48,08	2,80E+06	0,80	0,84	0,67
9	47,93	2,90E+06	0,80	0,84	0,67
10	47,62	3,11E+06	0,80	0,84	0,67
11	47,29	3,32E+06	0,79	0,84	0,67
12	47,03	3,47E+06	0,79	0,84	0,67
13	46,84	3,57E+06	0,79	0,84	0,67
14	46,55	3,73E+06	0,79	0,84	0,67
15	46,32	3,84E+06	0,79	0,84	0,67
16	46,11	3,94E+06	0,79	0,84	0,66
17	45,72	4,11E+06	0,79	0,84	0,66
18	45,25	4,29E+06	0,79	0,84	0,66
19	44,75	4,46E+06	0,79	0,84	0,66
20	44,20	4,63E+06	0,79	0,84	0,66
21	43,59	4,78E+06	0,79	0,84	0,66
22	42,92	4,91E+06	0,79	0,84	0,66
23	42,16	5,03E+06	0,79	0,84	0,66
24	41,64	5,10E+06	0,78	0,84	0,66
25	41,42	5,12E+06	0,78	0,84	0,66
26	40,84	5,17E+06	0,78	0,84	0,66
27	39,79	5,23E+06	0,78	0,84	0,66
28	38,52	5,24E+06	0,78	0,84	0,65
29	36,92	5,20E+06	0,78	0,84	0,65
30	34,74	5,06E+06	0,77	0,84	0,65
31	31,38	4,72E+06	0,77	0,84	0,64
32	30,93	4,80E+06	0,77	0,84	0,64

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	73,784	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AF en AF2		
1e traverse - 380C1F1	69,495	1			
2e traverse - 380C1F2	59,495	1			
3e traverse - 380C1F3	49,495	1			
Retourstroomgeleider	44,500	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	73,784	1,459
1e traverse - 380C1F1	69,495	4,473
2e traverse - 380C1F2	59,495	4,598
3e traverse - 380C1F3	49,495	4,723
Retourstroomgeleider	44,500	1,819

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	73,784	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	69,495	1			
2e traverse - 380C1F2	59,495	1			
3e traverse - 380C1F3	49,495	1			
Retourstroomgeleider	44,500	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1053	107	1160	0,246	0,086	561	0,783
2	3529	335	3864	0,821	0,268	1833	0,821
3	3573	308	3881	0,828	0,247	1796	0,874
4	1654	134	1788	0,383	0,107	815	0,910
5	5870	443	6313	1,355	0,354	2821	0,956
6	8110	443	8553	1,499	0,354	3024	1,025
7	8915	443	9358	1,643	0,354	3220	1,092
8	808	38	847	0,149	0,031	287	1,127
9	8912	404	9316	1,638	0,323	3121	1,158
10	12591	443	13034	1,930	0,354	3589	1,217
11	13557	443	14000	2,073	0,354	3760	1,275
12	7538	211	7749	1,037	0,169	1848	1,315
13	8570	232	8802	1,178	0,185	2073	1,342
14	17181	443	17624	2,358	0,354	4073	1,381
15	3018	75	3093	0,414	0,060	704	1,409
16	15236	368	15604	2,086	0,294	3508	1,432
17	21229	443	21671	2,642	0,354	4339	1,471
18	22409	443	22852	2,783	0,354	4452	1,509
19	23590	443	24033	2,924	0,354	4549	1,542
20	24771	443	25213	3,065	0,354	4628	1,569
21	25952	443	26394	3,205	0,354	4687	1,589
22	27132	443	27575	3,344	0,354	4721	1,600
23	32119	443	32562	3,482	0,354	4726	1,602
24	8099	109	8208	0,877	0,087	1158	1,597
25	8180	109	8289	0,885	0,087	1156	1,594
26	32942	428	33369	3,559	0,342	4510	1,582
27	34194	428	34622	3,685	0,342	4419	1,550
28	35446	428	35874	3,809	0,342	4268	1,498
29	36699	428	37126	3,929	0,342	4033	1,415
30	37951	428	38379	4,042	0,342	3667	1,287
31	39203	428	39631	4,142	0,342	3059	1,073
32	40456	428	40883	4,267	0,342	3056	1,072
	570489	11175	581664	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	80380

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1945	480	480	480	480
2	2 -- 3	2076	4788	5570	21384	7319
3	3 -- 4	2266				
4	4 -- 5	2397	37616	43785	70817	50219
5	5 -- 6	2568				
6	6 -- 7	3479				
7	7 -- 8	3807				
8	8 -- 9	3984				
9	9 -- 10	4148	37832	43886	71087	50294
10	10 -- 11	5302				
11	11 -- 12	5695				
12	12 -- 13	6618				
13	13 -- 14	6836	38123	44003	71410	50380
14	14 -- 15	7169	5688	5688	5688	5688
15	15 -- 16	7424				
16	16 -- 17	7643	10174	11802	43993	15298
17	17 -- 18	8815				
18	18 -- 19	9296				
19	19 -- 20	9776				
20	20 -- 21	10256				
21	21 -- 22	10737				
22	22 -- 23	11217				
23	23 -- 24	13245				
24	24 -- 25	13585	12738	12738	12738	12738
25	25 -- 26	13720				
26	26 -- 27	14050				
27	27 -- 28	14578				
28	28 -- 29	15105				
29	29 -- 30	15632				
30	30 -- 31	16159				
31	31 -- 32	16687				
32	32 -- 33	17214				
33			15153	15153	15153	15153

KEMA rapport - bijlage AF - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2703 / 1973 , t = 60 mm ; G = 1263 kg
Flenzen op 21,4m : 2 * rond 1828 / 1505 , t = 80 mm ; G = 1061 kg
Flenzen op 47,95m : 2 * rond 1164 / 845 , t = 60 mm ; G = 474 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	783				
2	2 -- 3	821	9026	2282	9935	2327
3	3 -- 4	874				
4	4 -- 5	910	53019	14491	33036	14342
5	5 -- 6	956				
6	6 -- 7	1025				
7	7 -- 8	1092				
8	8 -- 9	1127				
9	9 -- 10	1158	50014	13919	31416	13774
10	10 -- 11	1217				
11	11 -- 12	1275				
12	12 -- 13	1315				
13	13 -- 14	1342	46387	13230	29465	13089
14	14 -- 15	1381				
15	15 -- 16	1409				
16	16 -- 17	1432	14822	3974	16682	4078
17	17 -- 18	1471				
18	18 -- 19	1509				
19	19 -- 20	1542				
20	20 -- 21	1569				
21	21 -- 22	1589				
22	22 -- 23	1600				
23	23 -- 24	1602				
24	24 -- 25	1597				
25	25 -- 26	1594				
26	26 -- 27	1582				
27	27 -- 28	1550				
28	28 -- 29	1498				
29	29 -- 30	1415				
30	30 -- 31	1287				
31	31 -- 32	1073				
32	32 -- 33	1072				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AF2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1253				
2	2 -- 3	1313	13352	3201	14547	3285
3	3 -- 4	1398				
4	4 -- 5	1456	78163	19937	47729	19943
5	5 -- 6	1530				
6	6 -- 7	1640				
7	7 -- 8	1747				
8	8 -- 9	1803				
9	9 -- 10	1853	73669	19074	45297	19087
10	10 -- 11	1947				
11	11 -- 12	2039				
12	12 -- 13	2105				
13	13 -- 14	2147	68243	18035	42368	18056
14	14 -- 15	2209				
15	15 -- 16	2254				
16	16 -- 17	2291	21870	5498	24311	5687
17	17 -- 18	2354				
18	18 -- 19	2415				
19	19 -- 20	2467				
20	20 -- 21	2510				
21	21 -- 22	2542				
22	22 -- 23	2560				
23	23 -- 24	2563				
24	24 -- 25	2556				
25	25 -- 26	2551				
26	26 -- 27	2532				
27	27 -- 28	2481				
28	28 -- 29	2396				
29	29 -- 30	2264				
30	30 -- 31	2059				
31	31 -- 32	1717				
32	32 -- 33	1716				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AF - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	561		0	0,00E+00	9,72E-03	394
2	2 -- 3	1833		561	2,38E+05	9,72E-03	387
3	3 -- 4	1796		2394	3,74E+06	9,69E-03	366
4	4 -- 5	815		4190	1,14E+07	9,62E-03	346
5	5 -- 6	2821		5004	1,59E+07	9,58E-03	337
6	6 -- 7	3024		7825	3,62E+07	9,33E-03	309
7	7 -- 8	3220		10850	6,54E+07	9,05E-03	282
8	8 -- 9	287		14070	1,04E+08	8,68E-03	256
9	9 -- 10	3121		14357	1,08E+08	8,65E-03	254
10	10 -- 11	3589		17479	1,53E+08	8,26E-03	231
11	11 -- 12	3760		21068	2,13E+08	7,85E-03	207
12	12 -- 13	1848		24828	2,84E+08	7,41E-03	184
13	13 -- 14	2073		26676	3,22E+08	7,21E-03	174
14	14 -- 15	4073		28750	3,67E+08	6,99E-03	163
15	15 -- 16	704		32822	4,62E+08	6,54E-03	143
16	16 -- 17	3508		33527	4,79E+08	6,46E-03	140
17	17 -- 18	4339		37035	5,69E+08	6,08E-03	125
18	18 -- 19	4452		41374	6,89E+08	5,64E-03	107
19	19 -- 20	4549		45826	8,22E+08	5,20E-03	91
20	20 -- 21	4628		50375	9,68E+08	4,74E-03	77
21	21 -- 22	4687		55003	1,13E+09	4,29E-03	63
22	22 -- 23	4721		59690	1,30E+09	3,82E-03	51
23	23 -- 24	4726		64411	1,49E+09	3,36E-03	41
24	24 -- 25	1158		69137	1,69E+09	2,95E-03	31
25	25 -- 26	1156		70295	1,74E+09	2,85E-03	29
26	26 -- 27	4510		71451	1,79E+09	2,75E-03	27
27	27 -- 28	4419		75961	2,01E+09	2,35E-03	20
28	28 -- 29	4268		80380	2,23E+09	1,95E-03	14
29	29 -- 30	4033		84648	2,47E+09	1,55E-03	9
30	30 -- 31	3667		88681	2,72E+09	1,16E-03	5
31	31 -- 32	3059		92348	2,98E+09	7,71E-04	2
32	32 -- 33	3056		95407	3,25E+09	3,83E-04	1
33		0		98463	3,52E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,82E-02	1719
2	2 -- 3		9026	9026	1,87E+05	4,82E-02	1685
3	3 -- 4			9026	2,13E+07	4,80E-02	1577
4	4 -- 5		53019	62046	4,42E+07	4,77E-02	1479
5	5 -- 6			62046	1,02E+08	4,75E-02	1436
6	6 -- 7			62046	2,92E+08	4,56E-02	1298
7	7 -- 8			62046	4,83E+08	4,33E-02	1167
8	8 -- 9			62046	6,74E+08	4,08E-02	1043
9	9 -- 10		50014	112059	6,91E+08	4,06E-02	1032
10	10 -- 11			112059	1,00E+09	3,80E-02	926
11	11 -- 12			112059	1,35E+09	3,54E-02	817
12	12 -- 13			112059	1,69E+09	3,27E-02	717
13	13 -- 14		46387	158446	1,86E+09	3,15E-02	672
14	14 -- 15			158446	2,11E+09	3,02E-02	624
15	15 -- 16			158446	2,60E+09	2,77E-02	538
16	16 -- 17		14822	173268	2,68E+09	2,72E-02	525
17	17 -- 18			173268	3,12E+09	2,51E-02	460
18	18 -- 19			173268	3,65E+09	2,28E-02	390
19	19 -- 20			173268	4,18E+09	2,04E-02	326
20	20 -- 21			173268	4,70E+09	1,82E-02	269
21	21 -- 22			173268	5,23E+09	1,60E-02	218
22	22 -- 23			173268	5,76E+09	1,39E-02	174
23	23 -- 24			173268	6,28E+09	1,19E-02	136
24	24 -- 25			173268	6,81E+09	1,02E-02	103
25	25 -- 26			173268	6,94E+09	9,81E-03	96
26	26 -- 27			173268	7,07E+09	9,41E-03	89
27	27 -- 28			173268	7,57E+09	7,88E-03	64
28	28 -- 29			173268	8,08E+09	6,41E-03	44
29	29 -- 30			173268	8,58E+09	5,01E-03	28
30	30 -- 31			173268	9,08E+09	3,67E-03	15
31	31 -- 32			173268	9,58E+09	2,39E-03	7
32	32 -- 33			173268	1,01E+10	1,17E-03	2
33				173268	1,06E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,32E-02	472
2	2 -- 3		2282	2282	5,11E+04	1,32E-02	462
3	3 -- 4			2282	5,42E+06	1,31E-02	433
4	4 -- 5		14491	16773	1,13E+07	1,30E-02	406
5	5 -- 6			16773	2,68E+07	1,30E-02	394
6	6 -- 7			16773	7,83E+07	1,25E-02	357
7	7 -- 8			16773	1,30E+08	1,19E-02	321
8	8 -- 9			16773	1,82E+08	1,12E-02	287
9	9 -- 10		13919	30691	1,86E+08	1,11E-02	284
10	10 -- 11			30691	2,72E+08	1,04E-02	255
11	11 -- 12			30691	3,66E+08	9,72E-03	225
12	12 -- 13			30691	4,61E+08	8,98E-03	197
13	13 -- 14		13230	43921	5,06E+08	8,67E-03	185
14	14 -- 15			43921	5,76E+08	8,31E-03	172
15	15 -- 16			43921	7,11E+08	7,61E-03	148
16	16 -- 17		3974	47895	7,33E+08	7,49E-03	144
17	17 -- 18			47895	8,55E+08	6,91E-03	127
18	18 -- 19			47895	1,00E+09	6,26E-03	107
19	19 -- 20			47895	1,15E+09	5,63E-03	90
20	20 -- 21			47895	1,29E+09	5,01E-03	74
21	21 -- 22			47895	1,44E+09	4,41E-03	60
22	22 -- 23			47895	1,58E+09	3,84E-03	48
23	23 -- 24			47895	1,73E+09	3,28E-03	38
24	24 -- 25			47895	1,87E+09	2,82E-03	28
25	25 -- 26			47895	1,91E+09	2,70E-03	26
26	26 -- 27			47895	1,95E+09	2,59E-03	25
27	27 -- 28			47895	2,09E+09	2,17E-03	18
28	28 -- 29			47895	2,22E+09	1,77E-03	12
29	29 -- 30			47895	2,36E+09	1,38E-03	8
30	30 -- 31			47895	2,50E+09	1,01E-03	4
31	31 -- 32			47895	2,64E+09	6,59E-04	2
32	32 -- 33			47895	2,78E+09	3,22E-04	0
33				47895	2,91E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,37E-02	1184
2	2 -- 3		9935	9935	1,31E+05	3,37E-02	1160
3	3 -- 4			9935	2,30E+07	3,35E-02	1085
4	4 -- 5		33036	42971	4,64E+07	3,32E-02	1017
5	5 -- 6			42971	8,63E+07	3,29E-02	987
6	6 -- 7			42971	2,18E+08	3,15E-02	892
7	7 -- 8			42971	3,50E+08	2,98E-02	801
8	8 -- 9			42971	4,83E+08	2,80E-02	716
9	9 -- 10		31416	74387	4,94E+08	2,79E-02	708
10	10 -- 11			74387	7,03E+08	2,61E-02	636
11	11 -- 12			74387	9,32E+08	2,42E-02	561
12	12 -- 13			74387	1,16E+09	2,24E-02	492
13	13 -- 14		29465	103852	1,27E+09	2,16E-02	461
14	14 -- 15			103852	1,44E+09	2,07E-02	429
15	15 -- 16			103852	1,76E+09	1,90E-02	370
16	16 -- 17		16682	120535	1,81E+09	1,87E-02	361
17	17 -- 18			120535	2,11E+09	1,72E-02	317
18	18 -- 19			120535	2,48E+09	1,56E-02	268
19	19 -- 20			120535	2,85E+09	1,40E-02	224
20	20 -- 21			120535	3,22E+09	1,25E-02	185
21	21 -- 22			120535	3,58E+09	1,10E-02	151
22	22 -- 23			120535	3,95E+09	9,59E-03	120
23	23 -- 24			120535	4,32E+09	8,21E-03	94
24	24 -- 25			120535	4,68E+09	7,04E-03	71
25	25 -- 26			120535	4,77E+09	6,76E-03	66
26	26 -- 27			120535	4,86E+09	6,49E-03	61
27	27 -- 28			120535	5,21E+09	5,43E-03	44
28	28 -- 29			120535	5,56E+09	4,42E-03	30
29	29 -- 30			120535	5,91E+09	3,46E-03	19
30	30 -- 31			120535	6,26E+09	2,53E-03	11
31	31 -- 32			120535	6,61E+09	1,65E-03	5
32	32 -- 33			120535	6,95E+09	8,07E-04	1
33				120535	7,30E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,31E-02	469
2	2 -- 3		2327	2327	5,08E+04	1,31E-02	459
3	3 -- 4			2327	5,52E+06	1,30E-02	430
4	4 -- 5		14342	16669	1,15E+07	1,30E-02	403
5	5 -- 6			16669	2,69E+07	1,29E-02	392
6	6 -- 7			16669	7,80E+07	1,24E-02	354
7	7 -- 8			16669	1,29E+08	1,18E-02	319
8	8 -- 9			16669	1,81E+08	1,11E-02	285
9	9 -- 10		13774	30442	1,85E+08	1,11E-02	282
10	10 -- 11			30442	2,71E+08	1,04E-02	253
11	11 -- 12			30442	3,64E+08	9,66E-03	223
12	12 -- 13			30442	4,58E+08	8,92E-03	196
13	13 -- 14		13089	43531	5,03E+08	8,61E-03	184
14	14 -- 15			43531	5,72E+08	8,25E-03	171
15	15 -- 16			43531	7,05E+08	7,56E-03	147
16	16 -- 17		4078	47609	7,28E+08	7,44E-03	144
17	17 -- 18			47609	8,49E+08	6,86E-03	126
18	18 -- 19			47609	9,94E+08	6,22E-03	107
19	19 -- 20			47609	1,14E+09	5,59E-03	89
20	20 -- 21			47609	1,28E+09	4,98E-03	74
21	21 -- 22			47609	1,43E+09	4,38E-03	60
22	22 -- 23			47609	1,57E+09	3,81E-03	48
23	23 -- 24			47609	1,72E+09	3,26E-03	37
24	24 -- 25			47609	1,86E+09	2,80E-03	28
25	25 -- 26			47609	1,90E+09	2,69E-03	26
26	26 -- 27			47609	1,93E+09	2,58E-03	24
27	27 -- 28			47609	2,07E+09	2,16E-03	18
28	28 -- 29			47609	2,21E+09	1,76E-03	12
29	29 -- 30			47609	2,35E+09	1,37E-03	8
30	30 -- 31			47609	2,49E+09	1,01E-03	4
31	31 -- 32			47609	2,62E+09	6,55E-04	2
32	32 -- 33			47609	2,76E+09	3,20E-04	0
33				47609	2,90E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,42E-03	193
2	2 -- 3				5,94E+06	8,42E-03	187
3	3 -- 4				5,94E+06	8,50E-03	168
4	4 -- 5				1,38E+08	8,57E-03	150
5	5 -- 6				1,38E+08	8,05E-03	143
6	6 -- 7				1,38E+08	6,70E-03	121
7	7 -- 8				1,38E+08	5,90E-03	102
8	8 -- 9				1,38E+08	5,30E-03	86
9	9 -- 10				2,87E+08	5,25E-03	85
10	10 -- 11				2,87E+08	4,38E-03	72
11	11 -- 12				2,87E+08	3,74E-03	60
12	12 -- 13				2,87E+08	3,22E-03	49
13	13 -- 14				4,41E+08	3,03E-03	45
14	14 -- 15				4,41E+08	2,74E-03	41
15	15 -- 16				4,41E+08	2,27E-03	33
16	16 -- 17				4,25E+08	2,19E-03	32
17	17 -- 18				4,25E+08	1,88E-03	27
18	18 -- 19				4,25E+08	1,58E-03	22
19	19 -- 20				4,25E+08	1,33E-03	18
20	20 -- 21				4,25E+08	1,11E-03	14
21	21 -- 22				4,25E+08	9,28E-04	11
22	22 -- 23				4,25E+08	7,66E-04	9
23	23 -- 24				4,25E+08	6,24E-04	6
24	24 -- 25				4,25E+08	5,14E-04	5
25	25 -- 26				4,25E+08	4,89E-04	4
26	26 -- 27				4,25E+08	4,64E-04	4
27	27 -- 28				4,25E+08	3,75E-04	3
28	28 -- 29				4,25E+08	2,95E-04	2
29	29 -- 30				4,25E+08	2,24E-04	1
30	30 -- 31				4,25E+08	1,59E-04	1
31	31 -- 32				4,25E+08	1,01E-04	0
32	32 -- 33				4,25E+08	4,81E-05	0
33					4,25E+08	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

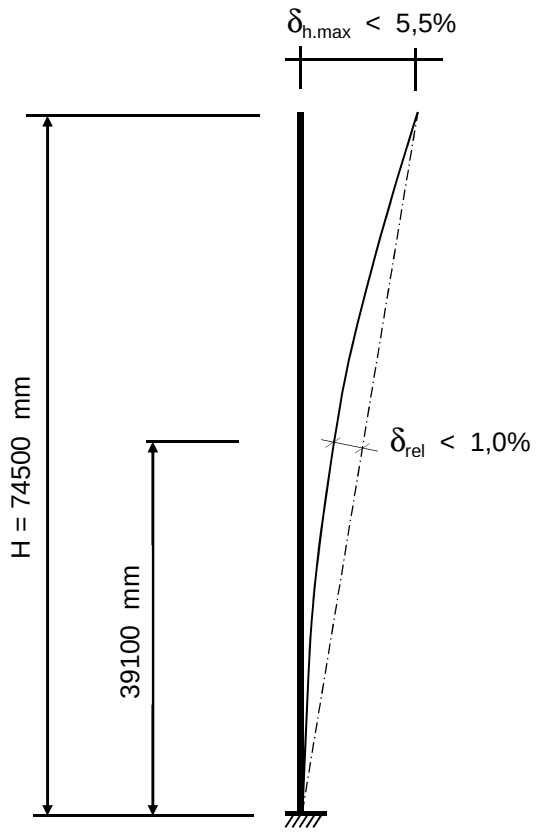
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,6E-02	2306
2	2 -- 3	6,6E-02	2259
3	3 -- 4	6,6E-02	2110
4	4 -- 5	6,6E-02	1975
5	5 -- 6	6,5E-02	1916
6	6 -- 7	6,2E-02	1729
7	7 -- 8	5,8E-02	1551
8	8 -- 9	5,5E-02	1384
9	9 -- 10	5,5E-02	1370
10	10 -- 11	5,1E-02	1228
11	11 -- 12	4,7E-02	1084
12	12 -- 13	4,3E-02	951
13	13 -- 14	4,2E-02	891
14	14 -- 15	4,0E-02	828
15	15 -- 16	3,6E-02	715
16	16 -- 17	3,6E-02	697
17	17 -- 18	3,3E-02	612
18	18 -- 19	3,0E-02	519
19	19 -- 20	2,7E-02	435
20	20 -- 21	2,4E-02	360
21	21 -- 22	2,1E-02	293
22	22 -- 23	1,9E-02	234
23	23 -- 24	1,6E-02	183
24	24 -- 25	1,4E-02	140
25	25 -- 26	1,3E-02	130
26	26 -- 27	1,3E-02	120
27	27 -- 28	1,1E-02	87
28	28 -- 29	8,7E-03	60
29	29 -- 30	6,8E-03	38
30	30 -- 31	5,0E-03	21
31	31 -- 32	3,3E-03	9
32	32 -- 33	1,6E-03	2
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 2306 mm ----> δ_h *100 / 74500

Percentage uitbuig. = 3,10 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 18 ; Hoogte = 39100 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 519 mm
α = 1,77 graden

δ_{rel} = 691 mm ----> δ_h *100 / 74500

Percentage uitbuig. = 0,93 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	841	480	0	0,00E+00	1,49E-02	609
2	2 -- 3	2750	6660	897	3,21E+05	1,49E-02	598
3	3 -- 4	2694	11297	3830	5,60E+06	1,49E-02	565
4	4 -- 5	1222	53571	6704	1,64E+07	1,48E-02	534
5	5 -- 6	4231	55717	8007	2,30E+07	1,47E-02	521
6	6 -- 7	4537	63292	12521	5,33E+07	1,44E-02	478
7	7 -- 8	4831	73555	17360	9,74E+07	1,39E-02	436
8	8 -- 9	431	84785	22512	1,56E+08	1,34E-02	396
9	9 -- 10	4682	123633	22972	1,62E+08	1,33E-02	393
10	10 -- 11	5383	134812	27966	2,31E+08	1,27E-02	358
11	11 -- 12	5640	150453	33709	3,22E+08	1,21E-02	321
12	12 -- 13	2772	167252	39725	4,30E+08	1,14E-02	286
13	13 -- 14	3110	214673	42682	4,88E+08	1,11E-02	270
14	14 -- 15	6109	230924	45999	5,56E+08	1,08E-02	253
15	15 -- 16	1057	252072	52516	7,02E+08	1,01E-02	222
16	16 -- 17	5262	265958	53643	7,28E+08	1,00E-02	217
17	17 -- 18	6509	284682	59255	8,66E+08	9,41E-03	194
18	18 -- 19	6678	310688	66198	1,05E+09	8,74E-03	167
19	19 -- 20	6824	338110	73322	1,26E+09	8,06E-03	142
20	20 -- 21	6942	366949	80600	1,48E+09	7,36E-03	119
21	21 -- 22	7030	397205	88006	1,73E+09	6,66E-03	99
22	22 -- 23	7081	428878	95504	2,00E+09	5,94E-03	80
23	23 -- 24	7089	461967	103057	2,30E+09	5,23E-03	63
24	24 -- 25	1737	513779	110620	2,61E+09	4,59E-03	49
25	25 -- 26	1734	523629	112473	2,69E+09	4,43E-03	46
26	26 -- 27	6765	533575	114322	2,77E+09	4,28E-03	43
27	27 -- 28	6628	573618	121538	3,11E+09	3,66E-03	31
28	28 -- 29	6402	615164	128608	3,47E+09	3,04E-03	22
29	29 -- 30	6050	658213	135436	3,84E+09	2,43E-03	14
30	30 -- 31	5501	702765	141889	4,24E+09	1,82E-03	8
31	31 -- 32	4588	748819	147757	4,65E+09	1,21E-03	3
32	32 -- 33	4584	796376	152652	5,08E+09	6,00E-04	1
33		0	860588	157541	5,52E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,85E-02	2447
2	2 -- 3		13352	13352	0,00E+00	6,85E-02	2398
3	3 -- 4			13352	2,98E+07	6,83E-02	2245
4	4 -- 5		78163	91515	5,73E+07	6,78E-02	2105
5	5 -- 6			91515	1,39E+08	6,75E-02	2044
6	6 -- 7			91515	4,09E+08	6,48E-02	1849
7	7 -- 8			91515	6,79E+08	6,16E-02	1662
8	8 -- 9			91515	9,49E+08	5,81E-02	1485
9	9 -- 10		73669	165184	9,72E+08	5,77E-02	1470
10	10 -- 11			165184	1,42E+09	5,41E-02	1319
11	11 -- 12			165184	1,90E+09	5,04E-02	1165
12	12 -- 13			165184	2,39E+09	4,65E-02	1022
13	13 -- 14		68243	233427	2,62E+09	4,49E-02	958
14	14 -- 15			233427	2,98E+09	4,30E-02	890
15	15 -- 16			233427	3,67E+09	3,94E-02	768
16	16 -- 17		21870	255297	3,79E+09	3,88E-02	748
17	17 -- 18			255297	4,42E+09	3,58E-02	657
18	18 -- 19			255297	5,17E+09	3,24E-02	556
19	19 -- 20			255297	5,92E+09	2,91E-02	465
20	20 -- 21			255297	6,68E+09	2,59E-02	384
21	21 -- 22			255297	7,43E+09	2,28E-02	312
22	22 -- 23			255297	8,18E+09	1,99E-02	249
23	23 -- 24			255297	8,93E+09	1,70E-02	194
24	24 -- 25			255297	9,69E+09	1,46E-02	148
25	25 -- 26			255297	9,87E+09	1,40E-02	137
26	26 -- 27			255297	1,01E+10	1,34E-02	127
27	27 -- 28			255297	1,08E+10	1,13E-02	92
28	28 -- 29			255297	1,15E+10	9,17E-03	63
29	29 -- 30			255297	1,22E+10	7,17E-03	40
30	30 -- 31			255297	1,30E+10	5,25E-03	22
31	31 -- 32			255297	1,37E+10	3,42E-03	10
32	32 -- 33			255297	1,44E+10	1,67E-03	2
33				255297	1,52E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,75E-02	626
2	2 -- 3		3201	3201	0,00E+00	1,75E-02	614
3	3 -- 4			3201	7,15E+06	1,74E-02	575
4	4 -- 5		19937	23138	1,37E+07	1,73E-02	539
5	5 -- 6			23138	3,44E+07	1,72E-02	524
6	6 -- 7			23138	1,03E+08	1,65E-02	474
7	7 -- 8			23138	1,71E+08	1,57E-02	426
8	8 -- 9			23138	2,39E+08	1,48E-02	381
9	9 -- 10		19074	42212	2,45E+08	1,48E-02	377
10	10 -- 11			42212	3,59E+08	1,38E-02	338
11	11 -- 12			42212	4,83E+08	1,29E-02	299
12	12 -- 13			42212	6,08E+08	1,19E-02	262
13	13 -- 14		18035	60247	6,67E+08	1,15E-02	246
14	14 -- 15			60247	7,60E+08	1,10E-02	228
15	15 -- 16			60247	9,38E+08	1,01E-02	197
16	16 -- 17		5498	65745	9,68E+08	9,95E-03	192
17	17 -- 18			65745	1,13E+09	9,17E-03	169
18	18 -- 19			65745	1,32E+09	8,32E-03	143
19	19 -- 20			65745	1,52E+09	7,48E-03	120
20	20 -- 21			65745	1,71E+09	6,66E-03	99
21	21 -- 22			65745	1,91E+09	5,87E-03	80
22	22 -- 23			65745	2,10E+09	5,10E-03	64
23	23 -- 24			65745	2,29E+09	4,37E-03	50
24	24 -- 25			65745	2,49E+09	3,75E-03	38
25	25 -- 26			65745	2,53E+09	3,60E-03	35
26	26 -- 27			65745	2,58E+09	3,45E-03	33
27	27 -- 28			65745	2,77E+09	2,89E-03	24
28	28 -- 29			65745	2,96E+09	2,35E-03	16
29	29 -- 30			65745	3,14E+09	1,84E-03	10
30	30 -- 31			65745	3,33E+09	1,35E-03	6
31	31 -- 32			65745	3,52E+09	8,80E-04	2
32	32 -- 33			65745	3,71E+09	4,30E-04	1
33				65745	3,89E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,71E-02	1655
2	2 -- 3		14547	14547	0,00E+00	4,71E-02	1621
3	3 -- 4			14547	3,25E+07	4,68E-02	1516
4	4 -- 5		47729	62276	6,24E+07	4,63E-02	1420
5	5 -- 6			62276	1,18E+08	4,60E-02	1379
6	6 -- 7			62276	3,02E+08	4,39E-02	1246
7	7 -- 8			62276	4,86E+08	4,17E-02	1120
8	8 -- 9			62276	6,69E+08	3,91E-02	1000
9	9 -- 10		45297	107573	6,85E+08	3,89E-02	990
10	10 -- 11			107573	9,75E+08	3,64E-02	889
11	11 -- 12			107573	1,29E+09	3,38E-02	785
12	12 -- 13			107573	1,61E+09	3,12E-02	689
13	13 -- 14		42368	149941	1,76E+09	3,01E-02	646
14	14 -- 15			149941	1,99E+09	2,89E-02	600
15	15 -- 16			149941	2,43E+09	2,65E-02	518
16	16 -- 17		24311	174252	2,51E+09	2,61E-02	505
17	17 -- 18			174252	2,94E+09	2,41E-02	443
18	18 -- 19			174252	3,45E+09	2,18E-02	376
19	19 -- 20			174252	3,96E+09	1,96E-02	314
20	20 -- 21			174252	4,48E+09	1,75E-02	260
21	21 -- 22			174252	4,99E+09	1,54E-02	211
22	22 -- 23			174252	5,51E+09	1,34E-02	168
23	23 -- 24			174252	6,02E+09	1,15E-02	132
24	24 -- 25			174252	6,54E+09	9,87E-03	100
25	25 -- 26			174252	6,66E+09	9,48E-03	93
26	26 -- 27			174252	6,79E+09	9,09E-03	86
27	27 -- 28			174252	7,28E+09	7,61E-03	62
28	28 -- 29			174252	7,78E+09	6,20E-03	43
29	29 -- 30			174252	8,28E+09	4,85E-03	27
30	30 -- 31			174252	8,77E+09	3,56E-03	15
31	31 -- 32			174252	9,27E+09	2,32E-03	7
32	32 -- 33			174252	9,77E+09	1,13E-03	2
33				174252	1,03E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,75E-02	629
2	2 -- 3		3285	3285	0,00E+00	1,75E-02	616
3	3 -- 4			3285	7,34E+06	1,75E-02	577
4	4 -- 5		19943	23228	1,41E+07	1,74E-02	541
5	5 -- 6			23228	3,49E+07	1,73E-02	526
6	6 -- 7			23228	1,03E+08	1,66E-02	476
7	7 -- 8			23228	1,72E+08	1,58E-02	428
8	8 -- 9			23228	2,40E+08	1,49E-02	382
9	9 -- 10		19087	42315	2,46E+08	1,48E-02	379
10	10 -- 11			42315	3,60E+08	1,39E-02	340
11	11 -- 12			42315	4,85E+08	1,29E-02	300
12	12 -- 13			42315	6,10E+08	1,20E-02	263
13	13 -- 14		18056	60371	6,70E+08	1,15E-02	247
14	14 -- 15			60371	7,63E+08	1,11E-02	229
15	15 -- 16			60371	9,41E+08	1,01E-02	198
16	16 -- 17		5687	66058	9,71E+08	9,99E-03	193
17	17 -- 18			66058	1,13E+09	9,21E-03	169
18	18 -- 19			66058	1,33E+09	8,35E-03	143
19	19 -- 20			66058	1,52E+09	7,51E-03	120
20	20 -- 21			66058	1,72E+09	6,69E-03	99
21	21 -- 22			66058	1,91E+09	5,89E-03	80
22	22 -- 23			66058	2,11E+09	5,12E-03	64
23	23 -- 24			66058	2,30E+09	4,39E-03	50
24	24 -- 25			66058	2,50E+09	3,76E-03	38
25	25 -- 26			66058	2,54E+09	3,62E-03	35
26	26 -- 27			66058	2,59E+09	3,47E-03	33
27	27 -- 28			66058	2,78E+09	2,90E-03	24
28	28 -- 29			66058	2,97E+09	2,36E-03	16
29	29 -- 30			66058	3,16E+09	1,85E-03	10
30	30 -- 31			66058	3,35E+09	1,36E-03	6
31	31 -- 32			66058	3,53E+09	8,84E-04	3
32	32 -- 33			66058	3,72E+09	4,32E-04	1
33				66058	3,91E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	9,84E-03	225
2	2 -- 3				6,98E+06	9,84E-03	218
3	3 -- 4				6,98E+06	9,94E-03	196
4	4 -- 5				1,61E+08	1,00E-02	176
5	5 -- 6				1,61E+08	9,41E-03	167
6	6 -- 7				1,61E+08	7,83E-03	142
7	7 -- 8				1,61E+08	6,90E-03	120
8	8 -- 9				1,61E+08	6,19E-03	100
9	9 -- 10				3,35E+08	6,14E-03	99
10	10 -- 11				3,35E+08	5,12E-03	84
11	11 -- 12				3,35E+08	4,37E-03	70
12	12 -- 13				3,35E+08	3,77E-03	58
13	13 -- 14				5,15E+08	3,55E-03	53
14	14 -- 15				5,15E+08	3,21E-03	47
15	15 -- 16				5,15E+08	2,65E-03	39
16	16 -- 17				4,97E+08	2,56E-03	37
17	17 -- 18				4,97E+08	2,19E-03	32
18	18 -- 19				4,97E+08	1,85E-03	26
19	19 -- 20				4,97E+08	1,55E-03	21
20	20 -- 21				4,97E+08	1,30E-03	16
21	21 -- 22				4,97E+08	1,08E-03	13
22	22 -- 23				4,97E+08	8,95E-04	10
23	23 -- 24				4,97E+08	7,29E-04	8
24	24 -- 25				4,97E+08	6,00E-04	6
25	25 -- 26				4,97E+08	5,71E-04	5
26	26 -- 27				4,97E+08	5,43E-04	5
27	27 -- 28				4,97E+08	4,38E-04	3
28	28 -- 29				4,97E+08	3,45E-04	2
29	29 -- 30				4,97E+08	2,62E-04	1
30	30 -- 31				4,97E+08	1,86E-04	1
31	31 -- 32				4,97E+08	1,18E-04	0
32	32 -- 33				4,97E+08	5,63E-05	0
33					4,97E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,66	14,80	31,11
3	3 -- 4	11,30	17,18	28,44
4	4 -- 5	53,57	98,22	352,55
5	5 -- 6	55,72	99,52	410,14
6	6 -- 7	63,29	104,04	623,69
7	7 -- 8	73,56	108,87	937,73
8	8 -- 9	84,78	114,03	1266,51
9	9 -- 10	123,63	188,16	1469,58
10	10 -- 11	134,81	193,15	1983,39
11	11 -- 12	150,45	198,89	2561,66
12	12 -- 13	167,25	204,91	3157,26
13	13 -- 14	214,67	276,11	3627,28
14	14 -- 15	230,92	279,43	4056,43
15	15 -- 16	252,07	285,94	4890,35
16	16 -- 17	265,96	308,94	5015,10
17	17 -- 18	284,68	314,55	5778,87
18	18 -- 19	310,69	321,50	6717,04
19	19 -- 20	338,11	328,62	7675,96
20	20 -- 21	366,95	335,90	8656,12
21	21 -- 22	397,20	343,30	9657,94
22	22 -- 23	428,88	350,80	10681,74
23	23 -- 24	461,97	358,35	11727,75
24	24 -- 25	513,78	365,92	12796,05
25	25 -- 26	523,63	367,77	13062,01
26	26 -- 27	533,58	369,62	13329,31
27	27 -- 28	573,62	376,83	14393,00
28	28 -- 29	615,16	383,90	15477,06
29	29 -- 30	658,21	390,73	16580,92
30	30 -- 31	702,76	397,19	17703,70
31	31 -- 32	748,82	403,05	18844,04
32	32 -- 33	796,38	407,95	19999,72
33		860,59	412,84	21169,34

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 3 t/m 32
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 en 2

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 721	31,11	6,66	47	31,4	837,0	0,04
2	500 / 721	28,44	11,30	148	30,4	1034,3	0,03
3	500 / 721	352,55	53,57	136	361,8	1234,2	0,30
4	500 / 721	410,14	55,72	59	422,7	1326,8	0,33
5	500 / 721	623,69	63,29	187	648,1	1655,8	0,40
6	721 / 943	937,73	73,56	177	975,1	2497,9	0,40
7	721 / 943	1266,51	84,78	167	1318,1	2997,4	0,45
8	721 / 943	1469,58	123,63	14	1522,9	3042,7	0,51
9	721 / 943	1983,39	134,81	142	2055,8	3542,4	0,59
10	943 / 1090	2561,66	150,45	144	2655,8	4915,5	0,55
11	943 / 1090	3157,26	167,25	133	3273,7	5675,5	0,58
12	1090/ 1311	3627,28	214,67	60	3756,6	6693,6	0,57
13	1090/ 1311	4056,43	230,92	63	4200,3	7173,8	0,59
14	1090/ 1311	4890,35	252,07	113	5062,7	8137,1	0,63
15	1090/ 1311	5015,10	265,96	18	5192,3	8306,4	0,63
16	1090/ 1311	5778,87	284,68	85	5980,1	9161,1	0,66
17	1311/ 1754	6717,04	310,69	93	6947,2	11221,3	0,63
18	1311/ 1754	7675,96	338,11	84	7934,6	12478,5	0,65
19	1311/ 1754	8656,12	366,95	75	8942,4	13802,4	0,66
20	1311/ 1754	9657,94	397,20	67	9970,8	15193,1	0,67
21	1311/ 1754	10681,74	428,88	59	11019,7	16650,6	0,67
22	1311/ 1754	11727,75	461,97	51	12089,2	18174,8	0,68
23	1754/ 2363	12796,05	513,78	44	13180,0	22350,3	0,60
24	1754/ 2363	13062,01	523,63	10	13451,0	22805,1	0,60
25	1754/ 2363	13329,31	533,58	9	13723,3	23264,5	0,60
26	1754/ 2363	14393,00	573,62	33	14806,0	25114,7	0,60
27	1754/ 2363	15477,06	615,16	27	15906,9	27035,8	0,60
28	1754/ 2363	16580,92	658,21	22	17025,3	29027,6	0,60
29	1754/ 2363	17703,70	702,76	17	18159,9	31090,3	0,60
30	1754/ 2363	18844,04	748,82	12	19309,1	33223,8	0,59
31	1754/ 2363	19999,72	796,38	7	20470,3	35428,1	0,59
32	1754/ 2363	21169,34	860,59	2	21641,9	37703,2	0,59

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,16	0,81	355	355
574	12,0	47,81	0,81	355	355
625	12,0	52,10	0,81	355	355
648	12,0	53,96	0,81	355	355
721	12,0	60,11	0,81	353	355
795	15,0	53,01	0,81	355	355
869	15,0	57,92	0,81	355	355
875	15,0	58,35	0,81	355	355
943	15,0	62,84	0,81	342	355
1016	18,0	56,47	0,81	355	355
1090	18,0	60,56	0,81	351	355
1125	20,0	56,26	0,81	355	355
1164	20,0	58,20	0,81	355	355
1238	20,0	61,88	0,81	346	355
1250	20,0	62,51	0,81	343	355
1311	20,0	65,57	0,81	332	355
1385	22,0	62,97	0,81	342	355
1459	22,0	66,32	0,81	330	355
1533	22,0	69,67	0,81	319	355
1607	22,0	73,02	0,81	309	355
1680	22,0	76,38	0,81	300	355
1754	22,0	79,73	0,81	292	355
1828	25,0	73,11	0,81	309	355
1846	25,0	73,84	0,81	307	355
1864	25,0	74,56	0,81	305	355
1935	25,0	77,42	0,81	298	355
2007	25,0	80,27	0,81	291	355
2078	25,0	83,12	0,81	285	355
2149	25,0	85,97	0,81	279	355
2220	25,0	88,82	0,81	273	355
2292	25,0	91,67	0,81	268	355
2363	25,0	94,52	0,81	263	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 721	13,82	0,36	355	355	0,04
2	500 / 721	11,58	0,56	355	355	0,03
3	500 / 721	113,46	2,42	355	355	0,33
4	500 / 721	117,22	2,37	355	355	0,34
5	500 / 721	154,74	2,50	355	353	0,44
6	721 / 943	152,82	2,10	355	355	0,44
7	721 / 943	170,65	2,20	355	355	0,49
8	721 / 943	179,02	3,06	355	355	0,51
9	721 / 943	221,98	3,20	355	342	0,63
10	943 / 1090	206,94	2,77	355	355	0,59
11	943 / 1090	219,75	2,86	355	351	0,63
12	1090/ 1311	205,78	3,14	355	355	0,59
13	1090/ 1311	215,12	3,27	355	355	0,62
14	1090/ 1311	235,00	3,40	355	346	0,67
15	1090/ 1311	224,20	3,46	355	343	0,64
16	1090/ 1311	243,22	3,59	355	332	0,70
17	1311/ 1754	232,28	3,39	355	342	0,66
18	1311/ 1754	237,87	3,49	355	330	0,68
19	1311/ 1754	241,74	3,60	355	319	0,69
20	1311/ 1754	244,29	3,71	355	309	0,70
21	1311/ 1754	245,83	3,83	355	300	0,71
22	1311/ 1754	246,59	3,94	355	292	0,71
23	1754/ 2363	218,24	3,70	355	309	0,63
24	1754/ 2363	211,50	3,68	355	307	0,61
25	1754/ 2363	211,50	3,71	355	305	0,61
26	1754/ 2363	217,37	3,90	355	298	0,63
27	1754/ 2363	216,64	4,02	355	291	0,62
28	1754/ 2363	215,68	4,15	355	285	0,62
29	1754/ 2363	214,53	4,28	355	279	0,62
30	1754/ 2363	213,22	4,41	355	273	0,62
31	1754/ 2363	211,76	4,54	355	268	0,61
32	1754/ 2363	210,16	4,76	355	263	0,61

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

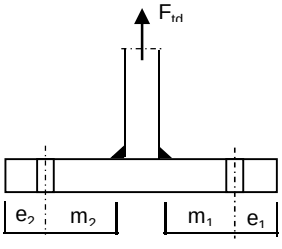
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

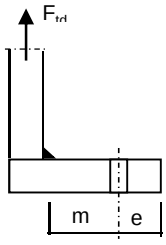
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

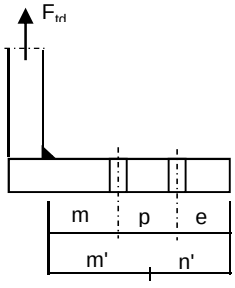
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$
$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2553					
st.c binnenkant		2123					
2338	56	631,38	7,37	33	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 21,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		1625,00					
1625,00	40	774,60	9,15	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,73
flenzen op 47,95 m hoogte.							
st.c buitenkant		965,00					
965,00	24	690,97	11,64	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,65

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2	m	e	n	m'	n'	l_{ef}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
voetplaat							
2553,00	2123,00	88,2	75,0	75,0			238,2
2553,00	2123,00	88,2	75,0	75,0			286,4
flenzen op 21,40 m hoogte.							
1625,00	1625,0	69,6	60,0	60,0			127,6
1625,00	1625,0	69,6	60,0	60,0			127,6
flenzen op 47,95 m hoogte.							
965,00	965,0	72,7	60,0	60,0			126,3
965,00	965,0	72,7	60,0	60,0			126,3

flens dikte	$M_{pl;d}$	bezwijk-	bezwijk-	bezwijk-	maatgev.	$F_{t,Ed}$	toetsing-
mm	Nmm	vorm 1	vorm 2	vorm 3	$F_{t,Rd}$	kN	regel
voetplaat							
60	7,18E+07	3256,59	1659,82	1696,90	1659,82	1262,76	0,76
60	8,64E+07	3916,19	1838,07	1696,90	1696,90	1262,76	0,74
flenzen op 21,40 m hoogte.							
80	6,84E+07	1964,62	1018,53	1060,56	1018,53	774,60	0,76
80	6,84E+07	1964,62	1018,53	1060,56	1018,53	774,60	0,76
flenzen op 47,95 m hoogte.							
60	3,81E+07	1048,08	766,67	1060,56	766,67	690,97	0,90
60	3,81E+07	1048,08	766,67	1060,56	766,67	690,97	0,90
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2363	0,43	1,432	0,18	3,46

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	2391	1,000		1,000			
2	2349	0,982	1 -- 2	0,991	116	447	786,8
3	2218	0,928	2 -- 3	0,955	386		173,0
4	2098	0,878	3 -- 4	0,903	388	3216	1753,8
5	2046	0,856	4 -- 5	0,867	179		199,8
6	1877	0,785	5 -- 6	0,820	631		214,0
7	1713	0,716	6 -- 7	0,751	855		289,9
8	1555	0,650	7 -- 8	0,683	936		317,2
9	1542	0,645	8 -- 9	0,647	85	3236	13023,6
10	1404	0,587	9 -- 10	0,616	932		345,7
11	1260	0,527	10 -- 11	0,557	1303		441,8
12	1123	0,470	11 -- 12	0,498	1400		474,6
13	1061	0,444	12 -- 13	0,457	775	3263	2874,1
14	995	0,416	13 -- 14	0,430	880	474	876,5
15	873	0,365	14 -- 15	0,391	1762		597,4
16	854	0,357	15 -- 16	0,361	309	869	2357,4
17	760	0,318	16 -- 17	0,337	1560		636,9
18	655	0,274	17 -- 18	0,296	2167		734,6
19	558	0,233	18 -- 19	0,254	2285		774,6
20	469	0,196	19 -- 20	0,215	2403		814,7
21	388	0,162	20 -- 21	0,179	2521		854,7
22	315	0,132	21 -- 22	0,147	2639		894,7
23	250	0,105	22 -- 23	0,118	2757		934,7
24	193	0,081	23 -- 24	0,093	3256	1061	1463,6
25	180	0,075	24 -- 25	0,078	821		1132,1
26	168	0,070	25 -- 26	0,073	829		1143,3
27	123	0,052	26 -- 27	0,061	3337		1170,9
28	86	0,036	27 -- 28	0,044	3462		1214,8
29	55	0,023	28 -- 29	0,029	3587		1258,7
30	31	0,013	29 -- 30	0,018	3713		1302,7
31	14	0,006	30 -- 31	0,009	3838		1346,6
32	3	0,001	31 -- 32	0,004	3963		1390,6
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	4088	1263	1877,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	787	0,991	0,716	0,70	553,53	0,71
2 -- 3	173	0,955	2,234	2,04	352,50	2,13
3 -- 4	1754	0,903	2,055	1,67	2936,28	1,85
4 -- 5	200	0,867	0,895	0,67	134,29	0,78
5 -- 6	214	0,820	2,950	1,99	424,90	2,42
6 -- 7	290	0,751	2,950	1,66	482,01	2,21
7 -- 8	317	0,683	2,950	1,38	436,96	2,02
8 -- 9	13024	0,647	0,255	0,11	1392,23	0,17
9 -- 10	346	0,616	2,695	1,02	353,33	1,66
10 -- 11	442	0,557	2,950	0,91	404,26	1,64
11 -- 12	475	0,498	2,950	0,73	347,64	1,47
12 -- 13	2874	0,457	1,405	0,29	842,51	0,64
13 -- 14	877	0,430	1,545	0,29	250,21	0,66
14 -- 15	597	0,391	2,950	0,45	268,86	1,15
15 -- 16	2357	0,361	0,500	0,07	153,69	0,18
16 -- 17	637	0,337	2,450	0,28	177,67	0,83
17 -- 18	735	0,296	2,950	0,26	189,77	0,87
18 -- 19	775	0,254	2,950	0,19	146,96	0,75
19 -- 20	815	0,215	2,950	0,14	110,68	0,63
20 -- 21	855	0,179	2,950	0,09	80,79	0,53
21 -- 22	895	0,147	2,950	0,06	56,90	0,43
22 -- 23	935	0,118	2,950	0,04	38,44	0,35
23 -- 24	1464	0,093	2,950	0,03	37,09	0,27
24 -- 25	1132	0,078	0,725	0,00	5,01	0,06
25 -- 26	1143	0,073	0,725	0,00	4,40	0,05
26 -- 27	1171	0,061	2,850	0,01	12,39	0,17
27 -- 28	1215	0,044	2,850	0,01	6,63	0,12
28 -- 29	1259	0,029	2,850	0,00	3,11	0,08
29 -- 30	1303	0,018	2,850	0,00	1,20	0,05
30 -- 31	1347	0,009	2,850	0,00	0,34	0,03
31 -- 32	1391	0,004	2,850	0,00	0,05	0,01
32 -- 33	1878	0,001	2,850	0,00	0,00	0,00
		Σ	74,50	15,10	10204,60	24,95

m_e = 10204,6 / 15,1 = 675,8 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2363	675,8	0,030	1,25	1,432	15,8

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 15,8

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 24,95 / (4 * π * 15,10) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,432 * 3,46 / $15*10^{-6}$ = 3,3E+05

C_{lat} = 0,61

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 8,59 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,68 / 24,95 = 0,31

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,063 * 0,131 * 0,31 * 0,606347 = 0,048

$y_{F;max}$ = 1,432 * 0,048 = 0,068 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		56601	56601	0,00E+00	4,1E-02	1000
2	2 -- 3			56601	4,05E+07	4,0E-02	971
3	3 -- 4			56601	1,67E+08	3,9E-02	882
4	4 -- 5			56601	2,83E+08	3,7E-02	804
5	5 -- 6			56601	3,34E+08	3,5E-02	772
6	6 -- 7			56601	5,01E+08	3,1E-02	673
7	7 -- 8			56601	6,68E+08	2,8E-02	585
8	8 -- 9			56601	8,35E+08	2,5E-02	508
9	9 -- 10			56601	8,49E+08	2,4E-02	501
10	10 -- 11			56601	1,00E+09	2,2E-02	439
11	11 -- 12			56601	1,17E+09	1,9E-02	379
12	12 -- 13			56601	1,34E+09	1,7E-02	326
13	13 -- 14			56601	1,42E+09	1,6E-02	303
14	14 -- 15			56601	1,50E+09	1,5E-02	279
15	15 -- 16			56601	1,67E+09	1,3E-02	237
16	16 -- 17			56601	1,70E+09	1,3E-02	231
17	17 -- 18			56601	1,84E+09	1,2E-02	200
18	18 -- 19			56601	2,00E+09	1,0E-02	168
19	19 -- 20			56601	2,17E+09	9,1E-03	139
20	20 -- 21			56601	2,34E+09	8,0E-03	113
21	21 -- 22			56601	2,50E+09	6,9E-03	91
22	22 -- 23			56601	2,67E+09	6,0E-03	72
23	23 -- 24			56601	2,84E+09	5,0E-03	56
24	24 -- 25			56601	3,01E+09	4,3E-03	42
25	25 -- 26			56601	3,05E+09	4,1E-03	39
26	26 -- 27			56601	3,09E+09	3,9E-03	37
27	27 -- 28			56601	3,25E+09	3,3E-03	26
28	28 -- 29			56601	3,41E+09	2,6E-03	18
29	29 -- 30			56601	3,57E+09	2,0E-03	11
30	30 -- 31			56601	3,73E+09	1,5E-03	6
31	31 -- 32			56601	3,89E+09	9,6E-04	3
32	32 -- 33			56601	4,06E+09	4,7E-04	1
33				56601	4,22E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	518	12,0	2357610	17	0,0685	2,4
2	574	12,0	2913444	57	0,0685	7,9
3	625	12,0	3476688	81	0,0685	11,2
4	648	12,0	3737554	89	0,0685	12,2
5	721	12,0	4664241	107	0,0685	14,7
6	795	15,0	7036349	95	0,0685	13,0
7	869	15,0	8443336	99	0,0685	13,5
8	875	15,0	8570977	99	0,0685	13,6
9	943	15,0	9978545	100	0,0685	13,8
10	1016	18,0	13846582	84	0,0685	11,6
11	1090	18,0	15987186	84	0,0685	11,4
12	1125	20,0	18855087	75	0,0685	10,3
13	1164	20,0	20207971	74	0,0685	10,2
14	1238	20,0	22921398	73	0,0685	10,0
15	1250	20,0	23398245	73	0,0685	9,9
16	1311	20,0	25805788	71	0,0685	9,8
17	1385	22,0	31609385	63	0,0685	8,7
18	1459	22,0	35150690	62	0,0685	8,5
19	1533	22,0	38880055	60	0,0685	8,2
20	1607	22,0	42797480	59	0,0685	8,0
21	1680	22,0	46902966	57	0,0685	7,8
22	1754	22,0	51196513	55	0,0685	7,6
23	1828	25,0	62958550	48	0,0685	6,5
24	1846	25,0	64239666	47	0,0685	6,5
25	1864	25,0	65533689	47	0,0685	6,5
26	1935	25,0	70745642	46	0,0685	6,3
27	2007	25,0	76157057	45	0,0685	6,1
28	2078	25,0	81767935	44	0,0685	6,0
29	2149	25,0	87578275	43	0,0685	5,8
30	2220	25,0	93588078	42	0,0685	5,7
31	2292	25,0	99797343	41	0,0685	5,6
32	2363	25,0	106206071	40	0,0685	5,4

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,43 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,46 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 70,2055 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,23

$V_m(z)$ = 33,1 m/s

V_o = 33,1 * 20 / 100 = 6,63 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,43 * [3,46 / 6,63]^2 * \exp[-(3,46 / 6,63)^2]$ = 8,67E+07

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5{}_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3{}_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

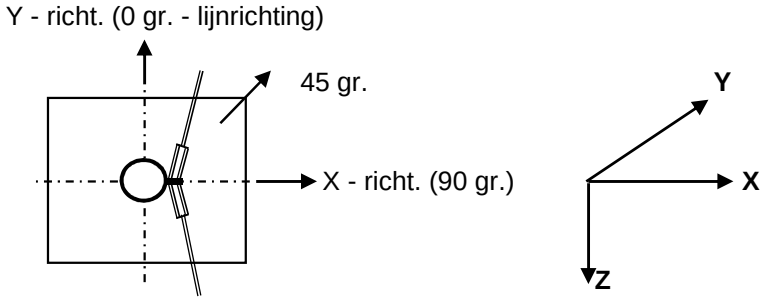
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ =	$\Delta\sigma_k$	0,55 $\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	9,42	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
4							
5	Lasnaad	14,69	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
6	Lasnaad	17,65	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
7	Lasnaad	15,60	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
8	Lasnaad	16,25	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
9							
10	Lasnaad	16,50	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
11	Lasnaad	13,88	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
12	Lasnaad	13,74	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
13							
14	flenzen	12,22	35	19,25	1,000E+10	8,67E+07	0,01
15	Lasnaad	11,97	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
16							
17	Lasnaad	11,70	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
18	Lasnaad	10,42	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
19	Lasnaad	10,15	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
20	Lasnaad	9,88	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
21	Lasnaad	9,62	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
22	Lasnaad	9,36	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
23	Lasnaad	9,11	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
24	flenzen	7,85	35	19,25	1,000E+10	8,67E+07	0,01
25							
26	Lasnaad	7,75	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
27	Lasnaad	7,55	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
28	Lasnaad	7,36	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
29	Lasnaad	7,18	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
30	Lasnaad	7,01	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
31	Lasnaad	6,84	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
32	Lasnaad	6,68	45	24,75	1,000E+10	8,67E+07	0,01
33	voetplaat	6,53	35	19,25	1,000E+10	8,67E+07	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			732			
2 - Windbelasting mast	158				5522	
3 - Belasting geval 1a	255		129		15648	
4 - Belasting geval 1b	66		149		4470	
5 - Belasting geval 3	174		279		11134	
6 - Belasting geval 4	66		174		4566	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	413		**861**		**21169**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	95		881		5505	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	219		1011		12687	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	96		906		5601	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	14158	kNm	21169	kNm	21169	kNm
Dwarskracht	272	kN	413	kN	413	kN
Verticale kracht	720	kN	861	kN	648	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2553,00					
st.c binnenkant		2123,00					
2338	56	631,38	7,37	33	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2553,00					
st.c binnenkant		2123,00					
2338	56	419,68	4,85	33	M 48 - 8,8	848,45	0,49

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 631,4 kN

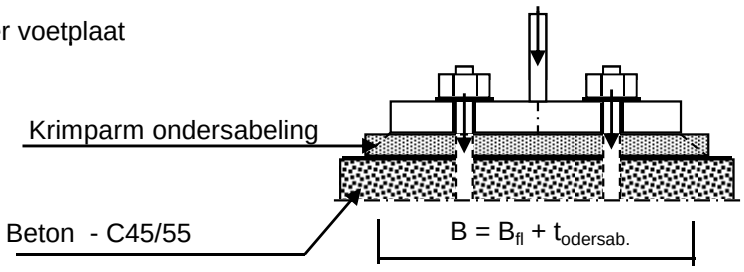
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 419,7 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 662,1 + 1,00 * 419,7 = 1081,8 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

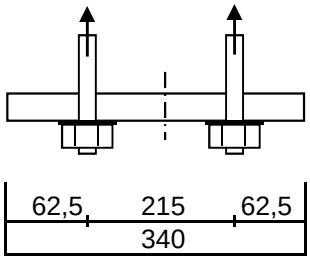
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	365,0	mm	D =	2338	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	405,0	mm			

A_{voetpl} = 405 * 2*π*D / n = 106241 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,4 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

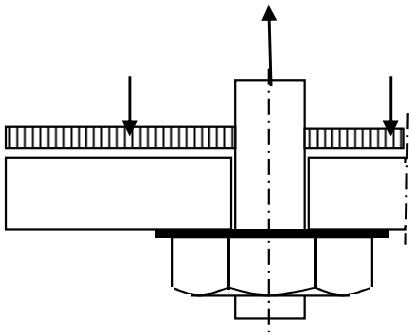


D = 2338 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 340 * $2*\pi*D / n$ = 89190 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 14,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 62,5 mm
L_{veld} = 215 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 27653 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1522 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 54155 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 54155 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1522 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 54155 / 79875,0 = 0,68 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 240,7 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1522 / 6149 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 50,7 N/mm^2

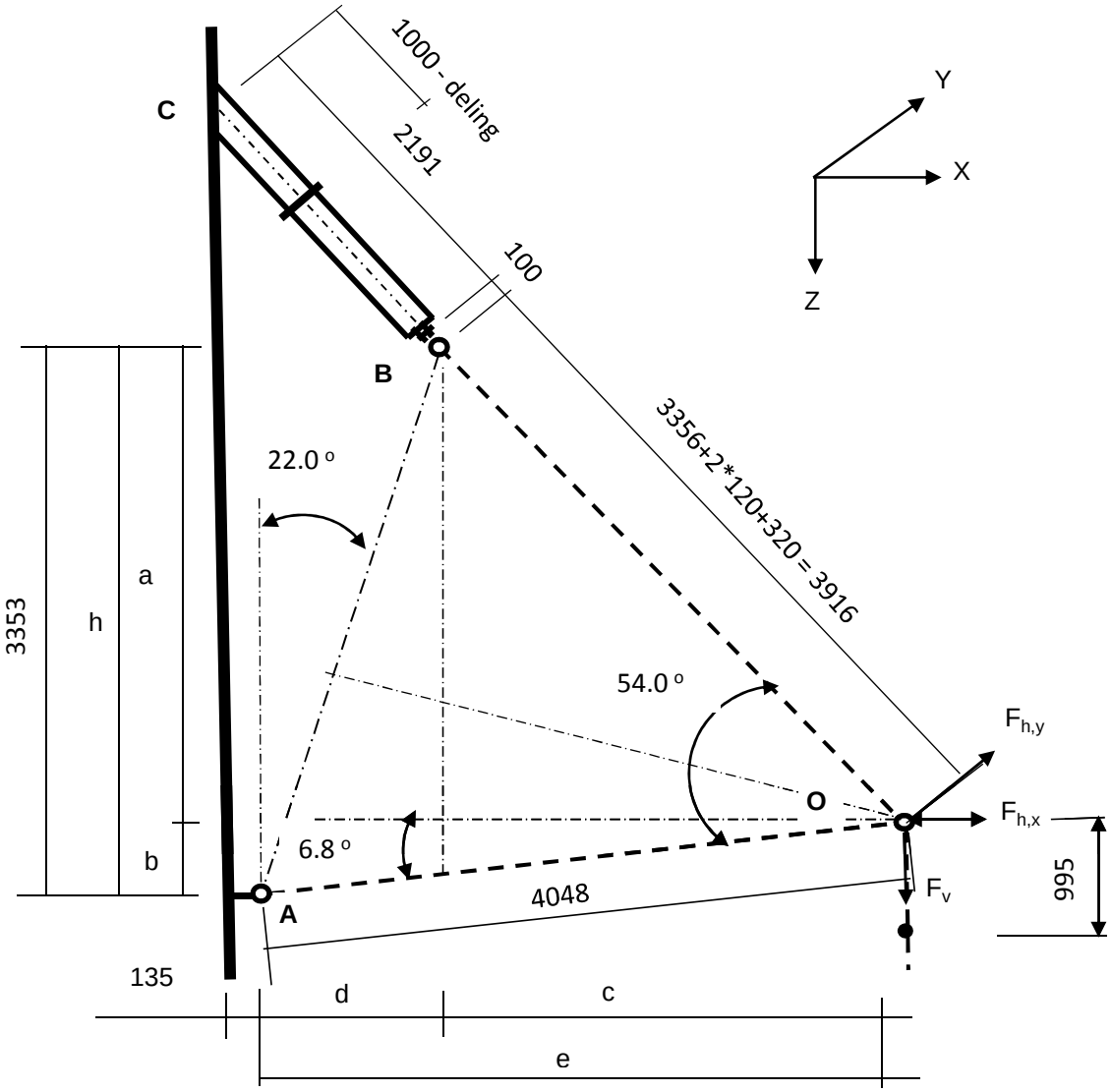
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (240,7^2 + 3*50,7^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 256 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AF
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	39082	277458	18808	39082	-277458	18808
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	23865	271953	35409	23865	-271953	35409
BG 1a - (+wind (45 gr))	19871	192174	20177	21160	-197515	20048
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	13542	247216	36465	14230	-248437	36407

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	37616	±	78163	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	70817	±	47729	0
BG 1a - (wind (45 gr))	40225	±	41031	-5341
BG 3 - (wind (45) + ijs)	72872	±	27772	-1221

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	39,0	0,00	-4,7	39,1	0,00	42,3
BG 1a - (-wind (90 gr))	-101,8	0,00	12,1	23,6	0,00	25,5
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-16,1	0,00	1,9	63,8	0,00	68,9
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-102,0	0,00	12,2	54,3	0,00	58,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	3,4	-4,58	-0,4	37,6	-0,76	40,6
BG 1a - (-wind (45 gr))	-70,5	-4,58	8,4	29,5	-0,76	31,8
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-35,8	-1,05	4,3	63,5	-0,17	68,6
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-85,8	-1,05	10,2	58,0	-0,17	62,6

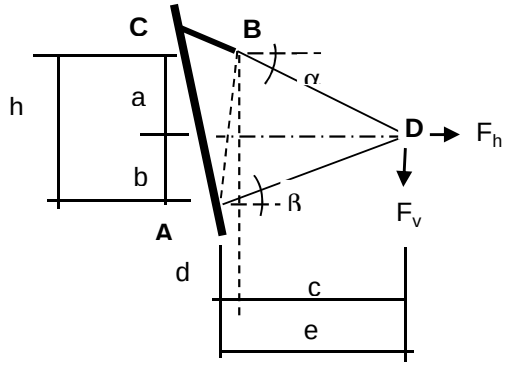
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

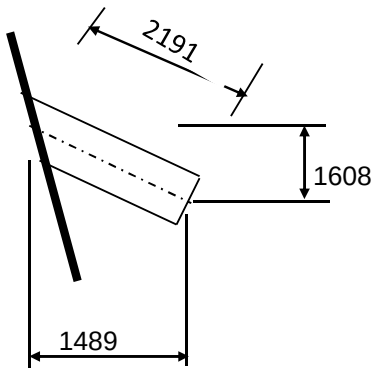
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	39,14	0,00	42,27	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	23,60	0,00	25,48	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	63,80	0,00	68,90	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	54,31	0,00	58,65	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	37,63	-0,76	40,63	0,00	-1,14
BG 1a - (-wind (45 gr))	29,46	-0,76	31,82	0,00	-1,14
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	63,53	-0,17	68,61	0,00	-0,26
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	58,01	-0,17	62,64	0,00	-0,26

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	31347	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



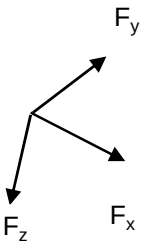


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	31,35	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-4,64	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-2,44	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	64,64	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	28,91	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	64,64	kN
$F_{z,Ed}$ =	10,24	kN
$F_{x,Ed}$ =	27,04	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
27,04	64,64	10,24	96,22	22,43	141,62

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

$N_{Ed} = \{ 63{,}8^2 + 68{,}9^2 \}^{0,5} = 93{,}90$ kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 93,90 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,7 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	1,14	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	1,2	N/mm²
N_{Ed} =	55,38	kN ;	σ_N =	4,5	N/mm²
			σ_{max} =	5,8	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,04	/ 2894 =	0,01	< 1,0 -- Voldoet	
		σ_N =	2,2	N/mm²	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,43	/ 217 =	0,10	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,y}$ =	24,5	N/mm²	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	141,62	/ 217 =	0,65	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,z}$ =	154,5	N/mm²	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	96,22	/ 251 =	0,38	< 1,0 -- Voldoet	
		τ_w =	52,5	N/mm²	

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 64,64 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,6 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 10,24 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,7 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 24,5^2 + 156,7^2 \}^{0,5} = 158,6$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 184 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

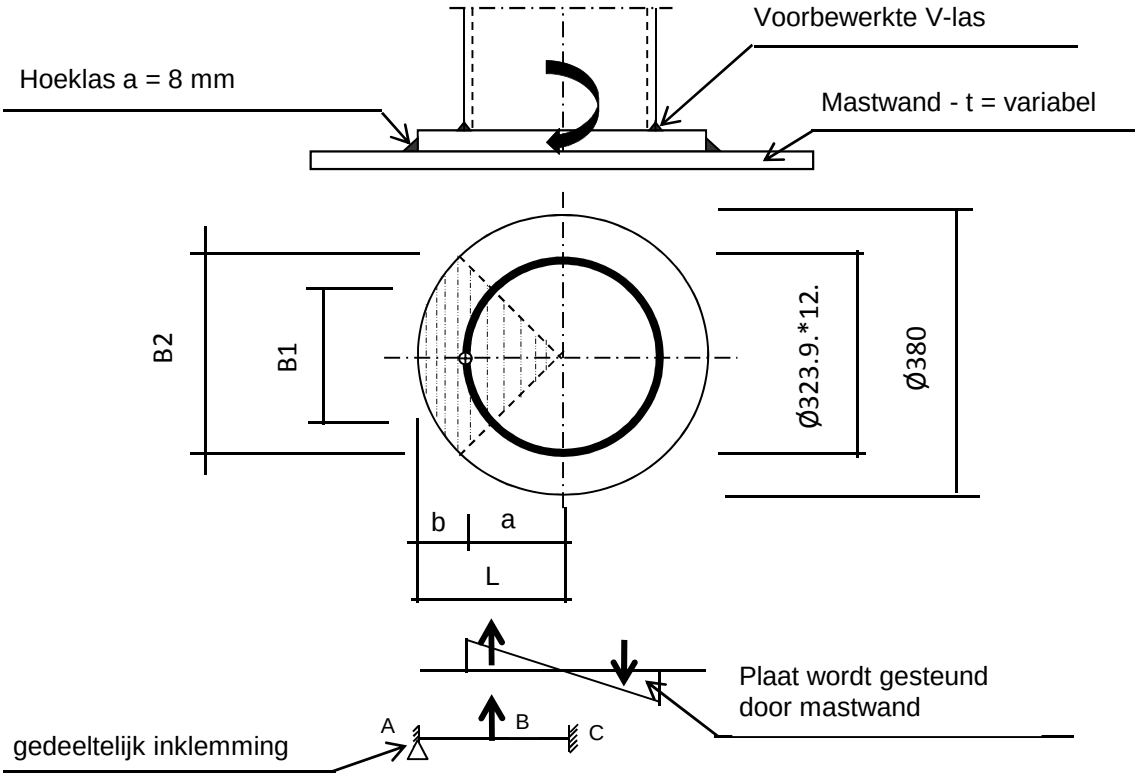
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 143,4 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 408,1 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 = 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,93 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / $2.L^3$)* (b + 2.L) = 318,4 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,32 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,46 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 384,1 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,3 * 32,0% = 2,66 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,9 * 68,0% + 2,5 * 32,0% = 6,86 kNm

$R_{A;Ed}$ = 318,4 * 68,0% + 384,1 * 32,0% = 339,4 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,66 / 11,04 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 57,1 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,86 / 9,41 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 172,6 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 339,4 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 45,5 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 53,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 195,8 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 126,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 100,5 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 126,1 + 100,5 = 226,6 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 126,1 - 100,5 = 25,6 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 230,9 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 230,9 / 302,2 = 0,76 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 226,6 / 244,8 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 74,049 m hoogte (380 kV op 68,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	513	12,0	18890	S355	355	2312375
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,74

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 21,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,66 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 31,11 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,037

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 398,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 541,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,43 / 398,7 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 162,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 141,62 / 162,0 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 736,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 141,62 / 162,0 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 64,049 m hoogte (380 kV op 58,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	803	15,0	37153	S355	355	7188942
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,47

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 26,8

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 68,42 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 790,20 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,31 of n_p = -0,304

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,88

$M_{ip,1,Rd}$ = 394,8 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,43 / 394,8 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 145,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 141,62 / 145,6 = 0,97 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 141,62 / 145,6 = 0,97 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 54,049 m hoogte (380 kV op 48,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1094	18,0	60832	S355	355	16095403
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,35

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 30,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 142,63 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2514,66 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,45 of n_p = -0,433

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,81

$M_{ip,1,Rd}$ = 409,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,43 / 409,4 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 165,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 141,62 / 165,6 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

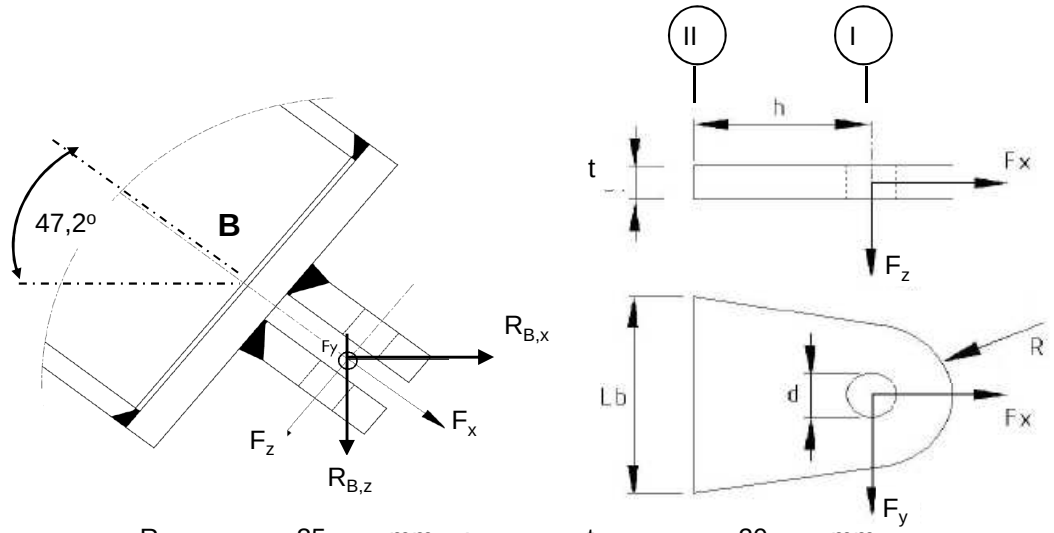
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 141,62 / 165,6 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	39,14	0,00	42,27	57,61	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	23,60	0,00	25,48	34,73	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	63,80	0,00	68,90	93,90	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	54,31	0,00	58,65	79,93	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	37,63	-0,76	40,63	55,38	-0,76	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	29,46	-0,76	31,82	43,37	-0,76	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	63,53	-0,17	68,61	93,51	-0,17	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	58,01	-0,17	62,64	85,38	-0,17	0,000
BG bundelbreuk	0,00	64,64	28,91	27,04	64,64	10,237

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 47,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 51 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	13,52	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,409	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,24	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,293	kNm
$V_{y,Ed}$ =	32,32	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,52	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,29	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,41	/	3,2	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		30,7	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,24	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,6	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	32,32	/	547	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		8,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 43,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 46 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

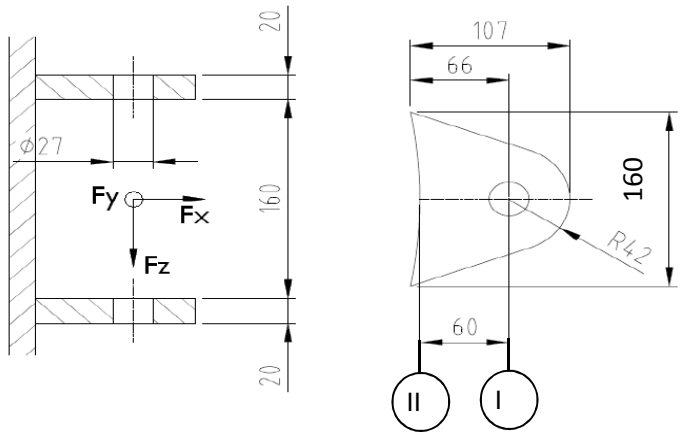
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	39,02	0,00	-4,65	39,02	0,00	4,65
BG 1a - (-wind (90 gr))	-101,76	0,00	12,13	101,76	0,00	12,13
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-16,07	0,00	1,92	16,07	0,00	1,92
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-102,04	0,00	12,17	102,04	0,00	12,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	3,41	-4,58	-0,41	3,41	4,58	0,41
BG 1a - (-wind (45 gr))	-70,50	-4,58	8,41	70,50	4,58	8,41
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-35,76	-1,05	4,26	35,76	1,05	4,26
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-85,78	-1,05	10,23	85,78	1,05	10,23
BG bundelbreuk	0,00	-4,64	-2,44	0,00	4,64	2,44

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 51,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 45 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	50,88	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,728	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,13	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	50,88	/	757	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		15,9	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,73	/	2,5	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		68,3	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	12,13	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,8	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 84,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 25,4 + 31,2 = 56,6 kN

σ_1 =					50,1	N/mm^2
τ_1 =					50,1	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			100,1	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	100,1	/	302,2	=	0,33	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	50,1	/	244,8	=	0,20	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2191 - 1000 = 1191 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
27,04	64,64	10,24	52,30	12,19	76,98

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 77,9 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 65,4 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 41,7 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 103,3 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 103,30 / 203 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 41,71 / 136 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,67 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

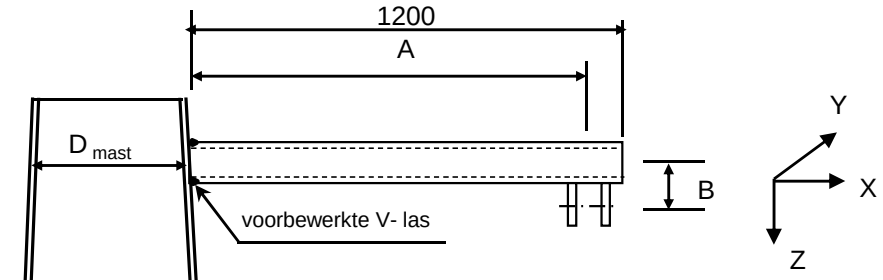
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	264,6	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	169,4	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,61 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	74,284	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AF

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	6676	44229	2394	6676	-44229	2394
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	7273	69143	10692	7273	-69143	10692
BG 1a - (+wind (45 gr))	3348	28685	2551	3572	-29715	2535
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4026	62919	10951	4243	-63226	10936

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	13,35	0,00	4,79	0,00	6,94	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	14,55	0,00	21,38	0,00	25,18	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,92	1,03	5,09	0,13	6,44	1,12
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8,27	0,31	21,89	0,04	24,92	0,34

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	25,18	/	36	=	0,69	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		163,4	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	14,55	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,6	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,38	/	275	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		10,6	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 163,4 + 3,6 = 167,0 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 168 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,4	12,0	18601	S355	355	2241262
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,66 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 31,11 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,038

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 42,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 25,18 / 42,0 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81{*}\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 20,9 kNm

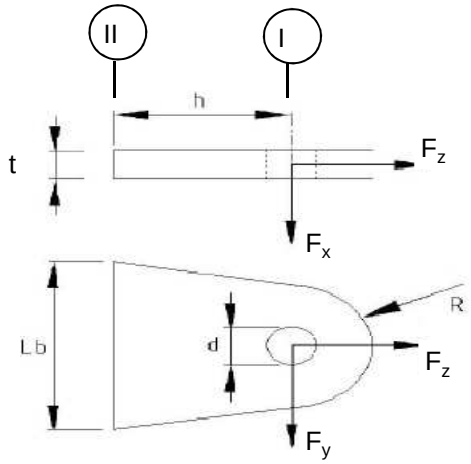
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 1,12 / 20,9 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	13,35	0,00	4,79
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	14,55	0,00	21,38
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,92	1,03	5,09
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8,27	0,31	21,89

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 10,9 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 10 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	10,69	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,567	kNm
$V_{x,Ed}$ =	7,27	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	10,69	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,5	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,57	/	1,9	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		70,9	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	7,27	/	328	/	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,0	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 76 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

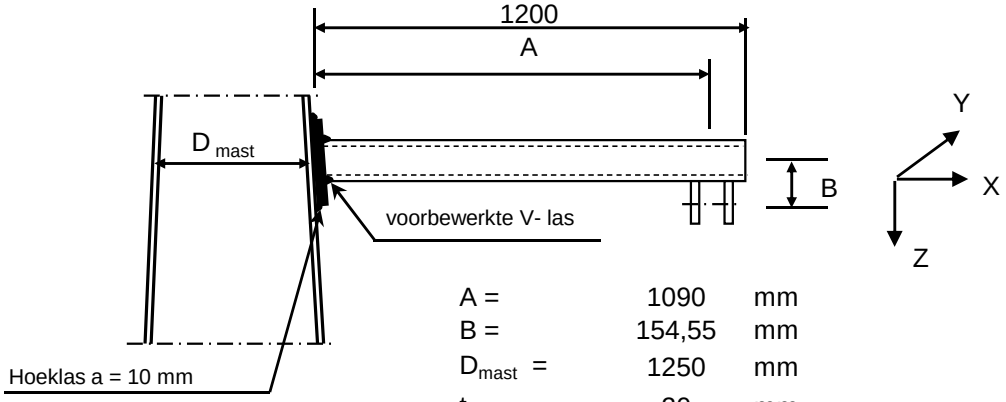
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 5,3 + 24,3 = 29,7 kN

σ_1 =	35,0	N/mm^2	
τ_1 =	35,0	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	69,9	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 69,9 / 302,2 =	0,23	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 35,0 / 244,8 =	0,14	< 1,0 -- Voldoet	

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	44,5	m

Buisgegevens

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AF

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	10935	77830	5087	10935	-77830	5087
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12156	133756	21996	12156	-133756	21996
BG 1a - (+wind (45 gr))	5548	53155	5457	5909	-54708	5421
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6927	125314	22397	7277	-125720	22376

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	21,87	0,00	10,17	0,00	14,47	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	24,31	0,00	43,99	0,00	51,71	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,46	1,55	10,88	0,24	13,63	1,69
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	14,20	0,41	44,77	0,06	51,00	0,44

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	51,71	/	64	=	0,81	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		191,4	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	24,31	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,6	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	43,99	/	362	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		16,6	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 191,4 + 4,6 = 196,0 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 198 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

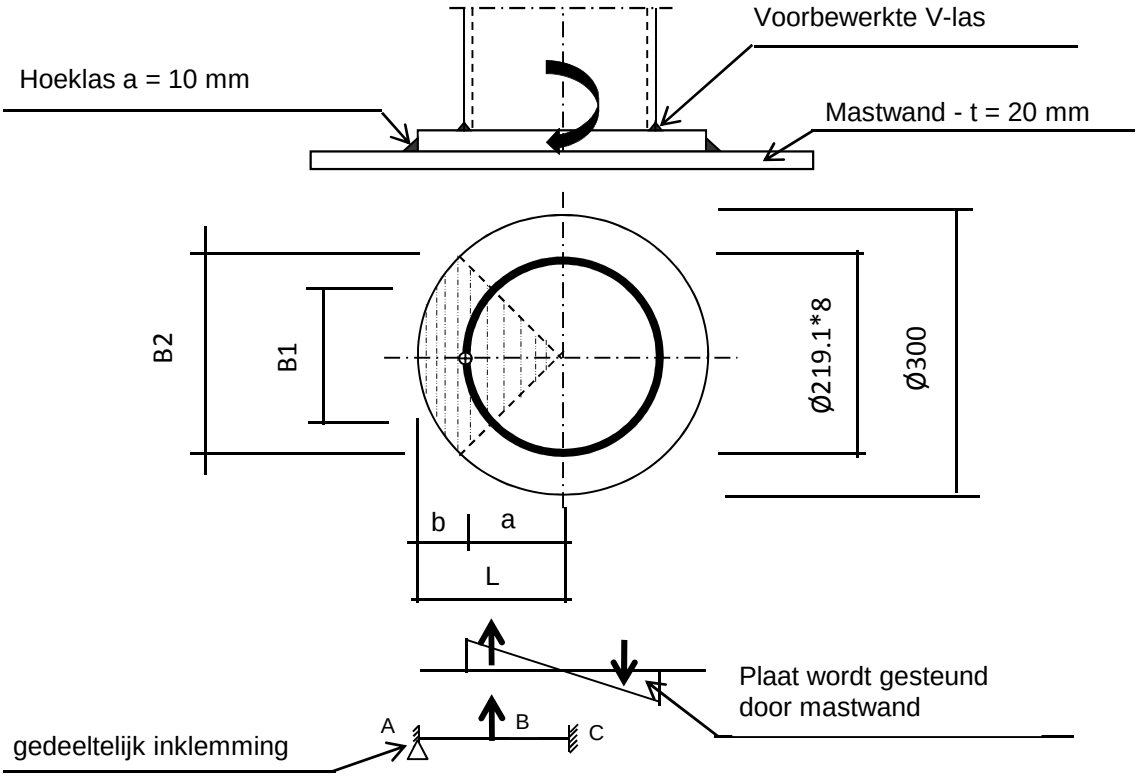
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 25 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 51,7 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 216,7 kN

a = R_{buis} = 109,6
b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm
B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 5,31 kNm
$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 131,2 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 4,68$ kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,52$ kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 177,9$ kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} = 0,0 * 60,0\% + 4,7 * 40,0\% = 1,87$ kNm

$M_{B;Ed} = 5,3 * 60,0\% + 2,5 * 40,0\% = 4,19$ kNm

$R_{A;Ed} = 131,2 * 60,0\% + 177,9 * 40,0\% = 149,9$ kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 8,71$ kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 6,36$ kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} = 1,87 / 8,71 = 0,21 < 1,0$ -- Voldoet

$\sigma_{b,A} = 50,8$ N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} = 4,19 / 6,36 = 0,66 < 1,0$ -- Voldoet

$\sigma_{b,B} = 155,9$ N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} = 149,9$ kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} = 25,4$ N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} = 34,8$ N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} = 167,2$ N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} = 1,5$ (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) = 89,8$ N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) = 45,0$ N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	89,8	+	45,0	=		134,8	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	89,8	-	45,0	=		44,8	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		155,5	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	155,5	/	302,2	=	0,51	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	134,8	/	244,8	=	0,55	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1250,2	20,0	77296	S355	355	23398245
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,24

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 265,96 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 5015,10 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,61 of n_p = -0,594

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,70

$M_{ip,1,Rd}$ = 129,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 51,71 / 129,9 = 0,40 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 66,9 kNm

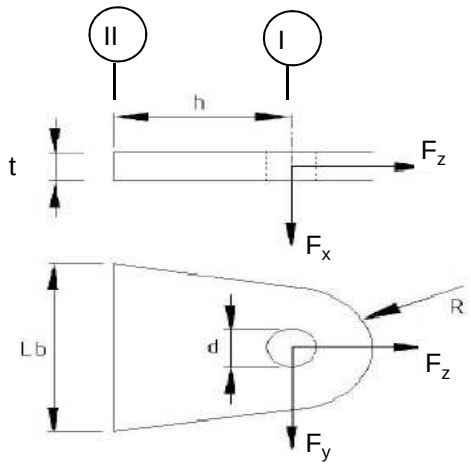
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 1,69 / 66,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip draagarm "Retourstroomgeleider" (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	21,87	0,00	10,17
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	24,31	0,00	43,99
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,46	1,55	10,88
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	14,20	0,41	44,77

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 22,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	20	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	22,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,754	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,16	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	22,00	/	568	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		9,2	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,75	/	1,9	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		94,2	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	12,16	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		5,1	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 104 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

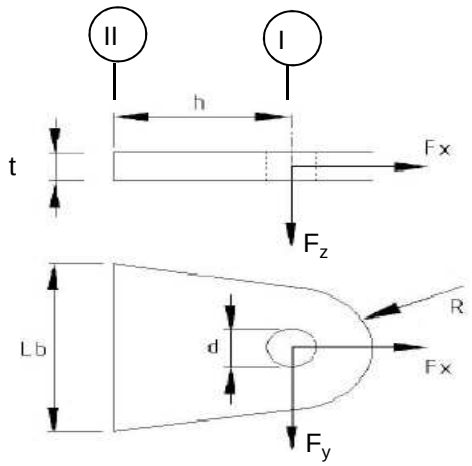
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 11,0 + 32,3 = 43,3 kN

σ_1 =	51,0	N/mm^2	
τ_1 =	51,0	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	102,1	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 102,1 / 302,2 =	0,34	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 51,0 / 244,8 =	0,21	< 1,0 -- Voldoet	

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 42,43 / 521 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 19,3 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 2,33 / 10 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 57,9 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 42,43 / 301 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 19,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 3,30 / 10 = 0,35 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 81,8 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 60,00 / 301 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 27,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2350,5	25,0	182644	S355	355	105067306
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 860,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 21169,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,58 of $n_p =$ -0,554

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,72

$N_{1,Rd} =$ 542,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 542,1 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 59,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 59,6 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

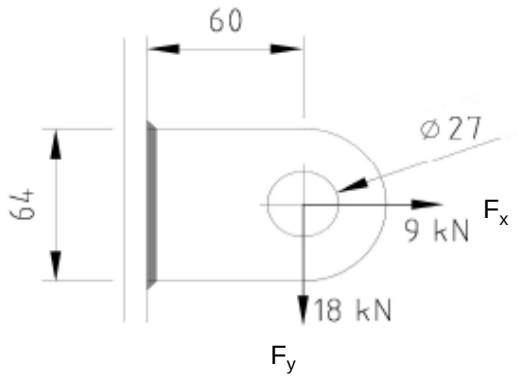
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 47.487 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1175,5	20,0	72603	S355	355	20622530
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 222,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4181,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,58 of $n_p =$ -0,563

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,73

$N_{1,Rd} =$ 347,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 347,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 22,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 22,3 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

Clip op 67,487 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	675,4	12,0	25009	S355	355	4075132
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 59,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 520,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,37 of $n_p =$ -0,353

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,85

$N_{1,Rd} =$ 148,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 148,2 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,5 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

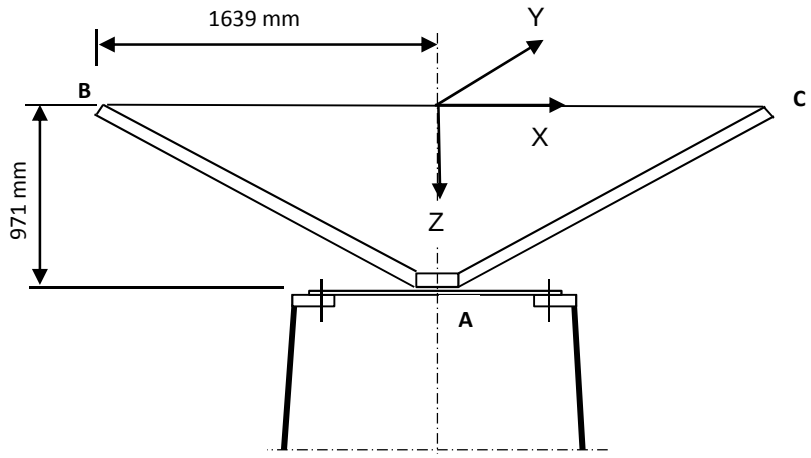
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



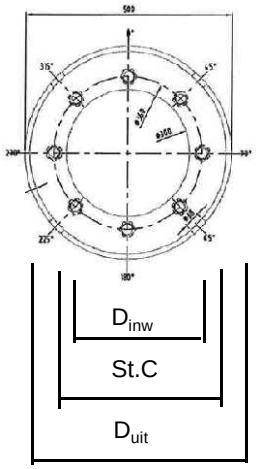
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

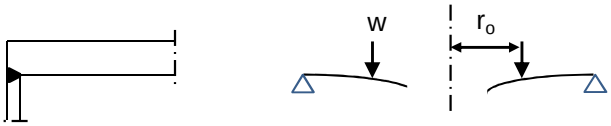
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

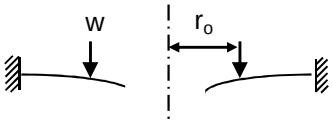
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

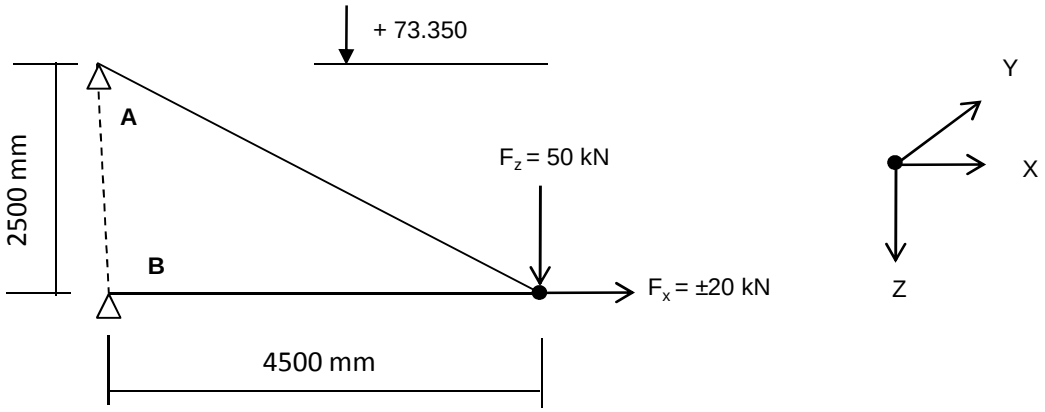
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

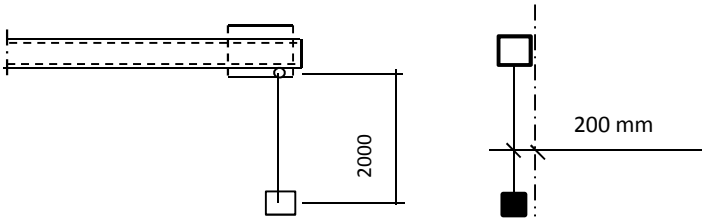
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 73,35 / 70,75



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

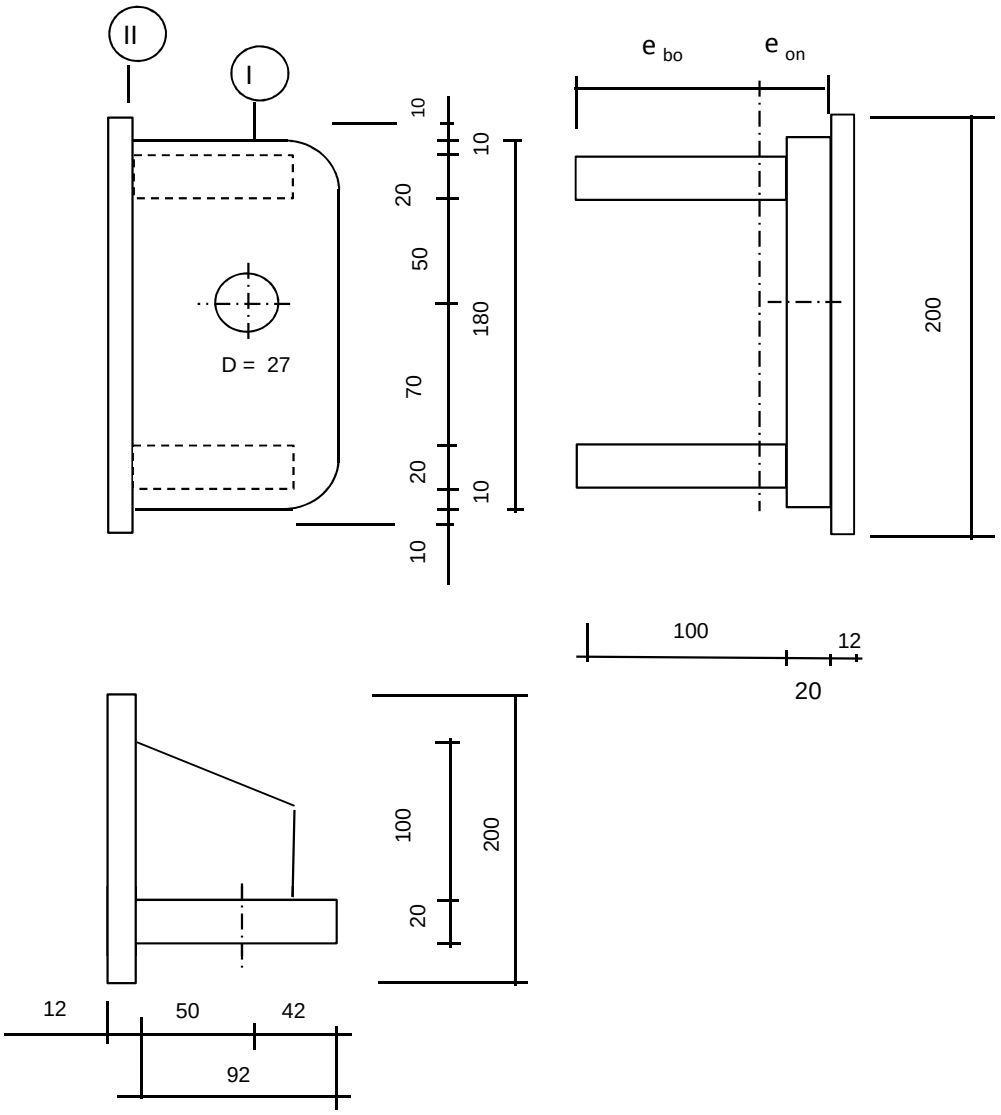
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

α = boogtan ((200-110) / 2000 = 2,6°

$F_{y;Ed}$ = 2,3 kN

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm
of					
$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	110	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm

9.7.1.1 - Berekening clip



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	180	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

A =	7600	mm^2			
I_y =	9,85E+06	mm^4 ;	W_y =	1,09E+05	mm^3
e_o =	41,58	mm ;	$W_{z,min}$ =	1,31E+05	mm^3
e_b =	78,42	mm ;	$W_{z,max}$ =	2,47E+05	mm^3
I_z =	1,03E+07	mm^4 ;			

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1799	kN
$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	25,9	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	31,0	kNm
$V_{Rd} = L_b * t * f_y / 3^{0,5}$ =	491,9	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00
0,00	110,00

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 110,0 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 96 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

N_{Ed} = 90,00 kN
$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 3,4 kNm (e = 10 mm)
$M_{z,Ed} = 8,94 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 6,87 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	1799	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		11,8 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,40	/	26	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		31,1 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	6,87	/	31	=	0,22	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		52,5 N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	50,00	/	492	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		13,9 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 11,8 + 24,2 + 52,5 } = 88,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 92 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 110,00 kN
$V_{z,Ed}$ = 0,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 1,1 kNm (e = 10 mm)
$M_{z,Ed} = 13,56 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 9,59 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	110,00	/	1799	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,5 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,10	/	26	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,0 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	9,59	/	31	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		73,2 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 14,5 + 7,8 + 73,2 } = 95,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

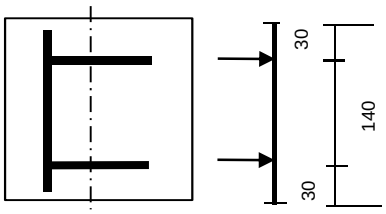
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_2 =			27,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		254,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	254,8 /	302,2 =	0,84	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	125,1 /	244,8 =	0,51	< 1,0 -- Voldoet

of

σ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_2 =			0,0	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		270,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	270,2 /	302,2 =	0,89	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	135,1 /	244,8 =	0,55	< 1,0 -- Voldoet

Versterkingsplaat 200 * 200 * 12 - S355



$F = \sigma_{max} * t * e_b / 4$

σ_{max} =	95,5	N/mm^2
t =	20	mm
e_b =	78,42	mm
F =	37,45	kN

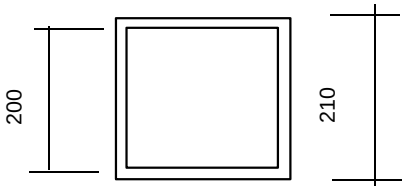
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 1,136 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 0,96 / 1,14 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 199,0 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom



A_{las} =	4100	mm^2
W_{las} =	273659	mm^3

N_{Ed} =	110,00	kN ;	σ_N =	26,8	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ =	1,1	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	4,0	N/mm^2
$M_{z,Ed}$ =	9,59	kNm ;	$\sigma_{b,z}$ =	35,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max} =$ 65,9 N/mm^2

σ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_2 =	0,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 131,8 / 302,2 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,9 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.7.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +78,350 / 75,850

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	594	12,0	21932	S355	355	3126795
plaat	210,0	5,0	4100	S355	355	273659

$N_{i,Rd} = k_p * f_{y0} * t^2_0 * (4 + 20*\beta^2) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$;

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0$ $h_i / d_0 =$ 0,35

$\beta = b_i / d_0$ $b_i / d_0 =$ 0,35

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 11,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 42,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,04 of $n_p =$ -0,037

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 238,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 238,2 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 9,59 / 25,0 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$M_{ip,i,Rd} =$ 50,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 50,0 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

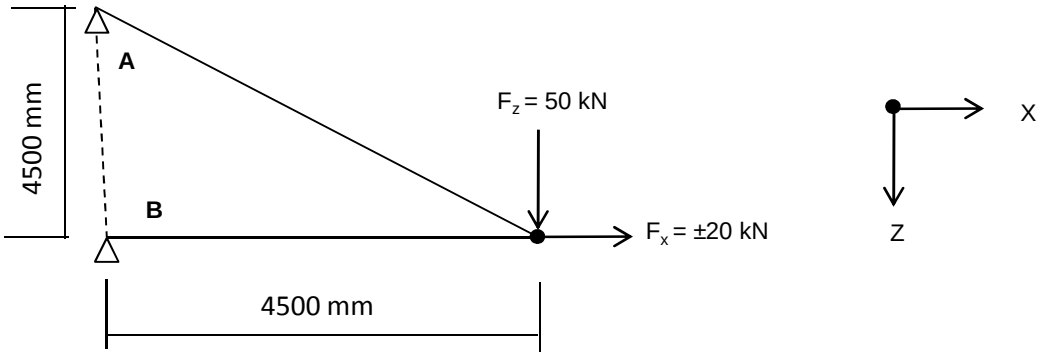
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 68,83 / 64,33 en 58,83 / 54,33

Hijsbalk 4,5m op 68,83 / 64,33 en 58,83 / 54,33

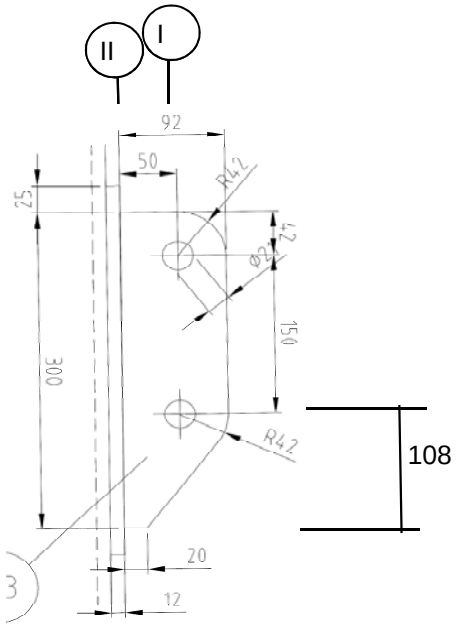


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

of

$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70,0	kN

9.7.2.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	300	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
50,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 70,7 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 62 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y =$	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	4,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =$	819,8	kN

N_{Ed} = 50,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 4,60 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 50,00 / 1420 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 8,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 4,60 / 71 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 15,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 820 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 8,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 8,3 + 15,3 \} =$ 23,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 28 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_2 = 0				16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =			72,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	72,9	/	302,2 =	0,24	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	33,5	/	244,8 =	0,14	< 1,0 -- Voldoet

9.7.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +68,83 / 64,33

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	642	12,0	23742	S355	355	3669614
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,47 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,47

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 54,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 417,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,33 of $n_p =$ -0,314

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,87

$N_{1,Rd} =$ 165,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 165,5 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 49,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 49,7 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,600 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +58,83 / 54,33

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	892	15,0	41321	S355	355	8908354
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,34 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,34

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 105,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1594,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,51 of $n_p =$ -0,497

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,77

$N_{1,Rd} =$ 221,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 221,7 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 66,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 66,5 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

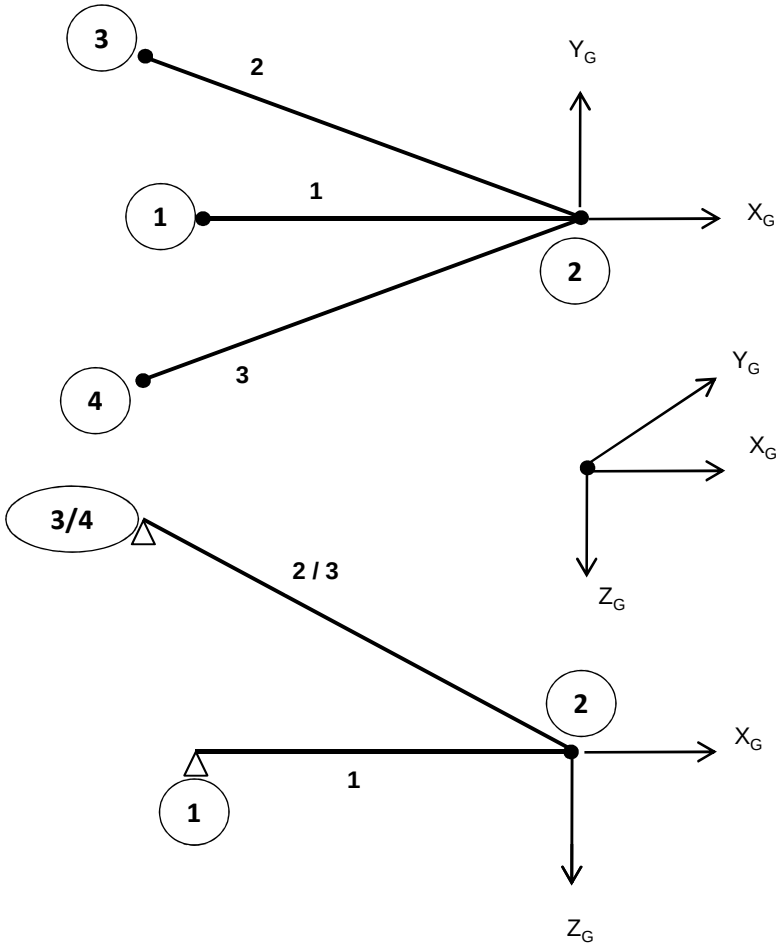
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
7	alle staven		factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
9	2	t/m 2	50.00			Z	Knooplast
9	2	t/m 2	20.00			X	Knooplast
9	2	t/m 2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0932E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0138E-05	9.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

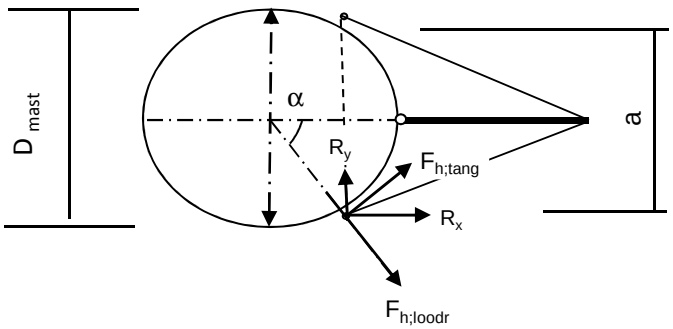
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	68830	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	69987	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	69987	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	58830	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	59987	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	59987	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	48830	1142	20	55,18	0,00	-0,20
3	49987	1113	20	50,84	-11,50	34,00
4	49987	1113	20	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * \cos\alpha + R_y * \sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * \sin\alpha + R_y * \cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	68830	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	69987	613	704	81,0	19,35	48,40	34,00
4	69987	613	704	81,0	8,34	128,93	84,87
1	58830	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	59987	863	854	62,5	33,69	39,78	34,00
4	59987	863	854	62,5	32,94	124,93	84,87
1	48830	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	49987	1113	960	52,3	40,18	33,21	34,00
4	49987	1113	960	52,3	54,47	117,16	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 68,830 en 58,830m hoogte
Clip type 16,3 - 48,830 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 69,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,17 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 59,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,47 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

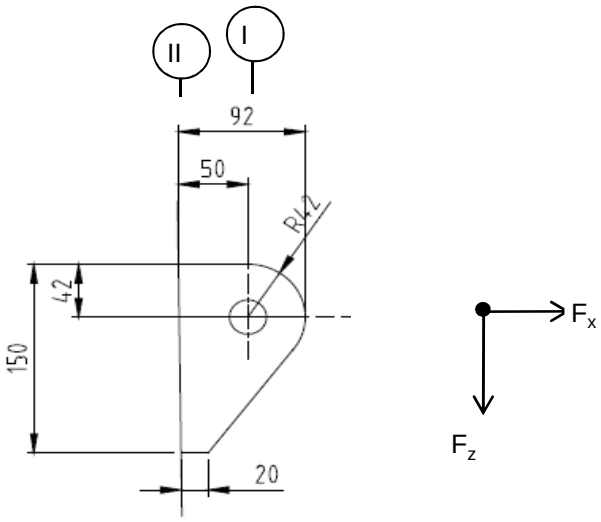
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 49,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,24 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 69,987m, 59,987m en 49,987m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 68,830 en 58,830m hoogte

en clip type16,3 op 48,830m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					60,5	N/mm^2
τ_1 =					60,5	N/mm^2
τ_2 = 0					0,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	121,1	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +48,83 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1142	20,0	70492	S355	355	19431648
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 222,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3841,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,57 of $n_p =$ -0,548

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,73

$N_{1,Rd} =$ 358,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 358,9 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 53,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 53,8 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

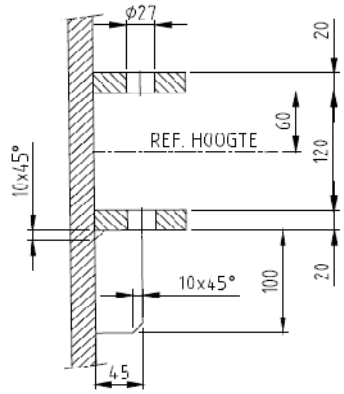
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

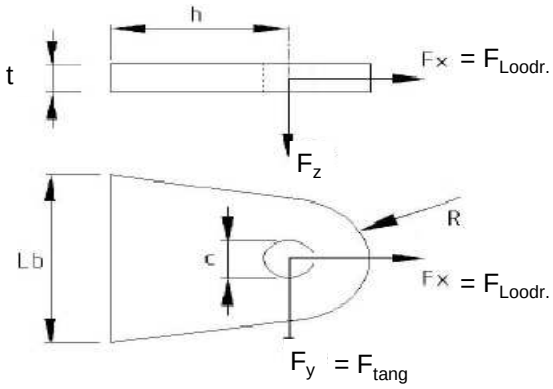
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 69,987m, 59,987 en49,987 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 69,987m, 59,987 en 49,987 m hoogte.





R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	45	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	69,987m kN	59,987m kN	49,987m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,17	16,47	27,24
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =		663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =		15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =		2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =		382,6	kN

Clip op 69,987m hoogte

N_{Ed} =	4,17	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 59,987m hoogte

N_{Ed} =	16,47	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 49,987m hoogte

N_{Ed} =	27,24	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	69,987m hoogte spanning in N/mm^2	59,987m hoogte spanning in N/mm^2	49,987m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	1,5	5,9	9,7
$\sigma_{b,z}$ =	44,4	43,0	43,0
τ_y =	23,0	22,3	20,9
$\sigma_{b,max}$ =	45,9	48,9	52,8
σ_{vlg} =	60,8	62,3	64,0

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

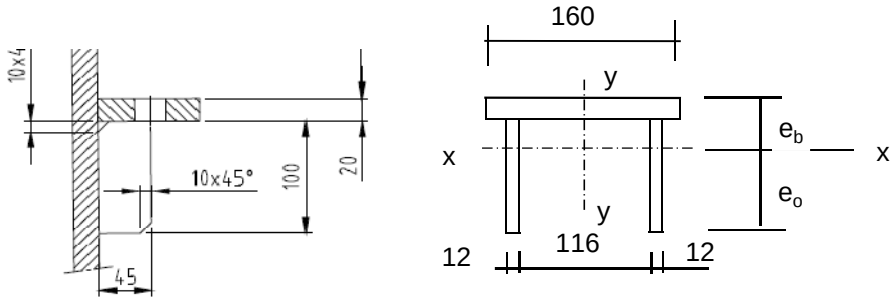
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =		74,6	N/mm^2
τ_1 =		74,6	N/mm^2
τ_2 = 0		105,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	235,9	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	235,9	/	302,2	= 0,78	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	74,6	/	244,8	= 0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 69,987m, 59,987 en 49,987 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	69,987m kN	59,987m kN	49,987m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,17	16,47	27,24
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 69,987m hoogte

N_{Ed} =	4,17	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	3,926	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 59,987m hoogte

N_{Ed} =	16,47	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,243	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 49,987m hoogte

N_{Ed} =	27,24	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,520	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	69,987m hoogte spanning in N/mm^2	59,987m hoogte spanning in N/mm^2	49,987m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	0,7	2,9	4,9
$\sigma_{b,z}$ =	13,8	13,4	12,6
$\sigma_{b,y}$ =	39,5	42,7	45,5
τ_y =	20,1	19,5	18,3
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	54,1	59,0	62,9
σ_{vlg} =	88,8	91,5	93,3

> 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

t_1 = 12 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =	88,9	N/mm^2	
τ_1 =	88,9	N/mm^2	
τ_2 = 0	42,4	N/mm^2	
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	192,5	N/mm^2	

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 192,5 / 302,2 = 0,64 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 88,9 / 244,8 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

9.8.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +69,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	613	12,0	22652	S355	355	3337306
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,23

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 32,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 190,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,16 of n_p = -0,157

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,94

$N_{1,Rd}$ = 243,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,17 / 243,0 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,90 / 17,0 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 4,17 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,90 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 917,9 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +59,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	863	15,0	39957	S355	355	8325563
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,16

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 79,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1102,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,38 of n_p = -0,367

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,84

$N_{1,Rd}$ = 305,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,47 / 305,0 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 21,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 21,3 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,47 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 978,2 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 6149 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +49,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1113	20,0	68675	S355	355	18434110
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 191,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3392,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,53 of n_p = -0,511

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,76

$N_{1,Rd}$ = 465,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,24 / 465,3 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 32,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 32,6 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

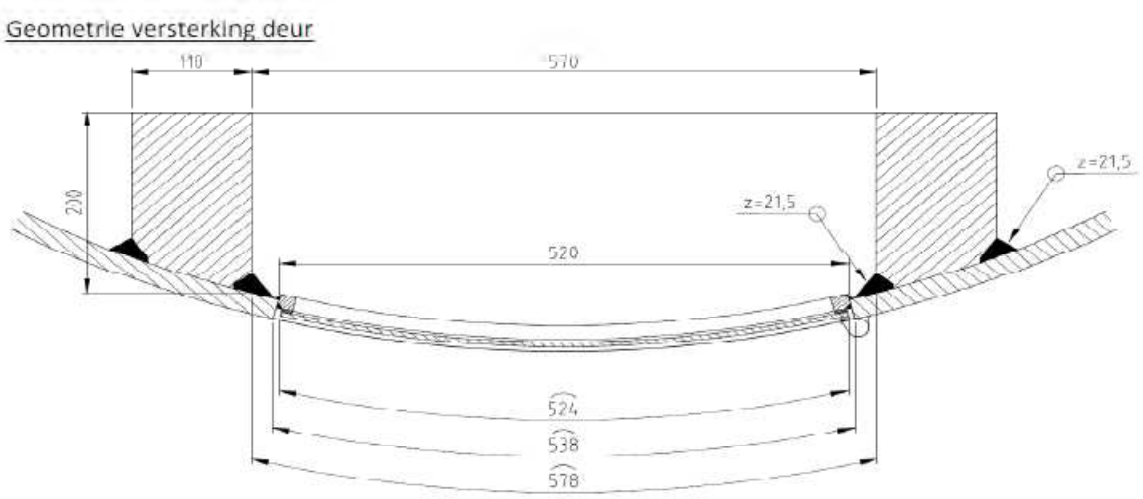
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

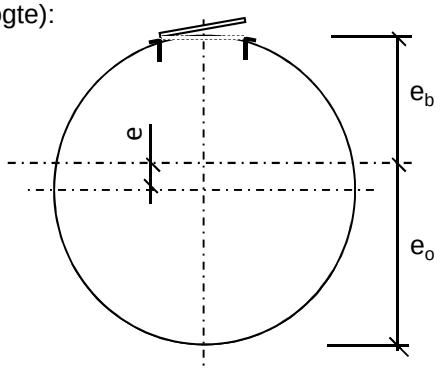
$N_{1,Ed}$ = 27,24 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 1001,5 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 8198 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2332	mm
dikte t ;	25	mm

A_{buis} =	181220	mm^2
$A_{versterking}$ =	40218	mm^2
$A_{verlies}$ =	12970	mm^2
A_{tot} =	208469	mm^2

e =	121,1	mm			
e_b =	1045,1	mm ;	e_o =	1287,2	mm

I_{tot} =	1,41E+11	mm^4
W_{min} =	1,09E+08	mm^3
W_{max} =	1,35E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	21642	kNm ;	N_{Ed} =	861 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,1	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	198,1	N/mm^2

σ_{max} = 4,1 + 198,1 = 202,2 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AF en AF2

W2S400+22.5 U TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AF

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2802	340	19393	2802	340	-19393
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21696	2592	147901	21696	2592	-147901
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21696	2591	147901	21696	2591	-147901
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21696	2591	147901	21696	2591	-147901
	Comp.conductor	5881	704	40186	5881	704	-40186
1b	GW / opgw	2877	384	21989	2877	384	-21989
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22372	2968	169916	22372	2968	-169916
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22372	2968	169916	22372	2968	-169916
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22372	2968	169916	22372	2968	-169916
	Comp.conductor	6032	788	45115	6032	788	-45115
3	GW / opgw	11056	1063	60818	11056	1063	-60818
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	36893	4175	238860	36893	4175	-238860
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	36893	4175	238860	36893	4175	-238860
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	36893	4174	238860	36893	4174	-238860
	Comp.conductor	22546	2143	122585	22546	2143	-122585
4	GW / opgw	3721	437	25027	3721	437	-25027
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25457	3001	171827	25457	3001	-171827
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25457	3001	171827	25457	3001	-171827
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25457	3001	171828	25457	3001	-171828
	Comp.conductor	7737	897	51347	7737	897	-51347
6	GW / opgw	3139	373	21370	3139	373	-21370
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24291	2838	162567	24291	2838	-162567
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	24291	2838	162567	24291	2838	-162567
	380C1F3 / 380C2F3	24291	2838	162567	24291	2838	-162567
	Comp.conductor	6587	772	44255	6587	772	-44255
1a	GW / opgw	2551	3348	28685	2535	3572	-29715
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20177	19871	192174	20048	21160	-197515
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	20289	18798	187825	20163	20006	-192728
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20428	17504	182729	20308	18616	-187101
	Comp.conductor	5457	5548	53155	5421	5909	-54708
1b	GW / opgw	2852	962	22519	2849	1005	-22598
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22250	6306	172168	22232	6550	-172505
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22264	6102	171904	22248	6331	-172202
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22280	5856	171606	22266	6067	-171861
	Comp.conductor	5999	1722	45782	5994	1791	-45882
3	GW / opgw	10951	4026	62919	10936	4243	-63226
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	36465	13542	247216	36407	14230	-248437
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	36512	12968	246255	36459	13614	-247340
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	36566	12276	245167	36520	12871	-246098
	Comp.conductor	22397	6927	125314	22376	7277	-125720
4	GW / opgw	3706	1012	25379	3703	1054	-25432
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25370	6332	173586	25358	6576	-173851
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25380	6129	173378	25369	6358	-173613
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25392	5885	173145	25382	6095	-173344
	Comp.conductor	7715	1828	51793	7712	1896	-51860

W2S400+22.5 U TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2394	6676	44229	2394	6676	-44229
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18808	39082	277458	18808	39082	-277458
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	18916	36835	267273	18916	36835	-267273
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19061	34121	254959	19061	34121	-254959
	Comp.conductor	5087	10935	77830	5087	10935	-77830
1b	GW / opgw	2785	1600	24148	2785	1600	-24148
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21893	9969	179340	21893	9969	-179340
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21943	9537	178277	21943	9537	-178277
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22001	9018	177068	22001	9018	-177068
	Comp.conductor	5901	2749	47899	5901	2749	-47899
3	GW / opgw	10692	7273	69143	10692	7273	-69143
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35409	23865	271953	35409	23865	-271953
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	35544	22649	268432	35544	22649	-268432
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	35705	21184	264371	35705	21184	-264371
	Comp.conductor	21996	12156	133756	21996	12156	-133756
4	GW / opgw	3659	1642	26505	3659	1642	-26505
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25109	9972	179292	25109	9972	-179292
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25147	9544	178438	25147	9544	-178438
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25190	9028	177471	25190	9028	-177471
	Comp.conductor	7649	2843	53252	7649	2843	-53252
1a	GW / opgw	2535	3572	29715	2551	3348	-28685
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20048	21160	197515	20177	19871	-192174
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	20163	20006	192728	20289	18798	-187825
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20308	18616	187101	20428	17504	-182729
	Comp.conductor	5421	5909	54708	5457	5548	-53155
1b	GW / opgw	2849	1005	22598	2852	962	-22519
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22232	6550	172505	22250	6306	-172168
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22248	6331	172202	22264	6102	-171904
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22266	6067	171861	22280	5856	-171606
	Comp.conductor	5994	1791	45882	5999	1722	-45782
3	GW / opgw	10936	4243	63226	10951	4026	-62919
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	36407	14230	248437	36465	13542	-247216
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	36459	13614	247340	36512	12968	-246255
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	36520	12871	246098	36566	12276	-245167
	Comp.conductor	22376	7277	125720	22397	6927	-125314
4	GW / opgw	3703	1054	25432	3706	1012	-25379
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25358	6576	173851	25370	6332	-173586
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25369	6358	173613	25380	6129	-173378
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25382	6095	173344	25392	5885	-173145
	Comp.conductor	7712	1896	51860	7715	1828	-51793
1a	GW / opgw	2121	268	15238	2121	268	-15238
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16457	2052	116952	16457	2052	-116952
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16457	2051	116952	16457	2051	-116952
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16457	2050	116952	16457	2050	-116952
	Comp.conductor	4456	555	31625	4456	555	-31625
1b	GW / opgw	2190	307	17591	2190	307	-17591

W2S400+22.5 U TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17086	2400	137365	17086	2400	-137365
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	17086	2400	137365	17086	2400	-137365
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17086	2400	137365	17086	2400	-137365
	Comp.conductor	4594	631	36104	4594	631	-36104
3	GW / opgw	10417	1016	58119	10417	1016	-58119
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31789	3713	212371	31789	3713	-212371
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	31789	3712	212371	31789	3712	-212371
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31789	3712	212371	31789	3712	-212371
	Comp.conductor	21210	2045	117006	21210	2045	-117006
4	GW / opgw	3050	370	21178	3050	370	-21178
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20256	2483	142149	20256	2483	-142149
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20256	2483	142149	20256	2483	-142149
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20256	2483	142149	20256	2483	-142149
	Comp.conductor	6331	758	43412	6331	758	-43412
6	GW / opgw	2121	266	15238	2121	266	-15238
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16457	2041	116952	16457	2041	-116952
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	16457	2041	116952	16457	2041	-116952
	380C1F3 / 380C2F3	16457	2041	116952	16457	2041	-116952
	Comp.conductor	4456	552	31625	4456	552	-31625
1a	GW / opgw	1874	3313	26675	1861	3539	-27826
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14840	19546	173683	14733	20851	-179945
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14935	18459	168524	14828	19683	-174337
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15058	17147	162400	14952	18275	-167659
	Comp.conductor	4010	5459	48127	3981	5825	-49935
1b	GW / opgw	2156	889	18354	2151	932	-18464
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16915	5755	140650	16891	6002	-141135
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16934	5549	140269	16913	5781	-140700
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16956	5301	139839	16937	5514	-140207
	Comp.conductor	4548	1570	37070	4541	1639	-37213
3	GW / opgw	10304	3981	60394	10288	4199	-60726
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31285	13110	222560	31218	13802	-224028
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	31339	12532	221401	31278	13182	-222710
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31401	11837	220085	31348	12435	-221211
	Comp.conductor	21050	6833	119975	21028	7184	-120414
4	GW / opgw	3030	947	21637	3027	989	-21705
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20144	5825	144547	20128	6070	-144906
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20157	5621	144267	20142	5851	-144584
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20171	5374	143950	20159	5586	-144221
	Comp.conductor	6304	1692	43997	6300	1760	-44085
1a	GW / opgw	1768	6659	43288	1768	6659	-43288
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	13836	38914	267994	13836	38914	-267994
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	13906	36656	257149	13906	36656	-257149
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14003	33927	243935	14003	33927	-243935
	Comp.conductor	3742	10890	75275	3742	10890	-75275
1b	GW / opgw	2076	1538	20570	2076	1538	-20570
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16457	9467	150707	16457	9467	-150707

W2S400+22.5 U TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AF

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16518	9029	149247	16518	9029	-149247
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16591	8502	147575	16591	8502	-147575
	Comp.conductor	4425	2611	40017	4425	2611	-40017
3	GW / opgw	10036	7236	67039	10036	7236	-67039
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30140	23507	251613	30140	23507	-251613
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	30279	22282	247556	30279	22282	-247556
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	30448	20806	242850	30448	20806	-242850
	Comp.conductor	20629	12072	129053	20629	12072	-129053
4	GW / opgw	2975	1582	23066	2975	1582	-23066
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19820	9496	152133	19820	9496	-152133
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19865	9064	151012	19865	9064	-151012
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19918	8543	149737	19918	8543	-149737
	Comp.conductor	6224	2714	45874	6224	2714	-45874
1a	GW / opgw	1861	3539	27826	1874	3313	-26675
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14733	20851	179945	14840	19546	-173683
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14828	19683	174337	14935	18459	-168524
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14952	18275	167659	15058	17147	-162400
	Comp.conductor	3981	5825	49935	4010	5459	-48127
1b	GW / opgw	2151	932	18464	2156	889	-18354
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16891	6002	141135	16915	5755	-140650
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16913	5781	140700	16934	5549	-140269
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16937	5514	140207	16956	5301	-139839
	Comp.conductor	4541	1639	37213	4548	1570	-37070
3	GW / opgw	10288	4199	60726	10304	3981	-60394
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31218	13802	224028	31285	13110	-222560
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	31278	13182	222710	31339	12532	-221401
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31348	12435	221211	31401	11837	-220085
	Comp.conductor	21028	7184	120414	21050	6833	-119975
4	GW / opgw	3027	989	21705	3030	947	-21637
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20128	6070	144906	20144	5825	-144547
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20142	5851	144584	20157	5621	-144267
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20159	5586	144221	20171	5374	-143950
	Comp.conductor	6300	1760	44085	6304	1692	-43997

W2S400+22.5 U TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AF2

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2349	292	16656	2349	292	-16656
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18211	2233	127536	18211	2233	-127536
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18211	2233	127536	18211	2233	-127536
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18211	2232	127536	18211	2232	-127536
	Comp.conductor	4933	605	34548	4933	605	-34548
1b	GW / opgw	2420	334	19099	2420	334	-19099
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18858	2594	148551	18858	2594	-148551
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18858	2594	148551	18858	2594	-148551
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18858	2594	148551	18858	2594	-148551
	Comp.conductor	5076	685	39195	5076	685	-39195
3	GW / opgw	7932	824	47121	7932	824	-47121
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28549	3407	194948	28549	3407	-194948
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	28549	3406	194948	28549	3406	-194948
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28549	3406	194948	28549	3406	-194948
	Comp.conductor	16212	1662	95124	16212	1662	-95124
4	GW / opgw	2971	362	20714	2971	362	-20714
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20770	2535	145154	20770	2535	-145154
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	20770	2535	145154	20770	2535	-145154
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20770	2535	145154	20770	2535	-145154
	Comp.conductor	6189	744	42586	6189	744	-42586
1a	GW / opgw	2181	2288	22373	2167	2438	-23054
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17238	13698	154130	17141	14554	-157539
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17320	12986	151380	17228	13788	-154482
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17420	12128	148191	17334	12865	-150925
	Comp.conductor	4661	3818	42337	4634	4058	-43329
1b	GW / opgw	2406	718	19399	2404	746	-19444
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18789	4815	149824	18779	4978	-150016
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18797	4680	149674	18788	4832	-149843
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18806	4516	149505	18799	4657	-149649
	Comp.conductor	5057	1306	39571	5055	1352	-39627
3	GW / opgw	7859	2799	48604	7849	2944	-48822
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28281	9645	200273	28243	10103	-201058
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	28311	9263	199657	28277	9693	-200353
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28345	8802	198960	28316	9198	-199556
	Comp.conductor	16110	4852	97045	16095	5085	-97331
4	GW / opgw	2962	745	20924	2960	773	-20956
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20720	4753	146180	20713	4915	-146336
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	20726	4618	146058	20719	4770	-146196
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20732	4455	145922	20727	4595	-146039
	Comp.conductor	6176	1364	42852	6174	1409	-42893
1a	GW / opgw	2037	4513	33184	2037	4513	-33184
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16080	26510	211673	16080	26510	-211673
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	16182	25007	204535	16182	25007	-204535
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16316	23193	195980	16316	23193	-195980
	Comp.conductor	4347	7411	59000	4347	7411	-59000

W2S400+22.5 U TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1b	GW / opgw	2366	1141	20349	2366	1141	-20349
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18580	7245	153961	18580	7245	-153961
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18610	6959	153341	18610	6959	-153341
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18645	6615	152639	18645	6615	-152639
	Comp.conductor	5000	1987	40789	5000	1987	-40789
3	GW / opgw	7676	4967	53046	7676	4967	-53046
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27576	16518	216454	27576	16518	-216454
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	27669	15708	214117	27669	15708	-214117
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	27780	14733	211435	27780	14733	-211435
	Comp.conductor	15829	8341	103033	15829	8341	-103033
4	GW / opgw	2934	1163	21609	2934	1163	-21609
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20566	7171	149556	20566	7171	-149556
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	20589	6887	149048	20589	6887	-149048
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20615	6544	148472	20615	6544	-148472
	Comp.conductor	6137	2039	43734	6137	2039	-43734
1a	GW / opgw	2167	2438	23054	2181	2288	-22373
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17141	14554	157539	17238	13698	-154130
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17228	13788	154482	17320	12986	-151380
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17334	12865	150925	17420	12128	-148191
	Comp.conductor	4634	4058	43329	4661	3818	-42337
1b	GW / opgw	2404	746	19444	2406	718	-19399
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18779	4978	150016	18789	4815	-149824
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18788	4832	149843	18797	4680	-149674
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18799	4657	149649	18806	4516	-149505
	Comp.conductor	5055	1352	39627	5057	1306	-39571
3	GW / opgw	7849	2944	48822	7859	2799	-48604
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28243	10103	201058	28281	9645	-200273
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	28277	9693	200353	28311	9263	-199657
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28316	9198	199556	28345	8802	-198960
	Comp.conductor	16095	5085	97331	16110	4852	-97045
4	GW / opgw	2960	773	20956	2962	745	-20924
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20713	4915	146336	20720	4753	-146180
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	20719	4770	146196	20726	4618	-146058
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20727	4595	146039	20732	4455	-145922
	Comp.conductor	6174	1409	42893	6176	1364	-42852

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+24)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Fundatiebel. SLS toestaand gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-Detailberekening toegevoegd	11 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-mast met nieuwe V-brace	5- 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	5-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2S400(+24,0)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

	blz.
9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV	55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast	62
9.1.3 Berekening clips 14,5	65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator	67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm	69
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	70
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	72
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	73
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	75
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	80
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	81
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	83
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	85
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	86
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	88
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	90
9.7 Berekening Clips voor 4,5m hijsbalk	93
9.7.1 Hijsbalk op 74,75/72,25 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 70,33 / 65,83 en 60,33 / 55,83 m	99
9.7.2.1 Berekening clip positie 9	99
9.7.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting	102
9.8 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk	104
9.8.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip	108
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting	110
9.8.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip	111
9.8.4 Controle capaciteit van de aansluiting	115
9.9 Berekening versterking deur	118

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AC en AC2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+24) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2S400(+24) zijn de bijlage AC (berekening maststerkte) en bijlage AC2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 Rev 03, d.d. 27-11-2013 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.

- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 76 meter. De basis diameter van de mast is 2,400 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 22,90 meter en 2* 26,55 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2S400(+24) zijn de bijlage AC (berekening maststerkte) en bijlage AC2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS- toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2S400(+24)”

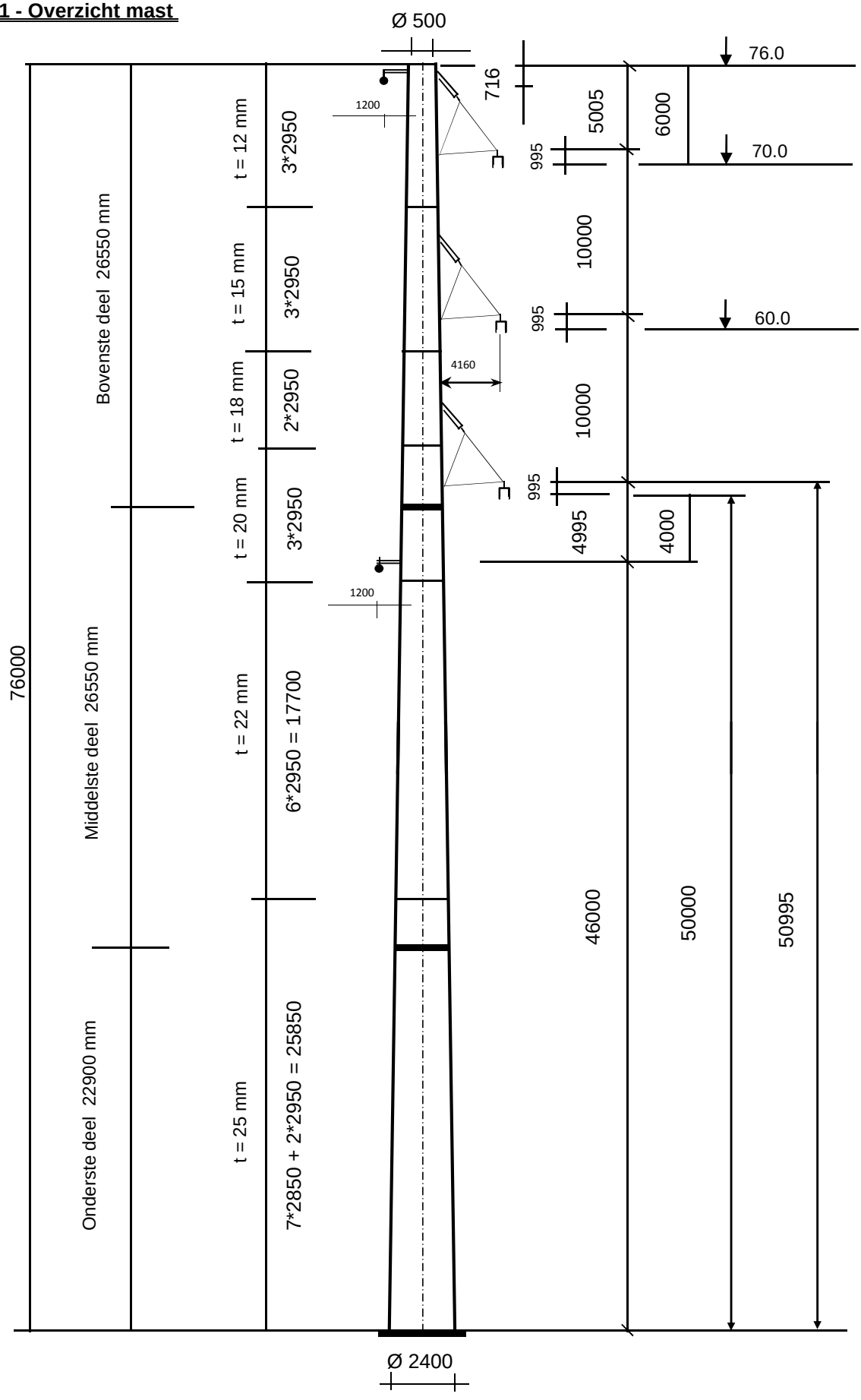
Berekening

W2S400+24

76,0 m - 2400 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+24)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,450

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	716	518	500	n.v.t.	2	1	75,64
2	2234	574	518	n.v.t.	2	1	74,17
3	2055	625	574	n.v.t.	2	1	72,02
4	895	648	625	n.v.t.	2	1	70,55
5	2950	721	648	n.v.t.	2	1	68,63
6	2950	795	721	n.v.t.	2	1	65,68
7	2950	869	795	n.v.t.	2	1	62,73
8	255	875	869	n.v.t.	2	1	61,12
9	2695	943	875	n.v.t.	2	1	59,65
10	2950	1016	943	n.v.t.	2	1	56,83
11	2950	1090	1016	n.v.t.	2	1	53,88
12	1405	1125	1090	n.v.t.	2	1	51,70
13	1545	1164	1125	n.v.t.	2	1	50,22
14	2950	1238	1164	n.v.t.	2	1	47,98
15	500	1250	1238	n.v.t.	2	1	46,25
16	2450	1311	1250	n.v.t.	2	1	44,78
17	2950	1385	1311	n.v.t.	2	1	42,08
18	2950	1459	1385	n.v.t.	2	1	39,13
19	2950	1533	1459	n.v.t.	2	1	36,18
20	2950	1606	1533	n.v.t.	2	1	33,23
21	2950	1680	1606	n.v.t.	2	1	30,28
22	2950	1754	1680	n.v.t.	2	1	27,33
23	2950	1828	1754	n.v.t.	2	1	24,38
24	1475	1864	1828	n.v.t.	2	1	22,16
25	1475	1901	1864	n.v.t.	2	1	20,69
26	2850	1973	1901	n.v.t.	2	1	18,53
27	2850	2044	1973	n.v.t.	2	1	15,68
28	2850	2115	2044	n.v.t.	2	1	12,83
29	2850	2186	2115	n.v.t.	2	1	9,98
30	2850	2258	2186	n.v.t.	2	1	7,13
31	2850	2329	2258	n.v.t.	2	1	4,28
32	2850	2400	2329	n.v.t.	2	1	1,43
	76000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18735	147,07	5,79E+08	175,75	2,27E+06
2	546	12,0	20125	157,98	7,17E+08	188,78	2,63E+06
3	599	12,0	22146	173,85	9,56E+08	207,73	3,19E+06
4	636	12,0	23536	184,76	1,15E+09	220,77	3,61E+06
5	684	12,0	25348	198,98	1,43E+09	237,76	4,19E+06
6	758	15,0	35019	274,90	2,42E+09	262,79	6,38E+06
7	832	15,0	38494	302,18	3,21E+09	288,86	7,72E+06
8	872	15,0	40382	317,00	3,71E+09	303,02	8,51E+06
9	909	15,0	42120	330,64	4,21E+09	316,05	9,26E+06
10	979	18,0	54364	426,76	6,28E+09	339,96	1,28E+07
11	1053	18,0	58535	459,50	7,84E+09	366,03	1,49E+07
12	1108	20,0	68334	536,42	1,01E+10	384,58	1,82E+07
13	1144	20,0	70650	554,61	1,12E+10	397,61	1,95E+07
14	1201	20,0	74181	582,32	1,29E+10	417,47	2,15E+07
15	1244	20,0	76890	603,59	1,44E+10	432,72	2,32E+07
16	1281	20,0	79207	621,78	1,57E+10	445,75	2,46E+07
17	1348	22,0	91655	719,49	2,02E+10	468,92	2,99E+07
18	1422	22,0	96752	759,51	2,37E+10	494,99	3,33E+07
19	1496	22,0	101850	799,52	2,77E+10	521,06	3,70E+07
20	1569	22,0	106947	839,53	3,20E+10	547,13	4,08E+07
21	1643	22,0	112044	879,55	3,68E+10	573,21	4,48E+07
22	1717	22,0	117141	919,56	4,21E+10	599,28	4,90E+07
23	1791	25,0	138672	1088,57	5,40E+10	624,31	6,04E+07
24	1846	25,0	143016	1122,68	5,93E+10	643,86	6,42E+07
25	1883	25,0	145912	1145,41	6,30E+10	656,90	6,69E+07
26	1937	25,0	150158	1178,74	6,86E+10	676,01	7,09E+07
27	2008	25,0	155754	1222,67	7,66E+10	701,20	7,63E+07
28	2079	25,0	161350	1266,60	8,51E+10	726,39	8,19E+07
29	2151	25,0	166946	1310,53	9,43E+10	751,57	8,77E+07
30	2222	25,0	172542	1354,46	1,04E+11	776,76	9,37E+07
31	2293	25,0	178138	1398,38	1,15E+11	801,95	9,99E+07
32	2364	25,0	183734	1442,31	1,26E+11	827,14	1,06E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	76000	1 -- 2	1	716	1,87E+04	5,79E+08
2	75284	2 -- 3	2	2234	2,01E+04	7,17E+08
3	73050	3 -- 4	3	2055	2,21E+04	9,56E+08
4	70995	4 -- 5	4	895	2,35E+04	1,15E+09
5	70100	5 -- 6	5	2950	2,53E+04	1,43E+09
6	67150	6 -- 7	6	2950	3,50E+04	2,42E+09
7	64200	7 -- 8	7	2950	3,85E+04	3,21E+09
8	61250	8 -- 9	8	255	4,04E+04	3,71E+09
9	60995	9 -- 10	9	2695	4,21E+04	4,21E+09
10	58300	10 -- 11	10	2950	5,44E+04	6,28E+09
11	55350	11 -- 12	11	2950	5,85E+04	7,84E+09
12	52400	12 -- 13	12	1405	6,83E+04	1,01E+10
13	50995	13 -- 14	13	1545	7,07E+04	1,12E+10
14	49450	14 -- 15	14	2950	7,42E+04	1,29E+10
15	46500	15 -- 16	15	500	7,69E+04	1,44E+10
16	46000	16 -- 17	16	2450	7,92E+04	1,57E+10
17	43550	17 -- 18	17	2950	9,17E+04	2,02E+10
18	40600	18 -- 19	18	2950	9,68E+04	2,37E+10
19	37650	19 -- 20	19	2950	1,02E+05	2,77E+10
20	34700	20 -- 21	20	2950	1,07E+05	3,20E+10
21	31750	21 -- 22	21	2950	1,12E+05	3,68E+10
22	28800	22 -- 23	22	2950	1,17E+05	4,21E+10
23	25850	23 -- 24	23	2950	1,39E+05	5,40E+10
24	22900	24 -- 25	24	1475	1,43E+05	5,93E+10
25	21425	25 -- 26	25	1475	1,46E+05	6,30E+10
26	19950	26 -- 27	26	2850	1,50E+05	6,86E+10
27	17100	27 -- 28	27	2850	1,56E+05	7,66E+10
28	14250	28 -- 29	28	2850	1,61E+05	8,51E+10
29	11400	29 -- 30	29	2850	1,67E+05	9,43E+10
30	8550	30 -- 31	30	2850	1,73E+05	1,04E+11
31	5700	31 -- 32	31	2850	1,78E+05	1,15E+11
32	2850	32 -- 33	32	2850	1,84E+05	1,26E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	75,64	0,21	1,24	33,55	0,17	1533
2	74,17	0,21	1,24	33,44	0,17	1526
3	72,02	0,21	1,23	33,27	0,17	1515
4	70,55	0,21	1,23	33,16	0,17	1507
5	68,63	0,21	1,22	33,00	0,17	1497
6	65,68	0,21	1,21	32,75	0,17	1480
7	62,73	0,21	1,20	32,49	0,17	1463
8	61,12	0,21	1,20	32,35	0,17	1454
9	59,65	0,21	1,19	32,21	0,18	1445
10	56,83	0,21	1,18	31,93	0,18	1427
11	53,88	0,21	1,17	31,63	0,18	1408
12	51,70	0,21	1,16	31,40	0,18	1393
13	50,22	0,21	1,16	31,24	0,18	1382
14	47,98	0,21	1,15	30,98	0,18	1366
15	46,25	0,21	1,14	30,77	0,18	1353
16	44,78	0,21	1,13	30,59	0,18	1341
17	42,08	0,21	1,12	30,24	0,19	1319
18	39,13	0,21	1,10	29,83	0,19	1294
19	36,18	0,21	1,09	29,38	0,19	1266
20	33,23	0,21	1,07	28,90	0,20	1237
21	30,28	0,21	1,05	28,38	0,20	1205
22	27,33	0,21	1,03	27,80	0,20	1170
23	24,38	0,21	1,01	27,15	0,21	1132
24	22,16	0,21	0,99	26,61	0,21	1101
25	20,69	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
26	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
27	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
28	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
29	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
30	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
31	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
32	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1160	400	0,40	0,00	6,17E-02	2554,97
2	2 -- 3	3864	4299	5,86	0,70	6,17E-02	2510,77
3	3 -- 4	3881		9,72	18,11	6,16E-02	2372,95
4	4 -- 5	1788	34162	47,77	42,08	6,13E-02	2246,62
5	5 -- 6	6312		49,55	85,63	6,11E-02	2191,85
6	6 -- 7	8552		55,87	241,12	5,95E-02	2013,67
7	7 -- 8	9357		64,42	418,54	5,76E-02	1840,76
8	8 -- 9	847		73,77	622,37	5,53E-02	1674,03
9	9 -- 10	9315	34489	109,11	641,29	5,51E-02	1659,96
10	10 -- 11	13032		118,43	947,90	5,27E-02	1514,50
11	11 -- 12	13998		131,46	1316,47	5,02E-02	1362,60
12	12 -- 13	7747		145,45	1724,92	4,74E-02	1218,45
13	13 -- 14	8800	34918	188,12	1934,72	4,62E-02	1152,63
14	14 -- 15	17621	4737	201,66	2232,17	4,49E-02	1082,23
15	15 -- 16	3093		219,28	2853,05	4,21E-02	953,79
16	16 -- 17	15601	9240	231,61	2963,46	4,16E-02	932,86
17	17 -- 18	21668		247,21	3550,02	3,92E-02	833,75
18	18 -- 19	22848		268,88	4311,25	3,65E-02	721,98
19	19 -- 20	24028		291,73	5138,15	3,37E-02	618,39
20	20 -- 21	25209		315,76	6034,19	3,08E-02	523,11
21	21 -- 22	26389		340,96	7002,85	2,80E-02	436,23
22	22 -- 23	27570		367,35	8047,62	2,51E-02	357,81
23	23 -- 24	32555		394,92	9171,98	2,22E-02	287,86
24	24 -- 25	16781	10602	438,08	10385,03	1,97E-02	225,90
25	25 -- 26	17116		454,86	11043,57	1,84E-02	197,77
26	26 -- 27	34022		471,98	11727,12	1,72E-02	171,50
27	27 -- 28	35274		506,00	13120,73	1,47E-02	126,01
28	28 -- 29	36526		541,27	14613,10	1,23E-02	87,52
29	29 -- 30	37778		577,80	16207,77	9,80E-03	56,04
30	30 -- 31	39029		615,58	17908,33	7,35E-03	31,55
31	31 -- 32	40281		654,61	19718,34	4,89E-03	14,05
32	32 -- 33	41533		694,89	21641,37	2,45E-03	3,54
33			12827	749,25	23680,98	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	116,0	40,0	2,555	3885,86	1005,557
2	2 -- 3	386,4	429,9	2,511	19844,43	5013,951
3	3 -- 4	388,1		2,373	8793,43	2070,434
4	4 -- 5	178,8	3416,2	2,247	79182,11	18122,903
5	5 -- 6	631,2	0,0	2,192	13021,37	2791,112
6	6 -- 7	855,2		2,014	16168,41	3176,350
7	7 -- 8	935,7		1,841	16131,22	2889,800
8	8 -- 9	84,7		1,674	1384,47	235,259
9	9 -- 10	931,5	3448,9	1,660	70666,14	11849,927
10	10 -- 11	1303,2		1,515	18390,91	2696,863
11	11 -- 12	1399,8		1,363	17721,18	2331,255
12	12 -- 13	774,7		1,218	9010,36	1088,902
13	13 -- 14	880,0	3491,8	1,153	49129,28	5737,834
14	14 -- 15	1762,1	473,7	1,082	22626,76	2380,966
15	15 -- 16	309,3		0,954	2862,23	275,231
16	16 -- 17	1560,1	924,0	0,933	21974,65	2021,342
17	17 -- 18	2166,8		0,834	16534,25	1311,056
18	18 -- 19	2284,8		0,722	15021,45	1026,216
19	19 -- 20	2402,8		0,618	13453,56	782,731
20	20 -- 21	2520,9		0,523	11862,09	580,008
21	21 -- 22	2638,9		0,436	10277,88	415,953
22	22 -- 23	2757,0		0,358	8731,17	287,328
23	23 -- 24	3255,5		0,288	8203,93	214,824
24	24 -- 25	1678,1	1060,2	0,226	5836,67	129,405
25	25 -- 26	1711,6		0,198	3100,14	58,347
26	26 -- 27	3402,2		0,171	4964,74	75,283
27	27 -- 28	3527,4		0,126	3694,50	40,209
28	28 -- 29	3652,6		0,088	2571,99	18,819
29	29 -- 30	3777,8		0,056	1622,93	7,245
30	30 -- 31	3902,9		0,032	872,92	2,029
31	31 -- 32	4028,1		0,014	347,49	0,311
32	32 -- 33	4153,3		0,004	72,06	0,013
33			1282,7	0,000	0,00	0,000
				Som	477961	68637

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,42	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	818	0,991	0,716	0,70	575,80	0,71
2 -- 3	173	0,956	2,234	2,04	352,98	2,14
3 -- 4	1851	0,904	2,055	1,68	3109,13	1,86
4 -- 5	200	0,869	0,895	0,68	134,88	0,78
5 -- 6	214	0,823	2,950	2,00	427,57	2,43
6 -- 7	290	0,754	2,950	1,68	486,58	2,23
7 -- 8	317	0,688	2,950	1,40	442,69	2,03
8 -- 9	13857	0,652	0,255	0,11	1504,20	0,17
9 -- 10	346	0,621	2,695	1,04	359,49	1,67
10 -- 11	442	0,563	2,950	0,94	413,13	1,66
11 -- 12	474	0,505	2,950	0,75	357,12	1,49
12 -- 13	3037	0,464	1,405	0,30	918,61	0,65
13 -- 14	876	0,437	1,545	0,30	258,95	0,68
14 -- 15	597	0,398	2,950	0,47	279,75	1,18
15 -- 16	2467	0,369	0,500	0,07	168,12	0,18
16 -- 17	637	0,346	2,450	0,29	186,47	0,85
17 -- 18	734	0,304	2,950	0,27	200,84	0,90
18 -- 19	775	0,262	2,950	0,20	157,21	0,77
19 -- 20	815	0,223	2,950	0,15	119,91	0,66
20 -- 21	855	0,188	2,950	0,10	88,85	0,55
21 -- 22	895	0,155	2,950	0,07	63,72	0,46
22 -- 23	935	0,126	2,950	0,05	44,02	0,37
23 -- 24	1463	0,101	2,950	0,03	43,63	0,30
24 -- 25	1138	0,083	1,475	0,01	11,54	0,12
25 -- 26	1160	0,072	1,475	0,01	8,94	0,11
26 -- 27	1194	0,058	2,850	0,01	11,53	0,17
27 -- 28	1238	0,042	2,850	0,00	6,16	0,12
28 -- 29	1282	0,028	2,850	0,00	2,88	0,08
29 -- 30	1326	0,017	2,850	0,00	1,11	0,05
30 -- 31	1369	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
31 -- 32	1413	0,003	2,850	0,00	0,05	0,01
32 -- 33	1907	0,001	2,850	0,00	0,00	0,00
		Σ	76,00	15,35	10736,16	25,38

m_e = 10736,2 / 15,3 = 699,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,42	Hz
b =	1,45	m
h =	76,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	45,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	125,49	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,52

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,100	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,112	
$v_m(z_s)$ =	30,69	m/s
$v_m(z)$ =	33,58	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,18	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,57	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,23	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	11,96	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,23	
R^2 =	0,96	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,34	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,44

$c_s c_d$ = **1,11**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6)))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	49,53	1,68E+06	0,80	0,84	0,67
2	49,41	1,80E+06	0,80	0,84	0,67
3	49,23	1,97E+06	0,80	0,84	0,67
4	49,11	2,08E+06	0,80	0,84	0,67
5	48,94	2,23E+06	0,80	0,84	0,67
6	48,67	2,46E+06	0,80	0,84	0,67
7	48,39	2,68E+06	0,80	0,84	0,67
8	48,23	2,80E+06	0,80	0,84	0,67
9	48,08	2,91E+06	0,80	0,84	0,67
10	47,79	3,12E+06	0,80	0,84	0,67
11	47,46	3,33E+06	0,79	0,84	0,67
12	47,21	3,49E+06	0,79	0,84	0,67
13	47,03	3,59E+06	0,79	0,84	0,67
14	46,75	3,74E+06	0,79	0,84	0,67
15	46,52	3,86E+06	0,79	0,84	0,67
16	46,32	3,95E+06	0,79	0,84	0,67
17	45,94	4,13E+06	0,79	0,84	0,67
18	45,49	4,31E+06	0,79	0,84	0,66
19	45,01	4,49E+06	0,79	0,84	0,66
20	44,48	4,65E+06	0,79	0,84	0,66
21	43,91	4,81E+06	0,79	0,84	0,66
22	43,27	4,95E+06	0,79	0,84	0,66
23	42,56	5,08E+06	0,79	0,84	0,66
24	41,97	5,16E+06	0,78	0,84	0,66
25	41,54	5,21E+06	0,78	0,84	0,66
26	40,84	5,27E+06	0,78	0,84	0,66
27	39,79	5,33E+06	0,78	0,84	0,66
28	38,52	5,34E+06	0,78	0,84	0,65
29	36,92	5,29E+06	0,78	0,84	0,65
30	34,74	5,15E+06	0,77	0,84	0,65
31	31,38	4,80E+06	0,77	0,84	0,64
32	30,93	4,88E+06	0,77	0,84	0,64

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	75,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AC en AC2		
1e traverse - 380C1F1	70,995	1			
2e traverse - 380C1F2	60,995	1			
3e traverse - 380C1F3	50,995	1			
Retourstroomgeleider	46,000	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	75,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	70,995	4,473
2e traverse - 380C1F2	60,995	4,598
3e traverse - 380C1F3	50,995	4,723
Retourstroomgeleider	46,000	1,819

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	75,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	70,995	1			
2e traverse - 380C1F2	60,995	1			
3e traverse - 380C1F3	50,995	1			
Retourstroomgeleider	46,000	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1053	107	1160	0,246	0,086	566	0,791
2	3529	335	3864	0,822	0,268	1851	0,828
3	3573	308	3881	0,829	0,247	1814	0,883
4	1654	134	1788	0,383	0,107	823	0,919
5	5870	443	6312	1,357	0,354	2850	0,966
6	8110	443	8552	1,501	0,354	3056	1,036
7	8914	443	9357	1,645	0,354	3255	1,103
8	808	38	847	0,149	0,031	290	1,139
9	8911	404	9315	1,639	0,323	3156	1,171
10	12589	443	13032	1,932	0,354	3631	1,231
11	13555	443	13998	2,075	0,354	3805	1,290
12	7537	211	7747	1,039	0,169	1871	1,332
13	8569	232	8800	1,179	0,185	2100	1,359
14	17178	443	17621	2,361	0,354	4126	1,399
15	3018	75	3093	0,414	0,060	714	1,428
16	15234	368	15601	2,089	0,294	3556	1,452
17	21225	443	21668	2,645	0,354	4403	1,492
18	22405	443	22848	2,787	0,354	4521	1,533
19	23586	443	24028	2,928	0,354	4625	1,568
20	24766	443	25209	3,069	0,354	4711	1,597
21	25947	443	26389	3,209	0,354	4778	1,620
22	27127	443	27570	3,348	0,354	4822	1,635
23	32113	443	32555	3,487	0,354	4840	1,641
24	16559	221	16781	1,795	0,177	2416	1,638
25	16895	221	17116	1,830	0,177	2408	1,633
26	33594	428	34022	3,632	0,342	4611	1,618
27	34846	428	35274	3,758	0,342	4515	1,584
28	36098	428	36526	3,881	0,342	4359	1,529
29	37350	428	37778	4,001	0,342	4117	1,445
30	38602	428	39029	4,114	0,342	3742	1,313
31	39854	428	40281	4,213	0,342	3120	1,095
32	41106	428	41533	4,339	0,342	3115	1,093
	592175	11400	603575	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	84114

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1945	480	480	480	480
2	2 -- 3	2076	4994	6258	23164	8154
3	3 -- 4	2266				
4	4 -- 5	2397	39496	48873	77171	55510
5	5 -- 6	2568				
6	6 -- 7	3479				
7	7 -- 8	3806				
8	8 -- 9	3984				
9	9 -- 10	4148	39844	49031	77597	55628
10	10 -- 11	5301				
11	11 -- 12	5694				
12	12 -- 13	6617				
13	13 -- 14	6835	40311	49213	78103	55763
14	14 -- 15	7168	5685	5685	5685	5685
15	15 -- 16	7423				
16	16 -- 17	7641	10689	13156	47509	16901
17	17 -- 18	8814				
18	18 -- 19	9294				
19	19 -- 20	9774				
20	20 -- 21	10254				
21	21 -- 22	10735				
22	22 -- 23	11215				
23	23 -- 24	13243				
24	24 -- 25	13652	12722	12722	12722	12722
25	25 -- 26	13925				
26	26 -- 27	14325				
27	27 -- 28	14852				
28	28 -- 29	15379				
29	29 -- 30	15906				
30	30 -- 31	16433				
31	31 -- 32	16961				
32	32 -- 33	17488				
33			15392	15392	15392	15392

KEMA rapport - bijlage AC - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2740 / 2010 , t = 60 mm ; G = 1283 kg
Flenzen op 22,9m : 2 * rond 1828 / 1505 , t = 80 mm ; G = 1060 kg
Flenzen op 47,95m : 2 * rond 1164 / 845 , t = 60 mm ; G = 474 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	791				
2	2 -- 3	828	7817	1561	8030	1562
3	3 -- 4	883				
4	4 -- 5	919	45169	9024	25223	9029
5	5 -- 6	966				
6	6 -- 7	1036				
7	7 -- 8	1103				
8	8 -- 9	1139				
9	9 -- 10	1171	42308	8453	23626	8457
10	10 -- 11	1231				
11	11 -- 12	1290				
12	12 -- 13	1332				
13	13 -- 14	1359	38875	7767	21710	7771
14	14 -- 15	1399				
15	15 -- 16	1428				
16	16 -- 17	1452	12503	2498	12819	2499
17	17 -- 18	1492				
18	18 -- 19	1533				
19	19 -- 20	1568				
20	20 -- 21	1597				
21	21 -- 22	1620				
22	22 -- 23	1635				
23	23 -- 24	1641				
24	24 -- 25	1638				
25	25 -- 26	1633				
26	26 -- 27	1618				
27	27 -- 28	1584				
28	28 -- 29	1529				
29	29 -- 30	1445				
30	30 -- 31	1313				
31	31 -- 32	1095				
32	32 -- 33	1093				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AC2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1265				
2	2 -- 3	1326	11731	2343	12054	2344
3	3 -- 4	1412				
4	4 -- 5	1471	67785	13538	37849	13546
5	5 -- 6	1546				
6	6 -- 7	1657				
7	7 -- 8	1766				
8	8 -- 9	1823				
9	9 -- 10	1874	63490	12681	35452	12689
10	10 -- 11	1969				
11	11 -- 12	2064				
12	12 -- 13	2131				
13	13 -- 14	2174	58336	11653	32577	11660
14	14 -- 15	2238				
15	15 -- 16	2285				
16	16 -- 17	2323	18762	3748	19242	3750
17	17 -- 18	2388				
18	18 -- 19	2452				
19	19 -- 20	2508				
20	20 -- 21	2555				
21	21 -- 22	2591				
22	22 -- 23	2615				
23	23 -- 24	2625				
24	24 -- 25	2621				
25	25 -- 26	2612				
26	26 -- 27	2589				
27	27 -- 28	2535				
28	28 -- 29	2447				
29	29 -- 30	2311				
30	30 -- 31	2101				
31	31 -- 32	1751				
32	32 -- 33	1749				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AC - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	566		0	0,00E+00	1,01E-02	416
2	2 -- 3	1851		566	2,43E+05	1,01E-02	408
3	3 -- 4	1814		2417	3,78E+06	1,00E-02	386
4	4 -- 5	823		4231	1,16E+07	9,97E-03	365
5	5 -- 6	2850		5053	1,61E+07	9,92E-03	357
6	6 -- 7	3056		7903	3,68E+07	9,68E-03	328
7	7 -- 8	3255		10959	6,64E+07	9,39E-03	299
8	8 -- 9	290		14214	1,05E+08	9,02E-03	272
9	9 -- 10	3156		14505	1,09E+08	8,98E-03	270
10	10 -- 11	3631		17661	1,55E+08	8,59E-03	246
11	11 -- 12	3805		21292	2,16E+08	8,18E-03	221
12	12 -- 13	1871		25097	2,88E+08	7,73E-03	198
13	13 -- 14	2100		26968	3,26E+08	7,53E-03	187
14	14 -- 15	4126		29068	3,72E+08	7,30E-03	176
15	15 -- 16	714		33194	4,68E+08	6,85E-03	155
16	16 -- 17	3556		33908	4,85E+08	6,77E-03	151
17	17 -- 18	4403		37464	5,77E+08	6,38E-03	135
18	18 -- 19	4521		41867	6,98E+08	5,93E-03	117
19	19 -- 20	4625		46388	8,33E+08	5,48E-03	100
20	20 -- 21	4711		51013	9,82E+08	5,02E-03	85
21	21 -- 22	4778		55724	1,14E+09	4,56E-03	71
22	22 -- 23	4822		60502	1,32E+09	4,09E-03	58
23	23 -- 24	4840		65324	1,51E+09	3,62E-03	47
24	24 -- 25	2416		70164	1,71E+09	3,20E-03	36
25	25 -- 26	2408		72580	1,82E+09	2,99E-03	32
26	26 -- 27	4611		74988	1,93E+09	2,78E-03	28
27	27 -- 28	4515		79599	2,16E+09	2,38E-03	20
28	28 -- 29	4359		84114	2,39E+09	1,98E-03	14
29	29 -- 30	4117		88473	2,64E+09	1,57E-03	9
30	30 -- 31	3742		92590	2,90E+09	1,18E-03	5
31	31 -- 32	3120		96331	3,17E+09	7,81E-04	2
32	32 -- 33	3115		99451	3,45E+09	3,88E-04	1
33		0		102566	3,74E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,16E-02	1502
2	2 -- 3		7817	7817	1,68E+05	4,16E-02	1472
3	3 -- 4			7817	1,85E+07	4,15E-02	1379
4	4 -- 5		45169	52985	3,85E+07	4,12E-02	1294
5	5 -- 6			52985	8,76E+07	4,10E-02	1257
6	6 -- 7			52985	2,50E+08	3,93E-02	1138
7	7 -- 8			52985	4,14E+08	3,74E-02	1025
8	8 -- 9			52985	5,78E+08	3,53E-02	917
9	9 -- 10		42308	95293	5,92E+08	3,51E-02	908
10	10 -- 11			95293	8,59E+08	3,29E-02	817
11	11 -- 12			95293	1,15E+09	3,07E-02	723
12	12 -- 13			95293	1,45E+09	2,83E-02	636
13	13 -- 14		38875	134168	1,59E+09	2,73E-02	597
14	14 -- 15			134168	1,80E+09	2,62E-02	555
15	15 -- 16			134168	2,21E+09	2,41E-02	481
16	16 -- 17		12503	146670	2,28E+09	2,37E-02	469
17	17 -- 18			146670	2,66E+09	2,19E-02	413
18	18 -- 19			146670	3,10E+09	1,99E-02	351
19	19 -- 20			146670	3,55E+09	1,79E-02	296
20	20 -- 21			146670	4,00E+09	1,60E-02	246
21	21 -- 22			146670	4,45E+09	1,41E-02	201
22	22 -- 23			146670	4,89E+09	1,23E-02	162
23	23 -- 24			146670	5,34E+09	1,06E-02	128
24	24 -- 25			146670	5,79E+09	9,19E-03	99
25	25 -- 26			146670	6,01E+09	8,49E-03	86
26	26 -- 27			146670	6,23E+09	7,81E-03	74
27	27 -- 28			146670	6,66E+09	6,54E-03	54
28	28 -- 29			146670	7,08E+09	5,32E-03	37
29	29 -- 30			146670	7,51E+09	4,16E-03	23
30	30 -- 31			146670	7,93E+09	3,05E-03	13
31	31 -- 32			146670	8,36E+09	1,98E-03	6
32	32 -- 33			146670	8,78E+09	9,70E-04	1
33				146670	9,20E+09	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	8,31E-03	300
2	2 -- 3		1561	1561	3,36E+04	8,31E-03	294
3	3 -- 4			1561	3,70E+06	8,28E-03	275
4	4 -- 5		9024	10585	7,68E+06	8,23E-03	259
5	5 -- 6			10585	1,75E+07	8,18E-03	251
6	6 -- 7			10585	5,00E+07	7,86E-03	227
7	7 -- 8			10585	8,26E+07	7,48E-03	205
8	8 -- 9			10585	1,15E+08	7,05E-03	183
9	9 -- 10		8453	19038	1,18E+08	7,01E-03	181
10	10 -- 11			19038	1,72E+08	6,57E-03	163
11	11 -- 12			19038	2,30E+08	6,12E-03	144
12	12 -- 13			19038	2,89E+08	5,66E-03	127
13	13 -- 14		7767	26805	3,17E+08	5,46E-03	119
14	14 -- 15			26805	3,60E+08	5,24E-03	111
15	15 -- 16			26805	4,42E+08	4,81E-03	96
16	16 -- 17		2498	29303	4,56E+08	4,73E-03	94
17	17 -- 18			29303	5,31E+08	4,37E-03	83
18	18 -- 19			29303	6,20E+08	3,97E-03	70
19	19 -- 20			29303	7,10E+08	3,57E-03	59
20	20 -- 21			29303	7,99E+08	3,19E-03	49
21	21 -- 22			29303	8,89E+08	2,82E-03	40
22	22 -- 23			29303	9,78E+08	2,47E-03	32
23	23 -- 24			29303	1,07E+09	2,12E-03	26
24	24 -- 25			29303	1,16E+09	1,84E-03	20
25	25 -- 26			29303	1,20E+09	1,70E-03	17
26	26 -- 27			29303	1,24E+09	1,56E-03	15
27	27 -- 28			29303	1,33E+09	1,31E-03	11
28	28 -- 29			29303	1,42E+09	1,06E-03	7
29	29 -- 30			29303	1,50E+09	8,31E-04	5
30	30 -- 31			29303	1,59E+09	6,09E-04	3
31	31 -- 32			29303	1,67E+09	3,97E-04	1
32	32 -- 33			29303	1,75E+09	1,94E-04	0
33				29303	1,84E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,62E-02	931
2	2 -- 3		8030	8030	1,06E+05	2,62E-02	912
3	3 -- 4			8030	1,86E+07	2,61E-02	853
4	4 -- 5		25223	33253	3,76E+07	2,58E-02	800
5	5 -- 6			33253	6,84E+07	2,56E-02	777
6	6 -- 7			33253	1,70E+08	2,45E-02	703
7	7 -- 8			33253	2,73E+08	2,32E-02	632
8	8 -- 9			33253	3,76E+08	2,18E-02	566
9	9 -- 10		23626	56879	3,85E+08	2,17E-02	560
10	10 -- 11			56879	5,45E+08	2,03E-02	503
11	11 -- 12			56879	7,20E+08	1,89E-02	446
12	12 -- 13			56879	8,95E+08	1,74E-02	392
13	13 -- 14		21710	78589	9,79E+08	1,68E-02	368
14	14 -- 15			78589	1,11E+09	1,61E-02	342
15	15 -- 16			78589	1,35E+09	1,48E-02	297
16	16 -- 17		12819	91407	1,39E+09	1,46E-02	289
17	17 -- 18			91407	1,62E+09	1,35E-02	255
18	18 -- 19			91407	1,90E+09	1,22E-02	217
19	19 -- 20			91407	2,18E+09	1,10E-02	183
20	20 -- 21			91407	2,46E+09	9,86E-03	152
21	21 -- 22			91407	2,74E+09	8,72E-03	124
22	22 -- 23			91407	3,02E+09	7,63E-03	100
23	23 -- 24			91407	3,29E+09	6,57E-03	79
24	24 -- 25			91407	3,57E+09	5,68E-03	61
25	25 -- 26			91407	3,71E+09	5,25E-03	53
26	26 -- 27			91407	3,85E+09	4,83E-03	46
27	27 -- 28			91407	4,11E+09	4,04E-03	33
28	28 -- 29			91407	4,38E+09	3,29E-03	23
29	29 -- 30			91407	4,64E+09	2,57E-03	14
30	30 -- 31			91407	4,91E+09	1,89E-03	8
31	31 -- 32			91407	5,17E+09	1,23E-03	3
32	32 -- 33			91407	5,43E+09	6,01E-04	1
33				91407	5,70E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	8,32E-03	300
2	2 -- 3		1562	1562	3,36E+04	8,32E-03	294
3	3 -- 4			1562	3,70E+06	8,29E-03	276
4	4 -- 5		9029	10591	7,69E+06	8,24E-03	259
5	5 -- 6			10591	1,75E+07	8,19E-03	251
6	6 -- 7			10591	5,00E+07	7,86E-03	228
7	7 -- 8			10591	8,27E+07	7,48E-03	205
8	8 -- 9			10591	1,15E+08	7,05E-03	183
9	9 -- 10		8457	19048	1,18E+08	7,01E-03	182
10	10 -- 11			19048	1,72E+08	6,58E-03	163
11	11 -- 12			19048	2,30E+08	6,13E-03	144
12	12 -- 13			19048	2,89E+08	5,67E-03	127
13	13 -- 14		7771	26820	3,17E+08	5,47E-03	119
14	14 -- 15			26820	3,60E+08	5,24E-03	111
15	15 -- 16			26820	4,42E+08	4,81E-03	96
16	16 -- 17		2499	29319	4,56E+08	4,73E-03	94
17	17 -- 18			29319	5,31E+08	4,37E-03	83
18	18 -- 19			29319	6,21E+08	3,97E-03	70
19	19 -- 20			29319	7,10E+08	3,58E-03	59
20	20 -- 21			29319	8,00E+08	3,19E-03	49
21	21 -- 22			29319	8,89E+08	2,82E-03	40
22	22 -- 23			29319	9,78E+08	2,47E-03	32
23	23 -- 24			29319	1,07E+09	2,13E-03	26
24	24 -- 25			29319	1,16E+09	1,84E-03	20
25	25 -- 26			29319	1,20E+09	1,70E-03	17
26	26 -- 27			29319	1,25E+09	1,56E-03	15
27	27 -- 28			29319	1,33E+09	1,31E-03	11
28	28 -- 29			29319	1,42E+09	1,06E-03	7
29	29 -- 30			29319	1,50E+09	8,31E-04	5
30	30 -- 31			29319	1,59E+09	6,09E-04	3
31	31 -- 32			29319	1,67E+09	3,97E-04	1
32	32 -- 33			29319	1,75E+09	1,94E-04	0
33				29319	1,84E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,99E-03	207
2	2 -- 3				6,27E+06	8,99E-03	201
3	3 -- 4				6,27E+06	9,08E-03	181
4	4 -- 5				1,47E+08	9,14E-03	162
5	5 -- 6				1,47E+08	8,60E-03	154
6	6 -- 7				1,47E+08	7,16E-03	131
7	7 -- 8				1,47E+08	6,31E-03	111
8	8 -- 9				1,47E+08	5,67E-03	93
9	9 -- 10				3,05E+08	5,62E-03	92
10	10 -- 11				3,05E+08	4,69E-03	78
11	11 -- 12				3,05E+08	4,01E-03	65
12	12 -- 13				3,05E+08	3,46E-03	54
13	13 -- 14				4,70E+08	3,26E-03	49
14	14 -- 15				4,70E+08	2,95E-03	44
15	15 -- 16				4,70E+08	2,44E-03	37
16	16 -- 17				4,53E+08	2,36E-03	35
17	17 -- 18				4,53E+08	2,03E-03	30
18	18 -- 19				4,53E+08	1,71E-03	24
19	19 -- 20				4,53E+08	1,44E-03	20
20	20 -- 21				4,53E+08	1,21E-03	16
21	21 -- 22				4,53E+08	1,02E-03	13
22	22 -- 23				4,53E+08	8,42E-04	10
23	23 -- 24				4,53E+08	6,91E-04	8
24	24 -- 25				4,53E+08	5,73E-04	6
25	25 -- 26				4,53E+08	5,20E-04	5
26	26 -- 27				4,53E+08	4,69E-04	4
27	27 -- 28				4,53E+08	3,79E-04	3
28	28 -- 29				4,53E+08	2,99E-04	2
29	29 -- 30				4,53E+08	2,27E-04	1
30	30 -- 31				4,53E+08	1,62E-04	1
31	31 -- 32				4,53E+08	1,03E-04	0
32	32 -- 33				4,53E+08	4,89E-05	0
33					4,53E+08	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

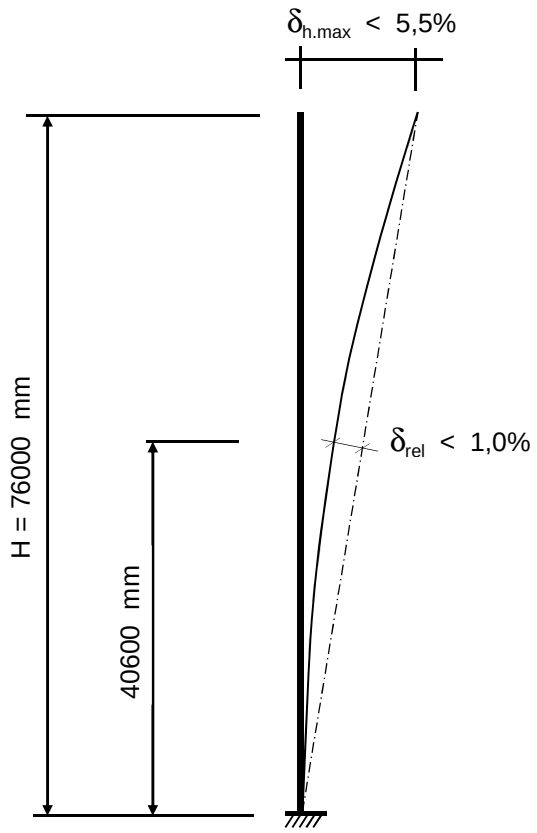
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,1E-02	2125
2	2 -- 3	6,1E-02	2081
3	3 -- 4	6,1E-02	1946
4	4 -- 5	6,0E-02	1821
5	5 -- 6	5,9E-02	1768
6	6 -- 7	5,6E-02	1597
7	7 -- 8	5,3E-02	1435
8	8 -- 9	5,0E-02	1283
9	9 -- 10	5,0E-02	1270
10	10 -- 11	4,6E-02	1141
11	11 -- 12	4,3E-02	1009
12	12 -- 13	4,0E-02	888
13	13 -- 14	3,8E-02	833
14	14 -- 15	3,6E-02	775
15	15 -- 16	3,3E-02	672
16	16 -- 17	3,3E-02	656
17	17 -- 18	3,0E-02	578
18	18 -- 19	2,8E-02	493
19	19 -- 20	2,5E-02	416
20	20 -- 21	2,2E-02	346
21	21 -- 22	2,0E-02	285
22	22 -- 23	1,7E-02	230
23	23 -- 24	1,5E-02	182
24	24 -- 25	1,3E-02	141
25	25 -- 26	1,2E-02	123
26	26 -- 27	1,1E-02	106
27	27 -- 28	9,3E-03	77
28	28 -- 29	7,6E-03	53
29	29 -- 30	6,0E-03	33
30	30 -- 31	4,4E-03	18
31	31 -- 32	2,9E-03	8
32	32 -- 33	1,4E-03	2
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 2125 mm ----> δ_h *100 / 76000

Percentage uitbuig. = 2,80 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 18 ; Hoogte = 40600 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 493 mm
α = 1,60 graden

δ_{rel} = 642 mm ----> δ_h *100 / 76000

Percentage uitbuig. = 0,84 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	849	480	0	0,00E+00	1,54E-02	641
2	2 -- 3	2776	6867	906	3,24E+05	1,54E-02	630
3	3 -- 4	2721	11504	3867	5,66E+06	1,54E-02	595
4	4 -- 5	1234	55657	6769	1,66E+07	1,53E-02	564
5	5 -- 6	4274	57803	8085	2,32E+07	1,52E-02	550
6	6 -- 7	4584	65378	12645	5,38E+07	1,48E-02	506
7	7 -- 8	4883	75640	17534	9,83E+07	1,44E-02	463
8	8 -- 9	436	86868	22743	1,58E+08	1,39E-02	421
9	9 -- 10	4735	127729	23207	1,64E+08	1,38E-02	417
10	10 -- 11	5446	138907	28258	2,33E+08	1,32E-02	381
11	11 -- 12	5708	154545	34067	3,25E+08	1,26E-02	343
12	12 -- 13	2807	171342	40155	4,34E+08	1,19E-02	307
13	13 -- 14	3149	220950	43149	4,93E+08	1,16E-02	290
14	14 -- 15	6190	237196	46508	5,62E+08	1,13E-02	272
15	15 -- 16	1071	258341	53110	7,09E+08	1,06E-02	240
16	16 -- 17	5335	272741	54253	7,36E+08	1,04E-02	235
17	17 -- 18	6604	291463	59943	8,76E+08	9,85E-03	210
18	18 -- 19	6782	317464	66987	1,06E+09	9,17E-03	182
19	19 -- 20	6937	344881	74221	1,27E+09	8,48E-03	156
20	20 -- 21	7066	373715	81621	1,50E+09	7,78E-03	132
21	21 -- 22	7167	403966	89158	1,75E+09	7,07E-03	110
22	22 -- 23	7233	435633	96803	2,03E+09	6,35E-03	90
23	23 -- 24	7260	468716	104518	2,32E+09	5,62E-03	72
24	24 -- 25	3624	520505	112262	2,64E+09	4,98E-03	57
25	25 -- 26	3612	540642	116128	2,81E+09	4,65E-03	50
26	26 -- 27	6916	561181	119981	2,99E+09	4,33E-03	43
27	27 -- 28	6773	602007	127358	3,34E+09	3,70E-03	32
28	28 -- 29	6538	644335	134583	3,71E+09	3,08E-03	22
29	29 -- 30	6175	688166	141556	4,11E+09	2,46E-03	14
30	30 -- 31	5613	733499	148143	4,52E+09	1,84E-03	8
31	31 -- 32	4679	780334	154130	4,95E+09	1,22E-03	3
32	32 -- 33	4673	828672	159122	5,40E+09	6,07E-04	1
33		0	893905	164106	5,86E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,01E-02	2172
2	2 -- 3		11731	11731	0,00E+00	6,01E-02	2129
3	3 -- 4			11731	2,62E+07	5,99E-02	1995
4	4 -- 5		67785	79516	5,03E+07	5,95E-02	1872
5	5 -- 6			79516	1,21E+08	5,92E-02	1819
6	6 -- 7			79516	3,56E+08	5,68E-02	1648
7	7 -- 8			79516	5,91E+08	5,41E-02	1484
8	8 -- 9			79516	8,25E+08	5,10E-02	1328
9	9 -- 10		63490	143005	8,45E+08	5,07E-02	1315
10	10 -- 11			143005	1,23E+09	4,75E-02	1183
11	11 -- 12			143005	1,65E+09	4,43E-02	1047
12	12 -- 13			143005	2,07E+09	4,10E-02	921
13	13 -- 14		58336	201342	2,28E+09	3,95E-02	865
14	14 -- 15			201342	2,59E+09	3,79E-02	805
15	15 -- 16			201342	3,18E+09	3,48E-02	697
16	16 -- 17		18762	220104	3,28E+09	3,43E-02	680
17	17 -- 18			220104	3,82E+09	3,16E-02	599
18	18 -- 19			220104	4,47E+09	2,88E-02	510
19	19 -- 20			220104	5,12E+09	2,59E-02	429
20	20 -- 21			220104	5,77E+09	2,31E-02	357
21	21 -- 22			220104	6,42E+09	2,05E-02	292
22	22 -- 23			220104	7,07E+09	1,79E-02	236
23	23 -- 24			220104	7,72E+09	1,54E-02	186
24	24 -- 25			220104	8,37E+09	1,33E-02	144
25	25 -- 26			220104	8,69E+09	1,23E-02	125
26	26 -- 27			220104	9,01E+09	1,13E-02	108
27	27 -- 28			220104	9,64E+09	9,50E-03	78
28	28 -- 29			220104	1,03E+10	7,73E-03	53
29	29 -- 30			220104	1,09E+10	6,05E-03	34
30	30 -- 31			220104	1,15E+10	4,43E-03	19
31	31 -- 32			220104	1,22E+10	2,89E-03	8
32	32 -- 33			220104	1,28E+10	1,41E-03	2
33				220104	1,34E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,20E-02	434
2	2 -- 3		2343	2343	0,00E+00	1,20E-02	425
3	3 -- 4			2343	5,23E+06	1,20E-02	398
4	4 -- 5		13538	15881	1,00E+07	1,19E-02	374
5	5 -- 6			15881	2,43E+07	1,18E-02	363
6	6 -- 7			15881	7,11E+07	1,14E-02	329
7	7 -- 8			15881	1,18E+08	1,08E-02	296
8	8 -- 9			15881	1,65E+08	1,02E-02	265
9	9 -- 10		12681	28562	1,69E+08	1,01E-02	263
10	10 -- 11			28562	2,46E+08	9,50E-03	236
11	11 -- 12			28562	3,30E+08	8,85E-03	209
12	12 -- 13			28562	4,14E+08	8,19E-03	184
13	13 -- 14		11653	40215	4,54E+08	7,90E-03	173
14	14 -- 15			40215	5,17E+08	7,58E-03	161
15	15 -- 16			40215	6,35E+08	6,95E-03	139
16	16 -- 17		3748	43963	6,55E+08	6,85E-03	136
17	17 -- 18			43963	7,63E+08	6,32E-03	120
18	18 -- 19			43963	8,93E+08	5,74E-03	102
19	19 -- 20			43963	1,02E+09	5,18E-03	86
20	20 -- 21			43963	1,15E+09	4,62E-03	71
21	21 -- 22			43963	1,28E+09	4,09E-03	58
22	22 -- 23			43963	1,41E+09	3,58E-03	47
23	23 -- 24			43963	1,54E+09	3,08E-03	37
24	24 -- 25			43963	1,67E+09	2,66E-03	29
25	25 -- 26			43963	1,74E+09	2,46E-03	25
26	26 -- 27			43963	1,80E+09	2,27E-03	21
27	27 -- 28			43963	1,93E+09	1,90E-03	16
28	28 -- 29			43963	2,05E+09	1,54E-03	11
29	29 -- 30			43963	2,18E+09	1,21E-03	7
30	30 -- 31			43963	2,30E+09	8,85E-04	4
31	31 -- 32			43963	2,43E+09	5,77E-04	2
32	32 -- 33			43963	2,55E+09	2,82E-04	0
33				43963	2,68E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,79E-02	1346
2	2 -- 3		12054	12054	0,00E+00	3,79E-02	1319
3	3 -- 4			12054	2,69E+07	3,77E-02	1235
4	4 -- 5		37849	49903	5,17E+07	3,73E-02	1158
5	5 -- 6			49903	9,64E+07	3,71E-02	1124
6	6 -- 7			49903	2,44E+08	3,54E-02	1017
7	7 -- 8			49903	3,91E+08	3,35E-02	915
8	8 -- 9			49903	5,38E+08	3,15E-02	819
9	9 -- 10		35452	85356	5,51E+08	3,13E-02	811
10	10 -- 11			85356	7,81E+08	2,93E-02	729
11	11 -- 12			85356	1,03E+09	2,73E-02	646
12	12 -- 13			85356	1,28E+09	2,52E-02	568
13	13 -- 14		32577	117933	1,40E+09	2,43E-02	533
14	14 -- 15			117933	1,59E+09	2,33E-02	496
15	15 -- 16			117933	1,93E+09	2,14E-02	430
16	16 -- 17		19242	137174	1,99E+09	2,11E-02	420
17	17 -- 18			137174	2,33E+09	1,95E-02	370
18	18 -- 19			137174	2,73E+09	1,77E-02	315
19	19 -- 20			137174	3,14E+09	1,60E-02	265
20	20 -- 21			137174	3,54E+09	1,43E-02	221
21	21 -- 22			137174	3,95E+09	1,26E-02	181
22	22 -- 23			137174	4,35E+09	1,11E-02	146
23	23 -- 24			137174	4,76E+09	9,54E-03	115
24	24 -- 25			137174	5,16E+09	8,25E-03	89
25	25 -- 26			137174	5,36E+09	7,63E-03	77
26	26 -- 27			137174	5,57E+09	7,02E-03	67
27	27 -- 28			137174	5,96E+09	5,88E-03	48
28	28 -- 29			137174	6,35E+09	4,79E-03	33
29	29 -- 30			137174	6,74E+09	3,74E-03	21
30	30 -- 31			137174	7,13E+09	2,74E-03	12
31	31 -- 32			137174	7,52E+09	1,79E-03	5
32	32 -- 33			137174	7,91E+09	8,75E-04	1
33				137174	8,30E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,20E-02	434
2	2 -- 3		2344	2344	0,00E+00	1,20E-02	426
3	3 -- 4			2344	5,24E+06	1,20E-02	399
4	4 -- 5		13546	15890	1,01E+07	1,19E-02	374
5	5 -- 6			15890	2,43E+07	1,18E-02	364
6	6 -- 7			15890	7,12E+07	1,14E-02	329
7	7 -- 8			15890	1,18E+08	1,08E-02	297
8	8 -- 9			15890	1,65E+08	1,02E-02	265
9	9 -- 10		12689	28579	1,69E+08	1,01E-02	263
10	10 -- 11			28579	2,46E+08	9,50E-03	236
11	11 -- 12			28579	3,30E+08	8,86E-03	209
12	12 -- 13			28579	4,15E+08	8,19E-03	184
13	13 -- 14		11660	40238	4,55E+08	7,90E-03	173
14	14 -- 15			40238	5,17E+08	7,58E-03	161
15	15 -- 16			40238	6,36E+08	6,96E-03	139
16	16 -- 17		3750	43988	6,56E+08	6,85E-03	136
17	17 -- 18			43988	7,63E+08	6,32E-03	120
18	18 -- 19			43988	8,93E+08	5,75E-03	102
19	19 -- 20			43988	1,02E+09	5,18E-03	86
20	20 -- 21			43988	1,15E+09	4,63E-03	71
21	21 -- 22			43988	1,28E+09	4,09E-03	58
22	22 -- 23			43988	1,41E+09	3,58E-03	47
23	23 -- 24			43988	1,54E+09	3,08E-03	37
24	24 -- 25			43988	1,67E+09	2,67E-03	29
25	25 -- 26			43988	1,74E+09	2,46E-03	25
26	26 -- 27			43988	1,80E+09	2,27E-03	21
27	27 -- 28			43988	1,93E+09	1,90E-03	16
28	28 -- 29			43988	2,05E+09	1,55E-03	11
29	29 -- 30			43988	2,18E+09	1,21E-03	7
30	30 -- 31			43988	2,30E+09	8,86E-04	4
31	31 -- 32			43988	2,43E+09	5,78E-04	2
32	32 -- 33			43988	2,55E+09	2,82E-04	0
33				43988	2,68E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,04E-02	240
2	2 -- 3				7,29E+06	1,04E-02	232
3	3 -- 4				7,29E+06	1,05E-02	209
4	4 -- 5				1,69E+08	1,06E-02	187
5	5 -- 6				1,69E+08	9,94E-03	178
6	6 -- 7				1,69E+08	8,28E-03	151
7	7 -- 8				1,69E+08	7,29E-03	128
8	8 -- 9				1,69E+08	6,55E-03	108
9	9 -- 10				3,53E+08	6,50E-03	106
10	10 -- 11				3,53E+08	5,42E-03	90
11	11 -- 12				3,53E+08	4,63E-03	75
12	12 -- 13				3,53E+08	4,00E-03	62
13	13 -- 14				5,43E+08	3,77E-03	57
14	14 -- 15				5,43E+08	3,41E-03	51
15	15 -- 16				5,43E+08	2,82E-03	42
16	16 -- 17				5,23E+08	2,73E-03	41
17	17 -- 18				5,23E+08	2,34E-03	35
18	18 -- 19				5,23E+08	1,98E-03	28
19	19 -- 20				5,23E+08	1,67E-03	23
20	20 -- 21				5,23E+08	1,40E-03	18
21	21 -- 22				5,23E+08	1,17E-03	14
22	22 -- 23				5,23E+08	9,73E-04	11
23	23 -- 24				5,23E+08	7,98E-04	9
24	24 -- 25				5,23E+08	6,62E-04	7
25	25 -- 26				5,23E+08	6,00E-04	6
26	26 -- 27				5,23E+08	5,42E-04	5
27	27 -- 28				5,23E+08	4,38E-04	3
28	28 -- 29				5,23E+08	3,46E-04	2
29	29 -- 30				5,23E+08	2,62E-04	1
30	30 -- 31				5,23E+08	1,87E-04	1
31	31 -- 32				5,23E+08	1,19E-04	0
32	32 -- 33				5,23E+08	5,65E-05	0
33					5,23E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,87	12,64	33,70
3	3 -- 4	11,50	15,60	24,58
4	4 -- 5	55,66	86,28	367,72
5	5 -- 6	57,80	87,60	414,26
6	6 -- 7	65,38	92,16	579,22
7	7 -- 8	75,64	97,05	858,31
8	8 -- 9	86,87	102,26	1152,29
9	9 -- 10	127,73	166,21	1361,61
10	10 -- 11	138,91	171,26	1816,36
11	11 -- 12	154,55	177,07	2330,15
12	12 -- 13	171,34	183,16	2861,50
13	13 -- 14	220,95	244,49	3311,31
14	14 -- 15	237,20	247,85	3691,65
15	15 -- 16	258,34	254,45	4432,54
16	16 -- 17	272,74	274,36	4540,61
17	17 -- 18	291,46	280,05	5219,75
18	18 -- 19	317,46	287,09	6056,28
19	19 -- 20	344,88	294,32	6913,87
20	20 -- 21	373,72	301,72	7793,04
21	21 -- 22	403,97	309,26	8694,25
22	22 -- 23	435,63	316,91	9617,85
23	23 -- 24	468,72	324,62	10564,10
24	24 -- 25	520,50	332,37	11533,16
25	25 -- 26	540,64	336,23	12026,25
26	26 -- 27	561,18	340,08	12525,03
27	27 -- 28	602,01	347,46	13504,78
28	28 -- 29	644,34	354,69	14505,34
29	29 -- 30	688,17	361,66	15526,14
30	30 -- 31	733,50	368,25	16566,26
31	31 -- 32	780,33	374,23	17624,29
32	32 -- 33	828,67	379,23	18697,97
33		893,90	384,21	19785,87

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 3 t/m 32
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 en 2

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 721	33,70	6,87	43	34,0	836,9	0,04
2	500 / 721	24,58	11,50	135	26,4	1034,2	0,03
3	500 / 721	367,72	55,66	124	376,5	1234,1	0,31
4	500 / 721	414,26	57,80	54	426,1	1326,7	0,33
5	500 / 721	579,22	65,38	171	602,3	1655,5	0,37
6	721 / 943	858,31	75,64	162	893,6	2497,4	0,36
7	721 / 943	1152,29	86,87	152	1200,8	2996,7	0,41
8	721 / 943	1361,61	127,73	13	1411,7	3042,0	0,47
9	721 / 943	1816,36	138,91	129	1884,5	3541,5	0,54
10	943 / 1090	2330,15	154,55	131	2418,6	4914,2	0,50
11	943 / 1090	2861,50	171,34	122	2970,8	5673,8	0,53
12	1090/ 1311	3311,31	220,95	55	3432,6	6691,5	0,52
13	1090/ 1311	3691,65	237,20	58	3826,6	7171,6	0,54
14	1090/ 1311	4432,54	258,34	103	4594,2	8134,4	0,57
15	1090/ 1311	4540,61	272,74	17	4706,8	8303,6	0,58
16	1090/ 1311	5219,75	291,46	77	5408,4	9157,9	0,60
17	1311/ 1754	6056,28	317,46	85	6272,1	11217,4	0,57
18	1311/ 1754	6913,87	344,88	77	7156,3	12474,0	0,58
19	1311/ 1754	7793,04	373,72	69	8061,4	13797,3	0,59
20	1311/ 1754	8694,25	403,97	62	8987,6	15187,4	0,60
21	1311/ 1754	9617,85	435,63	55	9935,0	16644,2	0,61
22	1311/ 1754	10564,10	468,72	48	10903,5	18167,7	0,61
23	1754/ 2400	11533,16	520,50	41	11894,0	22341,4	0,54
24	1754/ 2400	12026,25	540,64	18	12397,1	23271,1	0,54
25	1754/ 2400	12525,03	561,18	17	12905,4	24219,7	0,54
26	1754/ 2400	13504,78	602,01	29	13902,6	26106,3	0,54
27	1754/ 2400	14505,34	644,34	24	14918,7	28063,7	0,54
28	1754/ 2400	15526,14	688,17	19	15952,8	30091,8	0,54
29	1754/ 2400	16566,26	733,50	15	17003,8	32190,8	0,54
30	1754/ 2400	17624,29	780,33	10	18069,9	34360,5	0,54
31	1754/ 2400	18697,97	828,67	6	19148,6	36601,0	0,54
32	1754/ 2400	19785,87	893,90	2	20238,3	38912,2	0,53

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,16	0,81	355	355
574	12,0	47,81	0,81	355	355
625	12,0	52,09	0,81	355	355
648	12,0	53,96	0,81	355	355
721	12,0	60,10	0,81	353	355
795	15,0	53,00	0,81	355	355
869	15,0	57,92	0,81	355	355
875	15,0	58,34	0,81	355	355
943	15,0	62,83	0,81	342	355
1016	18,0	56,46	0,81	355	355
1090	18,0	60,56	0,81	351	355
1125	20,0	56,26	0,81	355	355
1164	20,0	58,19	0,81	355	355
1238	20,0	61,88	0,81	346	355
1250	20,0	62,50	0,81	343	355
1311	20,0	65,56	0,81	332	355
1385	22,0	62,95	0,81	342	355
1459	22,0	66,31	0,81	330	355
1533	22,0	69,66	0,81	319	355
1606	22,0	73,01	0,81	309	355
1680	22,0	76,36	0,81	300	355
1754	22,0	79,72	0,81	292	355
1828	25,0	73,10	0,81	309	355
1864	25,0	74,58	0,81	305	355
1901	25,0	76,05	0,81	301	355
1973	25,0	78,90	0,81	294	355
2044	25,0	81,75	0,81	288	355
2115	25,0	84,60	0,81	282	355
2186	25,0	87,45	0,81	276	355
2258	25,0	90,30	0,81	270	355
2329	25,0	93,15	0,81	265	355
2400	25,0	96,00	0,81	261	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 721	14,95	0,37	355	355	0,04
2	500 / 721	10,06	0,57	355	355	0,03
3	500 / 721	118,08	2,51	355	355	0,34
4	500 / 721	118,19	2,46	355	355	0,34
5	500 / 721	143,83	2,58	355	353	0,41
6	721 / 943	140,07	2,16	355	355	0,40
7	721 / 943	155,50	2,26	355	355	0,44
8	721 / 943	165,99	3,16	355	355	0,48
9	721 / 943	203,53	3,30	355	342	0,58
10	943 / 1090	188,50	2,84	355	355	0,54
11	943 / 1090	199,47	2,93	355	351	0,57
12	1090/ 1311	188,09	3,23	355	355	0,54
13	1090/ 1311	196,04	3,36	355	355	0,56
14	1090/ 1311	213,32	3,48	355	346	0,61
15	1090/ 1311	203,30	3,55	355	343	0,58
16	1090/ 1311	220,04	3,68	355	332	0,63
17	1311/ 1754	209,78	3,46	355	342	0,60
18	1311/ 1754	214,62	3,56	355	330	0,62
19	1311/ 1754	218,00	3,67	355	319	0,63
20	1311/ 1754	220,28	3,78	355	309	0,63
21	1311/ 1754	221,72	3,89	355	300	0,64
22	1311/ 1754	222,49	4,00	355	292	0,64
23	1754/ 2400	197,03	3,75	355	309	0,57
24	1754/ 2400	192,99	3,78	355	305	0,56
25	1754/ 2400	192,96	3,85	355	301	0,56
26	1754/ 2400	196,21	4,01	355	294	0,57
27	1754/ 2400	195,60	4,14	355	288	0,57
28	1754/ 2400	194,82	4,27	355	282	0,56
29	1754/ 2400	193,89	4,39	355	276	0,56
30	1754/ 2400	192,83	4,52	355	270	0,56
31	1754/ 2400	191,64	4,65	355	265	0,56
32	1754/ 2400	190,33	4,87	355	261	0,55

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

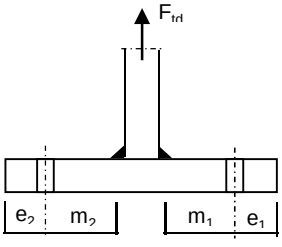
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

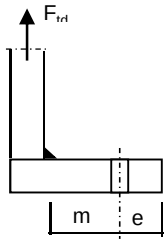
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

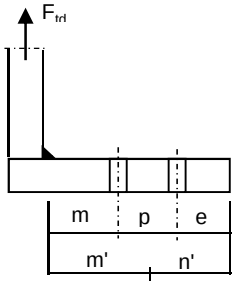
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = max. (m_1;m_2)$

$e = max. (e_1;e_2)$

$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$

$n' = n + p / 3$

$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2590					
st.c binnenkant		2160					
2375	56	579,10	6,86	33	M 48 - 8,8	848,4	0,68
flenzen op 22,90 m hoogte.							
st.c buitenkant		1625,00					
1625,00	40	696,72	8,31	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,66
flenzen op 49,45 m hoogte.							
st.c buitenkant		965,00					
965,00	24	627,71	10,33	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,59

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2	m	e	n	m'	n'	l_{ef}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
voetplaat							
2590,00	2160,00	88,2	75,0	75,0			242,4
2590,00	2160,00	88,2	75,0	75,0			290,6
flenzen op 22,90 m hoogte.							
1625,00	1625,0	69,5	60,0	60,0			127,6
1625,00	1625,0	69,5	60,0	60,0			127,6
flenzen op 49,45 m hoogte.							
965,00	965,0	72,6	60,0	60,0			126,3
965,00	965,0	72,6	60,0	60,0			126,3

flens dikte	$M_{pl;d}$	bezwijk-	bezwijk-	bezwijk-	maatgev.	$F_{t,Ed}$	toetsing-
mm	Nmm	vorm 1	vorm 2	vorm 3	$F_{t,Rd}$	kN	regel
voetplaat							
60	7,31E+07	3313,34	1675,16	1696,90	1675,16	1158,20	0,69
60	8,76E+07	3972,94	1853,40	1696,90	1696,90	1158,20	0,68
flenzen op 22,90 m hoogte.							
80	6,84E+07	1969,66	1019,93	1060,56	1019,93	696,72	0,68
80	6,84E+07	1969,66	1019,93	1060,56	1019,93	696,72	0,68
flenzen op 49,45 m hoogte.							
60	3,81E+07	1049,36	767,18	1060,56	767,18	627,71	0,82
60	3,81E+07	1049,36	767,18	1060,56	767,18	627,71	0,82
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	0,42	1,450	0,18	3,38

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	2555	1,000		1,000			
2	2511	0,983	1 -- 2	0,991	116	470	818,3
3	2373	0,929	2 -- 3	0,956	386		173,0
4	2247	0,879	3 -- 4	0,904	388	3416	1851,2
5	2192	0,858	4 -- 5	0,869	179		199,8
6	2014	0,788	5 -- 6	0,823	631		214,0
7	1841	0,720	6 -- 7	0,754	855		289,9
8	1674	0,655	7 -- 8	0,688	936		317,2
9	1660	0,650	8 -- 9	0,652	85	3449	13857,0
10	1515	0,593	9 -- 10	0,621	932		345,6
11	1363	0,533	10 -- 11	0,563	1303		441,8
12	1218	0,477	11 -- 12	0,505	1400		474,5
13	1153	0,451	12 -- 13	0,464	775	3492	3036,7
14	1082	0,424	13 -- 14	0,437	880	474	876,2
15	954	0,373	14 -- 15	0,398	1762		597,3
16	933	0,365	15 -- 16	0,369	309	924	2466,6
17	834	0,326	16 -- 17	0,346	1560		636,8
18	722	0,283	17 -- 18	0,304	2167		734,5
19	618	0,242	18 -- 19	0,262	2285		774,5
20	523	0,205	19 -- 20	0,223	2403		814,5
21	436	0,171	20 -- 21	0,188	2521		854,5
22	358	0,140	21 -- 22	0,155	2639		894,5
23	288	0,113	22 -- 23	0,126	2757		934,6
24	226	0,088	23 -- 24	0,101	3256	1060	1463,0
25	198	0,077	24 -- 25	0,083	1678		1137,7
26	171	0,067	25 -- 26	0,072	1712		1160,4
27	126	0,049	26 -- 27	0,058	3402		1193,7
28	88	0,034	27 -- 28	0,042	3527		1237,7
29	56	0,022	28 -- 29	0,028	3653		1281,6
30	32	0,012	29 -- 30	0,017	3778		1325,5
31	14	0,005	30 -- 31	0,009	3903		1369,5
32	4	0,001	31 -- 32	0,003	4028		1413,4
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	4153	1283	1907,4

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	818	0,991	0,716	0,70	575,80	0,71
2 -- 3	173	0,956	2,234	2,04	352,98	2,14
3 -- 4	1851	0,904	2,055	1,68	3109,13	1,86
4 -- 5	200	0,869	0,895	0,68	134,88	0,78
5 -- 6	214	0,823	2,950	2,00	427,57	2,43
6 -- 7	290	0,754	2,950	1,68	486,58	2,23
7 -- 8	317	0,688	2,950	1,40	442,69	2,03
8 -- 9	13857	0,652	0,255	0,11	1504,20	0,17
9 -- 10	346	0,621	2,695	1,04	359,49	1,67
10 -- 11	442	0,563	2,950	0,94	413,13	1,66
11 -- 12	474	0,505	2,950	0,75	357,12	1,49
12 -- 13	3037	0,464	1,405	0,30	918,61	0,65
13 -- 14	876	0,437	1,545	0,30	258,95	0,68
14 -- 15	597	0,398	2,950	0,47	279,75	1,18
15 -- 16	2467	0,369	0,500	0,07	168,12	0,18
16 -- 17	637	0,346	2,450	0,29	186,47	0,85
17 -- 18	734	0,304	2,950	0,27	200,84	0,90
18 -- 19	775	0,262	2,950	0,20	157,21	0,77
19 -- 20	815	0,223	2,950	0,15	119,91	0,66
20 -- 21	855	0,188	2,950	0,10	88,85	0,55
21 -- 22	895	0,155	2,950	0,07	63,72	0,46
22 -- 23	935	0,126	2,950	0,05	44,02	0,37
23 -- 24	1463	0,101	2,950	0,03	43,63	0,30
24 -- 25	1138	0,083	1,475	0,01	11,54	0,12
25 -- 26	1160	0,072	1,475	0,01	8,94	0,11
26 -- 27	1194	0,058	2,850	0,01	11,53	0,17
27 -- 28	1238	0,042	2,850	0,00	6,16	0,12
28 -- 29	1282	0,028	2,850	0,00	2,88	0,08
29 -- 30	1326	0,017	2,850	0,00	1,11	0,05
30 -- 31	1369	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
31 -- 32	1413	0,003	2,850	0,00	0,05	0,01
32 -- 33	1907	0,001	2,850	0,00	0,00	0,00
		Σ	76,00	15,35	10736,16	25,38

m_e = 10736,2 / 15,3 = 699,6 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	699,6	0,030	1,25	1,450	16,0

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 16,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 25,38 / (4 * π * 15,35) = 0,132 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 3,38 / $15*10^{-6}$ = 3,3E+05

C_{lat} = 0,62

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,78 / 25,38 = 0,31

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,063 * 0,132 * 0,31 * 0,615513 = 0,048

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,048 = 0,070 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		55582	55582	0,00E+00	4,0E-02	1000
2	2 -- 3			55582	3,98E+07	4,0E-02	971
3	3 -- 4			55582	1,64E+08	3,8E-02	883
4	4 -- 5			55582	2,78E+08	3,6E-02	807
5	5 -- 6			55582	3,28E+08	3,5E-02	775
6	6 -- 7			55582	4,92E+08	3,1E-02	677
7	7 -- 8			55582	6,56E+08	2,8E-02	590
8	8 -- 9			55582	8,20E+08	2,4E-02	513
9	9 -- 10			55582	8,34E+08	2,4E-02	507
10	10 -- 11			55582	9,84E+08	2,1E-02	445
11	11 -- 12			55582	1,15E+09	1,9E-02	385
12	12 -- 13			55582	1,31E+09	1,7E-02	332
13	13 -- 14			55582	1,39E+09	1,6E-02	309
14	14 -- 15			55582	1,48E+09	1,5E-02	285
15	15 -- 16			55582	1,64E+09	1,3E-02	244
16	16 -- 17			55582	1,67E+09	1,3E-02	237
17	17 -- 18			55582	1,80E+09	1,2E-02	207
18	18 -- 19			55582	1,97E+09	1,0E-02	174
19	19 -- 20			55582	2,13E+09	9,2E-03	145
20	20 -- 21			55582	2,30E+09	8,1E-03	119
21	21 -- 22			55582	2,46E+09	7,0E-03	97
22	22 -- 23			55582	2,62E+09	6,1E-03	78
23	23 -- 24			55582	2,79E+09	5,2E-03	61
24	24 -- 25			55582	2,95E+09	4,4E-03	47
25	25 -- 26			55582	3,03E+09	4,1E-03	41
26	26 -- 27			55582	3,12E+09	3,7E-03	35
27	27 -- 28			55582	3,27E+09	3,1E-03	25
28	28 -- 29			55582	3,43E+09	2,5E-03	17
29	29 -- 30			55582	3,59E+09	1,9E-03	11
30	30 -- 31			55582	3,75E+09	1,4E-03	6
31	31 -- 32			55582	3,91E+09	9,2E-04	3
32	32 -- 33			55582	4,07E+09	4,5E-04	1
33				55582	4,22E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	518	12,0	2357564	17	0,0696	2,4
2	574	12,0	2913237	56	0,0696	7,8
3	625	12,0	3476303	80	0,0696	11,1
4	648	12,0	3737084	88	0,0696	12,2
5	721	12,0	4663453	105	0,0696	14,7
6	795	15,0	7034908	93	0,0696	13,0
7	869	15,0	8441362	97	0,0696	13,5
8	875	15,0	8568954	97	0,0696	13,6
9	943	15,0	9975969	99	0,0696	13,7
10	1016	18,0	13842705	83	0,0696	11,5
11	1090	18,0	15982425	82	0,0696	11,4
12	1125	20,0	18849313	74	0,0696	10,3
13	1164	20,0	20201624	73	0,0696	10,2
14	1238	20,0	22913886	72	0,0696	10,0
15	1250	20,0	23390527	71	0,0696	9,9
16	1311	20,0	25797021	70	0,0696	9,7
17	1385	22,0	31598283	62	0,0696	8,7
18	1459	22,0	35138007	61	0,0696	8,4
19	1533	22,0	38865690	59	0,0696	8,2
20	1606	22,0	42781333	57	0,0696	8,0
21	1680	22,0	46884935	56	0,0696	7,8
22	1754	22,0	51176497	54	0,0696	7,6
23	1828	25,0	62933496	47	0,0696	6,5
24	1864	25,0	65552261	46	0,0696	6,4
25	1901	25,0	68224424	46	0,0696	6,4
26	1973	25,0	73538851	45	0,0696	6,2
27	2044	25,0	79052633	43	0,0696	6,0
28	2115	25,0	84765770	42	0,0696	5,9
29	2186	25,0	90678263	41	0,0696	5,8
30	2258	25,0	96790112	40	0,0696	5,6
31	2329	25,0	103101316	39	0,0696	5,5
32	2400	25,0	109611876	39	0,0696	5,4

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,42 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,38 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 71,65 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,23

$V_m(z)$ = 33,2 m/s

V_o = 33,2 * 20 / 100 = 6,65 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,42 * [3,38 / 6,65]^2 * \exp[-(3,38 / 6,65)^2]$ = 8,06E+07 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5{}_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3{}_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

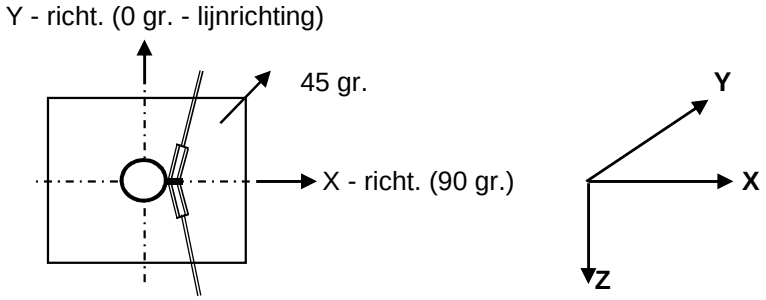
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl. per jaar	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	9,40	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
4							
5	Lasnaad	14,66	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
6	Lasnaad	17,62	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
7	Lasnaad	15,58	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
8	Lasnaad	16,23	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
9							
10	Lasnaad	16,48	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
11	Lasnaad	13,85	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
12	Lasnaad	13,71	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
13							
14	flenzen	12,21	35	19,25	1,000E+10	8,06E+07	0,01
15	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
16							
17	Lasnaad	11,68	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
18	Lasnaad	10,40	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
19	Lasnaad	10,14	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
20	Lasnaad	9,87	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
21	Lasnaad	9,61	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
22	Lasnaad	9,35	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
23	Lasnaad	9,10	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
24	flenzen	7,84	35	19,25	1,000E+10	8,06E+07	0,01
25							
26	Lasnaad	7,63	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
27	Lasnaad	7,44	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
28	Lasnaad	7,25	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
29	Lasnaad	7,08	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
30	Lasnaad	6,91	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
31	Lasnaad	6,75	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
32	Lasnaad	6,59	45	24,75	1,000E+10	8,06E+07	0,01
33	voetplaat	6,44	35	19,25	1,000E+10	8,06E+07	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			759			
2 - Windbelasting mast	164				5856	
3 - Belasting geval 1a	220		135		13929	
4 - Belasting geval 1b	44		167		3321	
5 - Belasting geval 3	137		304		9254	
6 - Belasting geval 4	44		192		3404	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	384		**894**		**19786**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	75		925		4419	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	183		1062		10901	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	75		951		4502	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	13047	kNm	19786	kNm	19786	kNm
Dwarskracht	249	kN	384	kN	384	kN
Verticale kracht	749	kN	894	kN	674	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2590,00					
st.c binnenkant		2160,00					
2375	56	579,10	6,86	33	M 48 - 8,8	848,45	0,68
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2590,00					
st.c binnenkant		2160,00					
2375	56	379,00	4,45	33	M 48 - 8,8	848,45	0,45

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 579,1 kN

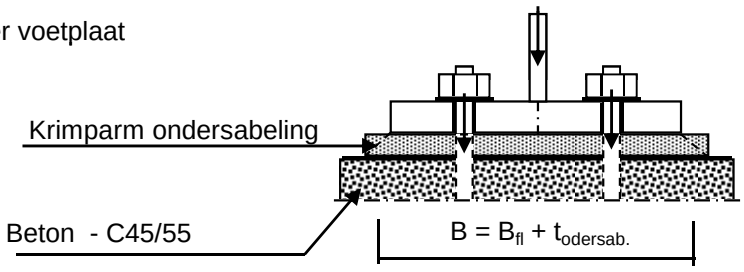
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 379,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 611,0 + 1,00 * 379,0 = 990,0 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

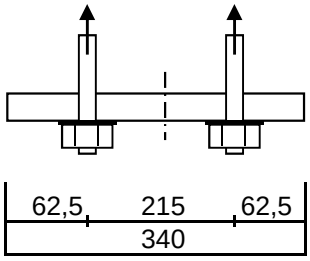
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	365,0	mm	D =	2375	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	405,0	mm			

A_{voetpl} = 405 * 2*π*D / n = 107922 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A =$ 18,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

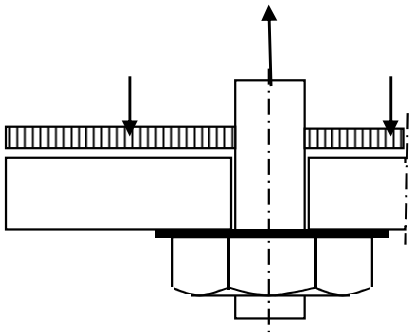


D = 2375 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 340 * $2*\pi*D / n$ = 90601 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 62,5 mm
L_{veld} = 215 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 24968 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1374 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 48897 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 48897 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1374 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 48897 / 79875,0 = 0,61 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 217,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1374 / 6149 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 45,8 N/mm^2

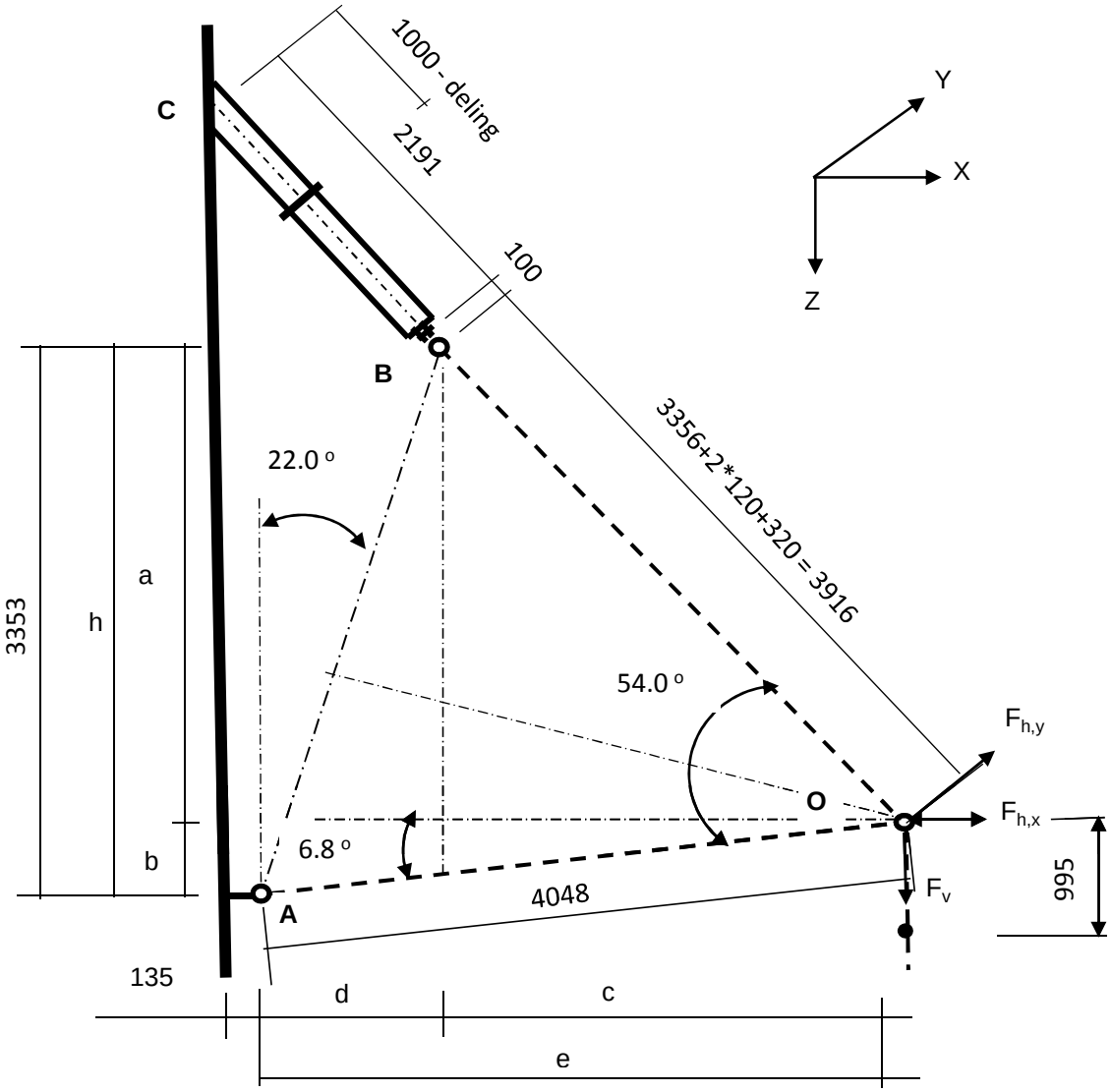
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (217,3^2 + 3*45,8^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 231 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AC
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	33892	276409	19748	33892	-276409	19748
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	18924	271731	38586	18924	-271731	38586
BG 1a - (+wind (45 gr))	16936	194368	21738	16936	-194368	21738
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	9461	247838	40131	9461	-247838	40131

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	39496	±	67785	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	77171	±	37849	0
BG 1a - (wind (45 gr))	43476	±	33872	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	80261	±	18921	0

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	28,1	0,00	-3,4	39,7	0,00	42,8
BG 1a - (-wind (90 gr))	-94,0	0,00	11,2	26,2	0,00	28,3
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-30,3	0,00	3,6	68,1	0,00	73,6
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-98,4	0,00	11,7	60,6	0,00	65,4
BG 1a - (+wind (45 gr))	-5,8	0,00	0,7	39,6	0,00	42,8
BG 1a - (-wind (45 gr))	-66,8	0,00	8,0	32,9	0,00	35,5
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-49,9	0,00	5,9	68,8	0,00	74,3
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-84,0	0,00	10,0	65,1	0,00	70,2

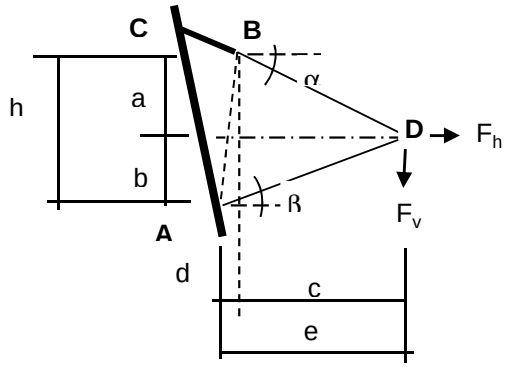
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

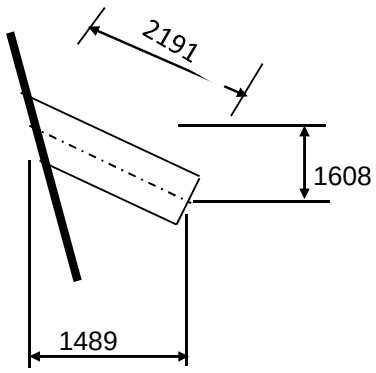
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	39,68	0,00	42,85	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	26,20	0,00	28,29	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	68,12	0,00	73,56	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	60,59	0,00	65,43	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	39,62	0,00	42,79	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	32,89	0,00	35,52	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	68,81	0,00	74,31	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	65,05	0,00	70,25	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	32914	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



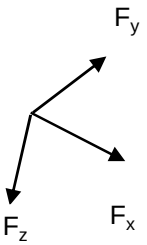


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	32,91	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-6,25	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-3,28	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	66,25	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	29,63	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	66,25	kN
$F_{z,Ed}$ =	10,49	kN
$F_{x,Ed}$ =	27,71	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
27,71	66,25	10,49	98,62	22,99	145,15

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $68{,}1^2$ + $73{,}6^2$ }^{0,5} = 100,26 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 100,26 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 8,2 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm²
N_{Ed} =	58,32	kN ;	σ_N =	4,8	N/mm²
			σ_{max} =	4,8	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,71	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,3	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,99	/	217	=	0,11	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		25,1	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	145,15	/	217	=	0,67	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		158,3	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	98,62	/	251	=	0,39	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		53,8	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 66,25 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 10,49 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,7 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 25,1^2 + 160,6^2 \}^{0,5} = 162,5$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 188 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

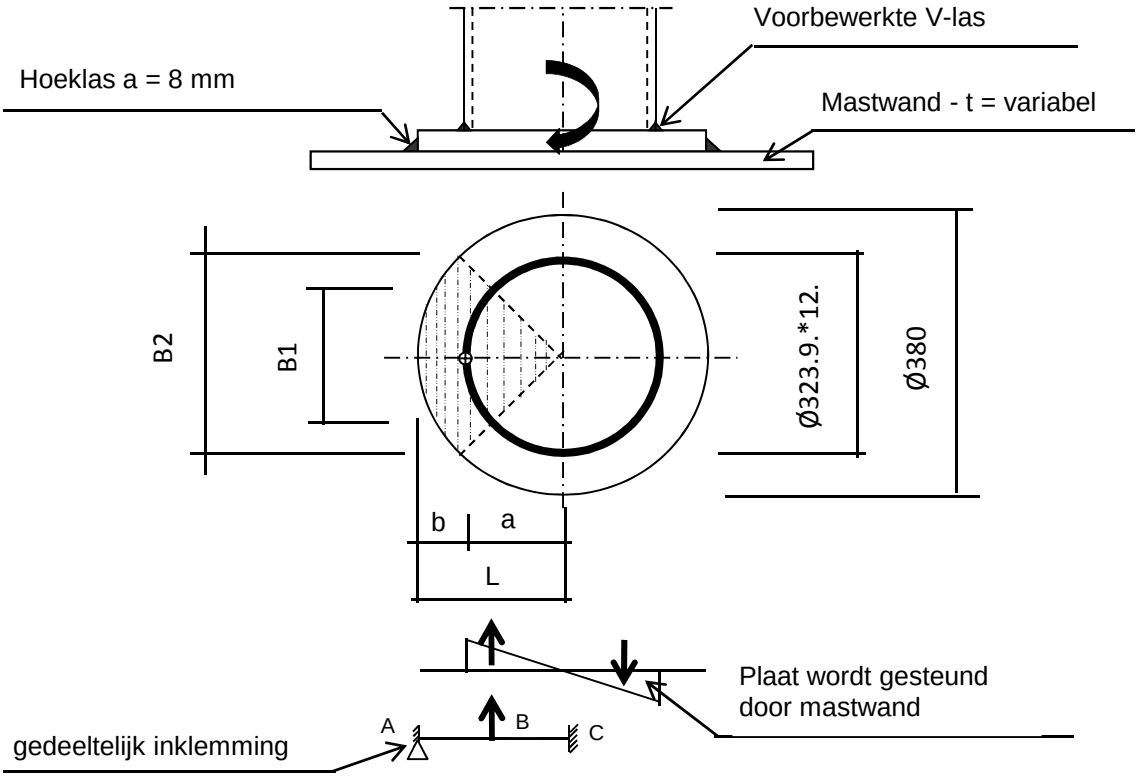
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 147,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 418,3 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 9,15 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / $2.L^3$)* (b + 2.L) = 326,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,52 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,52 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 393,6 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,5 * 32,0% = 2,73 kNm

$M_{B;Ed}$ = 9,2 * 68,0% + 2,5 * 32,0% = 7,03 kNm

$R_{A;Ed}$ = 326,3 * 68,0% + 393,6 * 32,0% = 347,9 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,73 / 11,04 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 58,5 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 7,03 / 9,41 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 176,9 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 347,9 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 46,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 54,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 200,6 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 129,3 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 103,0 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 129,3 + 103,0 = 232,3 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 129,3 - 103,0 = 26,2 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 236,7 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 236,7 / 302,2 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 232,3 / 244,8 = 0,95 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 75,549 m hoogte (380 kV op 70m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	511	12,0	18822	S355	355	2295451
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,74

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 21,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,87 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 33,70 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,040

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 399,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 541,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,99 / 399,0 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 162,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 145,15 / 162,7 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 736,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 145,15 / 162,7 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 65,549 m hoogte (380 kV op 63,6m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	761	15,0	35167	S355	355	6434268
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,50

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 70,51 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 727,75 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,32 of n_p = -0,313

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,87

$M_{ip,1,Rd}$ = 403,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,99 / 403,4 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 149,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 145,15 / 149,9 = 0,97 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 145,15 / 149,9 = 0,97 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 55,549 m hoogte (380 kV op 53,6m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1011	18,0	56168	S355	355	13703604
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,38

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 28,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 146,73 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2291,80 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,48 of n_p = -0,464

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,79

$M_{ip,1,Rd}$ = 416,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,99 / 416,1 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 167,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 145,15 / 167,2 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

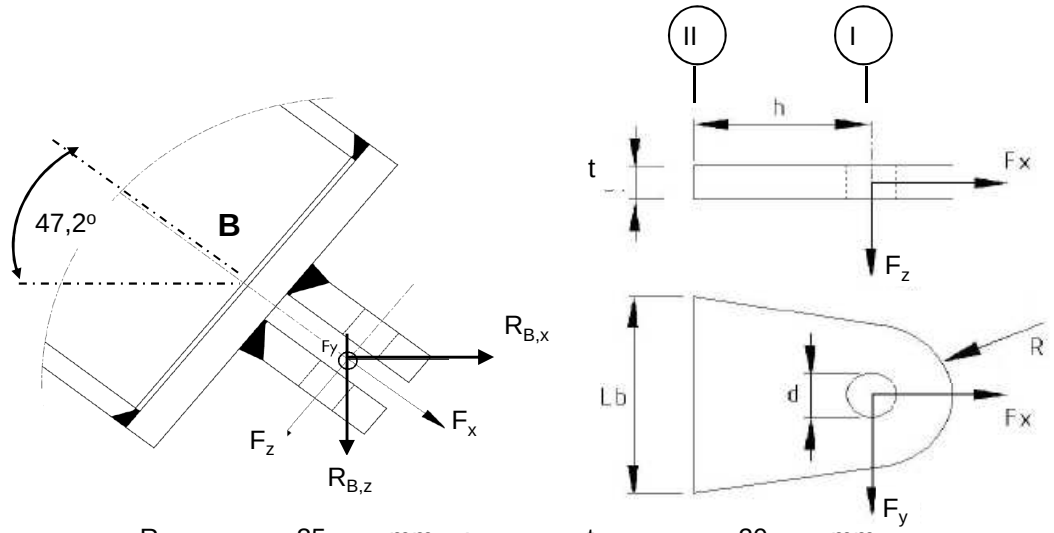
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 145,15 / 167,2 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	39,68	0,00	42,85	58,40	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	26,20	0,00	28,29	38,56	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	68,12	0,00	73,56	100,26	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	60,59	0,00	65,43	89,18	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	39,62	0,00	42,79	58,32	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	32,89	0,00	35,52	48,40	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	68,81	0,00	74,31	101,28	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	65,05	0,00	70,25	95,74	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	66,25	29,63	27,71	66,25	10,492

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 50,6 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 55 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	13,86	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,420	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,49	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,325	kNm
$V_{y,Ed}$ =	33,12	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,86	/	947	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		3,5	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,32	/	32	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,9	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,42	/	3,2	=	0,13	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		31,5	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,49	/	547	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		2,6	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	33,12	/	547	=	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		8,3	N/mm^2	

$\sigma_{b,max}$ = 44,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 47 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

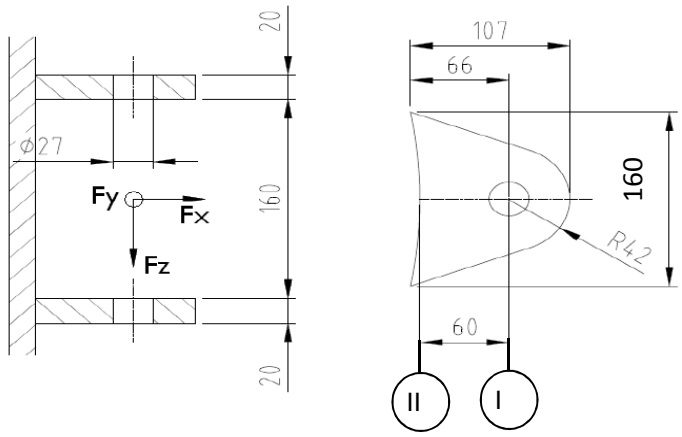
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	28,11	0,00	-3,35	28,11	0,00	3,35
BG 1a - (-wind (90 gr))	-93,98	0,00	11,21	93,98	0,00	11,21
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-30,27	0,00	3,61	30,27	0,00	3,61
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-98,44	0,00	11,74	98,44	0,00	11,74
BG 1a - (+wind (45 gr))	-5,75	0,00	0,69	5,75	0,00	0,69
BG 1a - (-wind (45 gr))	-66,76	0,00	7,96	66,76	0,00	7,96
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-49,89	0,00	5,95	49,89	0,00	5,95
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-83,97	0,00	10,01	83,97	0,00	10,01
BG bundelbreuk	0,00	-6,25	-3,28	0,00	6,25	3,28

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 49,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	46,99	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,672	kNm
$V_{z,Ed}$ =	11,21	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	46,99	/	757	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,67	/	2,5	=	0,27	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		63,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	11,21	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,5	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 77,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 78 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 23,5 + 28,8 = 52,3 kN

σ_1 =					46,2	N/mm^2
τ_1 =					46,2	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			92,5	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	92,5	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	46,2	/	244,8	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2191 - 1000 = 1191 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
27,71	66,25	10,49	53,61	12,50	78,90

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 79,9 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 67,1 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 42,7 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 105,9 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 105,88 / 203 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 42,75 / 136 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,69 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$ 264,6 kN

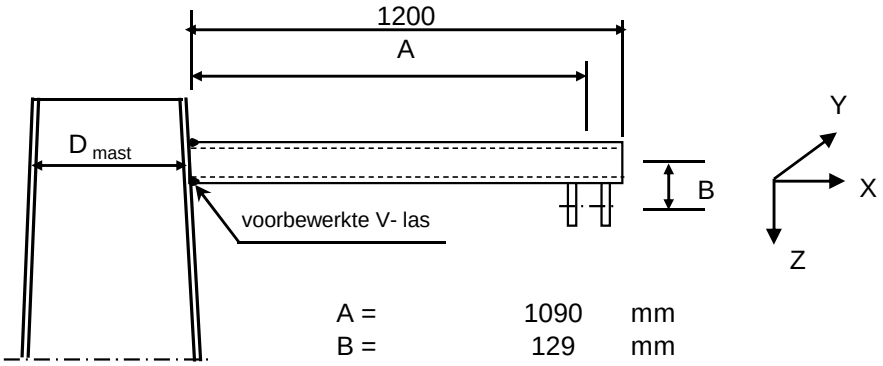
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 169,4 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 203,3 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,62 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	75,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AC

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	5866	44150	2497	5866	-44150	2497
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	6027	69163	11582	6027	-69163	11582
BG 1a - (+wind (45 gr))	2931	29156	2739	2931	-29156	2739
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	3013	63102	11986	3013	-63102	11986

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	11,73	0,00	4,99	0,00	6,96	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12,05	0,00	23,16	0,00	26,80	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,86	0,00	5,48	0,00	6,73	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6,03	0,00	23,97	0,00	26,91	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	26,80	/	36	=	0,73	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		173,9	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	12,05	/	953	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,0	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	23,16	/	275	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		11,5	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 173,9 + 3,0 = 176,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 178 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,4	12,0	18601	S355	355	2241249
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,87 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 33,70 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,041

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 41,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 26,91 / 41,9 = 0,64 < 1,0 -- Voldoet

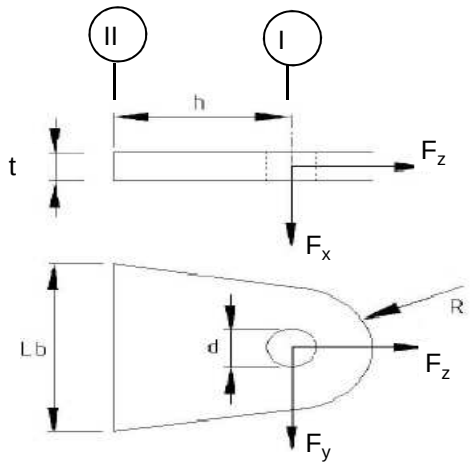
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 20,9 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	11,73	0,00	4,99
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12,05	0,00	23,16
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,86	0,00	5,48
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6,03	0,00	23,97

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 12,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	11	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	11,58	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,470	kNm
$V_{x,Ed}$ =	6,03	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	11,58	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,8	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,47	/	1,9	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		58,8	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	6,03	/	328	/	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		2,5	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 64 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

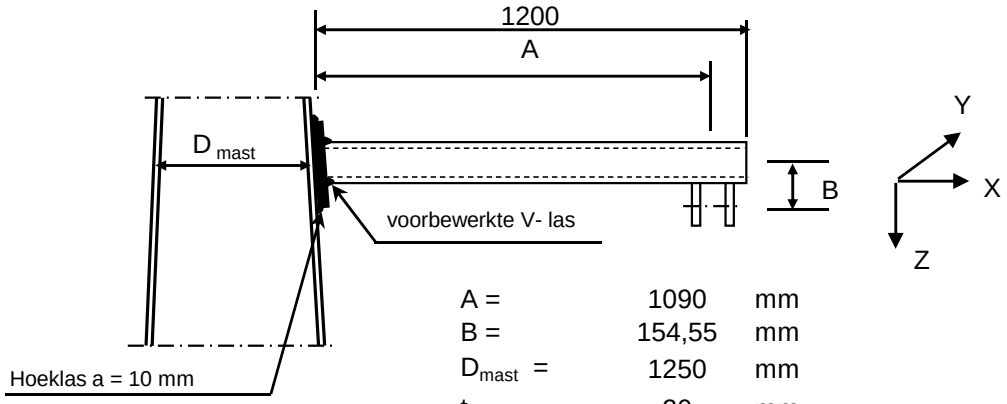
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 5,8 + 20,1 = 25,9 kN

σ_1 =					30,6	N/mm^2
τ_1 =					30,6	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			61,1	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	61,1	/	302,2	=	0,20	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	30,6	/	244,8	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	46	m

Buisgegevens

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AC

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	9381	77021	5345	9381	-77021	5345
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	9621	133523	23754	9621	-133523	23754
BG 1a - (+wind (45 gr))	4688	53561	5883	4688	-53561	5883
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4809	125495	24332	4809	-125495	24332

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	18,76	0,00	10,69	0,00	14,55	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	19,24	0,00	47,51	0,00	54,76	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,38	0,00	11,77	0,00	14,27	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	9,62	0,00	48,66	0,00	54,53	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	54,76	/	64	=	0,86	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		202,7	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	19,24	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,6	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	47,51	/	362	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		17,9	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 202,7 + 3,6 = 206,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 209 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

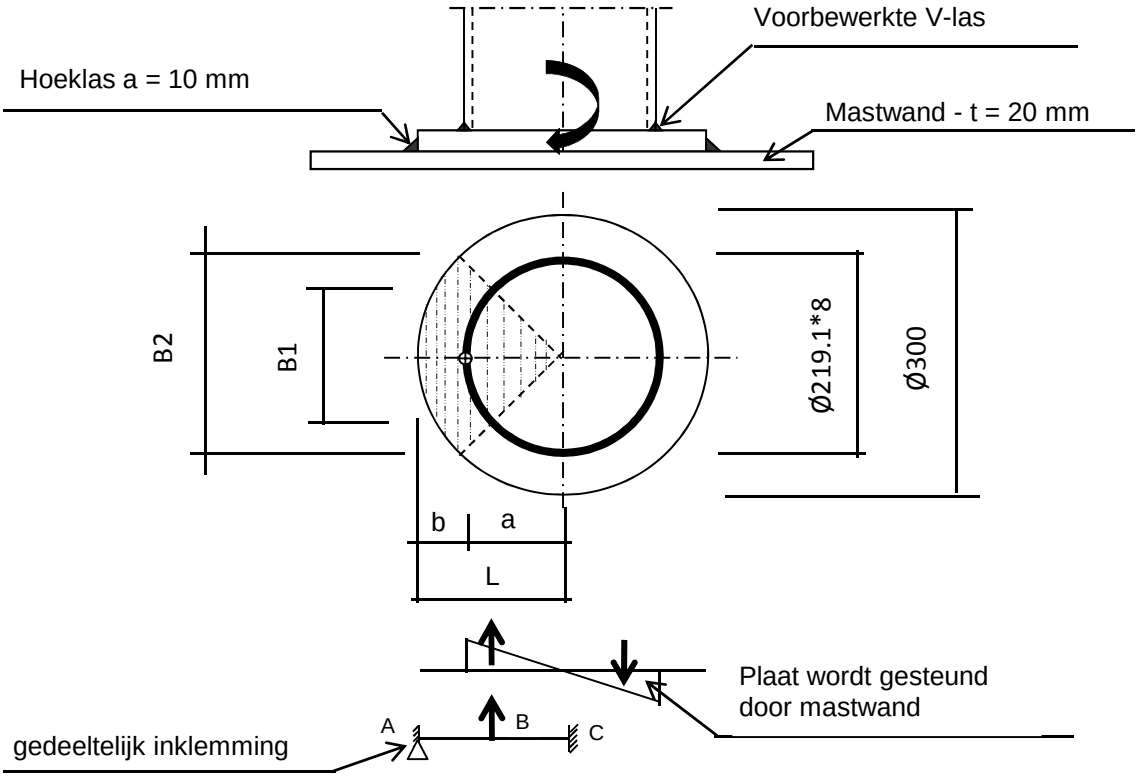
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 25 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 54,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 229,5 kN

a = R_{buis} = 109,6

b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm

B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 5,62 kNm

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 138,9 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,95 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,67 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 188,4 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 5,0 * 40,0% = 1,98 kNm

$M_{B;Ed}$ = 5,6 * 60,0% + 2,7 * 40,0% = 4,44 kNm

$R_{A;Ed}$ = 138,9 * 60,0% + 188,4 * 40,0% = 158,7 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 8,71 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 6,36 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 1,98 / 8,71 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 53,8 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 4,44 / 6,36 = 0,70 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 165,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 158,7 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 26,9 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 36,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 177,0 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 95,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 47,6 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	95,1	+	47,6	=		142,7	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	95,1	-	47,6	=		47,5	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		164,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	164,7	/	302,2	=	0,54	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	142,7	/	244,8	=	0,58	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1250,0	20,0	77283	S355	355	23390527
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,24

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 272,74 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 4551,18 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,538

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,74

$M_{ip,1,Rd}$ = 136,6 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 54,76 / 136,6 = 0,40 < 1,0 -- Voldoet

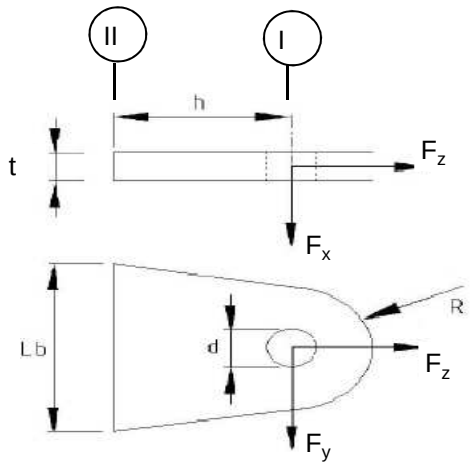
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 70,4 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.3.2 - Berekening clip draagarm "Retourstroomgeleider" (clip 5.4)



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	120	mm	;	d =	27	mm
h =	62	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	18,76	0,00	10,69
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	19,24	0,00	47,51
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,38	0,00	11,77
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	9,62	0,00	48,66

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 24,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	21	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	23,75	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,596	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,62	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	23,75	/	568	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		9,9	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,60	/	1,9	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		74,6	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	9,62	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		4,0	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 85 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

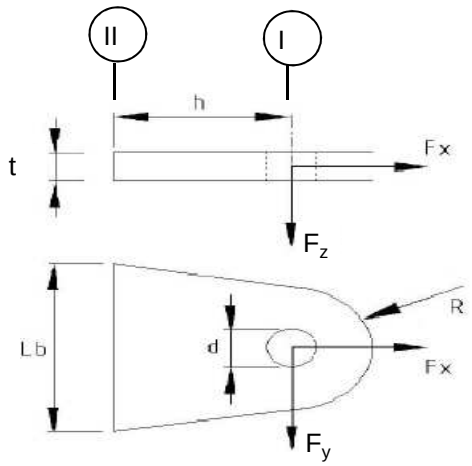
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 11,9 + 25,6 = 37,4 kN

σ_1 =			44,1	N/mm^2
τ_1 =			44,1	N/mm^2
τ_2 = 0				
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		88,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	88,2 /	302,2 =	0,29	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	44,1 /	244,8 =	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	42,43	/	521	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet	
			σ_N =		19,3	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	2,33	/	10	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		57,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	42,43	/	301	=	0,14	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		19,3	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,30	/	10	=	0,35	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		81,8	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	60,00	/	301	=	0,20	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		27,3	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2387,5	25,0	185550	S355	355	108455253
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 893,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 19875,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,503

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 566,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 566,2 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 62,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 62,3 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

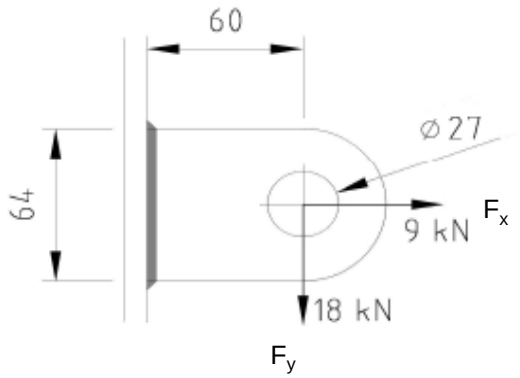
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 48.987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1175,3	20,0	72591	S355	355	20616007
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 247,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3814,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,512

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 362,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 362,8 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 23,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 23,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

Clip op 68,987 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	675,3	12,0	25007	S355	355	4074549
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 56,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 463,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,33 of $n_p =$ -0,314

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,87

$N_{1,Rd} =$ 151,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 151,7 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,7 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

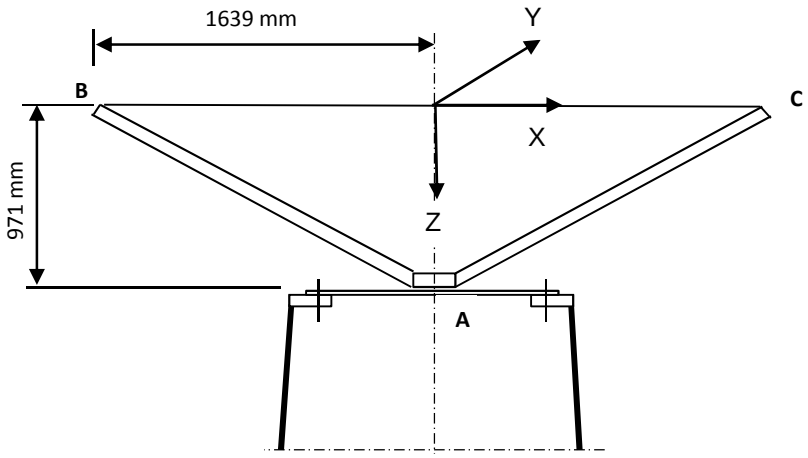
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



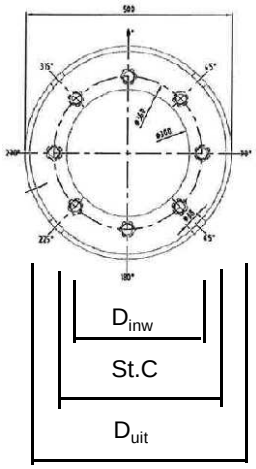
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm²
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

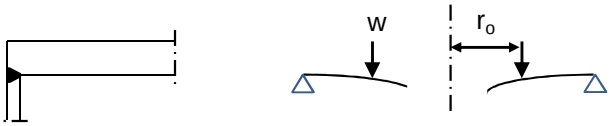
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

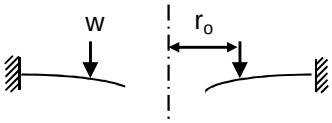
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

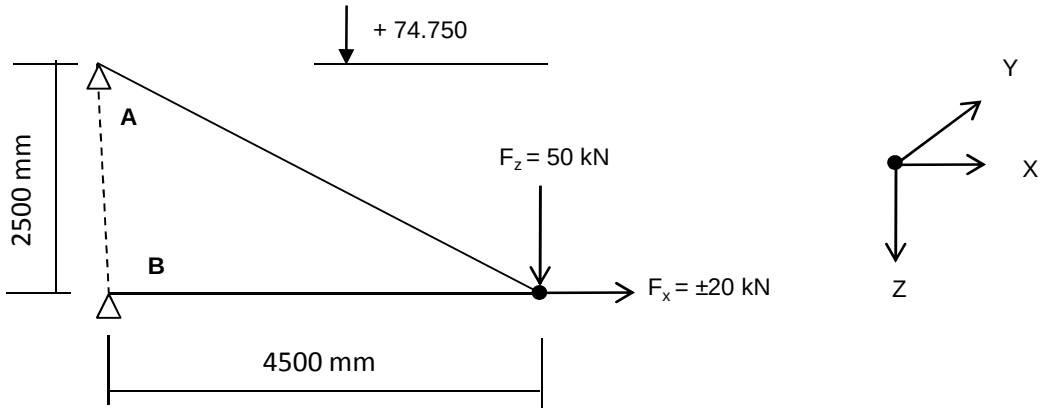
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

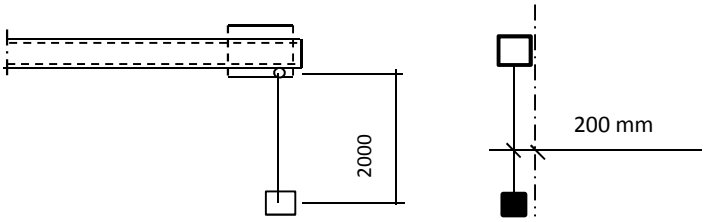
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 74,75 / 72,25



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

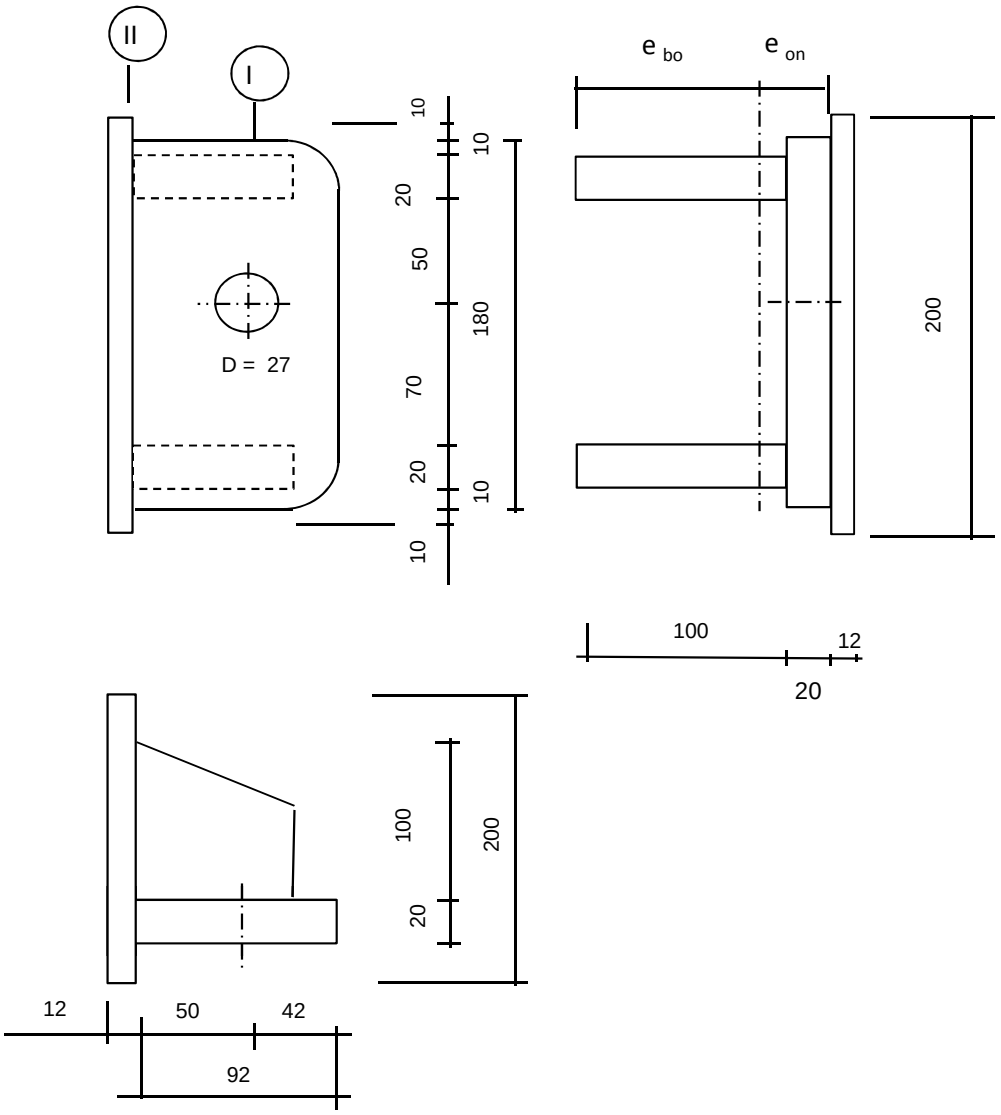
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

α = boogtan ((200-110) / 2000 = 2,6°

$F_{y;Ed}$ = 2,3 kN

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm
of					
$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	110	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm

9.7.1.1 - Berekening clip



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	180	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

A =	7600	mm^2			
I_y =	9,85E+06	mm^4 ;	W_y =	1,09E+05	mm^3
e_o =	41,58	mm ;	$W_{z,min}$ =	1,31E+05	mm^3
e_b =	78,42	mm ;	$W_{z,max}$ =	2,47E+05	mm^3
I_z =	1,03E+07	mm^4 ;			

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1799	kN
$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	25,9	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	31,0	kNm
$V_{Rd} = L_b * t * f_y / 3^{0,5}$ =	491,9	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00
0,00	110,00

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 110,0 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 96 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

N_{Ed} = 90,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 3,4 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 8,94 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 6,87 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	1799	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		11,8 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,40	/	26	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		31,1 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	6,87	/	31	=	0,22	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		52,5 N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	50,00	/	492	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		13,9 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 11,8 + 24,2 + 52,5 } = 88,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 92 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 110,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 0,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 1,1 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 13,56 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 9,59 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	110,00	/	1799	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,5 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,10	/	26	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,0 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	9,59	/	31	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		73,2 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 14,5 + 7,8 + 73,2 } = 95,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

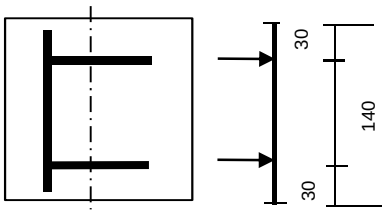
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_2 =			27,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		254,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	254,8 /	302,2 =	0,84	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	125,1 /	244,8 =	0,51	< 1,0 -- Voldoet

of

σ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_2 =			0,0	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		270,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	270,2 /	302,2 =	0,89	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	135,1 /	244,8 =	0,55	< 1,0 -- Voldoet

Versterkingsplaat 200 * 200 * 12 - S355



$F = \sigma_{max} * t * e_b / 4$

σ_{max} =	95,5	N/mm^2
t =	20	mm
e_b =	78,42	mm
F =	37,45	kN

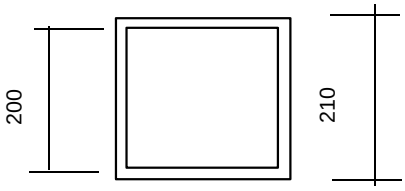
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 1,136 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 0,96 / 1,14 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 199,0 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom



A_{las} =	4100	mm^2
W_{las} =	273659	mm^3

N_{Ed} =	110,00	kN ;	σ_N =	26,8	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ =	1,1	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	4,0	N/mm^2
$M_{z,Ed}$ =	9,59	kNm ;	$\sigma_{b,z}$ =	35,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max} =$ 65,9 N/mm^2

σ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_2 =	0,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 131,8 / 302,2 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,9 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.7.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +74,750 / 72,250

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	594	12,0	21931	S355	355	3126522
plaat	210,0	5,0	4100	S355	355	273659

$N_{i,Rd} = k_p * f_{y0} * t^2_0 * (4 + 20*\beta^2) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$;

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0$ $h_i / d_0 =$ 0,35

$\beta = b_i / d_0$ $b_i / d_0 =$ 0,35

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 11,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 37,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,03 of $n_p =$ -0,032

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 238,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 238,6 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 9,59 / 25,0 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$M_{ip,i,Rd} =$ 50,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 50,1 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

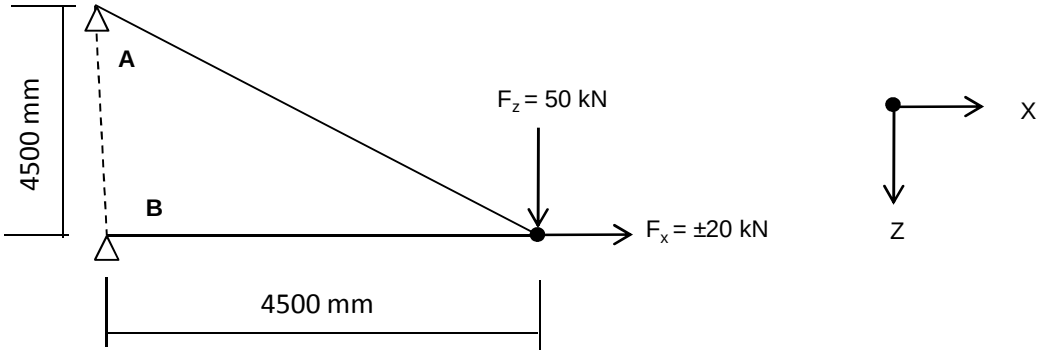
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 70,33 / 65,83 en 60,33 / 55,83

Hijsbalk 4,5m op 70,33 / 65,83 en 60,33 / 55,83

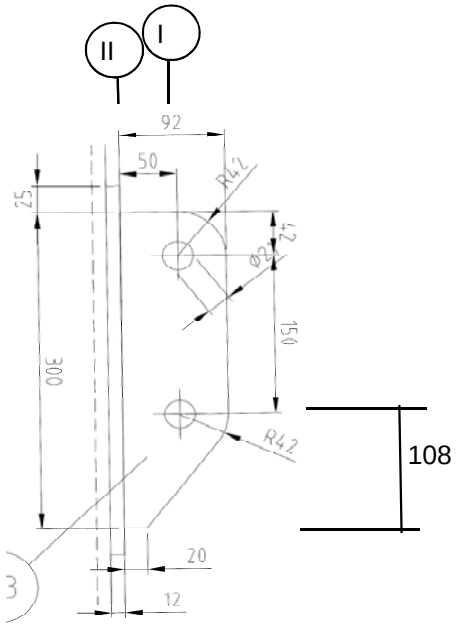


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

of

$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70,0	kN

9.7.2.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	300	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
50,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 70,7 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 62 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y =$	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	4,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =$	819,8	kN

N_{Ed} = 50,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 4,60 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 50,00 / 1420 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 8,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 4,60 / 71 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 15,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 820 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 8,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 8,3 + 15,3 \} =$ 23,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 28 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_2 = 0				16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =			72,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	72,9	/	302,2 =	0,24	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	33,5	/	244,8 =	0,14	< 1,0 -- Voldoet

9.7.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +70,33 / 65,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	642	12,0	23741	S355	355	3669167
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,47 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,47

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 56,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 425,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,33 of $n_p =$ -0,320

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,87

$N_{1,Rd} =$ 165,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 165,0 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 49,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 49,5 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,600 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +60,33 / 55,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	892	15,0	41316	S355	355	8906200
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,34 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,34

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 105,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1474,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,47 of $n_p =$ -0,459

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,79

$N_{1,Rd} =$ 228,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 228,2 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 68,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 68,5 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

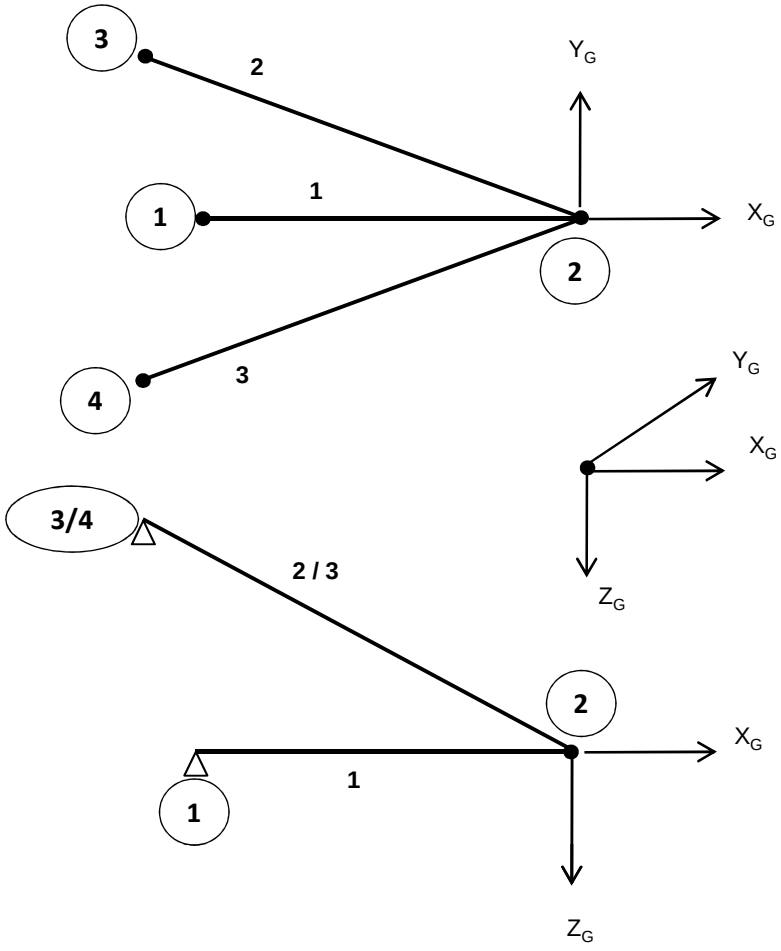
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
7	alle staven	factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
9	2 t/m 2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m 2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m 2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0932E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0138E-05	9.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

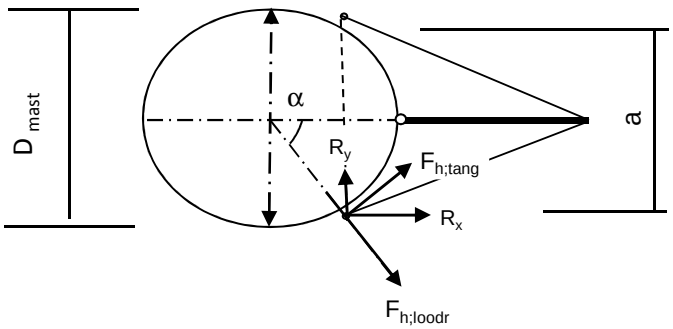
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	70330	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	71487	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	71487	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	60330	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	61487	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	61487	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	50330	1142	20	55,18	0,00	-0,20
3	51487	1113	20	50,84	-11,50	34,00
4	51487	1113	20	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * \cos\alpha + R_y * \sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * \sin\alpha + R_y * \cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	70330	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	71487	613	704	81,0	19,33	48,41	34,00
4	71487	613	704	81,0	8,38	128,93	84,87
1	60330	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	61487	863	854	62,5	33,68	39,78	34,00
4	61487	863	854	62,5	32,92	124,94	84,87
1	50330	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	51487	1113	960	52,3	40,17	33,21	34,00
4	51487	1113	960	52,3	54,45	117,17	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 70,330 en 60,330m hoogte
Clip type 16,3 - 50,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 71,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 61,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,46 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

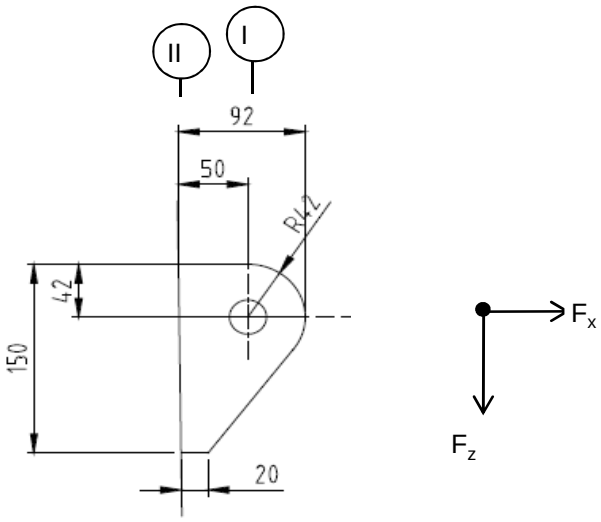
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 51,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 71,487m, 61,487m en 51,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 70,330 en 60,330m hoogte

en clip type16,3 op 50,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +50,330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1142	20,0	70482	S355	355	19425631
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 229,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3509,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,52 of $n_p =$ -0,500

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 373,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 373,6 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 56,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 56,0 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

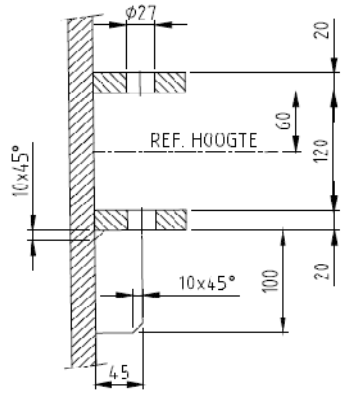
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

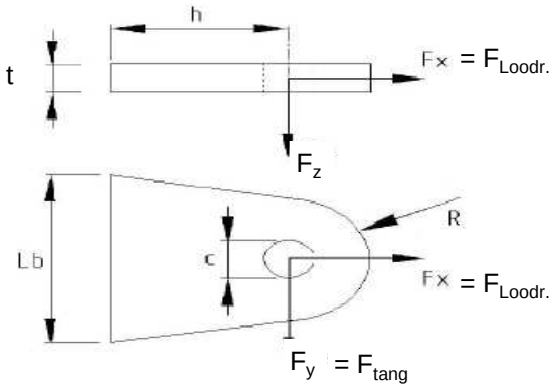
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 71,487m, 61,487 en 51,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 71,487m, 61,487 en 51,487 m hoogte.





R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	45	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	71,487m kN	61,487m kN	51,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	382,6	kN

Clip op 71,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 61,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 51,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	71,487m hoogte spanning in N/mm^2	61,487m hoogte spanning in N/mm^2	51,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	1,5	5,9	9,7
$\sigma_{b,z}$ =	44,4	43,0	43,0
τ_y =	23,0	22,3	20,9
$\sigma_{b,max}$ =	45,9	48,9	52,8
σ_{vlg} =	60,8	62,3	64,0

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

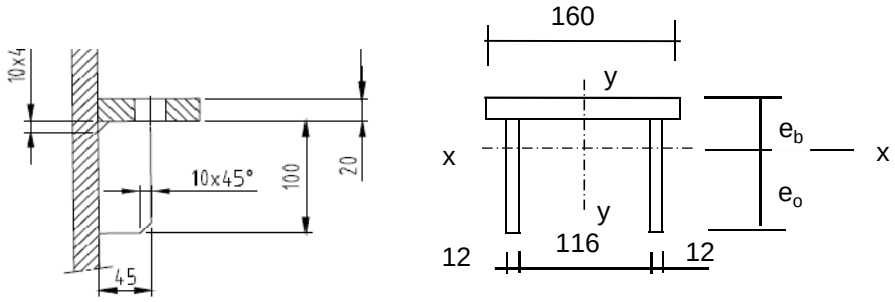
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_2 = 0			105,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		235,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	235,9 /	302,2 =	0,78	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	74,6 /	244,8 =	0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 71,487m, 61,487 en 51,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	71,487m kN	61,487m kN	51,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 71,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	3,927	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 61,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,242	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 51,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,519	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	71,487m hoogte spanning in N/mm^2	61,487m hoogte spanning in N/mm^2	51,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	0,7	2,9	4,9
$\sigma_{b,z}$ =	13,8	13,4	12,6
$\sigma_{b,y}$ =	39,5	42,7	45,5
τ_y =	20,1	19,5	18,3
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	54,1	59,0	62,9
σ_{vlg} =	88,8	91,5	93,3

> 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	20	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =			88,9	N/mm^2
τ_1 =			88,9	N/mm^2
τ_2 =	0		42,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	192,5	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	192,5	/	302,2	= 0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	88,9	/	244,8	= 0,36	< 1,0 -- Voldoet

9.8.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +71,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	613	12,0	22651	S355	355	3336966
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,23

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 33,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 196,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,17 of n_p = -0,161

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,94

$N_{1,Rd}$ = 242,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,19 / 242,5 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,90 / 17,0 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 4,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,90 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 918,0 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +61,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	863	15,0	39953	S355	355	8323634
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,16

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 81,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1007,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,35 of n_p = -0,335

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,86

$N_{1,Rd}$ = 310,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,46 / 310,9 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 21,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 21,8 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,46 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 978,1 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 6149 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +51,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1113	20,0	68664	S355	355	18428513
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 196,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3093,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,48 of n_p = -0,465

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,79

$N_{1,Rd}$ = 482,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,23 / 482,0 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 33,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 33,7 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

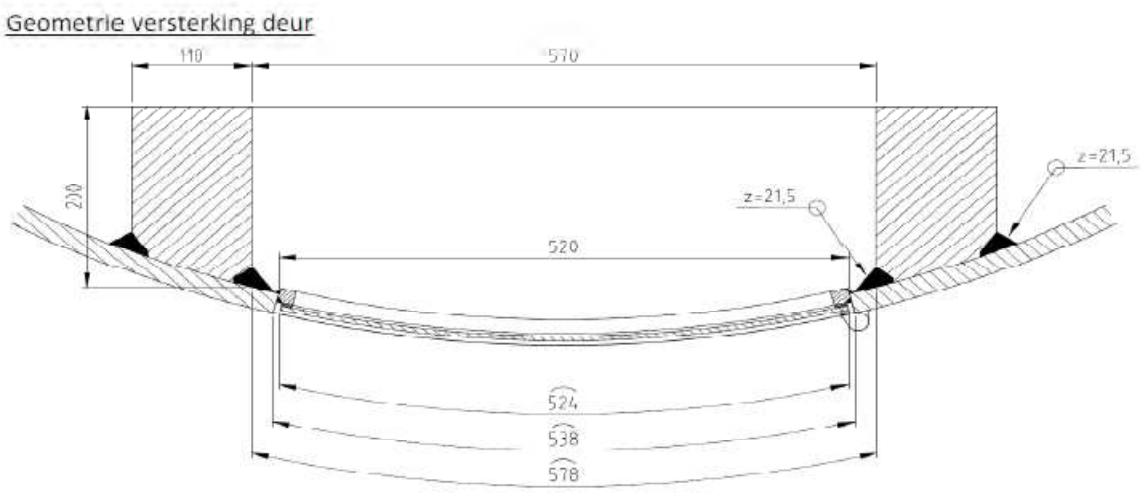
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

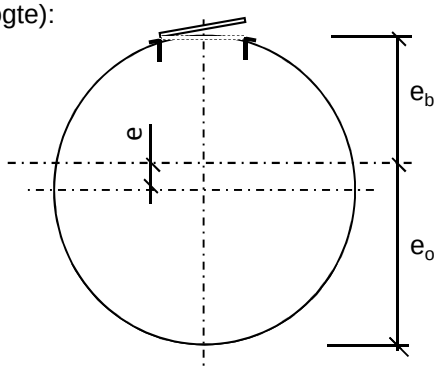
$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 1001,5 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 8198 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2369	mm
dikte t ;	25	mm

A_{buis} =	184127	mm^2
$A_{versterking}$ =	40284	mm^2
$A_{verlies}$ =	12968	mm^2
A_{tot} =	211443	mm^2

e =	122,2	mm			
e_b =	1062,5	mm ;	e_o =	1306,9	mm

I_{tot} =	1,47E+11	mm^4
W_{min} =	1,13E+08	mm^3
W_{max} =	1,39E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} =	20238	kNm ;	N_{Ed} =	894 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,2	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	179,3	N/mm^2

σ_{max} = 4,2 + 179,3 = 183,6 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AC en AC2

W2S400+24 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AC

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	3154	0	19396	3154	0	-19396
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24121	0	147923	24121	0	-147923
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24121	0	147923	24121	0	-147923
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24121	0	147923	24121	0	-147923
	Comp.conductor	6540	0	40192	6540	0	-40192
1b	GW / opgw	3276	0	21992	3276	0	-21992
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25154	0	169944	25154	0	-169944
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25154	0	169944	25154	0	-169944
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25154	0	169944	25154	0	-169944
	Comp.conductor	6771	0	45123	6771	0	-45123
3	GW / opgw	12165	0	60826	12165	0	-60826
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	40813	0	238894	40813	0	-238894
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	40813	0	238894	40813	0	-238894
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	40813	0	238894	40813	0	-238894
	Comp.conductor	24565	0	122600	24565	0	-122600
4	GW / opgw	4176	0	25031	4176	0	-25031
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28275	0	171853	28275	0	-171853
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	28275	0	171853	28275	0	-171853
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28275	0	171853	28275	0	-171853
	Comp.conductor	8579	0	51354	8579	0	-51354
6	GW / opgw	3527	0	21373	3527	0	-21373
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26958	0	162590	26958	0	-162590
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	26958	0	162590	26958	0	-162590
	380C1F3 / 380C2F3	26958	0	162590	26958	0	-162590
	Comp.conductor	7313	0	44262	7313	0	-44262
1a	GW / opgw	2739	2931	29156	2739	2931	-29156
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21738	16936	194368	21738	16936	-194368
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21919	15864	189629	21919	15864	-189629
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22143	14577	184113	22143	14577	-184113
	Comp.conductor	5883	4688	53561	5883	4688	-53561
1b	GW / opgw	3233	586	22564	3233	586	-22564
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24958	3384	172372	24958	3384	-172372
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24982	3170	172077	24982	3170	-172077
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25008	2913	171749	25008	2913	-171749
	Comp.conductor	6718	937	45826	6718	937	-45826
3	GW / opgw	11986	3013	63102	11986	3013	-63102
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	40131	9461	247838	40131	9461	-247838
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	40209	8862	246773	40209	8862	-246773
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	40297	8143	245576	40297	8143	-245576
	Comp.conductor	24332	4809	125495	24332	4809	-125495
4	GW / opgw	4149	586	25414	4149	586	-25414
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28136	3386	173762	28136	3386	-173762
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	28153	3172	173530	28153	3172	-173530
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28172	2915	173271	28172	2915	-173271
	Comp.conductor	8545	937	51830	8545	937	-51830

W2S400+24 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AC

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2497	5866	44150	2497	5866	-44150
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19748	33892	276409	19748	33892	-276409
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	19922	31745	265794	19922	31745	-265794
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20156	29168	253046	20156	29168	-253046
	Comp.conductor	5345	9381	77021	5345	9381	-77021
1b	GW / opgw	3129	1171	24147	3129	1171	-24147
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24436	6769	179309	24436	6769	-179309
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24516	6341	178208	24516	6341	-178208
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24606	5826	176968	24606	5826	-176968
	Comp.conductor	6578	1874	47833	6578	1874	-47833
3	GW / opgw	11582	6027	69163	11582	6027	-69163
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	38586	18924	271731	38586	18924	-271731
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	38799	17726	268081	38799	17726	-268081
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	39052	16288	263909	39052	16288	-263909
	Comp.conductor	23754	9621	133523	23754	9621	-133523
4	GW / opgw	4077	1172	26511	4077	1172	-26511
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27755	6773	179292	27755	6773	-179292
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	27814	6344	178408	27814	6344	-178408
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	27881	5830	177414	27881	5830	-177414
	Comp.conductor	8451	1875	53217	8451	1875	-53217
1a	GW / opgw	2739	2931	29156	2739	2931	-29156
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21738	16936	194368	21738	16936	-194368
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21919	15864	189629	21919	15864	-189629
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22143	14577	184113	22143	14577	-184113
	Comp.conductor	5883	4688	53561	5883	4688	-53561
1b	GW / opgw	3233	586	22564	3233	586	-22564
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24958	3384	172372	24958	3384	-172372
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24982	3170	172077	24982	3170	-172077
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25008	2913	171749	25008	2913	-171749
	Comp.conductor	6718	937	45826	6718	937	-45826
3	GW / opgw	11986	3013	63102	11986	3013	-63102
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	40131	9461	247838	40131	9461	-247838
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	40209	8862	246773	40209	8862	-246773
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	40297	8143	245576	40297	8143	-245576
	Comp.conductor	24332	4809	125495	24332	4809	-125495
4	GW / opgw	4149	586	25414	4149	586	-25414
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28136	3386	173762	28136	3386	-173762
Permanent loads γg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	28153	3172	173530	28153	3172	-173530
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28172	2915	173271	28172	2915	-173271
	Comp.conductor	8545	937	51830	8545	937	-51830
1a	GW / opgw	2398	0	15241	2398	0	-15241
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18373	0	116970	18373	0	-116970
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	18373	0	116970	18373	0	-116970
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18373	0	116970	18373	0	-116970
	Comp.conductor	4975	0	31630	4975	0	-31630
1b	GW / opgw	2508	0	17594	2508	0	-17594

W2S400+24 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AC

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19333	0	137389	19333	0	-137389
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19333	0	137389	19333	0	-137389
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19333	0	137389	19333	0	-137389
	Comp.conductor	5185	0	36110	5185	0	-36110
3	GW / opgw	11476	0	58126	11476	0	-58126
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35273	0	212402	35273	0	-212402
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	35273	0	212402	35273	0	-212402
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	35273	0	212402	35273	0	-212402
	Comp.conductor	23137	0	117021	23137	0	-117021
4	GW / opgw	3434	0	21182	3434	0	-21182
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22586	0	142171	22586	0	-142171
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	22586	0	142171	22586	0	-142171
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22586	0	142171	22586	0	-142171
	Comp.conductor	7043	0	43419	7043	0	-43419
6	GW / opgw	2398	0	15241	2398	0	-15241
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18373	0	116970	18373	0	-116970
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	18373	0	116970	18373	0	-116970
	380C1F3 / 380C2F3	18373	0	116970	18373	0	-116970
	Comp.conductor	4975	0	31630	4975	0	-31630
1a	GW / opgw	1990	2930	27195	1990	2930	-27195
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15852	16934	176206	15852	16934	-176206
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16005	15862	170612	16005	15862	-170612
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16201	14575	164011	16201	14575	-164011
	Comp.conductor	4286	4687	48586	4286	4687	-48586
1b	GW / opgw	2451	585	18411	2451	585	-18411
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19060	3384	140902	19060	3384	-140902
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19092	3169	140479	19092	3169	-140479
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19128	2912	140006	19128	2912	-140006
	Comp.conductor	5113	937	37122	5113	937	-37122
3	GW / opgw	11284	3012	60586	11284	3012	-60586
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	34469	9459	223266	34469	9459	-223266
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	34559	8860	221984	34559	8860	-221984
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	34661	8142	220540	34661	8142	-220540
	Comp.conductor	22886	4809	120162	22886	4809	-120162
4	GW / opgw	3401	586	21677	3401	586	-21677
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22406	3386	144752	22406	3386	-144752
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	22427	3171	144440	22427	3171	-144440
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22452	2914	144091	22452	2914	-144091
	Comp.conductor	7000	937	44038	7000	937	-44038
1a	GW / opgw	1828	5865	43202	1828	5865	-43202
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14398	33890	266840	14398	33890	-266840
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14512	31742	255526	14512	31742	-255526
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14669	29166	241826	14669	29166	-241826
	Comp.conductor	3896	9380	74407	3896	9380	-74407
1b	GW / opgw	2327	1171	20560	2327	1171	-20560
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18391	6768	150606	18391	6768	-150606

W2S400+24 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AC

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	18488	6339	149096	18488	6339	-149096
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18601	5825	147381	18601	5825	-147381
	Comp.conductor	4935	1874	39912	4935	1874	-39912
3	GW / opgw	10866	6027	67053	10866	6027	-67053
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	32795	18922	251301	32795	18922	-251301
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	33015	17724	247095	33015	17724	-247095
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	33281	16286	242256	33281	16286	-242256
	Comp.conductor	22279	9620	128791	22279	9620	-128791
4	GW / opgw	3316	1172	23067	3316	1172	-23067
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21933	6772	152085	21933	6772	-152085
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	22004	6343	150926	22004	6343	-150926
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22086	5829	149617	22086	5829	-149617
	Comp.conductor	6885	1875	45818	6885	1875	-45818
1a	GW / opgw	1990	2930	27195	1990	2930	-27195
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15852	16934	176206	15852	16934	-176206
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16005	15862	170612	16005	15862	-170612
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16201	14575	164011	16201	14575	-164011
	Comp.conductor	4286	4687	48586	4286	4687	-48586
1b	GW / opgw	2451	585	18411	2451	585	-18411
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19060	3384	140902	19060	3384	-140902
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19092	3169	140479	19092	3169	-140479
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19128	2912	140006	19128	2912	-140006
	Comp.conductor	5113	937	37122	5113	937	-37122
3	GW / opgw	11284	3012	60586	11284	3012	-60586
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	34469	9459	223266	34469	9459	-223266
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	34559	8860	221984	34559	8860	-221984
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	34661	8142	220540	34661	8142	-220540
	Comp.conductor	22886	4809	120162	22886	4809	-120162
4	GW / opgw	3401	586	21677	3401	586	-21677
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22406	3386	144752	22406	3386	-144752
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	22427	3171	144440	22427	3171	-144440
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22452	2914	144091	22452	2914	-144091
	Comp.conductor	7000	937	44038	7000	937	-44038

W2S400+24 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

-

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2651	0	16659	2651	0	-16659
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20302	0	127555	20302	0	-127555
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	20302	0	127555	20302	0	-127555
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20302	0	127555	20302	0	-127555
	Comp.conductor	5500	0	34554	5500	0	-34554
1b	GW / opgw	2766	0	19102	2766	0	-19102
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21289	0	148577	21289	0	-148577
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21289	0	148577	21289	0	-148577
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21289	0	148577	21289	0	-148577
	Comp.conductor	5718	0	39202	5718	0	-39202
3	GW / opgw	8790	0	47128	8790	0	-47128
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31746	0	194977	31746	0	-194977
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	31746	0	194977	31746	0	-194977
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31746	0	194977	31746	0	-194977
	Comp.conductor	17776	0	95137	17776	0	-95137
4	GW / opgw	3347	0	20717	3347	0	-20717
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23149	0	145177	23149	0	-145177
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	23149	0	145177	23149	0	-145177
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23149	0	145177	23149	0	-145177
	Comp.conductor	6887	0	42592	6887	0	-42592
1a	GW / opgw	2371	1953	22684	2371	1953	-22684
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18768	11288	155540	18768	11288	-155540
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18902	10573	152533	18902	10573	-152533
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19064	9716	149069	19064	9716	-149069
	Comp.conductor	5077	3124	42599	5077	3124	-42599
1b	GW / opgw	2742	390	19427	2742	390	-19427
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21179	2256	149955	21179	2256	-149955
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21192	2113	149788	21192	2113	-149788
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21207	1942	149600	21207	1942	-149600
	Comp.conductor	5688	624	39600	5688	624	-39600
3	GW / opgw	8666	2007	48732	8666	2007	-48732
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31317	6305	200684	31317	6305	-200684
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	31367	5906	200000	31367	5906	-200000
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31423	5427	199232	31423	5427	-199232
	Comp.conductor	17616	3204	97171	17616	3204	-97171
4	GW / opgw	3331	391	20947	3331	391	-20947
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23070	2257	146295	23070	2257	-146295
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	23079	2114	146159	23079	2114	-146159
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23090	1943	146007	23090	1943	-146007
	Comp.conductor	6867	625	42878	6867	625	-42878
1a	GW / opgw	2149	3908	33122	2149	3908	-33122
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17081	22584	210918	17081	22584	-210918
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17244	21154	203490	17244	21154	-203490
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17459	19437	194651	17459	19437	-194651
	Comp.conductor	4620	6251	58426	4620	6251	-58426

W2S400+24 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012)

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

-

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1b	GW / opgw	2680	781	20351	2680	781	-20351
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20873	4512	153961	20873	4512	-153961
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	20920	4226	153319	20920	4226	-153319
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20975	3884	152599	20975	3884	-152599
	Comp.conductor	5607	1249	40755	5607	1249	-40755
3	GW / opgw	8380	4015	53055	8380	4015	-53055
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30287	12611	216313	30287	12611	-216313
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	30434	11813	213893	30434	11813	-213893
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	30607	10855	211140	30607	10855	-211140
	Comp.conductor	17212	6409	102860	17212	6409	-102860
4	GW / opgw	3288	781	21615	3288	781	-21615
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22845	4514	149572	22845	4514	-149572
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	22881	4229	149044	22881	4229	-149044
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22921	3886	148453	22921	3886	-148453
	Comp.conductor	6811	1250	43716	6811	1250	-43716
1a	GW / opgw	2371	1953	22684	2371	1953	-22684
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18768	11288	155540	18768	11288	-155540
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18902	10573	152533	18902	10573	-152533
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19064	9716	149069	19064	9716	-149069
	Comp.conductor	5077	3124	42599	5077	3124	-42599
1b	GW / opgw	2742	390	19427	2742	390	-19427
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21179	2256	149955	21179	2256	-149955
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21192	2113	149788	21192	2113	-149788
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21207	1942	149600	21207	1942	-149600
	Comp.conductor	5688	624	39600	5688	624	-39600
3	GW / opgw	8666	2007	48732	8666	2007	-48732
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31317	6305	200684	31317	6305	-200684
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	31367	5906	200000	31367	5906	-200000
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31423	5427	199232	31423	5427	-199232
	Comp.conductor	17616	3204	97171	17616	3204	-97171
4	GW / opgw	3331	391	20947	3331	391	-20947
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23070	2257	146295	23070	2257	-146295
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	23079	2114	146159	23079	2114	-146159
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23090	1943	146007	23090	1943	-146007
	Comp.conductor	6867	625	42878	6867	625	-42878

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+5)"

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-detailberekening toegevoegd	22 - 03 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-mast met nieuwe V-brace	21 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	21-1-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2S400(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

	blz.
9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV	55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast	62
9.1.3 Berekening clips 14,5	65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator	67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm	69
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	70
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	72
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	73
9.3 Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"	75
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	80
9.3.2 Berekening clip "Passieve Loop geleider"	81
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	83
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	85
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	86
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	88
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	90
9.7 Berekening Clips voor 4,5m hijsbalk	93
9.7.1 Hijsbalk op 55,75/53,25 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 51,33/46,83 en 41,33/36,83 m	99
9.7.2.1 Berekening clip positie 9	99
9.7.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting	102
9.8 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk	104
9.8.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip	108
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting	110
9.8.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip	111
9.8.4 Controle capaciteit van de aansluiting	115
9.9 Berekening versterking deur	118

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , tracé Vijfhuizen – Beverwijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 Rev 03, d.d. 27-11-2013 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.

- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 57,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,925 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 28,5 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S400(+5) zijn de bijlage Q (berekening maststerkte) en bijlage Q2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W2S400(+5)”

Berekening

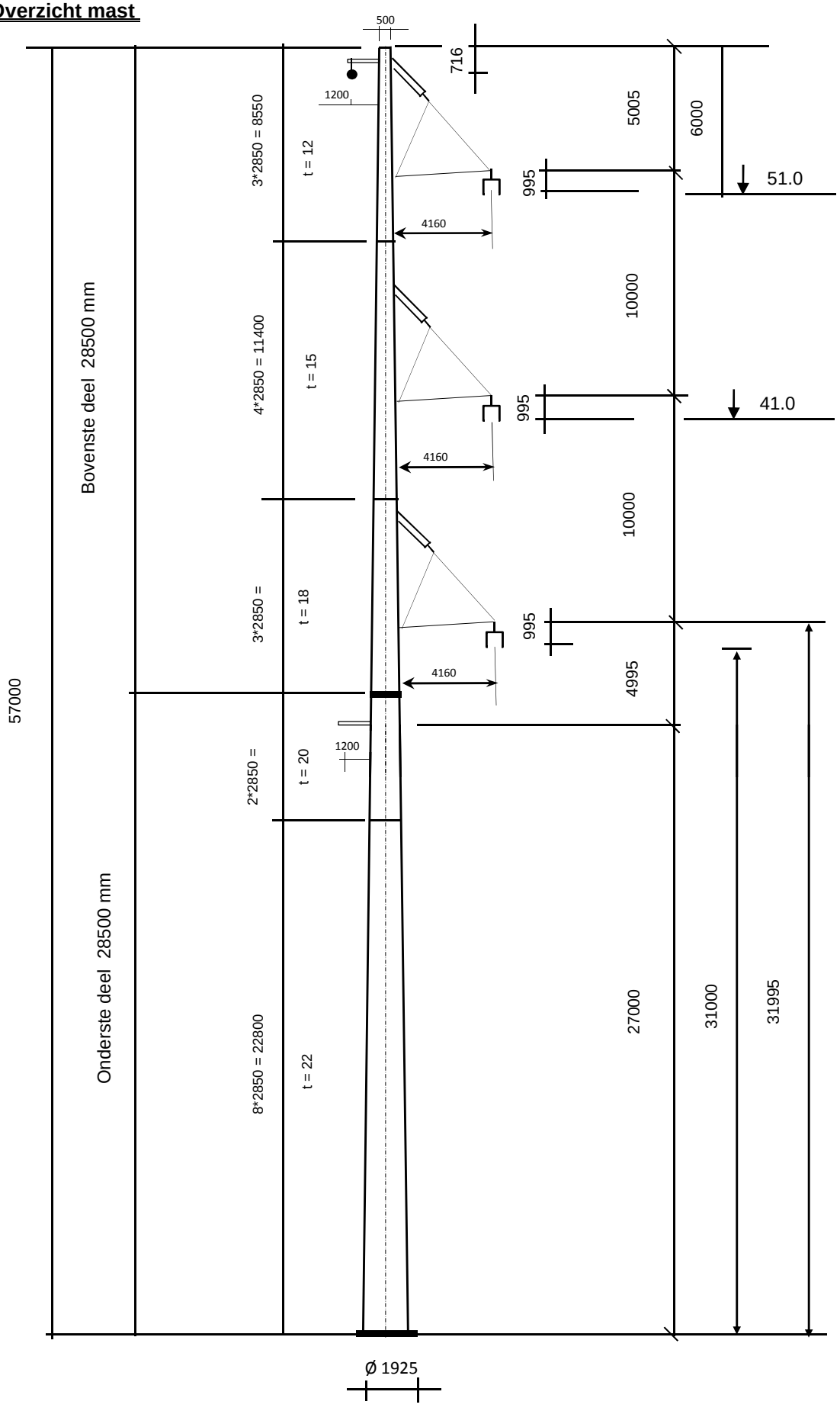
W2S400+5

57,0 m - 1925 - 500

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16 (A + B)

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,213

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	518	500	n.v.t.	2	1	56,65
2	2150	571	518	n.v.t.	2	1	55,23
3	2155	625	571	n.v.t.	2	1	53,07
4	695	643	625	n.v.t.	2	1	51,65
5	1425	678	643	n.v.t.	2	1	50,59
6	1425	714	678	n.v.t.	2	1	49,16
7	1425	749	714	n.v.t.	2	1	47,74
8	1425	785	749	n.v.t.	2	1	46,31
9	2850	856	785	n.v.t.	2	1	44,18
10	755	875	856	n.v.t.	2	1	42,37
11	2095	928	875	n.v.t.	2	1	40,95
12	2850	999	928	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1070	999	n.v.t.	2	1	35,63
14	2205	1125	1070	n.v.t.	2	1	33,10
15	645	1141	1125	n.v.t.	2	1	31,67
16	2850	1213	1141	n.v.t.	2	1	29,93
17	1500	1250	1213	n.v.t.	2	1	27,75
18	1350	1284	1250	n.v.t.	2	1	26,33
19	2850	1355	1284	n.v.t.	2	1	24,23
20	2850	1426	1355	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	1498	1426	n.v.t.	2	1	18,53
22	2850	1569	1498	n.v.t.	2	1	15,68
23	2850	1640	1569	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	1711	1640	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	1783	1711	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	1854	1783	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	1925	1854	n.v.t.	2	1	1,43
	57000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18727	147,01	5,78E+08	175,68	2,27E+06
2	544	12,0	20070	157,55	7,11E+08	188,27	2,61E+06
3	598	12,0	22099	173,48	9,50E+08	207,29	3,17E+06
4	634	12,0	23442	184,02	1,13E+09	219,88	3,58E+06
5	660	12,0	24441	191,86	1,28E+09	229,25	3,89E+06
6	696	12,0	25784	202,40	1,51E+09	241,85	4,33E+06
7	732	15,0	33767	265,07	2,17E+09	253,40	5,93E+06
8	767	15,0	35446	278,25	2,51E+09	265,99	6,54E+06
9	821	15,0	37964	298,02	3,08E+09	284,88	7,51E+06
10	866	15,0	40088	314,69	3,63E+09	300,81	8,38E+06
11	901	15,0	41766	327,87	4,10E+09	313,40	9,10E+06
12	963	15,0	44679	350,73	5,02E+09	335,25	1,04E+07
13	1034	18,0	57475	451,18	7,42E+09	359,40	1,44E+07
14	1098	18,0	61048	479,23	8,90E+09	381,74	1,62E+07
15	1133	18,0	63062	495,04	9,81E+09	394,33	1,73E+07
16	1177	18,0	65533	514,43	1,10E+10	409,77	1,87E+07
17	1231	20,0	76105	597,42	1,40E+10	428,30	2,27E+07
18	1267	20,0	78343	615,00	1,52E+10	440,89	2,40E+07
19	1319	20,0	81642	640,89	1,72E+10	459,45	2,61E+07
20	1391	22,0	94593	742,55	2,22E+10	483,94	3,19E+07
21	1462	22,0	99517	781,21	2,58E+10	509,13	3,53E+07
22	1533	22,0	104441	819,87	2,98E+10	534,32	3,89E+07
23	1604	22,0	109366	858,52	3,42E+10	559,51	4,27E+07
24	1676	22,0	114290	897,18	3,91E+10	584,70	4,66E+07
25	1747	22,0	119215	935,84	4,43E+10	609,89	5,08E+07
26	1818	22,0	124139	974,49	5,01E+10	635,07	5,51E+07
27	1889	22,0	129064	1013,15	5,63E+10	660,26	5,96E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	57000	1 -- 2	1	700	1,87E+04	5,78E+08
2	56300	2 -- 3	2	2150	2,01E+04	7,11E+08
3	54150	3 -- 4	3	2155	2,21E+04	9,50E+08
4	51995	4 -- 5	4	695	2,34E+04	1,13E+09
5	51300	5 -- 6	5	1425	2,44E+04	1,28E+09
6	49875	6 -- 7	6	1425	2,58E+04	1,51E+09
7	48450	7 -- 8	7	1425	3,38E+04	2,17E+09
8	47025	8 -- 9	8	1425	3,54E+04	2,51E+09
9	45600	9 -- 10	9	2850	3,80E+04	3,08E+09
10	42750	10 -- 11	10	755	4,01E+04	3,63E+09
11	41995	11 -- 12	11	2095	4,18E+04	4,10E+09
12	39900	12 -- 13	12	2850	4,47E+04	5,02E+09
13	37050	13 -- 14	13	2850	5,75E+04	7,42E+09
14	34200	14 -- 15	14	2205	6,10E+04	8,90E+09
15	31995	15 -- 16	15	645	6,31E+04	9,81E+09
16	31350	16 -- 17	16	2850	6,55E+04	1,10E+10
17	28500	17 -- 18	17	1500	7,61E+04	1,40E+10
18	27000	18 -- 19	18	1350	7,83E+04	1,52E+10
19	25650	19 -- 20	19	2850	8,16E+04	1,72E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	9,46E+04	2,22E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	9,95E+04	2,58E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,04E+05	2,98E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,09E+05	3,42E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,14E+05	3,91E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,19E+05	4,43E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,24E+05	5,01E+10
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,29E+05	5,63E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	56,65	0,21	1,18	31,92	0,18	1426
2	55,23	0,21	1,18	31,77	0,18	1417
3	53,07	0,21	1,17	31,55	0,18	1402
4	51,65	0,21	1,16	31,39	0,18	1392
5	50,59	0,21	1,16	31,28	0,18	1385
6	49,16	0,21	1,15	31,12	0,18	1375
7	47,74	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
8	46,31	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
9	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
10	42,37	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
11	40,95	0,21	1,11	30,08	0,19	1310
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	35,63	0,21	1,09	29,30	0,19	1261
14	33,10	0,21	1,07	28,88	0,20	1235
15	31,67	0,21	1,06	28,63	0,20	1220
16	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
17	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
18	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
19	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,68	0,21	0,91	24,65	0,23	990
23	12,83	0,21	0,87	23,52	0,24	927
24	9,98	0,21	0,82	22,10	0,26	852
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	754
26	4,28	0,21	0,64	17,31	0,33	615
27	1,43	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1134	400	0,40	0,00	4,24E-02	1385,0
2	2 -- 3	3710	3710	5,24	0,68	4,24E-02	1355,3
3	3 -- 4	4062		8,95	15,94	4,23E-02	1264,2
4	4 -- 5	1383	28404	41,42	39,61	4,20E-02	1173,3
5	5 -- 6	2948		42,80	68,88	4,18E-02	1144,2
6	6 -- 7	3098		45,75	131,97	4,13E-02	1084,9
7	7 -- 8	3991		48,85	199,37	4,06E-02	1026,5
8	8 -- 9	4179		52,84	271,83	3,98E-02	969,1
9	9 -- 10	8921		57,02	350,10	3,90E-02	912,9
10	10 -- 11	2489		65,94	525,32	3,71E-02	804,3
11	11 -- 12	7183	28404	96,83	576,04	3,65E-02	776,6
12	12 -- 13	10423		104,02	786,43	3,49E-02	701,7
13	13 -- 14	13286		114,44	1097,73	3,23E-02	605,7
14	14 -- 15	10898		127,72	1442,81	3,00E-02	516,6
15	15 -- 16	3290	28404	167,03	1736,46	2,82E-02	452,4
16	16 -- 17	15089		170,32	1845,25	2,76E-02	434,4
17	17 -- 18	9186	6512	191,92	2352,15	2,50E-02	359,3
18	18 -- 19	8505	7694	208,80	2646,92	2,37E-02	322,8
19	19 -- 20	18693		217,30	2934,54	2,26E-02	291,5
20	20 -- 21	21590		236,00	3580,49	2,00E-02	230,8
21	21 -- 22	22692		257,59	4283,84	1,76E-02	177,1
22	22 -- 23	23794		280,28	5050,30	1,51E-02	130,4
23	23 -- 24	24895		304,07	5882,99	1,26E-02	90,7
24	24 -- 25	25997		328,97	6785,07	1,01E-02	58,2
25	25 -- 26	27099		354,96	7759,68	7,61E-03	32,8
26	26 -- 27	28201		382,06	8809,94	5,08E-03	14,6
27	27 -- 28	29302		410,26	9939,00	2,54E-03	3,7
28			10993	450,56	11150,01	0,00E+00	0,0

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,4	40,0	1,385	2067,74	289,618
2	2 -- 3	371,0	371,0	1,355	9699,18	1317,847
3	3 -- 4	406,2		1,264	4856,05	603,292
4	4 -- 5	138,3	2840,4	1,173	34265,56	4095,918
5	5 -- 6	294,8		1,144	3222,88	366,150
6	6 -- 7	309,8		1,085	3208,31	345,250
7	7 -- 8	399,1		1,026	3906,63	397,358
8	8 -- 9	417,9		0,969	3857,76	370,066
9	9 -- 10	892,1		0,913	7514,50	657,728
10	10 -- 11	248,9		0,804	1930,17	155,525
11	11 -- 12	718,3	2840,4	0,777	26846,33	2105,259
12	12 -- 13	1042,3		0,702	6683,85	445,355
13	13 -- 14	1328,6		0,606	7313,71	418,353
14	14 -- 15	1089,8		0,517	5179,88	255,840
15	15 -- 16	329,0	2840,4	0,452	14037,52	646,078
16	16 -- 17	1508,9		0,434	5874,84	237,683
17	17 -- 18	918,6	651,2	0,359	5369,12	190,941
18	18 -- 19	850,5	769,4	0,323	4998,75	160,386
19	19 -- 20	1869,3		0,292	4788,71	127,474
20	20 -- 21	2159,0		0,231	4319,53	89,800
21	21 -- 22	2269,2		0,177	3422,84	53,649
22	22 -- 23	2379,4		0,130	2580,74	29,086
23	23 -- 24	2489,5		0,091	1818,23	13,799
24	24 -- 25	2599,7		0,058	1159,96	5,378
25	25 -- 26	2709,9		0,033	630,31	1,523
26	26 -- 27	2820,1		0,015	253,38	0,237
27	27 -- 28	2930,2		0,004	53,05	0,010
28			1099,3	0,000	0,00	0,000
				Som	169860	13380

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,57	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	749	0,989	0,700	0,69	513,22	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	331,77	2,03
3 -- 4	1507	0,880	2,155	1,67	2514,00	1,90
4 -- 5	199	0,837	0,695	0,49	96,82	0,58
5 -- 6	207	0,805	1,425	0,92	190,89	1,15
6 -- 7	217	0,762	1,425	0,83	179,99	1,09
7 -- 8	280	0,720	1,425	0,74	207,16	1,03
8 -- 9	293	0,679	1,425	0,66	192,93	0,97
9 -- 10	313	0,620	2,850	1,10	342,90	1,77
10 -- 11	4092	0,571	0,755	0,25	1006,30	0,43
11 -- 12	343	0,534	2,095	0,60	204,57	1,12
12 -- 13	366	0,472	2,850	0,63	232,18	1,35
13 -- 14	466	0,405	2,850	0,47	218,10	1,15
14 -- 15	1782	0,350	2,205	0,27	481,02	0,77
15 -- 16	510	0,320	0,645	0,07	33,72	0,21
16 -- 17	758	0,287	2,850	0,23	177,39	0,82
17 -- 18	1125	0,246	1,500	0,09	102,36	0,37
18 -- 19	630	0,222	1,350	0,07	41,83	0,30
19 -- 20	656	0,189	2,850	0,10	66,46	0,54
20 -- 21	758	0,147	2,850	0,06	46,82	0,42
21 -- 22	796	0,111	2,850	0,04	27,97	0,32
22 -- 23	835	0,080	2,850	0,02	15,16	0,23
23 -- 24	874	0,054	2,850	0,01	7,19	0,15
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,80	0,09
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,79	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,12	0,02
27 -- 28	1414	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,91	7234,46	19,53

m_e = 7234,5 / 11,9 = 607,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,57	Hz
b =	1,21	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	105,91	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,55

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,077	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,089	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,88	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,27	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,79	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,22	
R^2 =	1,04	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,46	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,53

$c_s c_d$ = 1,16

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,8	1,62E+06	0,80	0,83	0,66
2	47,6	1,73E+06	0,80	0,83	0,66
3	47,4	1,89E+06	0,80	0,83	0,66
4	47,2	1,99E+06	0,80	0,83	0,66
5	47,1	2,07E+06	0,80	0,83	0,66
6	46,9	2,18E+06	0,80	0,83	0,66
7	46,7	2,28E+06	0,80	0,83	0,66
8	46,5	2,38E+06	0,80	0,83	0,66
9	46,2	2,53E+06	0,79	0,83	0,66
10	46,0	2,65E+06	0,79	0,83	0,66
11	45,8	2,75E+06	0,79	0,83	0,66
12	45,4	2,91E+06	0,79	0,83	0,66
13	44,9	3,10E+06	0,79	0,83	0,66
14	44,5	3,25E+06	0,79	0,83	0,66
15	44,2	3,34E+06	0,79	0,83	0,65
16	43,8	3,44E+06	0,79	0,83	0,65
17	43,4	3,56E+06	0,79	0,83	0,65
18	43,0	3,64E+06	0,79	0,83	0,65
19	42,5	3,74E+06	0,79	0,83	0,65
20	41,7	3,87E+06	0,79	0,83	0,65
21	40,8	3,98E+06	0,78	0,83	0,65
22	39,8	4,07E+06	0,78	0,83	0,65
23	38,5	4,12E+06	0,78	0,83	0,65
24	36,9	4,12E+06	0,78	0,83	0,64
25	34,7	4,05E+06	0,77	0,83	0,64
26	31,4	3,80E+06	0,77	0,83	0,64
27	30,9	3,90E+06	0,77	0,83	0,64

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	56,300	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - Q en Q2		
1e traverse - 380C1F1	51,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,995	1			
3e traverse - 380C1F3	31,995	1			
Passieve run	27,000	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,300	1,459
1e traverse - 380C1F1	51,995	4,473
2e traverse - 380C1F2	41,995	4,598
3e traverse - 380C1F3	31,995	4,723
Passieve run	27,000	1,825

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	56,300	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	51,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,995	1			
3e traverse - 380C1F3	31,995	1			
Passieve run	27,000	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1029	105	1134	0,236	0,084	529	0,755
2	3387	323	3710	0,776	0,258	1695	0,789
3	3738	323	4062	0,853	0,259	1805	0,838
4	1279	104	1383	0,291	0,083	604	0,869
5	2734	214	2948	0,622	0,171	1271	0,892
6	2884	214	3098	0,655	0,171	1314	0,922
7	3777	214	3991	0,688	0,171	1356	0,952
8	3965	214	4179	0,721	0,171	1397	0,981
9	8494	428	8921	1,540	0,342	2913	1,022
10	2376	113	2489	0,430	0,091	797	1,055
11	6869	314	7183	1,242	0,251	2264	1,081
12	9996	428	10423	1,803	0,342	3198	1,122
13	12859	428	13286	1,934	0,342	3322	1,166
14	10567	331	10898	1,586	0,265	2647	1,200
15	3193	97	3290	0,479	0,077	786	1,218
16	14661	428	15089	2,194	0,342	3527	1,237
17	8961	225	9186	1,207	0,180	1887	1,258
18	8302	203	8505	1,117	0,162	1714	1,270
19	18265	428	18693	2,452	0,342	3656	1,283
20	21163	428	21590	2,580	0,342	3684	1,293
21	22264	428	22692	2,707	0,342	3681	1,292
22	23366	428	23794	2,833	0,342	3638	1,276
23	24468	428	24895	2,957	0,342	3542	1,243
24	25570	428	25997	3,077	0,342	3372	1,183
25	26671	428	27099	3,193	0,342	3088	1,083
26	27773	428	28201	3,296	0,342	2592	0,909
27	28875	428	29302	3,421	0,342	2605	0,914
	327487	8550	336037	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	62885

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1944	480	480	480	480
2	2 -- 3	2071	4452	4450	18488	5956
3	3 -- 4	2262				
4	4 -- 5	2388	34090	34072	58752	40106
5	5 -- 6	2482				
6	6 -- 7	2609				
7	7 -- 8	3361				
8	8 -- 9	3519				
9	9 -- 10	3756				
10	10 -- 11	3956				
11	11 -- 12	4114	34090	34072	58752	40106
12	12 -- 13	4389				
13	13 -- 14	5594				
14	14 -- 15	5931				
15	15 -- 16	6120	34090	34072	58752	40106
16	16 -- 17	6353				
17	17 -- 18	7349	7815	7815	7815	7815
18	18 -- 19	7560	9234	9230	37352	12244
19	19 -- 20	7871				
20	20 -- 21	9091				
21	21 -- 22	9555				
22	22 -- 23	10018				
23	23 -- 24	10482				
24	24 -- 25	10946				
25	25 -- 26	11410				
26	26 -- 27	11874				
27	27 -- 28	12338				
28			13192	13192	13192	13192

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2295 / 1515 , t = 60 mm ; G = 1099 kg
Flenzen op 28,5m : 2 * rond 1213 / 900 , t = 80 mm ; G = 651 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	755				
2	2 -- 3	789	10176	3240	12168	3354
3	3 -- 4	838				
4	4 -- 5	869	60112	21836	42312	21468
5	5 -- 6	892				
6	6 -- 7	922				
7	7 -- 8	952				
8	8 -- 9	981				
9	9 -- 10	1022				
10	10 -- 11	1055				
11	11 -- 12	1081	55920	21088	40160	20732
12	12 -- 13	1122				
13	13 -- 14	1166				
14	14 -- 15	1200				
15	15 -- 16	1218	50600	20146	37446	19802
16	16 -- 17	1237				
17	17 -- 18	1258				
18	18 -- 19	1270	14532	5508	19008	5780
19	19 -- 20	1283				
20	20 -- 21	1293				
21	21 -- 22	1292				
22	22 -- 23	1276				
23	23 -- 24	1243				
24	24 -- 25	1183				
25	25 -- 26	1083				
26	26 -- 27	909				
27	27 -- 28	914				
28						

KEMA rapport - bijlage Q2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1208				
2	2 -- 3	1262	14796	4302	17356	4514
3	3 -- 4	1340				
4	4 -- 5	1391	86756	28240	58878	28266
5	5 -- 6	1427				
6	6 -- 7	1476				
7	7 -- 8	1523				
8	8 -- 9	1569				
9	9 -- 10	1635				
10	10 -- 11	1689				
11	11 -- 12	1729	80508	27106	55648	27152
12	12 -- 13	1795				
13	13 -- 14	1865				
14	14 -- 15	1920				
15	15 -- 16	1949	72560	25676	51566	25746
16	16 -- 17	1980				
17	17 -- 18	2013				
18	18 -- 19	2032	20912	7092	26732	7588
19	19 -- 20	2053				
20	20 -- 21	2068				
21	21 -- 22	2067				
22	22 -- 23	2042				
23	23 -- 24	1988				
24	24 -- 25	1893				
25	25 -- 26	1733				
26	26 -- 27	1455				
27	27 -- 28	1463				
28						

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	529		0	0,00E+00	7,03E-03	227
2	2 -- 3	1695		529	2,10E+05	7,03E-03	222
3	3 -- 4	1805		2224	3,30E+06	7,01E-03	207
4	4 -- 5	604		4029	1,06E+07	6,94E-03	192
5	5 -- 6	1271		4633	1,39E+07	6,91E-03	187
6	6 -- 7	1314		5904	2,18E+07	6,81E-03	177
7	7 -- 8	1356		7218	3,16E+07	6,70E-03	168
8	8 -- 9	1397		8575	4,33E+07	6,58E-03	158
9	9 -- 10	2913		9972	5,71E+07	6,44E-03	149
10	10 -- 11	797		12885	9,08E+07	6,12E-03	131
11	11 -- 12	2264		13682	1,01E+08	6,03E-03	126
12	12 -- 13	3198		15946	1,34E+08	5,75E-03	114
13	13 -- 14	3322		19144	1,85E+08	5,32E-03	98
14	14 -- 15	2647		22466	2,46E+08	4,93E-03	84
15	15 -- 16	786		25112	3,01E+08	4,61E-03	73
16	16 -- 17	3527		25898	3,18E+08	4,51E-03	70
17	17 -- 18	1887		29425	3,99E+08	4,07E-03	58
18	18 -- 19	1714		31312	4,45E+08	3,86E-03	52
19	19 -- 20	3656		33026	4,90E+08	3,66E-03	47
20	20 -- 21	3684		36682	5,92E+08	3,23E-03	37
21	21 -- 22	3681		40367	7,03E+08	2,84E-03	28
22	22 -- 23	3638		44048	8,26E+08	2,44E-03	21
23	23 -- 24	3542		47685	9,58E+08	2,03E-03	15
24	24 -- 25	3372		51227	1,10E+09	1,63E-03	9
25	25 -- 26	3088		54600	1,25E+09	1,22E-03	5
26	26 -- 27	2592		57687	1,41E+09	8,09E-04	2
27	27 -- 28	2605		60279	1,58E+09	4,03E-04	1
28				62885	1,76E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,62E-02	1375
2	2 -- 3		10176	10176	1,65E+05	4,62E-02	1342
3	3 -- 4			10176	2,29E+07	4,60E-02	1243
4	4 -- 5		60112	70288	4,88E+07	4,57E-02	1144
5	5 -- 6			70288	9,90E+07	4,54E-02	1113
6	6 -- 7			70288	2,02E+08	4,47E-02	1048
7	7 -- 8			70288	3,05E+08	4,35E-02	985
8	8 -- 9			70288	4,08E+08	4,24E-02	924
9	9 -- 10			70288	5,12E+08	4,12E-02	865
10	10 -- 11			70288	7,20E+08	3,85E-02	751
11	11 -- 12		55920	126208	7,75E+08	3,77E-02	722
12	12 -- 13			126208	1,05E+09	3,55E-02	645
13	13 -- 14			126208	1,42E+09	3,22E-02	548
14	14 -- 15			126208	1,79E+09	2,93E-02	461
15	15 -- 16		50600	176808	2,08E+09	2,70E-02	399
16	16 -- 17			176808	2,19E+09	2,63E-02	381
17	17 -- 18			176808	2,71E+09	2,33E-02	310
18	18 -- 19		14532	191340	2,98E+09	2,19E-02	276
19	19 -- 20			191340	3,25E+09	2,06E-02	248
20	20 -- 21			191340	3,81E+09	1,78E-02	193
21	21 -- 22			191340	4,36E+09	1,53E-02	146
22	22 -- 23			191340	4,92E+09	1,29E-02	106
23	23 -- 24			191340	5,47E+09	1,05E-02	72
24	24 -- 25			191340	6,03E+09	8,21E-03	46
25	25 -- 26			191340	6,58E+09	6,02E-03	25
26	26 -- 27			191340	7,13E+09	3,93E-03	11
27	27 -- 28			191340	7,68E+09	1,92E-03	3
28	28 -- 29			191340	8,23E+09	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,68E-02	504
2	2 -- 3		3240	3240	5,98E+04	1,68E-02	492
3	3 -- 4			3240	7,34E+06	1,67E-02	456
4	4 -- 5		21836	25076	1,58E+07	1,66E-02	420
5	5 -- 6			25076	3,37E+07	1,65E-02	409
6	6 -- 7			25076	7,04E+07	1,63E-02	385
7	7 -- 8			25076	1,07E+08	1,59E-02	362
8	8 -- 9			25076	1,44E+08	1,55E-02	340
9	9 -- 10			25076	1,81E+08	1,50E-02	318
10	10 -- 11			25076	2,55E+08	1,41E-02	277
11	11 -- 12		21088	46164	2,75E+08	1,38E-02	266
12	12 -- 13			46164	3,75E+08	1,30E-02	238
13	13 -- 14			46164	5,10E+08	1,18E-02	203
14	14 -- 15			46164	6,46E+08	1,08E-02	170
15	15 -- 16		20146	66310	7,51E+08	9,96E-03	148
16	16 -- 17			66310	7,95E+08	9,71E-03	141
17	17 -- 18			66310	9,89E+08	8,62E-03	115
18	18 -- 19		5508	71818	1,09E+09	8,08E-03	102
19	19 -- 20			71818	1,19E+09	7,60E-03	92
20	20 -- 21			71818	1,40E+09	6,59E-03	72
21	21 -- 22			71818	1,61E+09	5,67E-03	54
22	22 -- 23			71818	1,82E+09	4,77E-03	39
23	23 -- 24			71818	2,03E+09	3,89E-03	27
24	24 -- 25			71818	2,23E+09	3,05E-03	17
25	25 -- 26			71818	2,44E+09	2,24E-03	9
26	26 -- 27			71818	2,65E+09	1,46E-03	4
27	27 -- 28			71818	2,85E+09	7,13E-04	1
28				71818	3,06E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,64E-02	1068
2	2 -- 3		12168	12168	1,30E+05	3,64E-02	1043
3	3 -- 4			12168	2,70E+07	3,62E-02	965
4	4 -- 5		42312	54480	5,63E+07	3,58E-02	887
5	5 -- 6			54480	9,52E+07	3,56E-02	862
6	6 -- 7			54480	1,75E+08	3,49E-02	812
7	7 -- 8			54480	2,55E+08	3,39E-02	763
8	8 -- 9			54480	3,35E+08	3,30E-02	715
9	9 -- 10			54480	4,15E+08	3,20E-02	669
10	10 -- 11			54480	5,76E+08	2,98E-02	581
11	11 -- 12		40160	94640	6,19E+08	2,92E-02	559
12	12 -- 13			94640	8,24E+08	2,75E-02	499
13	13 -- 14			94640	1,10E+09	2,49E-02	425
14	14 -- 15			94640	1,38E+09	2,26E-02	357
15	15 -- 16		37446	132086	1,60E+09	2,08E-02	309
16	16 -- 17			132086	1,68E+09	2,03E-02	296
17	17 -- 18			132086	2,07E+09	1,80E-02	241
18	18 -- 19		19008	151094	2,27E+09	1,69E-02	215
19	19 -- 20			151094	2,48E+09	1,59E-02	192
20	20 -- 21			151094	2,92E+09	1,38E-02	150
21	21 -- 22			151094	3,36E+09	1,19E-02	113
22	22 -- 23			151094	3,80E+09	9,98E-03	82
23	23 -- 24			151094	4,24E+09	8,15E-03	56
24	24 -- 25			151094	4,68E+09	6,39E-03	36
25	25 -- 26			151094	5,11E+09	4,69E-03	20
26	26 -- 27			151094	5,55E+09	3,06E-03	9
27	27 -- 28			151094	5,98E+09	1,49E-03	2
28				151094	6,41E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,66E-02	499
2	2 -- 3		3354	3354	5,92E+04	1,66E-02	487
3	3 -- 4			3354	7,58E+06	1,66E-02	451
4	4 -- 5		21468	24822	1,62E+07	1,64E-02	416
5	5 -- 6			24822	3,40E+07	1,64E-02	404
6	6 -- 7			24822	7,04E+07	1,61E-02	381
7	7 -- 8			24822	1,07E+08	1,57E-02	358
8	8 -- 9			24822	1,43E+08	1,53E-02	336
9	9 -- 10			24822	1,80E+08	1,49E-02	315
10	10 -- 11			24822	2,53E+08	1,39E-02	274
11	11 -- 12		20732	45554	2,73E+08	1,37E-02	263
12	12 -- 13			45554	3,71E+08	1,29E-02	236
13	13 -- 14			45554	5,05E+08	1,17E-02	200
14	14 -- 15			45554	6,39E+08	1,07E-02	169
15	15 -- 16		19802	65356	7,43E+08	9,84E-03	146
16	16 -- 17			65356	7,86E+08	9,60E-03	140
17	17 -- 18			65356	9,77E+08	8,52E-03	114
18	18 -- 19		5780	71136	1,08E+09	7,99E-03	101
19	19 -- 20			71136	1,18E+09	7,52E-03	91
20	20 -- 21			71136	1,38E+09	6,51E-03	71
21	21 -- 22			71136	1,59E+09	5,60E-03	54
22	22 -- 23			71136	1,80E+09	4,71E-03	39
23	23 -- 24			71136	2,00E+09	3,85E-03	27
24	24 -- 25			71136	2,21E+09	3,02E-03	17
25	25 -- 26			71136	2,41E+09	2,21E-03	9
26	26 -- 27			71136	2,62E+09	1,44E-03	4
27	27 -- 28			71136	2,82E+09	7,05E-04	1
28				71136	3,03E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,25E-03	153
2	2 -- 3				-5,41E+06	7,25E-03	147
3	3 -- 4				-5,41E+06	7,33E-03	132
4	4 -- 5				1,22E+08	7,39E-03	116
5	5 -- 6				1,22E+08	7,03E-03	111
6	6 -- 7				1,22E+08	6,39E-03	101
7	7 -- 8				1,22E+08	5,84E-03	93
8	8 -- 9				1,22E+08	5,46E-03	85
9	9 -- 10				1,22E+08	5,13E-03	77
10	10 -- 11				1,22E+08	4,59E-03	63
11	11 -- 12				2,52E+08	4,47E-03	60
12	12 -- 13				2,52E+08	3,86E-03	51
13	13 -- 14				2,52E+08	3,18E-03	41
14	14 -- 15				2,52E+08	2,72E-03	33
15	15 -- 16				3,86E+08	2,42E-03	27
16	16 -- 17				3,86E+08	2,30E-03	25
17	17 -- 18				3,86E+08	1,82E-03	20
18	18 -- 19				3,72E+08	1,63E-03	17
19	19 -- 20				3,72E+08	1,47E-03	15
20	20 -- 21				3,72E+08	1,17E-03	11
21	21 -- 22				3,72E+08	9,47E-04	8
22	22 -- 23				3,72E+08	7,51E-04	6
23	23 -- 24				3,72E+08	5,82E-04	4
24	24 -- 25				3,72E+08	4,34E-04	2
25	25 -- 26				3,72E+08	3,05E-04	1
26	26 -- 27				3,72E+08	1,91E-04	1
27	27 -- 28				3,72E+08	8,98E-05	0
28					3,72E+08	0,00E+00	0

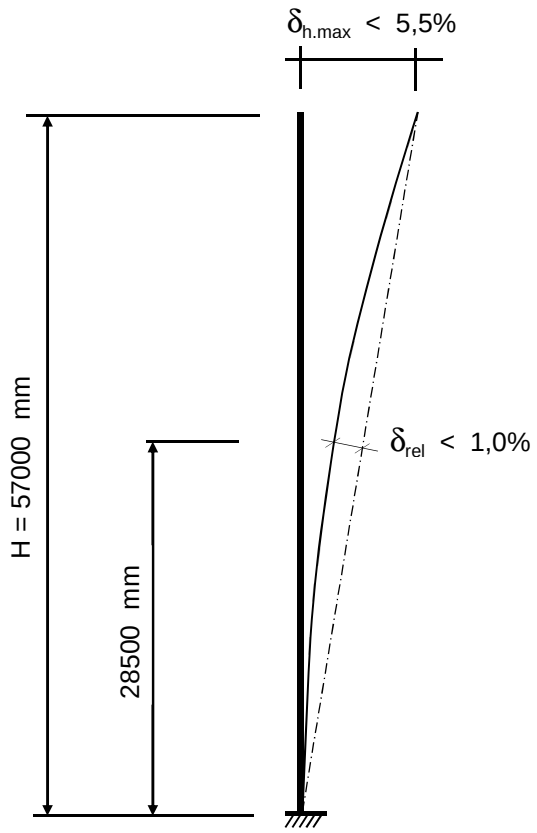
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,0E-02	1754
2	2 -- 3	6,0E-02	1712
3	3 -- 4	6,0E-02	1582
4	4 -- 5	6,0E-02	1452
5	5 -- 6	5,9E-02	1411
6	6 -- 7	5,8E-02	1327
7	7 -- 8	5,6E-02	1246
8	8 -- 9	5,4E-02	1167
9	9 -- 10	5,3E-02	1091
10	10 -- 11	4,9E-02	945
11	11 -- 12	4,8E-02	908
12	12 -- 13	4,5E-02	810
13	13 -- 14	4,1E-02	688
14	14 -- 15	3,7E-02	577
15	15 -- 16	3,4E-02	499
16	16 -- 17	3,3E-02	477
17	17 -- 18	2,9E-02	388
18	18 -- 19	2,7E-02	345
19	19 -- 20	2,6E-02	310
20	20 -- 21	2,2E-02	241
21	21 -- 22	1,9E-02	182
22	22 -- 23	1,6E-02	132
23	23 -- 24	1,3E-02	91
24	24 -- 25	1,0E-02	57
25	25 -- 26	7,5E-03	32
26	26 -- 27	4,9E-03	14
27	27 -- 28	2,4E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1754 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,08 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 17 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 388 mm
α = 1,76 graden

δ_{rel} = 489 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 0,86 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	793	480	0	0,00E+00	1,09E-02	354
2	2 -- 3	2543	6293	846	2,96E+05	1,09E-02	346
3	3 -- 4	2707	10745	3558	5,03E+06	1,09E-02	322
4	4 -- 5	906	49709	6446	1,58E+07	1,08E-02	299
5	5 -- 6	1907	51368	7413	2,06E+07	1,07E-02	292
6	6 -- 7	1972	54906	9447	3,26E+07	1,06E-02	277
7	7 -- 8	2035	58623	11550	4,76E+07	1,04E-02	262
8	8 -- 9	2096	63413	13720	6,56E+07	1,02E-02	247
9	9 -- 10	4369	68427	15955	8,67E+07	1,00E-02	232
10	10 -- 11	1195	79132	20616	1,39E+08	9,52E-03	205
11	11 -- 12	3396	116209	21891	1,55E+08	9,38E-03	197
12	12 -- 13	4797	124829	25513	2,05E+08	8,94E-03	178
13	13 -- 14	4983	137337	30630	2,85E+08	8,28E-03	154
14	14 -- 15	3970	153280	35945	3,79E+08	7,68E-03	131
15	15 -- 16	1178	200448	40180	4,63E+08	7,18E-03	114
16	16 -- 17	5290	204395	41437	4,90E+08	7,03E-03	110
17	17 -- 18	2831	230316	47079	6,16E+08	6,35E-03	91
18	18 -- 19	2571	250574	50099	6,89E+08	6,02E-03	81
19	19 -- 20	5484	260780	52842	7,58E+08	5,72E-03	73
20	20 -- 21	5527	283212	58692	9,17E+08	5,06E-03	58
21	21 -- 22	5522	309120	64587	1,09E+09	4,44E-03	45
22	22 -- 23	5457	336350	70476	1,29E+09	3,82E-03	33
23	23 -- 24	5313	364903	76297	1,49E+09	3,18E-03	23
24	24 -- 25	5058	394777	81964	1,72E+09	2,55E-03	15
25	25 -- 26	4632	425974	87359	1,96E+09	1,91E-03	8
26	26 -- 27	3888	458492	92300	2,22E+09	1,27E-03	4
27	27 -- 28	3908	492333	96447	2,49E+09	6,33E-04	1
28			540688	100616	2,77E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,48E-02	1930
2	2 -- 3		14796	14796	0,00E+00	6,48E-02	1885
3	3 -- 4			14796	3,18E+07	6,45E-02	1745
4	4 -- 5		86756	101552	6,37E+07	6,40E-02	1607
5	5 -- 6			101552	1,34E+08	6,37E-02	1563
6	6 -- 7			101552	2,79E+08	6,26E-02	1472
7	7 -- 8			101552	4,24E+08	6,10E-02	1384
8	8 -- 9			101552	5,68E+08	5,95E-02	1298
9	9 -- 10			101552	7,13E+08	5,78E-02	1215
10	10 -- 11			101552	1,00E+09	5,40E-02	1055
11	11 -- 12		80508	182060	1,08E+09	5,30E-02	1015
12	12 -- 13			182060	1,46E+09	4,99E-02	907
13	13 -- 14			182060	1,98E+09	4,52E-02	771
14	14 -- 15			182060	2,50E+09	4,11E-02	648
15	15 -- 16		72560	254620	2,90E+09	3,79E-02	561
16	16 -- 17			254620	3,06E+09	3,70E-02	536
17	17 -- 18			254620	3,79E+09	3,28E-02	437
18	18 -- 19		20912	275532	4,17E+09	3,07E-02	389
19	19 -- 20			275532	4,54E+09	2,89E-02	349
20	20 -- 21			275532	5,33E+09	2,50E-02	272
21	21 -- 22			275532	6,11E+09	2,15E-02	205
22	22 -- 23			275532	6,90E+09	1,81E-02	149
23	23 -- 24			275532	7,68E+09	1,48E-02	102
24	24 -- 25			275532	8,47E+09	1,16E-02	64
25	25 -- 26			275532	9,26E+09	8,49E-03	36
26	26 -- 27			275532	1,00E+10	5,53E-03	16
27	27 -- 28			275532	1,08E+10	2,71E-03	4
28				275532	1,16E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,11E-02	634
2	2 -- 3		4302	4302	0,00E+00	2,11E-02	619
3	3 -- 4			4302	9,25E+06	2,10E-02	574
4	4 -- 5		28240	32542	1,85E+07	2,09E-02	528
5	5 -- 6			32542	4,11E+07	2,08E-02	514
6	6 -- 7			32542	8,75E+07	2,04E-02	485
7	7 -- 8			32542	1,34E+08	1,99E-02	456
8	8 -- 9			32542	1,80E+08	1,94E-02	428
9	9 -- 10			32542	2,27E+08	1,89E-02	400
10	10 -- 11			32542	3,19E+08	1,77E-02	348
11	11 -- 12		27106	59648	3,44E+08	1,74E-02	335
12	12 -- 13			59648	4,69E+08	1,64E-02	300
13	13 -- 14			59648	6,39E+08	1,49E-02	255
14	14 -- 15			59648	8,09E+08	1,35E-02	214
15	15 -- 16		25676	85324	9,40E+08	1,25E-02	186
16	16 -- 17			85324	9,95E+08	1,22E-02	178
17	17 -- 18			85324	1,24E+09	1,08E-02	145
18	18 -- 19		7092	92416	1,37E+09	1,02E-02	129
19	19 -- 20			92416	1,49E+09	9,57E-03	116
20	20 -- 21			92416	1,75E+09	8,29E-03	90
21	21 -- 22			92416	2,02E+09	7,13E-03	68
22	22 -- 23			92416	2,28E+09	6,00E-03	49
23	23 -- 24			92416	2,54E+09	4,90E-03	34
24	24 -- 25			92416	2,81E+09	3,84E-03	21
25	25 -- 26			92416	3,07E+09	2,82E-03	12
26	26 -- 27			92416	3,34E+09	1,84E-03	5
27	27 -- 28			92416	3,60E+09	9,00E-04	1
28				92416	3,86E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,94E-02	1451
2	2 -- 3		17356	17356	0,00E+00	4,94E-02	1416
3	3 -- 4			17356	3,73E+07	4,92E-02	1310
4	4 -- 5		58878	76234	7,47E+07	4,86E-02	1204
5	5 -- 6			76234	1,28E+08	4,83E-02	1171
6	6 -- 7			76234	2,36E+08	4,73E-02	1103
7	7 -- 8			76234	3,45E+08	4,60E-02	1036
8	8 -- 9			76234	4,54E+08	4,47E-02	971
9	9 -- 10			76234	5,62E+08	4,34E-02	909
10	10 -- 11			76234	7,80E+08	4,04E-02	789
11	11 -- 12		55648	131882	8,37E+08	3,96E-02	759
12	12 -- 13			131882	1,11E+09	3,72E-02	678
13	13 -- 14			131882	1,49E+09	3,37E-02	577
14	14 -- 15			131882	1,87E+09	3,07E-02	485
15	15 -- 16		51566	183448	2,16E+09	2,83E-02	420
16	16 -- 17			183448	2,27E+09	2,76E-02	402
17	17 -- 18			183448	2,80E+09	2,45E-02	327
18	18 -- 19		26732	210180	3,07E+09	2,30E-02	292
19	19 -- 20			210180	3,36E+09	2,16E-02	262
20	20 -- 21			210180	3,95E+09	1,87E-02	204
21	21 -- 22			210180	4,55E+09	1,61E-02	154
22	22 -- 23			210180	5,15E+09	1,36E-02	112
23	23 -- 24			210180	5,75E+09	1,11E-02	77
24	24 -- 25			210180	6,35E+09	8,69E-03	48
25	25 -- 26			210180	6,95E+09	6,38E-03	27
26	26 -- 27			210180	7,55E+09	4,17E-03	12
27	27 -- 28			210180	8,15E+09	2,04E-03	3
28				210180	8,75E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,13E-02	638
2	2 -- 3		4514	4514	0,00E+00	2,13E-02	623
3	3 -- 4			4514	9,71E+06	2,12E-02	578
4	4 -- 5		28266	32780	1,94E+07	2,10E-02	532
5	5 -- 6			32780	4,22E+07	2,09E-02	518
6	6 -- 7			32780	8,89E+07	2,06E-02	488
7	7 -- 8			32780	1,36E+08	2,01E-02	459
8	8 -- 9			32780	1,82E+08	1,96E-02	431
9	9 -- 10			32780	2,29E+08	1,90E-02	403
10	10 -- 11			32780	3,22E+08	1,78E-02	351
11	11 -- 12		27152	59932	3,47E+08	1,75E-02	337
12	12 -- 13			59932	4,73E+08	1,65E-02	302
13	13 -- 14			59932	6,44E+08	1,50E-02	257
14	14 -- 15			59932	8,14E+08	1,36E-02	216
15	15 -- 16		25746	85678	9,47E+08	1,26E-02	187
16	16 -- 17			85678	1,00E+09	1,23E-02	179
17	17 -- 18			85678	1,25E+09	1,09E-02	146
18	18 -- 19		7588	93266	1,37E+09	1,02E-02	130
19	19 -- 20			93266	1,50E+09	9,63E-03	117
20	20 -- 21			93266	1,77E+09	8,35E-03	91
21	21 -- 22			93266	2,03E+09	7,19E-03	69
22	22 -- 23			93266	2,30E+09	6,05E-03	50
23	23 -- 24			93266	2,56E+09	4,94E-03	34
24	24 -- 25			93266	2,83E+09	3,87E-03	22
25	25 -- 26			93266	3,10E+09	2,84E-03	12
26	26 -- 27			93266	3,36E+09	1,85E-03	5
27	27 -- 28			93266	3,63E+09	9,07E-04	1
28				93266	3,89E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,70E-03	183
2	2 -- 3				-6,49E+06	8,70E-03	177
3	3 -- 4				-6,49E+06	8,79E-03	158
4	4 -- 5				1,46E+08	8,86E-03	139
5	5 -- 6				1,46E+08	8,44E-03	133
6	6 -- 7				1,46E+08	7,67E-03	122
7	7 -- 8				1,46E+08	7,01E-03	111
8	8 -- 9				1,46E+08	6,55E-03	102
9	9 -- 10				1,46E+08	6,16E-03	92
10	10 -- 11				1,46E+08	5,51E-03	76
11	11 -- 12				3,03E+08	5,37E-03	72
12	12 -- 13				3,03E+08	4,63E-03	61
13	13 -- 14				3,03E+08	3,82E-03	49
14	14 -- 15				3,03E+08	3,26E-03	39
15	15 -- 16				4,64E+08	2,91E-03	32
16	16 -- 17				4,64E+08	2,76E-03	30
17	17 -- 18				4,64E+08	2,19E-03	23
18	18 -- 19				4,47E+08	1,95E-03	20
19	19 -- 20				4,47E+08	1,76E-03	18
20	20 -- 21				4,47E+08	1,41E-03	13
21	21 -- 22				4,47E+08	1,14E-03	10
22	22 -- 23				4,47E+08	9,01E-04	7
23	23 -- 24				4,47E+08	6,98E-04	4
24	24 -- 25				4,47E+08	5,21E-04	3
25	25 -- 26				4,47E+08	3,66E-04	1
26	26 -- 27				4,47E+08	2,29E-04	1
27	27 -- 28				4,47E+08	1,08E-04	0
28					4,47E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,29	17,59	26,89
3	3 -- 4	10,74	18,36	30,35
4	4 -- 5	49,71	108,00	314,97
5	5 -- 6	51,37	108,96	369,30
6	6 -- 7	54,91	111,00	481,32
7	7 -- 8	58,62	113,10	617,27
8	8 -- 9	63,41	115,27	779,99
9	9 -- 10	68,43	117,51	945,84
10	10 -- 11	79,13	122,17	1287,38
11	11 -- 12	116,21	203,95	1536,83
12	12 -- 13	124,83	207,57	1967,90
13	13 -- 14	137,34	212,69	2566,77
14	14 -- 15	153,28	218,01	3180,51
15	15 -- 16	200,45	294,80	3826,88
16	16 -- 17	204,40	296,06	4017,43
17	17 -- 18	230,32	301,70	4869,23
18	18 -- 19	250,57	325,63	5307,19
19	19 -- 20	260,78	328,37	5748,65
20	20 -- 21	283,21	334,22	6692,85
21	21 -- 22	309,12	340,12	7653,79
22	22 -- 23	336,35	346,01	8631,52
23	23 -- 24	364,90	351,83	9625,93
24	24 -- 25	394,78	357,50	10636,72
25	25 -- 26	425,97	362,89	11663,27
26	26 -- 27	458,49	367,83	12704,55
27	27 -- 28	492,33	371,98	13758,78
28		540,69	376,15	14824,86

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 8 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 7

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 748	26,89	6,29	42	27,2	835,6	0,03
2	500 / 748	30,35	10,74	130	32,0	1024,9	0,03
3	500 / 748	314,97	49,71	130	323,1	1234,1	0,27
4	500 / 748	369,30	51,37	41	379,5	1305,7	0,30
5	500 / 748	481,32	54,91	84	496,1	1458,8	0,35
6	500 / 748	617,27	58,62	81	636,9	1620,4	0,40
7	749 / 999	779,99	63,41	79	804,6	2211,3	0,37
8	749 / 999	945,84	68,43	76	975,7	2433,2	0,41
9	749 / 999	1287,38	79,13	146	1328,7	2908,9	0,46
10	749 / 999	1536,83	116,21	37	1582,4	3042,0	0,53
11	749 / 999	1967,90	124,83	98	2025,7	3427,0	0,60
12	749 / 999	2566,77	137,34	123	2641,4	3987,6	0,67
13	999 / 1213	3180,51	153,28	111	3272,2	5462,4	0,61
14	999 / 1213	3826,88	200,45	78	3934,2	6054,7	0,66
15	999 / 1213	4017,43	204,40	22	4129,2	6233,8	0,67
16	999 / 1213	4869,23	230,32	89	5001,5	7056,1	0,72
17	1213/ 1355	5307,19	250,57	42	5450,1	8303,6	0,67
18	1213/ 1355	5748,65	260,78	36	5900,9	8769,2	0,68
19	1213/ 1355	6692,85	283,21	68	6864,5	9793,8	0,71
20	1355/ 1925	7653,79	309,12	59	7843,6	11912,0	0,67
21	1355/ 1925	8631,52	336,35	50	8838,2	13161,0	0,68
22	1355/ 1925	9625,93	364,90	42	9847,8	14472,2	0,69
23	1355/ 1925	10636,72	394,78	33	10871,8	15845,8	0,70
24	1355/ 1925	11663,27	425,97	25	11909,2	17281,6	0,70
25	1355/ 1925	12704,55	458,49	18	12958,6	18779,6	0,70
26	1355/ 1925	13758,78	492,33	10	14018,0	20340,0	0,70
27	1355/ 1925	14824,86	540,69	3	15086,0	21962,6	0,70

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,13	0,81	355	355
571	12,0	47,60	0,81	355	355
625	12,0	52,09	0,81	355	355
643	12,0	53,54	0,81	355	355
678	12,0	56,51	0,81	355	355
714	12,0	59,48	0,81	355	355
749	15,0	49,96	0,81	355	355
785	15,0	52,33	0,81	355	355
856	15,0	57,08	0,81	355	355
875	15,0	58,34	0,81	355	355
928	15,0	61,83	0,81	346	355
999	15,0	66,58	0,81	329	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1125	18,0	62,51	0,81	343	355
1141	18,0	63,40	0,81	340	355
1213	18,0	67,36	0,81	326	355
1250	20,0	62,50	0,81	343	355
1284	20,0	64,19	0,81	337	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1426	22,0	64,83	0,81	335	355
1498	22,0	68,07	0,81	324	355
1569	22,0	71,31	0,81	314	355
1640	22,0	74,55	0,81	305	355
1711	22,0	77,78	0,81	297	355
1783	22,0	81,02	0,81	289	355
1854	22,0	84,26	0,81	282	355
1925	22,0	87,50	0,81	276	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 748	11,95	0,34	355	355	0,03
2	500 / 748	12,25	0,54	355	355	0,04
3	500 / 748	101,76	2,25	355	355	0,29
4	500 / 748	106,12	2,19	355	355	0,31
5	500 / 748	127,52	2,25	355	355	0,37
6	500 / 748	146,95	2,27	355	355	0,42
7	749 / 999	135,73	1,88	355	355	0,39
8	749 / 999	149,23	1,93	355	355	0,43
9	749 / 999	176,95	2,08	355	355	0,50
10	749 / 999	188,83	2,90	355	355	0,54
11	749 / 999	222,53	2,99	355	346	0,64
12	749 / 999	253,30	3,07	355	329	0,72
13	999 / 1213	227,96	2,67	355	355	0,65
14	999 / 1213	242,70	3,28	355	343	0,69
15	999 / 1213	238,59	3,24	355	340	0,68
16	999 / 1213	267,46	3,51	355	326	0,76
17	1213/ 1355	240,33	3,29	355	343	0,69
18	1213/ 1355	245,44	3,33	355	337	0,70
19	1213/ 1355	262,75	3,47	355	325	0,75
20	1355/ 1925	246,18	3,27	355	335	0,70
21	1355/ 1925	250,43	3,38	355	324	0,72
22	1355/ 1925	253,17	3,49	355	314	0,72
23	1355/ 1925	254,73	3,61	355	305	0,73
24	1355/ 1925	255,36	3,73	355	297	0,73
25	1355/ 1925	255,25	3,85	355	289	0,73
26	1355/ 1925	254,52	3,97	355	282	0,73
27	1355/ 1925	253,29	4,19	355	276	0,73

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

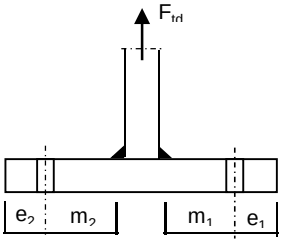
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

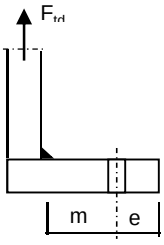
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

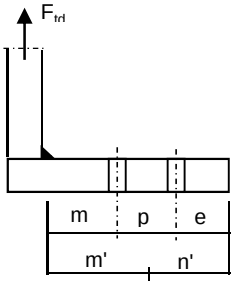
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$
$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	546,79	6,72	28	M 48 - 8,8	848,4	0,64
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1020,00					
1020,00	24	786,03	12,57	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,74

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2085,00	1721,00	73,2	103,0	91,5			193,1
2085,00	1721,00	73,2	105,0	91,5			233,9
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1020,00	1020,0	69,5	60,0	60,0			133,5
1020,00	1020,0	71,5	60,0	60,0			133,5

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	5,82E+07	3180,82	1649,57	1696,90	1649,57	1093,58	0,66
60	7,05E+07	3853,58	1799,07	1696,90	1696,90	1093,58	0,64
flenzen op 28,5 m hoogte.							
80	7,16E+07	2060,57	1044,32	1060,56	1044,32	786,03	0,75
80	7,16E+07	2002,90	1028,43	1060,56	1028,43	786,03	0,76

Krachten in kN

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 1925	0,57	1,213	0,18	3,82

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1385	1,000		1,000			
2	1355	0,979	1 -- 2	0,989	113	411	749,2
3	1264	0,913	2 -- 3	0,946	371		172,6
4	1173	0,847	3 -- 4	0,880	406	2840	1506,5
5	1144	0,826	4 -- 5	0,837	138		199,0
6	1085	0,783	5 -- 6	0,805	295		206,9
7	1026	0,741	6 -- 7	0,762	310		217,4
8	969	0,700	7 -- 8	0,720	399		280,1
9	913	0,659	8 -- 9	0,679	418		293,3
10	804	0,581	9 -- 10	0,620	892		313,0
11	777	0,561	10 -- 11	0,571	249	2840	4091,8
12	702	0,507	11 -- 12	0,534	718		342,9
13	606	0,437	12 -- 13	0,472	1042		365,7
14	517	0,373	13 -- 14	0,405	1329		466,2
15	452	0,327	14 -- 15	0,350	1090	2840	1782,4
16	434	0,314	15 -- 16	0,320	329		510,0
17	359	0,259	16 -- 17	0,287	1509	651	757,9
18	323	0,233	17 -- 18	0,246	919	769	1125,4
19	292	0,210	18 -- 19	0,222	850		630,0
20	231	0,167	19 -- 20	0,189	1869		655,9
21	177	0,128	20 -- 21	0,147	2159		757,6
22	130	0,094	21 -- 22	0,111	2269		796,2
23	91	0,066	22 -- 23	0,080	2379		834,9
24	58	0,042	23 -- 24	0,054	2490		873,5
25	33	0,024	24 -- 25	0,033	2600		912,2
26	15	0,011	25 -- 26	0,017	2710		950,8
27	4	0,003	26 -- 27	0,007	2820		989,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	2930	1099	1413,9

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	749	0,989	0,700	0,69	513,22	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	331,77	2,03
3 -- 4	1507	0,880	2,155	1,67	2514,00	1,90
4 -- 5	199	0,837	0,695	0,49	96,82	0,58
5 -- 6	207	0,805	1,425	0,92	190,89	1,15
6 -- 7	217	0,762	1,425	0,83	179,99	1,09
7 -- 8	280	0,720	1,425	0,74	207,16	1,03
8 -- 9	293	0,679	1,425	0,66	192,93	0,97
9 -- 10	313	0,620	2,850	1,10	342,90	1,77
10 -- 11	4092	0,571	0,755	0,25	1006,30	0,43
11 -- 12	343	0,534	2,095	0,60	204,57	1,12
12 -- 13	366	0,472	2,850	0,63	232,18	1,35
13 -- 14	466	0,405	2,850	0,47	218,10	1,15
14 -- 15	1782	0,350	2,205	0,27	481,02	0,77
15 -- 16	510	0,320	0,645	0,07	33,72	0,21
16 -- 17	758	0,287	2,850	0,23	177,39	0,82
17 -- 18	1125	0,246	1,500	0,09	102,36	0,37
18 -- 19	630	0,222	1,350	0,07	41,83	0,30
19 -- 20	656	0,189	2,850	0,10	66,46	0,54
20 -- 21	758	0,147	2,850	0,06	46,82	0,42
21 -- 22	796	0,111	2,850	0,04	27,97	0,32
22 -- 23	835	0,080	2,850	0,02	15,16	0,23
23 -- 24	874	0,054	2,850	0,01	7,19	0,15
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,80	0,09
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,79	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,12	0,02
27 -- 28	1414	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	11,91	7234,46	19,53

m_e = 7234,5 / 11,9 = 607,5 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1925	607,5	0,030	1,25	1,213	19,8

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 19,8

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,53 / (4 * π * 11,91) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,213 * 3,82 / $15*10^{-6}$ = 3,1E+05

C_{lat} = 0,67

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 7,28 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,47 / 19,53 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,050 * 0,131 * 0,33 * 0,6717782 = 0,045

$y_{F;max}$ = 1,213 * 0,045 = 0,055 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		69869	69869	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			69869	4,89E+07	4,7E-02	967
3	3 -- 4			69869	1,99E+08	4,5E-02	868
4	4 -- 5			69869	3,50E+08	4,2E-02	774
5	5 -- 6			69869	3,98E+08	4,1E-02	745
6	6 -- 7			69869	4,98E+08	3,9E-02	688
7	7 -- 8			69869	5,97E+08	3,6E-02	635
8	8 -- 9			69869	6,97E+08	3,4E-02	584
9	9 -- 10			69869	7,97E+08	3,2E-02	537
10	10 -- 11			69869	9,96E+08	2,8E-02	451
11	11 -- 12			69869	1,05E+09	2,7E-02	430
12	12 -- 13			69869	1,19E+09	2,4E-02	376
13	13 -- 14			69869	1,39E+09	2,1E-02	311
14	14 -- 15			69869	1,59E+09	1,8E-02	255
15	15 -- 16			69869	1,75E+09	1,6E-02	217
16	16 -- 17			69869	1,79E+09	1,6E-02	207
17	17 -- 18			69869	1,99E+09	1,3E-02	165
18	18 -- 19			69869	2,10E+09	1,2E-02	146
19	19 -- 20			69869	2,19E+09	1,1E-02	130
20	20 -- 21			69869	2,39E+09	9,6E-03	100
21	21 -- 22			69869	2,59E+09	8,1E-03	75
22	22 -- 23			69869	2,79E+09	6,7E-03	53
23	23 -- 24			69869	2,99E+09	5,4E-03	36
24	24 -- 25			69869	3,19E+09	4,1E-03	23
25	25 -- 26			69869	3,39E+09	3,0E-03	13
26	26 -- 27			69869	3,58E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			69869	3,78E+09	9,4E-04	1
28	28 -- 29			69869	3,98E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	518	12,0	2353797	21	0,0548	2,3
2	571	12,0	2887106	69	0,0548	7,6
3	625	12,0	3476303	101	0,0548	11,0
4	643	12,0	3677990	108	0,0548	11,9
5	678	12,0	4109316	121	0,0548	13,3
6	714	12,0	4564563	131	0,0548	14,3
7	749	15,0	6228977	112	0,0548	12,3
8	785	15,0	6854068	116	0,0548	12,7
9	856	15,0	8193960	122	0,0548	13,3
10	875	15,0	8568954	122	0,0548	13,4
11	928	15,0	9653464	124	0,0548	13,6
12	999	15,0	11232581	124	0,0548	13,6
13	1070	18,0	15386965	104	0,0548	11,3
14	1125	18,0	17055575	102	0,0548	11,2
15	1141	18,0	17559914	102	0,0548	11,2
16	1213	18,0	19876399	100	0,0548	11,0
17	1250	20,0	23390527	90	0,0548	9,8
18	1284	20,0	24701975	89	0,0548	9,7
19	1355	20,0	27588103	87	0,0548	9,5
20	1426	22,0	33554965	77	0,0548	8,5
21	1498	22,0	37073186	75	0,0548	8,2
22	1569	22,0	40766840	73	0,0548	8,0
23	1640	22,0	44635926	71	0,0548	7,8
24	1711	22,0	48680445	70	0,0548	7,6
25	1783	22,0	52900396	68	0,0548	7,4
26	1854	22,0	57295781	66	0,0548	7,2
27	1925	22,0	61866598	64	0,0548	7,1

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,57 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,82 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 53,3625 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,6 m/s

V_o = 31,6 * 20 / 100 = 6,32 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,57 * [3,82 / 6,32]^2 * \exp[-(3,82 / 6,32)^2]$ = 1,38E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

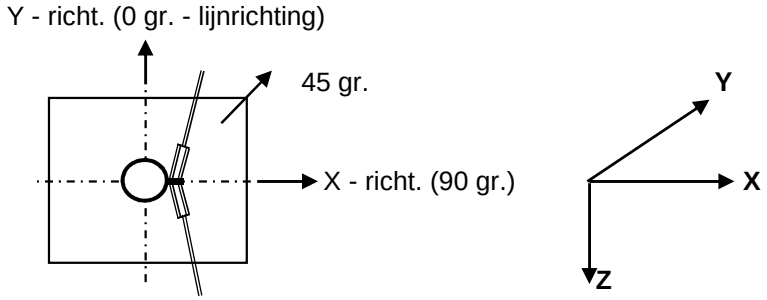
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	aantal	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		span.wissl.	< 1
3	Lasnaad	9,07	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		13,23					
5	Lasnaad	14,24	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		15,93					
7	Lasnaad	17,21	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		14,72					
9	Lasnaad	15,29	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
10	Lasnaad	15,98	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
		16,09					
12	Lasnaad	16,28	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
13	Lasnaad	16,32	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
14	Lasnaad	13,62	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
15	Lasnaad	13,47	45	24,75	1,000E+10		
17	flenzen	13,18	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01
19	Lasnaad	11,66	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
20	Lasnaad	11,39	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
21	Lasnaad	10,15	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
22	Lasnaad	9,89	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
23	Lasnaad	9,64	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
24	Lasnaad	9,39	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
25	Lasnaad	9,15	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
26	Lasnaad	8,91	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
27	Lasnaad	8,69	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
28	voetplaat	8,47	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			425			
2 - Windbelasting mast	101				2767	
3 - Belasting geval 1a	276		116		12058	
4 - Belasting geval 1b	92		116		4308	
5 - Belasting geval 3	210		232		9462	
6 - Belasting geval 4	93		139		4415	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	376		**541**		**14825**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	111		541		4827	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	238		657		10240	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	112		563		4934	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	10160	kNm	14825	kNm	14825	kNm
Dwarskracht	254	kN	376	kN	376	kN
Verticale kracht	451	kN	541	kN	406	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	546,79	6,72	28	M 48 - 8,8	848,45	0,64
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	373,30	4,54	28	M 48 - 8,8	848,45	0,44

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 546,8 kN

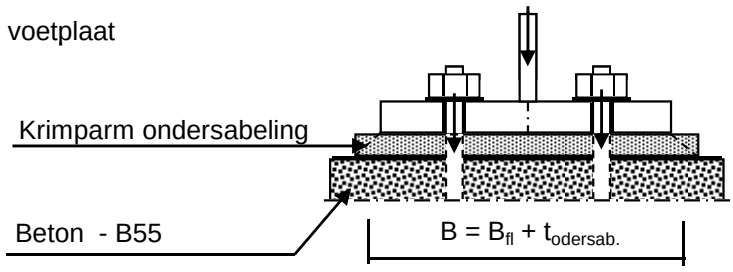
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 373,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 566,1 + 1,00 * 373,3 = 939,4 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

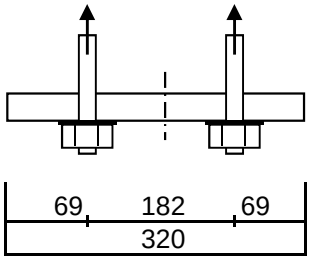
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	1903	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 91812 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,5 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring



D = 1903 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 320 * $2*\pi*D / n$ = 68325 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 16,0 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring

$L_{uitkr.}$ = 69 mm
L_{veld} = 182 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 38101 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1457 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 28170 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 38101 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1457 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 38101 / 79875,0 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 169,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1457 / 6149 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 48,6 N/mm^2

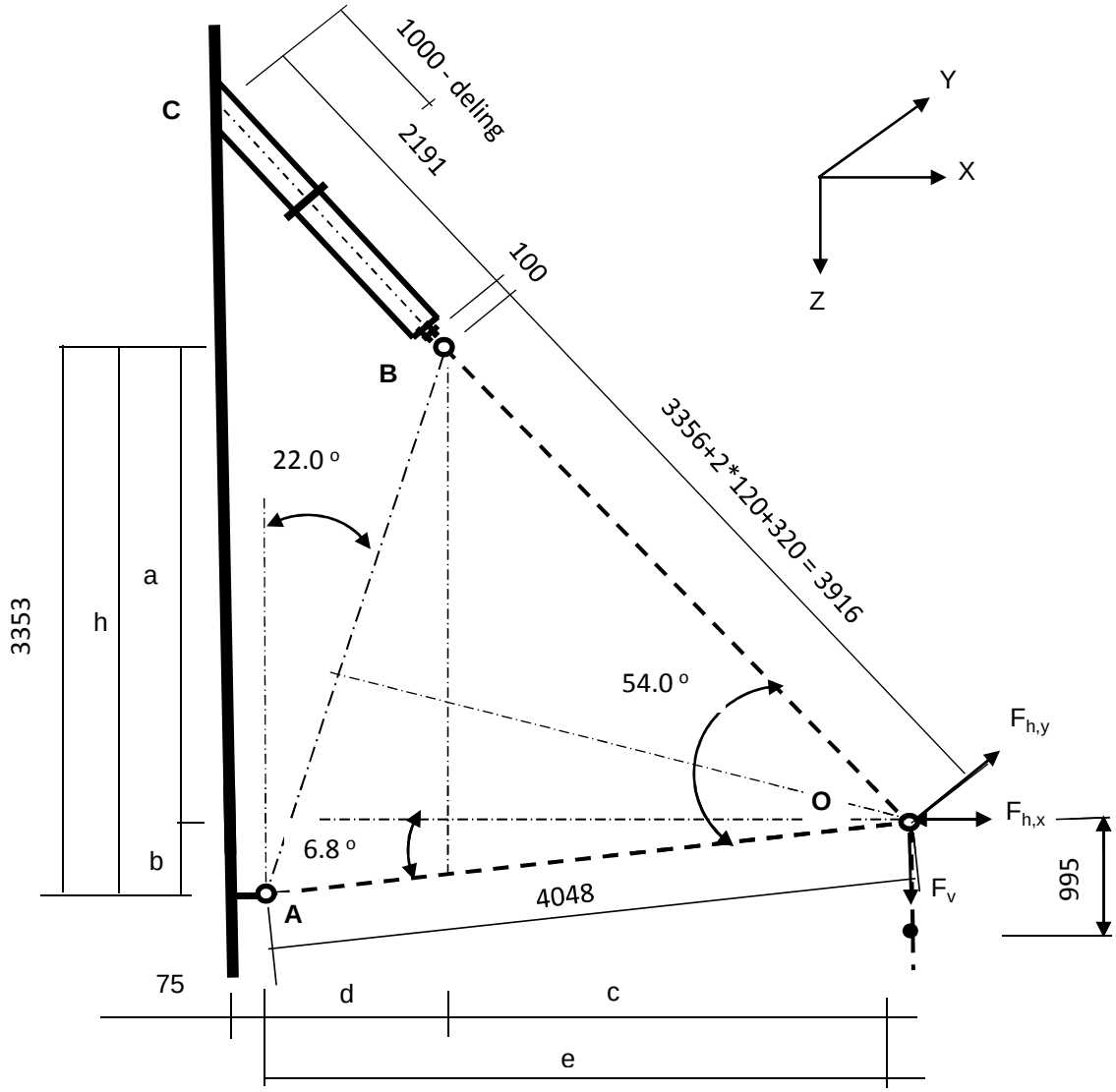
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (169,3^2 + 3*48,6^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 189 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix Q
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	43378	264457	17059	43378	-264457	17059
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	29439	267163	29382	29439	-267163	29382
BG 1a - (+wind (45 gr))	22543	183132	17049	25846	-195119	17051
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18822	244963	29377	20489	-247581	29378

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	34118	±	86756	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58764	±	58878	0
BG 1a - (wind (45 gr))	34100	±	48389	-11987
BG 3 - (wind (45) + ijs)	58755	±	39311	-2618

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	49,7	0,00	-5,9	37,1	0,00	40,0
BG 1a - (-wind (90 gr))	-106,6	0,00	12,7	19,8	0,00	21,4
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,0	0,00	-0,5	54,9	0,00	59,2
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-102,0	0,00	12,2	43,2	0,00	46,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	15,1	-10,27	-1,8	33,2	-1,71	35,9
BG 1a - (-wind (45 gr))	-72,0	-10,27	8,6	23,6	-1,71	25,5
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-13,6	-2,24	1,6	52,9	-0,37	57,1
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-84,4	-2,24	10,1	45,1	-0,37	48,7

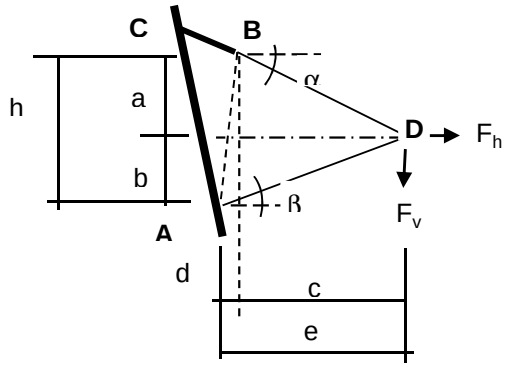
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

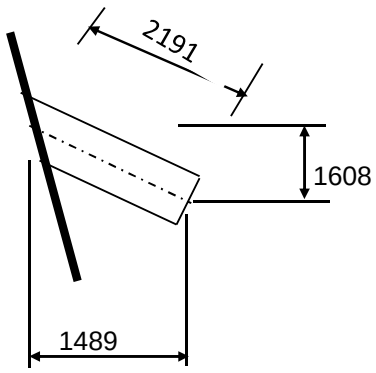
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,08	0,00	40,04	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	19,82	0,00	21,41	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,86	0,00	59,24	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,15	0,00	46,60	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	33,25	-1,71	35,91	0,00	-2,55
BG 1a - (-wind (45 gr))	23,63	-1,71	25,51	0,00	-2,55
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,91	-0,37	57,13	0,00	-0,56
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	45,09	-0,37	48,69	0,00	-0,56

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	28432	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



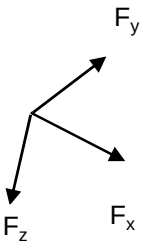


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	28,43	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-1,64	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-0,86	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	61,64	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	27,57	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	61,64	kN
$F_{z,Ed}$ =	9,76	kN
$F_{x,Ed}$ =	25,78	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
25,78	61,64	9,76	91,76	21,39	135,05

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

$N_{Ed} = \{ 54{,}9^2 + 59{,}2^2 \}^{0,5} = 80{,}74$ kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 80,74 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,6 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	2,55	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	2,8	N/mm²
N_{Ed} =	48,94	kN ;	σ_N =	4,0	N/mm²
			σ_{max} =	6,8	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	25,78	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,1	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	21,39	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		23,3	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	135,05	/	217	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		147,3	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	91,76	/	251	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		50,0	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 61,64 / 835 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 9,76 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,6 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 23,3^2 + 149,4^2 \}^{0,5} = 151,2$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 175 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

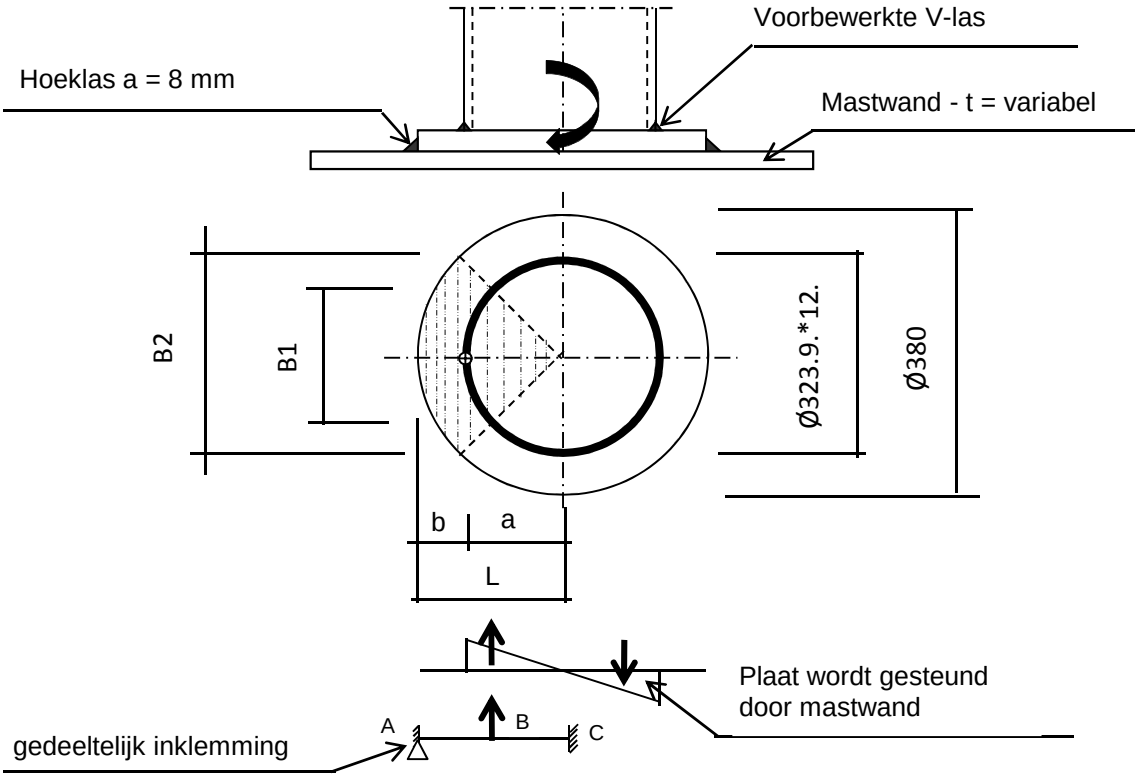
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 136,7 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 389,2 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,52 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / $2.L^3$)* (b + 2.L) = 303,6 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 7,93 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,34 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 366,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 7,9 * 32,0% = 2,54 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,5 * 68,0% + 2,3 * 32,0% = 6,54 kNm

$R_{A;Ed}$ = 303,6 * 68,0% + 366,3 * 32,0% = 323,7 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,54 / 11,04 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 54,4 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,54 / 9,41 = 0,70 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 164,6 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 323,7 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 43,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 50,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 186,7 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 120,3 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 95,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 120,3 + 95,9 = 216,1 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 120,3 - 95,9 = 24,4 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 220,2 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 220,2 / 302,2 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 216,1 / 244,8 = 0,88 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 56,549 m hoogte (380 kV op 51,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	511	12,0	18822	S355	355	2295451
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,74

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 21,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,29 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 26,89 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,032

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 400,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 541,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 400,1 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 163,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 163,1 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 736,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 163,1 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 46,5496 m hoogte (380 kV op 41m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	761	15,0	35167	S355	355	6434268
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,50

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 65,92 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 834,81 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,37 of n_p = -0,360

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,85

$M_{ip,1,Rd}$ = 392,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 392,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 145,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 145,9 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 145,9 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 36,549 m hoogte (380 kV op 31,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1011	18,0	56168	S355	355	13703604
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,38

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 145,31 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2673,24 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,542

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,74

$M_{ip,1,Rd}$ = 390,8 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 390,8 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 157,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 157,0 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

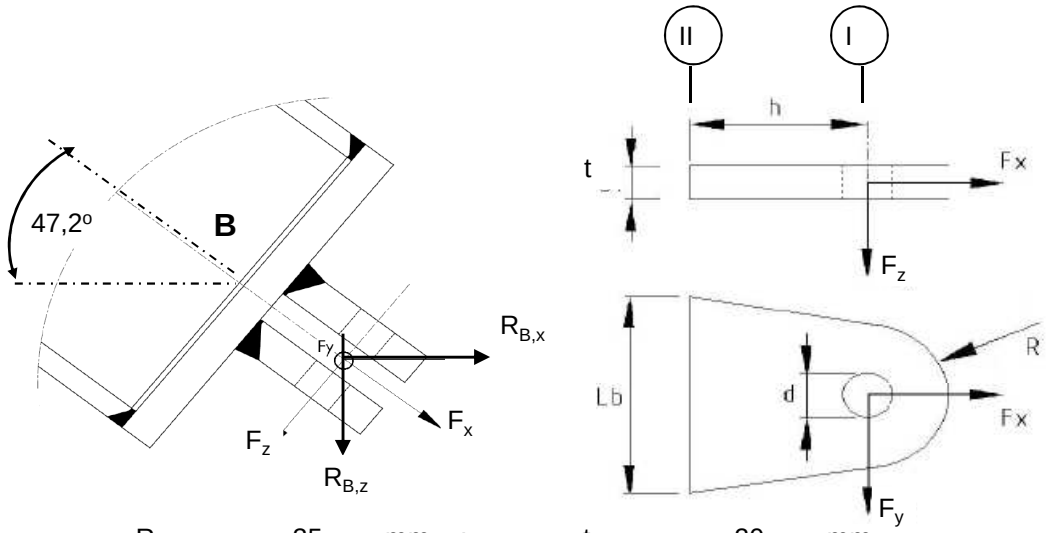
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 157,0 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,08	0,00	40,04	54,57	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	19,82	0,00	21,41	29,18	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,86	0,00	59,24	80,74	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,15	0,00	46,60	63,51	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	33,25	-1,71	35,91	48,94	-1,71	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	23,63	-1,71	25,51	34,77	-1,71	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,91	-0,37	57,13	77,87	-0,37	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	45,09	-0,37	48,69	66,36	-0,37	0,000
BG bundelbreuk	0,00	61,64	27,57	25,78	61,64	9,762

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 40,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 44 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	12,89	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,390	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,76	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,233	kNm
$V_{y,Ed}$ =	30,82	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	12,89	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,2	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,23	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,39	/	3,2	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		29,3	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	9,76	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	30,82	/	547	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 41,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 44 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

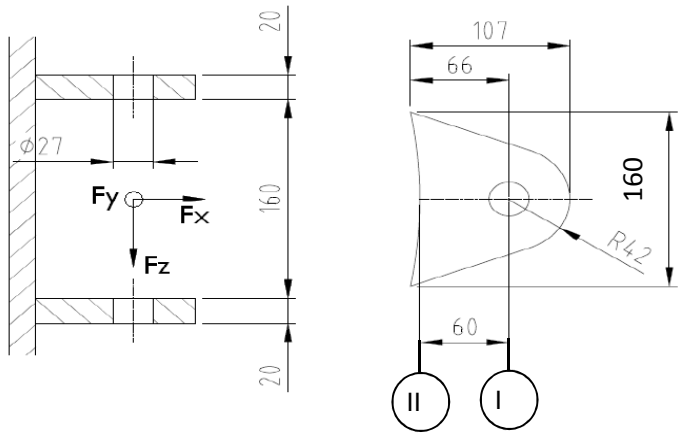
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	49,68	0,00	-5,92	49,68	0,00	5,92
BG 1a - (-wind (90 gr))	-106,58	0,00	12,71	106,58	0,00	12,71
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,02	0,00	-0,48	4,02	0,00	0,48
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-102,03	0,00	12,17	102,03	0,00	12,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	15,14	-10,27	-1,81	15,14	10,27	1,81
BG 1a - (-wind (45 gr))	-72,01	-10,27	8,59	72,01	10,27	8,59
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-13,60	-2,24	1,62	13,60	2,24	1,62
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-84,40	-2,24	10,06	84,40	2,24	10,06
BG bundelbreuk	0,00	-1,64	-0,86	0,00	1,64	0,86

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 53,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 47 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	53,29	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,763	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	53,29	/	757	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		16,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,76	/	2,5	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		71,5	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	12,71	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		4,0	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 88,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 88 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 26,6 + 32,7 = 59,3 kN

σ_1 =					52,4	N/mm^2
τ_1 =					52,4	N/mm^2
τ_2 =	0					
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			104,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	104,9	/	302,2	=	0,35	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	52,4	/	244,8	=	0,21	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2191 - 1000 = 1191 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
25,78	61,64	9,76	49,88	11,63	73,41

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 74,3 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 62,4 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd}$ = 203,3 kN
$F_{v,Rd}$ = 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc}$ = 39,8 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n$ = 98,5 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ = 98,51 / 203 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ = 39,78 / 136 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd}$ = 0,64 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

t_{flens} = 20,00 mm
L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*π*m) = 153,2 mm
m = 27,4 mm
n = 30,0 mm

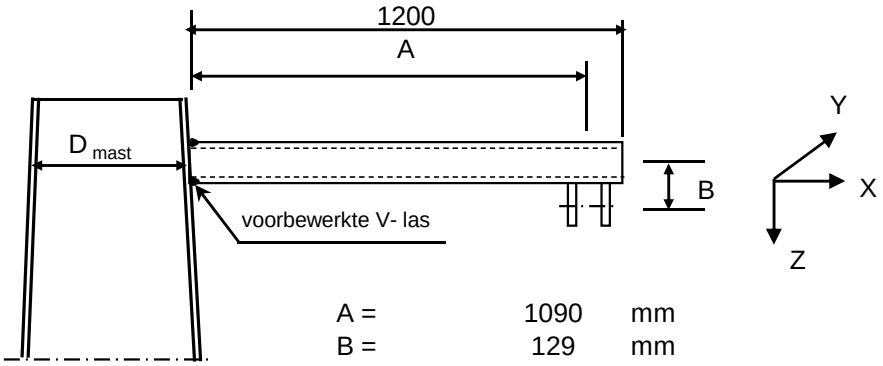
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ = 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$ = 264,6 kN
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$ = 169,4 kN
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$ = 203,3 kN

$F_{t,Rd,min}$ = 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ = 0,58 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	56,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra} = 236,7$ N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix Q

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	7398	42270	2228	7398	-42270	2228
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8678	68065	9247	8678	-68065	9247
BG 1a - (+wind (45 gr))	3719	27068	2227	4308	-29443	2227
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5332	62378	9245	5860	-63049	9245

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	14,796	0	4,456	0,00	6,77	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	17,356	0	18,494	0,00	22,40	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,027	2,375	4,454	0,31	5,89	2,59
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	11,192	0,671	18,49	0,09	21,60	0,73

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,40	/	36	=	0,61	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		145,3	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	17,36	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,3	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,49	/	275	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		9,2	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 145,3 + 4,3 = 149,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 150 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,4	12,0	18601	S355	355	2241249
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,29 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 26,89 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,033

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 42,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,40 / 42,1 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 21,0 kNm

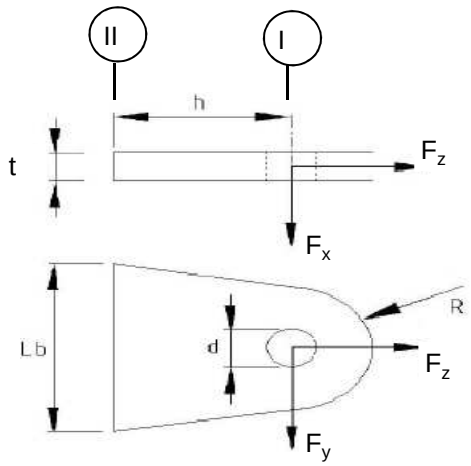
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,59 / 21,0 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	14,80	0,00	4,46
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	17,36	0,00	18,49
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,03	2,38	4,45
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	11,19	0,67	18,49

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 9,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	8	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	9,25	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,677	kNm
$V_{x,Ed}$ =	8,68	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,25	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,9	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,68	/	1,9	=	0,36	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		84,6	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	8,68	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,6	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 89 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

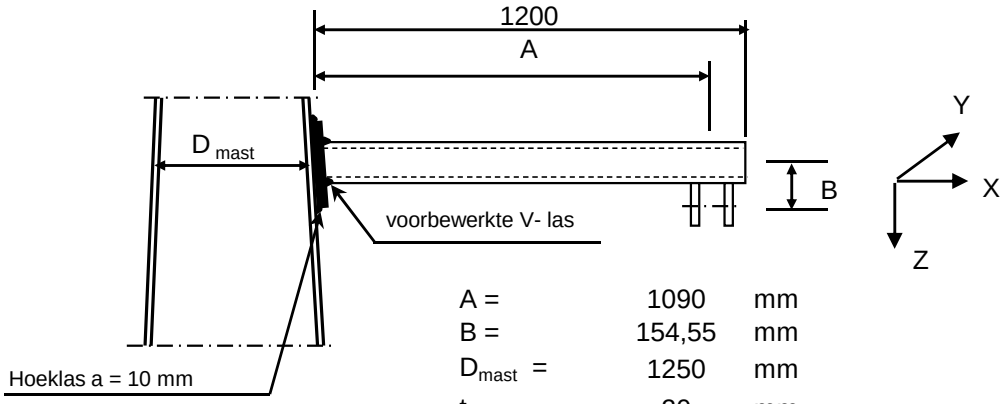
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,6 + 29,0 = 33,6 kN

σ_1 =	39,6	N/mm^2	
τ_1 =	39,6	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	79,3	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 79,3 / 302,2 =	0,26	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 39,6 / 244,8 =	0,16	< 1,0 -- Voldoet	

9.3 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	27	m

Buisgegevens

Buis Ø219,7 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix Q

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	10456	67128	4620	10456	-67128	4620
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	13366	129367	18679	13366	-129367	18679
BG 1a - (+wind (45 gr))	5531	47908	4618	6308	-50647	4618
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8939	123915	18677	9640	-124532	18677

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,912	0	9,24	0,00	13,30	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26,732	0	37,358	0,00	44,85	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,839	2,739	9,236	0,42	11,90	2,99
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18,579	0,617	37,354	0,10	43,59	0,67

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	44,85	/	64	=	0,70	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		166,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	26,73	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,0	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	37,36	/	362	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		14,1	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 166,0 + 5,0 = 171,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 173 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

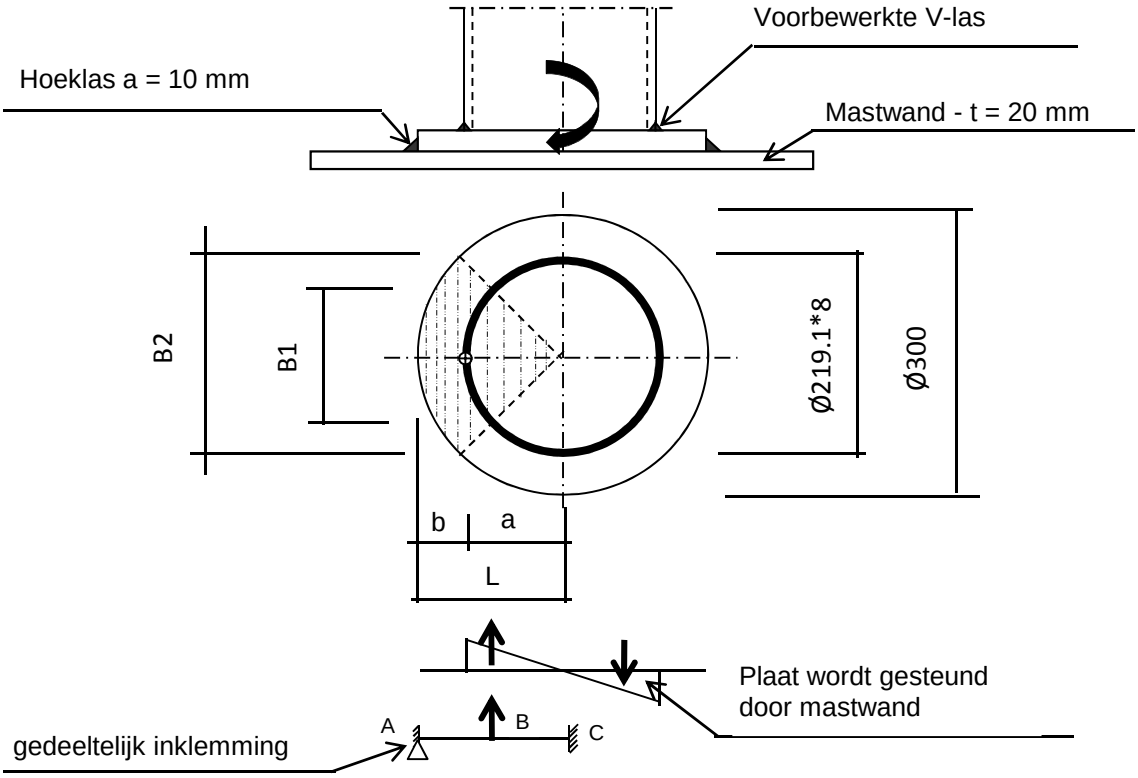
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 20 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 44,9 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 188,0 kN

a = R_{buis} = 109,6
b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm
B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 50,0%
Percentage vrij oplegging = 50,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 4,60 kNm
$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 113,8 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,06 kNm
$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,19 kNm
$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 154,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 50,0% + 4,1 * 50,0% = 2,03 kNm
$M_{B;Ed}$ = 4,6 * 50,0% + 2,2 * 50,0% = 3,39 kNm
$R_{A;Ed}$ = 113,8 * 50,0% + 154,3 * 50,0% = 134,0 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 5,58 kNm
$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 4,07 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,03 / 5,58 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,A} =$ 86,1 N/mm^2
$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 3,39 / 4,07 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,B} =$ 197,3 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 134,0 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 28,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 38,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 208,5 N/mm^2
< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 121,7 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 40,2 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	121,7	+	40,2	=	161,9	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	121,7	-	40,2	=	81,5	N/mm^2
$\tau_2 = 0$						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	214,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	214,8	/	302,2	=	0,71	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	161,9	/	244,8	=	0,66	< 1,0 -- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1250,0	20,0	77283	S355	355	23390527
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,24

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 250,57 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 5307,19 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,65 of n_p = -0,630

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,68

$M_{ip,1,Rd}$ = 125,6 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 44,85 / 125,6 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 64,7 kNm

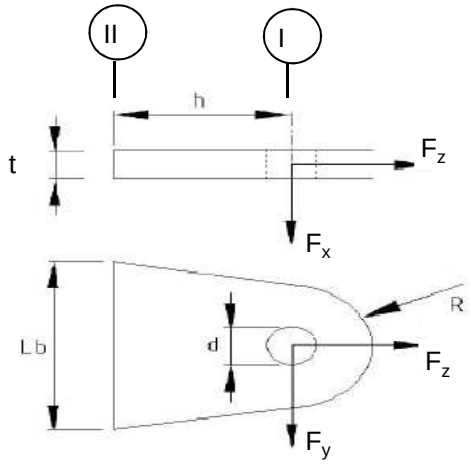
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,99 / 64,7 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip draagarm Passieve Loop geleider (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	20,91	0,00	9,24
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26,73	0,00	37,36
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,84	2,74	9,24
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18,58	0,62	37,35

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 18,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	16	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	18,68	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,829	kNm
$V_{z,Ed}$ =	13,37	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	18,68	/	568	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,8	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,83	/	1,9	=	0,44	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		103,6	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	13,37	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		5,6	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 112 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

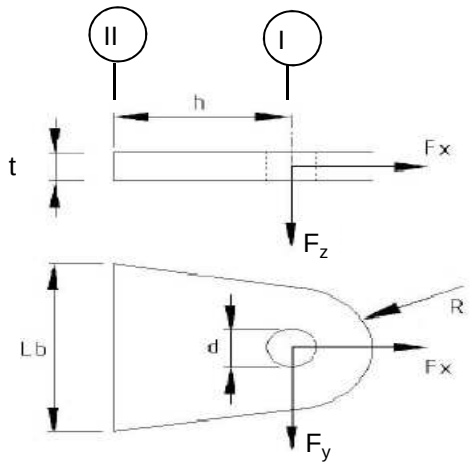
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 9,3 + 35,5 = 44,9 kN

σ_1 =	52,9	N/mm^2	
τ_1 =	52,9	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	105,7	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 105,7 / 302,2 =	0,35	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 52,9 / 244,8 =	0,22	< 1,0 -- Voldoet	

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 42,43 / 521 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 19,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 2,33 / 10 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 57,9 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 42,43 / 301 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 19,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,30 / 10 = 0,35 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 81,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 60,00 / 301 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 27,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1912,5	22,0	130662	S355	355	61052011
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,06 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,06

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 540,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 14824,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,70 of $n_p =$ -0,672

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,65

$N_{1,Rd} =$ 375,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 375,4 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 41,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 41,3 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

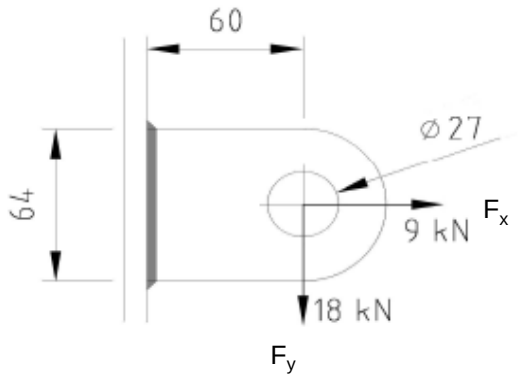
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 29.987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1175,3	18,0	65445	S355	355	18649855
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 217,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4421,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,68 of $n_p =$ -0,658

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,66

$N_{1,Rd} =$ 256,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 256,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 16,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 16,4 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 49,987 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	675,3	12,0	25007	S355	355	4074549
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 53,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 512,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,36 of $n_p =$ -0,348

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,85

$N_{1,Rd} =$ 148,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 148,8 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,5 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

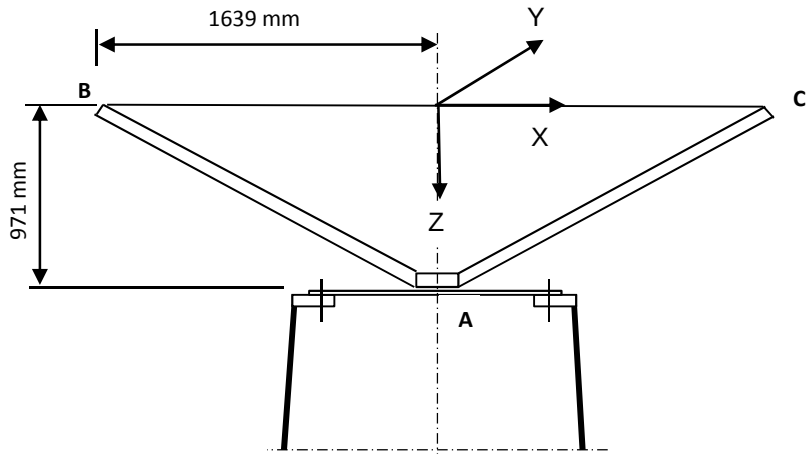
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



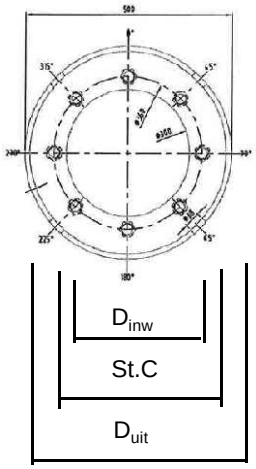
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03 / 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36 / 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

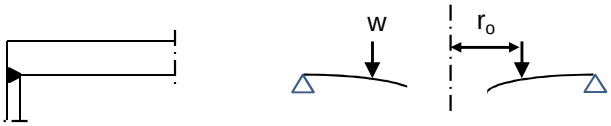
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

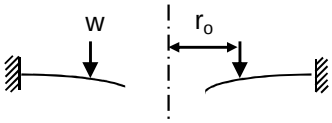
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} =	40,0%
Percentage vrij oplegging =	60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ =	519230769
$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ =	0,3859
$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ =	0,9733
$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ =	0,4853
$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ =	0,0031
$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ =	0,0316
$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ =	0,2144
$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor r = r_o =	0,1668
$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ =	0,0001
M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ =	615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

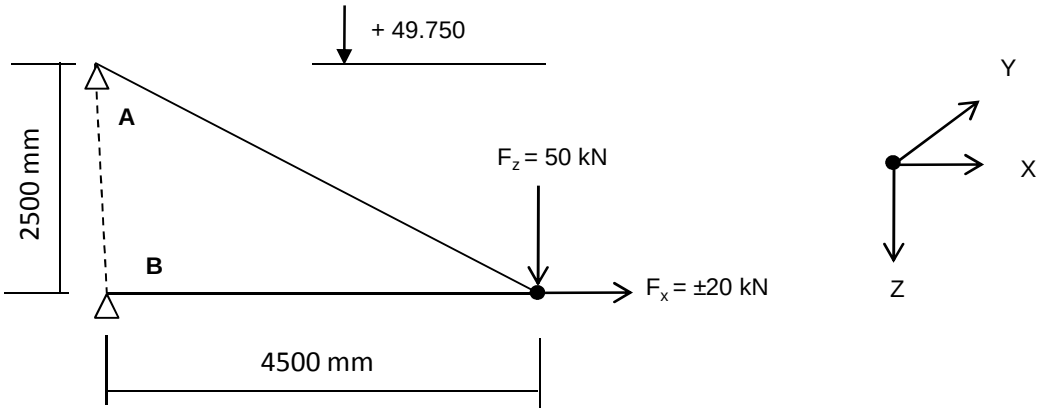
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

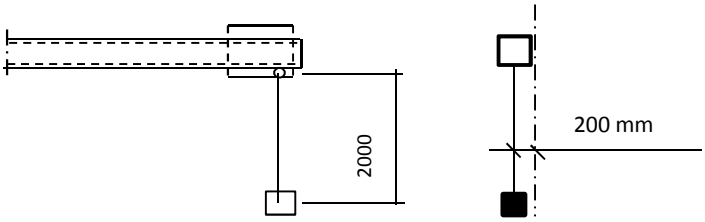
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 55,75 / 53,25



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

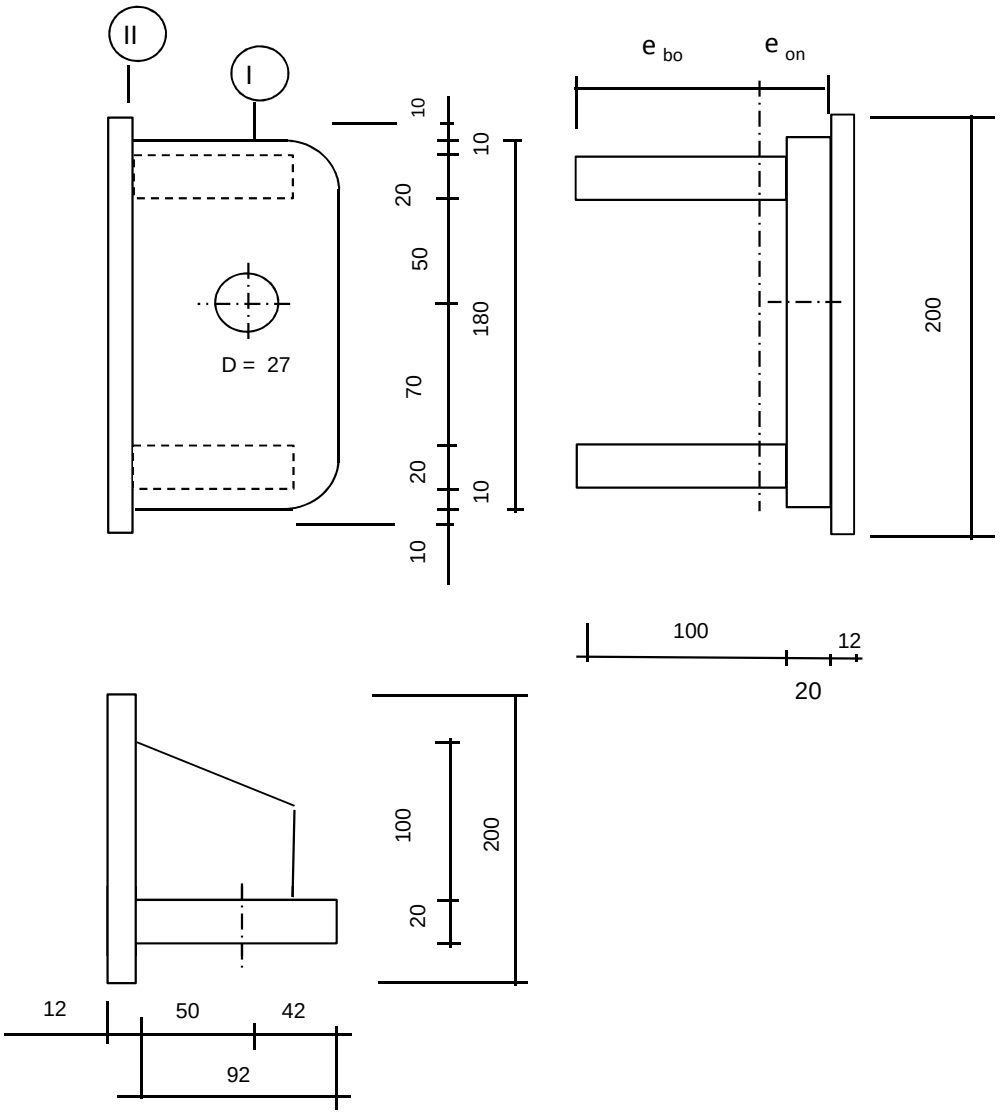
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

α = boogtan ((200-110) / 2000 = 2,6°

$F_{y;Ed}$ = 2,3 kN

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm
of					
$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	110	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm

9.7.1.1 - Berekening clip



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	180	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

A =	7600	mm^2			
I_y =	9,85E+06	mm^4 ;	W_y =	1,09E+05	mm^3
e_o =	41,58	mm ;	$W_{z,min}$ =	1,31E+05	mm^3
e_b =	78,42	mm ;	$W_{z,max}$ =	2,47E+05	mm^3
I_z =	1,03E+07	mm^4 ;			

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1799	kN
$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	25,9	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	31,0	kNm
$V_{Rd} = L_b * t * f_y / 3^{0,5}$ =	491,9	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00
0,00	110,00

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 110,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 96 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

N_{Ed} = 90,00 kN
$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e$ = 3,4 kNm (e = 10 mm)
$M_{z,Ed} = 8,94 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 6,87 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	1799	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		11,8 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,40	/	26	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		31,1 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	6,87	/	31	=	0,22	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		52,5 N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	50,00	/	492	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		13,9 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 11,8 + 24,2 + 52,5 } = 88,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 92 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 110,00 kN
$V_{z,Ed}$ = 0,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e$ = 1,1 kNm (e = 10 mm)
$M_{z,Ed} = 13,56 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 9,59 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	110,00	/	1799	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,5 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,10	/	26	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,0 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	9,59	/	31	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		73,2 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 14,5 + 7,8 + 73,2 } = 95,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

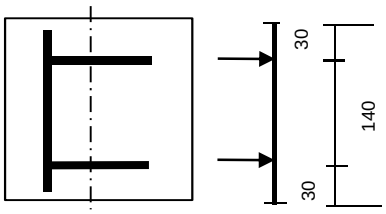
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_2 =			27,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		254,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	254,8 /	302,2 =	0,84	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	125,1 /	244,8 =	0,51	< 1,0 -- Voldoet

of

σ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_2 =			0,0	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		270,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	270,2 /	302,2 =	0,89	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	135,1 /	244,8 =	0,55	< 1,0 -- Voldoet

Versterkingsplaat 200 * 200 * 12 - S355



$F = \sigma_{max} * t * e_b / 4$

σ_{max} =	95,5	N/mm^2
t =	20	mm
e_b =	78,42	mm
F =	37,45	kN

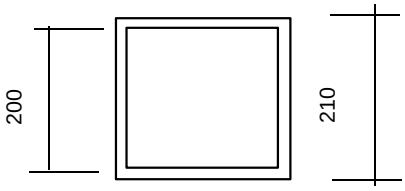
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 1,136 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 0,96 / 1,14 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 199,0 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom



A_{las} =	4100	mm^2
W_{las} =	273659	mm^3

N_{Ed} =	110,00	kN ;	σ_N =	26,8	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ =	1,1	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	4,0	N/mm^2
$M_{z,Ed}$ =	9,59	kNm ;	$\sigma_{b,z}$ =	35,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max} =$ 65,9 N/mm^2

σ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_2 =	0,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 131,8 / 302,2 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,9 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.7.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +55,750 / 53,250

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	594	12,0	21931	S355	355	3126522
plaat	210,0	5,0	4100	S355	355	273659

$N_{i,Rd} = k_p * f_{y0} * t^2_0 * (4 + 20*\beta^2) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$;

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0$ $h_i / d_0 =$ 0,35

$\beta = b_i / d_0$ $b_i / d_0 =$ 0,35

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 10,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 46,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,04 of $n_p =$ -0,041

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 237,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 237,9 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 9,59 / 25,0 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$M_{ip,i,Rd} =$ 50,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 50,0 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

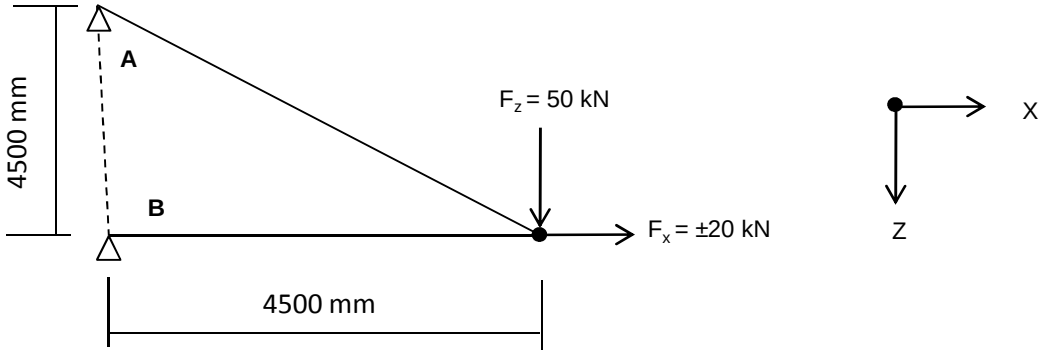
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 51,33 / 46,83 en 41,33 / 36,83

Hijsbalk 4,5m op 51,33 / 46,83 en 41,33 / 36,83

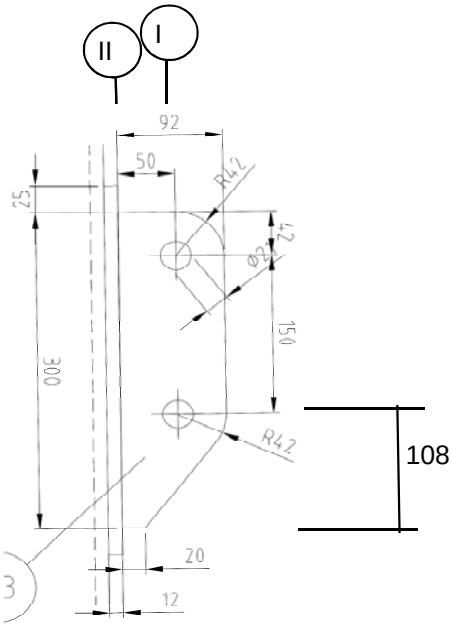


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

of

$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70,0	kN

9.7.2.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	300	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
50,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 70,7 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 62 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y =$	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	4,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =$	819,8	kN

N_{Ed} = 50,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 4,60 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 50,00 / 1420 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 8,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 4,60 / 71 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 15,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 820 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 8,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 8,3 + 15,3 \} =$ 23,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 28 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_2 = 0				16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =			72,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	72,9	/	302,2 =	0,24	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	33,5	/	244,8 =	0,14	< 1,0 -- Voldoet

9.7.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +51,33 / 46,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	642	12,0	23741	S355	355	3669167
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,47 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,47

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 50,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 386,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,30 of $n_p =$ -0,291

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,88

$N_{1,Rd} =$ 167,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 167,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 50,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 50,3 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,600 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +41,33 / 36,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	892	15,0	41316	S355	355	8906200
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,34 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,34

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 105,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1672,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,54 of $n_p =$ -0,522

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,75

$N_{1,Rd} =$ 217,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 217,3 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 65,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 65,2 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

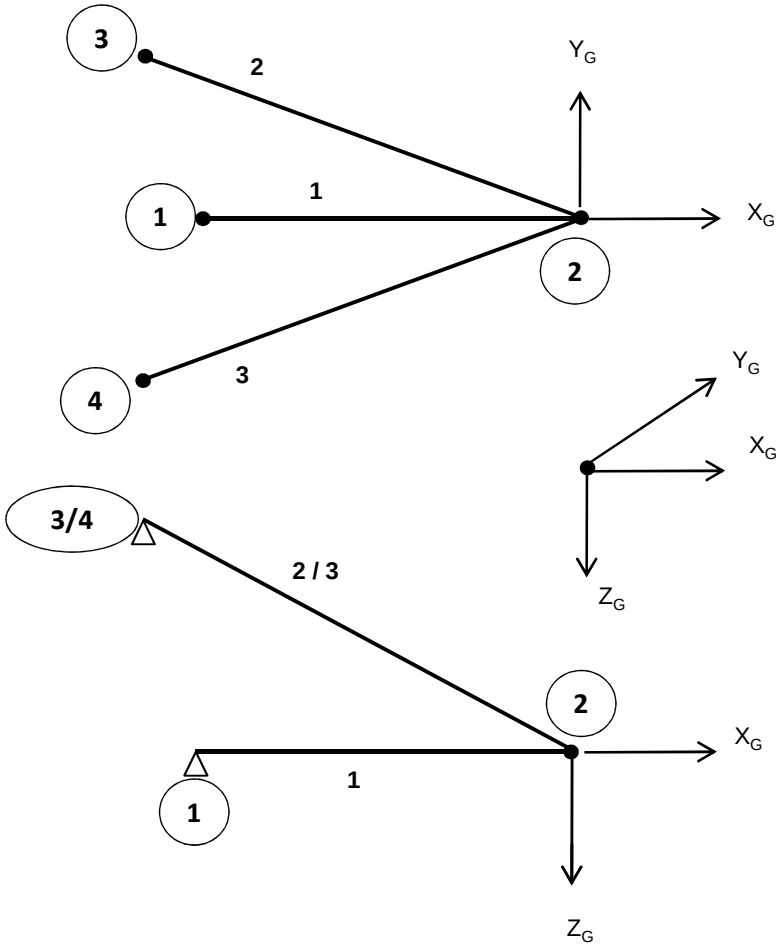
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
7	alle staven		factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
9	2 t/m	2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m	2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m	2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0932E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0138E-05	9.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

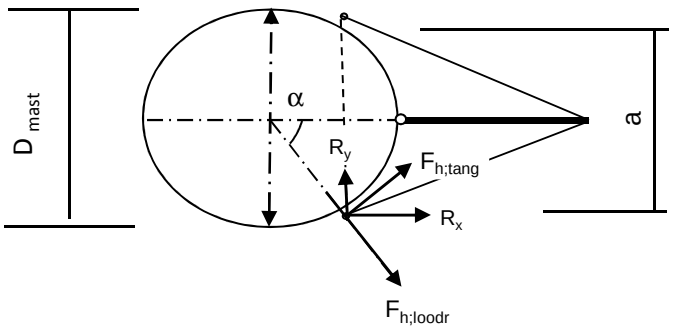
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	51330	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	52487	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	52487	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	41330	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	42487	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	42487	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	31330	1142	18	55,18	0,00	-0,20
3	32487	1113	18	50,84	-11,50	34,00
4	32487	1113	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * Cos\alpha + R_y * Sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * Sin\alpha + R_y * Cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	51330	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	52487	613	704	81,0	19,33	48,41	34,00
4	52487	613	704	81,0	8,38	128,93	84,87
1	41330	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	42487	863	854	62,5	33,68	39,78	34,00
4	42487	863	854	62,5	32,92	124,94	84,87
1	31330	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	32487	1113	960	52,3	40,17	33,21	34,00
4	32487	1113	960	52,3	54,45	117,17	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 51,330 en 41,330m hoogte
Clip type 16,3 - 31,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 52,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 42,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,46 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

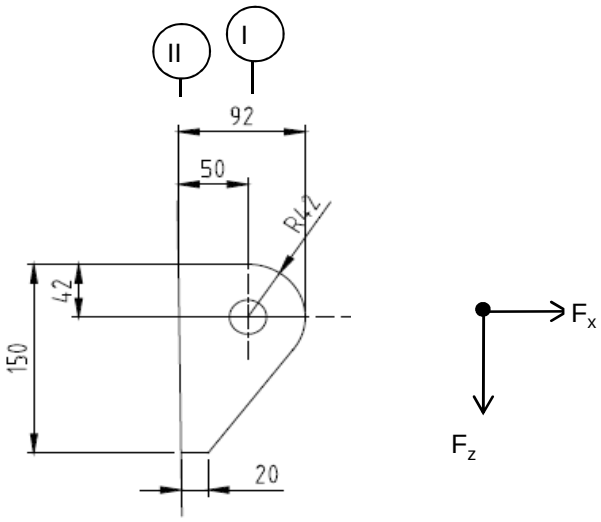
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 32,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 52,487m, 42,487m en 32,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 51,330 en 41,330m hoogte

en clip type16,3 op 31,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2	
τ_1 =	60,5	N/mm^2	
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2	
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2	

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +29396 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1142	18,0	63547	S355	355	17575670
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 202,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3922,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,620

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,69

$N_{1,Rd} =$ 272,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 272,0 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 40,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 40,8 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

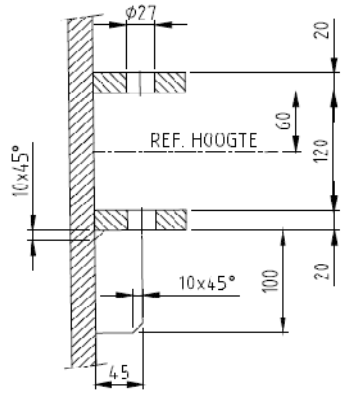
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

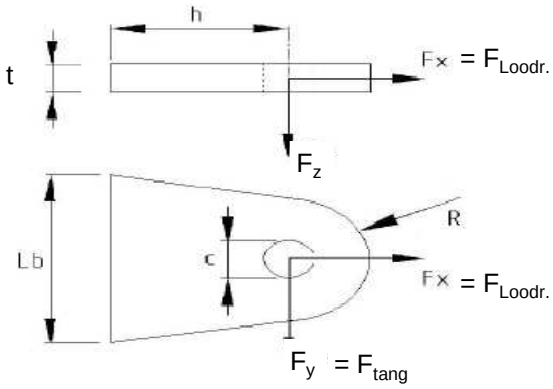
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 52,487m, 42,487 en 32,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 52,487m, 42,487 en 32,487 m hoogte.





R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	45	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	52,487m kN	42,487m kN	32,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =		663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =		15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =		2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =		382,6	kN

Clip op 52,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 42,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 32,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	52,487m hoogte spanning in N/mm^2	42,487m hoogte spanning in N/mm^2	32,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	1,5	5,9	9,7
$\sigma_{b,z}$ =	44,4	43,0	43,0
τ_y =	23,0	22,3	20,9
$\sigma_{b,max}$ =	45,9	48,9	52,8
σ_{vlg} =	60,8	62,3	64,0

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

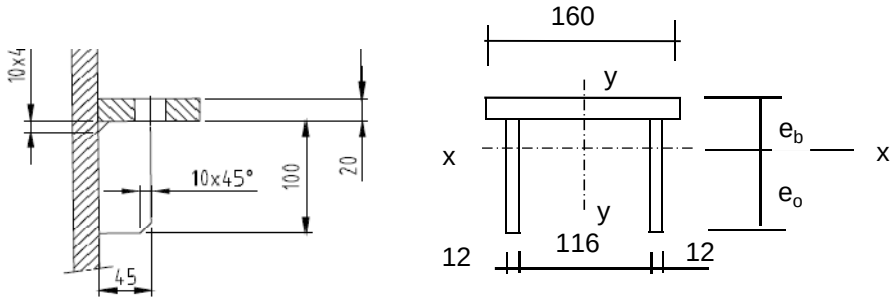
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_2 = 0			105,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		235,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	235,9 /	302,2 =	0,78	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	74,6 /	244,8 =	0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 52,487m, 42,487 en 32,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	52,487m kN	42,487m kN	32,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 52,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	3,927	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 42,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,242	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 32,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,519	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	52,487m hoogte spanning in N/mm^2	42,487m hoogte spanning in N/mm^2	32,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	0,7	2,9	4,9
$\sigma_{b,z}$ =	13,8	13,4	12,6
$\sigma_{b,y}$ =	39,5	42,7	45,5
τ_y =	20,1	19,5	18,3
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	54,1	59,0	62,9
σ_{vlg} =	88,8	91,5	93,3

> 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm
t_1 = 12 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =	88,9	N/mm^2	
τ_1 =	88,9	N/mm^2	
τ_2 = 0	42,4	N/mm^2	
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	192,5	N/mm^2	

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	192,5	/ 302,2 =	0,64	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	88,9	/ 244,8 =	0,36	< 1,0	-- Voldoet

9.8.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +52,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	613	12,0	22651	S355	355	3336966
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,23

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 30,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 172,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,15 of n_p = -0,142

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,95

$N_{1,Rd}$ = 244,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,19 / 244,5 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,90 / 17,1 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 4,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,90 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 918,0 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +42,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	863	15,0	39953	S355	355	8323634
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,16

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 97,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1412,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,48 of n_p = -0,471

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$N_{1,Rd}$ = 283,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,46 / 283,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 19,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 19,8 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,46 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 978,1 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 6149 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +32,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1113	18,0	61911	S355	355	16675813
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 176,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3503,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,60 of n_p = -0,584

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,71

$N_{1,Rd}$ = 353,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,23 / 353,5 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 24,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 24,7 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

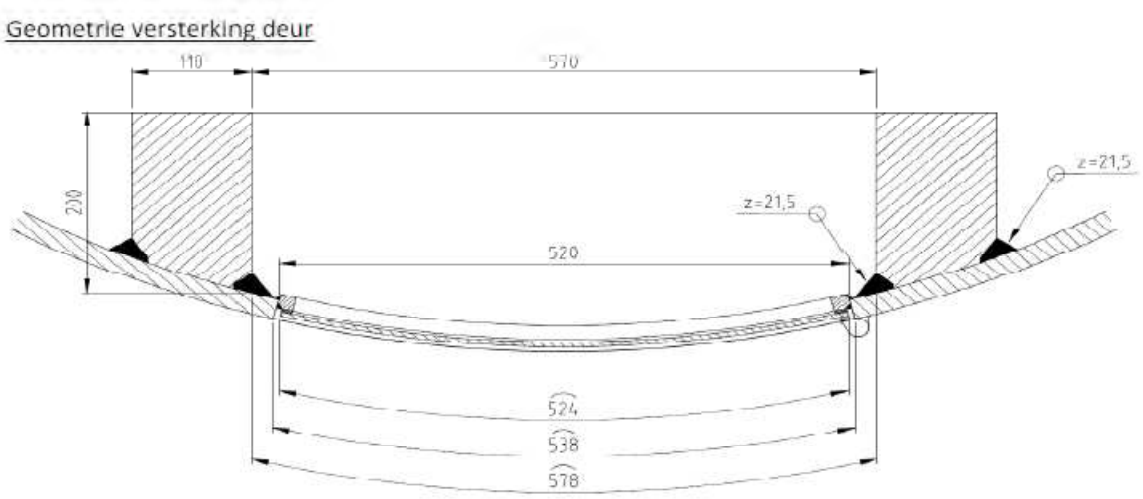
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

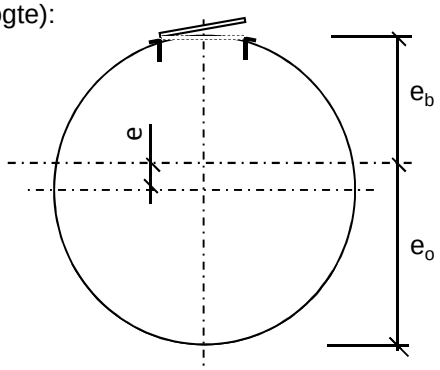
$\sigma_{max.}t_i$ = 1001,5 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 7379 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 1894 mm
dikte t ; 22 mm

A_{buis} = 129409 mm^2
$A_{versterking}$ = 39207 mm^2
$A_{verlies}$ = 11454 mm^2

A_{tot} = 157163 mm^2

e = 124,6 mm
e_b = 822,6 mm ; e_o = 1071,7 mm

I_{tot} = 6,78E+10 mm^4
W_{min} = 6,33E+07 mm^3
W_{max} = 8,24E+07 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 15086 kNm ; N_{Ed} = 541 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,4 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 238,5 N/mm^2

σ_{max} = 3,4 + 238,5 = 241,9 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage Q en Q2

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	6513	147783	17045	6513	-147783
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6508	147783	17045	6508	-147783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	6502	147783	17045	6502	-147783
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	857	19378	2226	857	-19378
	Comp. gl	4617	1768	40154	4617	1768	-40154
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	7424	169771	17036	7424	-169771
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7423	169771	17036	7423	-169771
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	7422	169771	17036	7422	-169771
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	2225	961	-21970
	Comp. gl	4615	1971	45077	4615	1971	-45077
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	10455	238677	29376	10455	-238677
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10452	238677	29376	10452	-238677
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	10449	238677	29376	10449	-238677
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	2664	60775	9244	2664	-60775
	Comp. gl	18676	5363	122498	18676	5363	-122498
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	7508	171693	20053	7508	-171693
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	171693	20053	7507	-171693
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	7506	171693	20053	7506	-171693
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	1094	25008	2978	1094	-25008
	Comp. gl	6122	2243	51307	6122	2243	-51307
6	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	GW / opgw	2505	932	21353	2505	932	-21353
	Comp. gl	5195	1931	44221	5195	1931	-44221
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	22543	183132	17051	25846	-195119
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	21159	178348	17050	24178	-188973
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	19411	172571	17049	22068	-181469
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2227	3719	27068	2227	4308	-29443

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4618	5531	47908	4618	6308	-50647
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10392	171437	17036	10979	-172153
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10146	171172	17036	10683	-171777
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	9834	170867	17036	10308	-171344
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	1484	22378	2225	1588	-22550
	Comp. gl	4615	2671	45427	4615	2809	-45579
3	380C1F1 / 380C2F1	29377	18822	244963	29378	20489	-247581
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	18123	243983	29377	19647	-246210
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	17238	242850	29377	18582	-244618
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9245	5332	62378	9245	5860	-63049
	Comp. gl	18677	8939	123915	18677	9640	-124532
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10461	172975	20053	11041	-173535
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10217	172769	20053	10748	-173241
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	9908	172531	20053	10377	-172903
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	1611	25273	2978	1713	-25388
	Comp. gl	6122	2938	51534	6122	3074	-51635
1a	380C1F1 / 380C2F1	17059	43378	264457	17059	43378	-264457
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17058	40254	251855	17058	40254	-251855
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17056	36280	235871	17056	36280	-235871
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	7398	42270	2228	7398	-42270
	Comp. gl	4620	10456	67128	4620	10456	-67128
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	14120	177780	17037	14120	-177780
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13553	176563	17037	13553	-176563
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	12838	175146	17036	12838	-175146
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	2151	23864	2225	2151	-23864
	Comp. gl	4615	3546	46782	4615	3546	-46782
3	380C1F1 / 380C2F1	29382	29439	267163	29382	29439	-267163
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	27824	263059	29381	27824	-263059
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29380	25783	258193	29380	25783	-258193
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9247	8678	68065	9247	8678	-68065
	Comp. gl	18679	13366	129367	18679	13366	-129367
4	380C1F1 / 380C2F1	20054	14133	177989	20054	14133	-177989

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	13576	177019	20053	13576	-177019
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	12873	175893	20053	12873	-175893
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	2257	26289	2978	2257	-26289
	Comp. gl	6122	3794	52450	6122	3794	-52450
1a	380C1F1 / 380C2F1	17051	25846	195119	17049	22543	-183132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	24178	188973	17049	21159	-178348
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17049	22068	181469	17048	19411	-172571
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	4308	29443	2227	3719	-27068
	Comp. gl	4618	6308	50647	4618	5531	-47908
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10979	172153	17036	10392	-171437
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10683	171777	17036	10146	-171172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	10308	171344	17036	9834	-170867
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	1588	22550	2225	1484	-22378
	Comp. gl	4615	2809	45579	4615	2671	-45427
3	380C1F1 / 380C2F1	29378	20489	247581	29377	18822	-244963
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19647	246210	29377	18123	-243983
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	18582	244618	29377	17238	-242850
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9245	5860	63049	9245	5332	-62378
0	Comp. gl	18677	9640	124532	18677	8939	-123915
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	11041	173535	20053	10461	-172975
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10748	173241	20053	10217	-172769
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	10377	172903	20053	9908	-172531
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	1713	25388	2978	1611	-25273
	Comp. gl	6122	3074	51635	6122	2938	-51534
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	5163	116856	12781	5163	-116856
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5158	116856	12781	5158	-116856
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	5152	116856	12781	5152	-116856
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	675	15226	1669	675	-15226
	Comp. gl	3462	1394	31599	3462	1394	-31599
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	6004	137241	12774	6004	-137241
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6003	137241	12774	6003	-137241
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	6002	137241	12774	6002	-137241

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
	Comp. gl	3461	1578	36072	3461	1578	-36072
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	9299	212205	25109	9299	-212205
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9296	212205	25109	9296	-212205
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	9293	212206	25109	9293	-212206
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	2547	58077	8685	2547	-58077
	Comp. gl	17518	5120	116923	17518	5120	-116923
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	6214	142035	15788	6214	-142035
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	6213	142035	15788	6213	-142035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	6211	142035	15788	6211	-142035
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	926	21162	2421	926	-21162
	Comp. gl	4966	1897	43378	4966	1897	-43378
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	GW / opgw	1669	665	15226	1669	665	-15226
	Comp. gl	3462	1380	31600	3462	1380	-31600
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	21663	163009	12786	25064	-177259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	20233	157183	12786	23347	-170010
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	18424	150020	12785	21172	-160994
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1670	3622	24855	1670	4224	-27536
	Comp. gl	3463	5267	41858	3463	6069	-45189
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9007	139715	12774	9607	-140754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8755	139328	12774	9304	-140209
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8437	138881	12774	8920	-139579
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	1300	18170	1668	1408	-18414
	Comp. gl	3461	2285	36591	3461	2426	-36811
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	17728	219938	25111	19418	-223104
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	17020	218747	25110	18564	-221449
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	16124	217365	25110	17485	-219519
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8686	5220	59821	8686	5750	-60546
	Comp. gl	17518	8701	118475	17519	9404	-119147

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9188	143816	15788	9776	-144577
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8940	143533	15788	9479	-144177
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8627	143207	15788	9103	-143716
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1447	21512	2421	1550	-21660
	Comp. gl	4966	2595	43682	4966	2732	-43815
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	42929	254216	12793	42929	-254216
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12792	39763	240668	12792	39763	-240668
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12791	35728	223269	12791	35728	-223269
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7354	41259	1671	7354	-41259
	Comp. gl	3465	10311	63835	3465	10311	-63835
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12849	148701	12775	12849	-148701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	12262	147011	12775	12262	-147011
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12775	11521	145023	12775	11521	-145023
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1991	20212	1669	1991	-20212
	Comp. gl	3461	3185	38518	3461	3185	-38518
3	380C1F1 / 380C2F1	25115	28522	246207	25115	28522	-246207
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25114	26877	241439	25114	26877	-241439
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25113	24801	235739	25113	24801	-235739
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8689	8583	65910	8689	8583	-65910
	Comp. gl	17521	13148	124374	17521	13148	-124374
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12933	150536	15789	12933	-150536
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12363	149251	15789	12363	-149251
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11643	147752	15788	11643	-147752
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2105	22810	2421	2105	-22810
	Comp. gl	4966	3463	44876	4966	3463	-44876
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	25064	177259	12785	21663	-163009
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12786	23347	170010	12785	20233	-157183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12785	21172	160994	12784	18424	-150020
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	4224	27536	1670	3622	-24855
	Comp. gl	3463	6069	45189	3463	5267	-41858
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9607	140754	12774	9007	-139715
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9304	140209	12774	8755	-139328

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8920	139579	12774	8437	-138881
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1408	18414	1668	1300	-18170
	Comp. gl	3461	2426	36811	3461	2285	-36591
3	380C1F1 / 380C2F1	25111	19418	223104	25110	17728	-219938
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18564	221449	25110	17020	-218747
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	17485	219519	25110	16124	-217365
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5750	60546	8686	5220	-59821
	Comp. gl	17519	9404	119147	17518	8701	-118475
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9776	144577	15788	9188	-143816
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9479	144177	15788	8940	-143533
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	9103	143716	15788	8627	-143207
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1550	21660	2421	1447	-21512
	Comp. gl	4966	2732	43815	4966	2595	-43682

Appendixe

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	5604	127432	14202	5604	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5601	127432	14202	5601	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5597	127433	14202	5597	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	734	16643	1855	734	-16643
	Comp. gl	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6487	148420	14194	6487	-148420
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	835	19082	1854	835	-19082
	Comp. gl	3845	1712	39161	3845	1712	-39161
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	194794	22419	8527	-194794
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8526	194794	22419	8526	-194794
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8523	194794	22419	8523	-194794
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	2063	47087	6530	2063	-47087
	Comp. gl	13213	4160	95055	13213	4160	-95055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	6341	145038	16206	6341	-145038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	145038	16206	6339	-145038
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	905	20697	2356	905	-20697
	Comp. gl	4850	1860	42552	4850	1860	-42552
1a	380C1F1 / 380C2F1	14204	16175	148395	14205	18358	-155965
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	15262	145430	14205	17254	-152061
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	14111	141896	14204	15861	-147361
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2622	21312	1855	3013	-22871
	Comp. gl	3848	3998	39053	3848	4509	-40744
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8459	149353	14194	8847	-149759
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8296	149203	14194	8651	-149545
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8089	149031	14194	8403	-149300
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1181	19311	1854	1250	-19409

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3845	2177	39356	3845	2268	-39441
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14095	198786	22419	15203	-200465
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13630	198160	22419	14643	-199585
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13042	197437	22419	13936	-198566
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	3843	48220	6531	4196	-48696
	Comp. gl	13213	6545	96055	13214	7013	-96490
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8304	145779	16206	8688	-146105
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8142	145658	16206	8494	-145934
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7937	145520	16206	8248	-145736
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1249	20855	2356	1316	-20924
	Comp. gl	4850	2322	42686	4850	2412	-42746
1a	380C1F1 / 380C2F1	14210	30056	202579	14210	30056	-202579
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14209	27960	193836	14209	27960	-193836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14208	25300	182892	14208	25300	-182892
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	5088	31783	1856	5088	-31783
	Comp. gl	3849	7266	51574	3849	7266	-51574
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10918	152991	14195	10918	-152991
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10544	152286	14195	10544	-152286
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	10073	151469	14195	10073	-151469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1620	20172	1854	1620	-20172
	Comp. gl	3846	2754	40126	3846	2754	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	22422	21156	213242	22422	21156	-213242
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	20080	210534	22421	20080	-210534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22421	18723	207344	22421	18723	-207344
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	6084	52276	6532	6084	-52276
	Comp. gl	13215	9504	99911	13215	9504	-99911
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10734	148732	16207	10734	-148732
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	10366	148156	16207	10366	-148156
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9901	147491	16207	9901	-147491
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1677	21471	2356	1677	-21471
	Comp. gl	4850	2890	43235	4850	2890	-43235
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	18358	155965	14204	16175	-148395

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14205	17254	152061	14204	15262	-145430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	15861	147361	14203	14111	-141896
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	3013	22871	1855	2622	-21312
	Comp. gl	3848	4509	40744	3848	3998	-39053
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8847	149759	14194	8459	-149353
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8651	149545	14194	8296	-149203
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8403	149300	14194	8089	-149031
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1250	19409	1854	1181	-19311
	Comp. gl	3845	2268	39441	3845	2177	-39356
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	15203	200465	22419	14095	-198786
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14643	199585	22419	13630	-198160
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13936	198566	22419	13042	-197437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	4196	48696	6530	3843	-48220
	Comp. gl	13214	7013	96490	13213	6545	-96055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8688	146105	16206	8304	-145779
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8494	145934	16206	8142	-145658
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8248	145736	16206	7937	-145520
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1316	20924	2356	1249	-20855
	Comp. gl	4850	2412	42746	4850	2322	-42686

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400A(+10)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	11 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-mast met nieuwe V-brace	5- 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	5-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W2S400A(+10)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

	blz.
9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV	55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast	62
9.1.3 Berekening clips 14,5	65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator	67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm	69
9.2 Berekening draagarm bliksemdraad	70
9.2.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	72
9.2.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	73
9.3 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	75
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	80
9.3.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	81
9.4 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	83
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting	85
9.5 Berekening clip hulprail - clip 8	86
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	88
9.6 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	90
9.7 Berekening Clips voor 4,5m hijsbalk	93
9.7.1 Hijsbalk op 60,75/58,25 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 56,33 / 51,83 en 46,33 / 41,83 m	99
9.7.2.1 Berekening clip positie 9	99
9.7.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting	102
9.8 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk	104
9.8.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip	108
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting	110
9.8.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip	111
9.8.4 Controle capaciteit van de aansluiting	115
9.9 Berekening versterking deur	118

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AH en AH2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400A(+10) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2S400A(+10) zijn de bijlage AH (berekening maststerkte) en bijlage AH2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 Rev 03, d.d. 27-11-2013 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.

- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 62,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,050 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten van 19,31m, 23,30m en 20,39 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W2S400A(+10) zijn de bijlage AH (berekening maststerkte) en bijlage AH2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W2S400A(+10)"

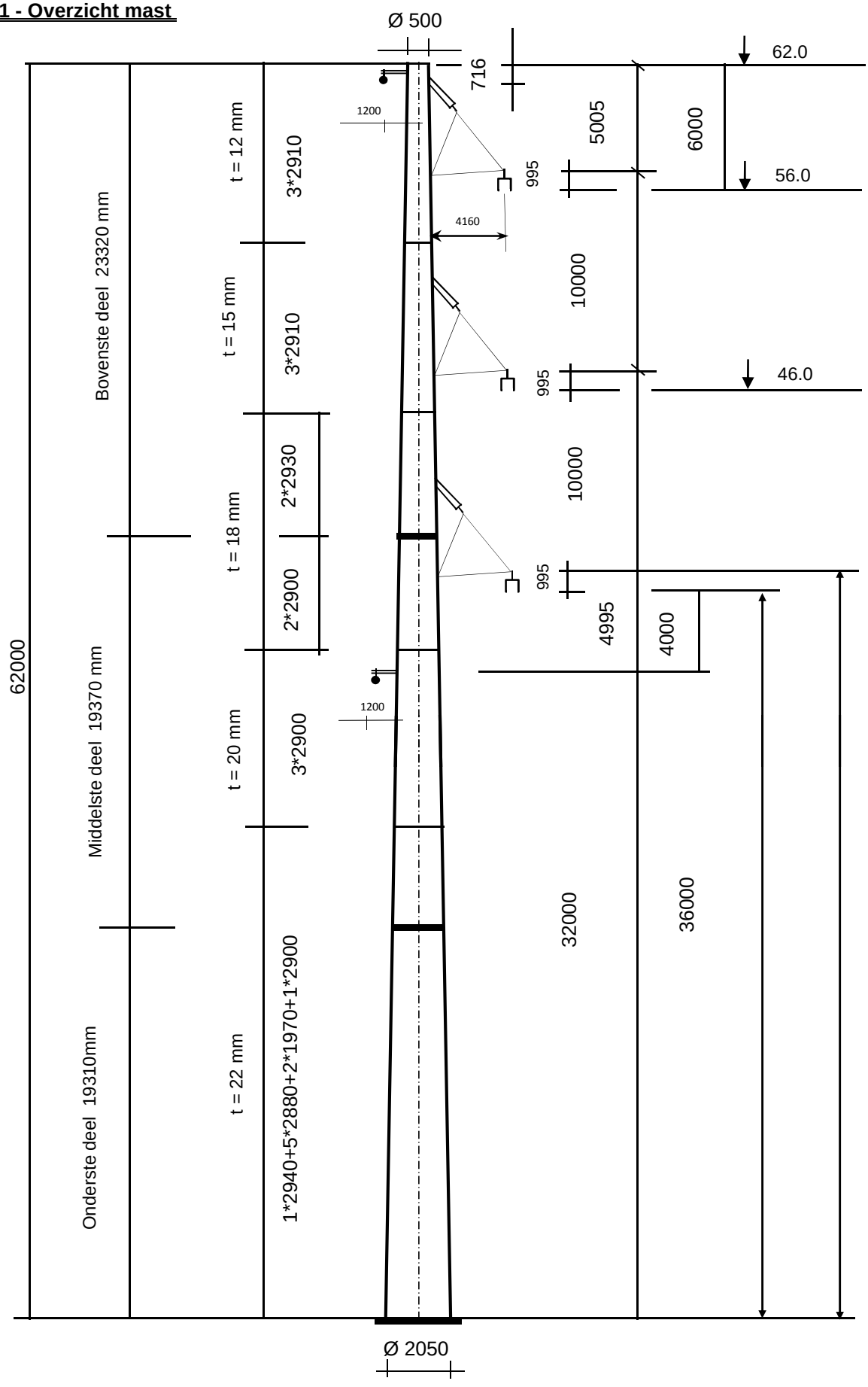
Berekening

W2S400A+10

62,0 m - 2050 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400A(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,275

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	716	518	500	n.v.t.	2	1	61,64
2	2194	573	518	n.v.t.	2	1	60,19
3	2095	625	573	n.v.t.	2	1	58,04
4	815	646	625	n.v.t.	2	1	56,59
5	1455	682	646	n.v.t.	2	1	55,45
6	1455	718	682	n.v.t.	2	1	54,00
7	1455	755	718	n.v.t.	2	1	52,54
8	1455	791	755	n.v.t.	2	1	51,09
9	2910	864	791	n.v.t.	2	1	48,91
10	455	875	864	n.v.t.	2	1	47,22
11	2455	937	875	n.v.t.	2	1	45,77
12	2930	1010	937	n.v.t.	2	1	43,08
13	2930	1083	1010	n.v.t.	2	1	40,15
14	1685	1125	1083	n.v.t.	2	1	37,84
15	1215	1156	1125	n.v.t.	2	1	36,39
16	1450	1192	1156	n.v.t.	2	1	35,06
17	1450	1228	1192	n.v.t.	2	1	33,61
18	880	1250	1228	n.v.t.	2	1	32,44
19	2020	1301	1250	n.v.t.	2	1	30,99
20	2900	1373	1301	n.v.t.	2	1	28,53
21	1450	1409	1373	n.v.t.	2	1	26,36
22	1450	1446	1409	n.v.t.	2	1	24,91
23	1450	1482	1446	n.v.t.	2	1	23,46
24	1450	1518	1482	n.v.t.	2	1	22,01
25	1970	1567	1518	n.v.t.	2	1	20,30
26	1970	1617	1567	n.v.t.	2	1	18,33
27	2880	1689	1617	n.v.t.	2	1	15,90
28	2880	1761	1689	n.v.t.	2	1	13,02
29	2880	1833	1761	n.v.t.	2	1	10,14
30	2880	1905	1833	n.v.t.	2	1	7,26
31	2880	1977	1905	n.v.t.	2	1	4,38
32	2940	2050	1977	n.v.t.	2	1	1,47
	62000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18735	147,07	5,79E+08	175,75	2,27E+06
2	545	12,0	20106	157,83	7,15E+08	188,61	2,62E+06
3	599	12,0	22127	173,70	9,53E+08	207,56	3,18E+06
4	635	12,0	23498	184,46	1,14E+09	220,42	3,59E+06
5	664	12,0	24568	192,86	1,30E+09	230,45	3,93E+06
6	700	12,0	25939	203,62	1,54E+09	243,30	4,39E+06
7	736	15,0	33997	266,88	2,21E+09	255,12	6,01E+06
8	773	15,0	35711	280,33	2,56E+09	267,98	6,64E+06
9	827	15,0	38282	300,52	3,16E+09	287,27	7,64E+06
10	869	15,0	40264	316,08	3,68E+09	302,14	8,46E+06
11	906	15,0	41979	329,53	4,17E+09	314,99	9,20E+06
12	973	18,0	54011	423,99	6,16E+09	337,75	1,27E+07
13	1046	18,0	58153	456,50	7,69E+09	363,64	1,47E+07
14	1104	18,0	61415	482,11	9,06E+09	384,03	1,64E+07
15	1140	18,0	63465	498,20	1,00E+10	396,85	1,75E+07
16	1174	18,0	65349	512,99	1,09E+10	408,62	1,86E+07
17	1210	18,0	67399	529,08	1,20E+10	421,44	1,98E+07
18	1239	20,0	76592	601,25	1,42E+10	431,04	2,30E+07
19	1275	20,0	78870	619,13	1,55E+10	443,85	2,44E+07
20	1337	20,0	82734	649,46	1,79E+10	465,60	2,68E+07
21	1391	20,0	86150	676,28	2,02E+10	484,82	2,91E+07
22	1427	20,0	88428	694,16	2,19E+10	497,63	3,07E+07
23	1464	22,0	99638	782,16	2,59E+10	509,75	3,54E+07
24	1500	22,0	102143	801,83	2,79E+10	522,57	3,72E+07
25	1543	22,0	105098	825,02	3,04E+10	537,68	3,94E+07
26	1592	22,0	108502	851,74	3,34E+10	555,09	4,20E+07
27	1653	22,0	112692	884,63	3,75E+10	576,52	4,53E+07
28	1725	22,0	117668	923,70	4,26E+10	601,97	4,95E+07
29	1797	22,0	122645	962,76	4,83E+10	627,43	5,38E+07
30	1869	22,0	127621	1001,82	5,44E+10	652,88	5,82E+07
31	1941	22,0	132597	1040,89	6,10E+10	678,34	6,29E+07
32	2013	22,0	137625	1080,36	6,82E+10	704,06	6,78E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	62000	1 -- 2	1	716	1,87E+04	5,79E+08
2	61284	2 -- 3	2	2194	2,01E+04	7,15E+08
3	59090	3 -- 4	3	2095	2,21E+04	9,53E+08
4	56995	4 -- 5	4	815	2,35E+04	1,14E+09
5	56180	5 -- 6	5	1455	2,46E+04	1,30E+09
6	54725	6 -- 7	6	1455	2,59E+04	1,54E+09
7	53270	7 -- 8	7	1455	3,40E+04	2,21E+09
8	51815	8 -- 9	8	1455	3,57E+04	2,56E+09
9	50360	9 -- 10	9	2910	3,83E+04	3,16E+09
10	47450	10 -- 11	10	455	4,03E+04	3,68E+09
11	46995	11 -- 12	11	2455	4,20E+04	4,17E+09
12	44540	12 -- 13	12	2930	5,40E+04	6,16E+09
13	41610	13 -- 14	13	2930	5,82E+04	7,69E+09
14	38680	14 -- 15	14	1685	6,14E+04	9,06E+09
15	36995	15 -- 16	15	1215	6,35E+04	1,00E+10
16	35780	16 -- 17	16	1450	6,53E+04	1,09E+10
17	34330	17 -- 18	17	1450	6,74E+04	1,20E+10
18	32880	18 -- 19	18	880	7,66E+04	1,42E+10
19	32000	19 -- 20	19	2020	7,89E+04	1,55E+10
20	29980	20 -- 21	20	2900	8,27E+04	1,79E+10
21	27080	21 -- 22	21	1450	8,62E+04	2,02E+10
22	25630	22 -- 23	22	1450	8,84E+04	2,19E+10
23	24180	23 -- 24	23	1450	9,96E+04	2,59E+10
24	22730	24 -- 25	24	1450	1,02E+05	2,79E+10
25	21280	25 -- 26	25	1970	1,05E+05	3,04E+10
26	19310	26 -- 27	26	1970	1,09E+05	3,34E+10
27	17340	27 -- 28	27	2880	1,13E+05	3,75E+10
28	14460	28 -- 29	28	2880	1,18E+05	4,26E+10
29	11580	29 -- 30	29	2880	1,23E+05	4,83E+10
30	8700	30 -- 31	30	2880	1,28E+05	5,44E+10
31	5820	31 -- 32	31	2880	1,33E+05	6,10E+10
32	2940	32 -- 33	32	2940	1,38E+05	6,82E+10
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	61,64	0,21	1,20	32,39	0,17	1457
2	60,19	0,21	1,19	32,26	0,18	1448
3	58,04	0,21	1,19	32,05	0,18	1435
4	56,59	0,21	1,18	31,91	0,18	1426
5	55,45	0,21	1,18	31,80	0,18	1418
6	54,00	0,21	1,17	31,65	0,18	1409
7	52,54	0,21	1,17	31,49	0,18	1399
8	51,09	0,21	1,16	31,33	0,18	1389
9	48,91	0,21	1,15	31,09	0,18	1373
10	47,22	0,21	1,14	30,89	0,18	1360
11	45,77	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
12	43,08	0,21	1,12	30,37	0,19	1327
13	40,15	0,21	1,11	29,97	0,19	1303
14	37,84	0,21	1,10	29,64	0,19	1282
15	36,39	0,21	1,09	29,42	0,19	1268
16	35,06	0,21	1,08	29,20	0,19	1255
17	33,61	0,21	1,07	28,97	0,20	1241
18	32,44	0,21	1,07	28,77	0,20	1229
19	30,99	0,21	1,06	28,51	0,20	1213
20	28,53	0,21	1,04	28,04	0,20	1185
21	26,36	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
22	24,91	0,21	1,01	27,27	0,21	1139
23	23,46	0,21	1,00	26,93	0,21	1119
24	22,01	0,21	0,98	26,57	0,21	1098
25	20,30	0,21	0,97	26,11	0,22	1072
26	18,33	0,21	0,95	25,54	0,22	1039
27	15,90	0,21	0,92	24,74	0,23	994
28	13,02	0,21	0,87	23,61	0,24	932
29	10,14	0,21	0,82	22,19	0,25	857
30	7,26	0,21	0,75	20,30	0,28	760
31	4,38	0,21	0,65	17,45	0,32	622
32	1,47	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1160	400	0,40	0,00	4,95E-02	1739,18
2	2 -- 3	3792	4036	5,60	0,70	4,95E-02	1703,76
3	3 -- 4	3953		9,39	17,14	4,93E-02	1595,33
4	4 -- 5	1626	31598	44,94	40,95	4,90E-02	1492,22
5	5 -- 6	3024		46,57	78,24	4,88E-02	1452,32
6	6 -- 7	3181		49,59	148,19	4,82E-02	1381,64
7	7 -- 8	4101		52,77	222,66	4,74E-02	1312,02
8	8 -- 9	4297		56,87	302,43	4,66E-02	1243,60
9	9 -- 10	9182		61,17	388,30	4,57E-02	1176,46
10	10 -- 11	1506		70,35	579,66	4,35E-02	1046,47
11	11 -- 12	8458	31818	103,68	612,01	4,32E-02	1026,74
12	12 -- 13	12862		112,13	876,92	4,11E-02	923,10
13	13 -- 14	13815		125,00	1224,31	3,87E-02	805,94
14	14 -- 15	8376	4234	143,04	1610,79	3,62E-02	696,03
15	15 -- 16	6235	32139	183,56	1858,88	3,46E-02	636,34
16	16 -- 17	7656		189,80	2085,69	3,35E-02	594,94
17	17 -- 18	7889		197,45	2366,45	3,21E-02	547,38
18	18 -- 19	5423		205,34	2658,47	3,06E-02	501,88
19	19 -- 20	12809	4302	215,07	2841,56	2,98E-02	475,27
20	20 -- 21	19269		227,88	3288,93	2,79E-02	416,89
21	21 -- 22	10024		247,14	3977,71	2,51E-02	339,81
22	22 -- 23	10283		257,17	4343,34	2,37E-02	304,38
23	23 -- 24	11559		267,45	4723,69	2,23E-02	271,01
24	24 -- 25	11844		279,01	5119,87	2,10E-02	239,63
25	25 -- 26	16548		290,85	5533,02	1,97E-02	210,15
26	26 -- 27	17075	8817	316,22	6122,31	1,79E-02	173,17
27	27 -- 28	25909		333,29	6762,08	1,61E-02	139,73
28	28 -- 29	27034		359,20	7759,27	1,34E-02	97,23
29	29 -- 30	28159		386,24	8832,71	1,07E-02	62,40
30	30 -- 31	29285		414,40	9985,62	8,06E-03	35,26
31	31 -- 32	30410		443,68	11221,26	5,39E-03	15,82
32	32 -- 33	32204		474,09	12542,85	2,72E-03	4,07
33			10263	516,56	13984,02	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	116,0	40,0	1,739	2642,08	464,868
2	2 -- 3	379,2	403,6	1,704	12882,54	2203,475
3	3 -- 4	395,3		1,595	5986,90	942,143
4	4 -- 5	162,6	3159,8	1,492	48603,08	7388,347
5	5 -- 6	302,4		1,452	4204,03	607,241
6	6 -- 7	318,1		1,382	4202,83	577,014
7	7 -- 8	410,1		1,312	5141,09	669,657
8	8 -- 9	429,7		1,244	5100,81	629,168
9	9 -- 10	918,2		1,176	10011,05	1134,245
10	10 -- 11	150,6		1,046	1531,86	161,869
11	11 -- 12	845,8	3181,8	1,027	40137,76	4158,179
12	12 -- 13	1286,2		0,923	10908,46	961,325
13	13 -- 14	1381,5		0,806	10177,74	779,135
14	14 -- 15	837,6	423,4	0,696	8365,06	576,856
15	15 -- 16	623,5	3213,9	0,636	23828,81	1537,753
16	16 -- 17	765,6		0,595	4289,63	249,751
17	17 -- 18	788,9		0,547	4060,25	217,138
18	18 -- 19	542,3		0,502	2599,20	129,451
19	19 -- 20	1280,9	430,2	0,475	7611,46	352,079
20	20 -- 21	1926,9		0,417	7152,09	275,842
21	21 -- 22	1002,4		0,340	3167,21	103,991
22	22 -- 23	1028,3		0,304	2902,09	85,108
23	23 -- 24	1155,9		0,271	2895,09	75,348
24	24 -- 25	1184,4		0,240	2612,98	59,901
25	25 -- 26	1654,8		0,210	3111,39	60,788
26	26 -- 27	1707,5	881,7	0,173	4118,31	68,230
27	27 -- 28	2590,9		0,140	3011,46	36,371
28	28 -- 29	2703,4		0,097	2116,83	17,223
29	29 -- 30	2815,9		0,062	1349,00	6,715
30	30 -- 31	2928,5		0,035	733,78	1,911
31	31 -- 32	3041,0		0,016	296,70	0,301
32	32 -- 33	3220,4		0,004	64,31	0,013
33			1026,3	0,000	0,00	0,000
				Som	245816	24531

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,50	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	782	0,990	0,716	0,70	548,34	0,71
2 -- 3	173	0,948	2,194	1,97	341,11	2,08
3 -- 4	1697	0,888	2,095	1,65	2801,13	1,86
4 -- 5	199	0,847	0,815	0,58	116,49	0,69
5 -- 6	208	0,815	1,455	0,97	200,76	1,19
6 -- 7	219	0,774	1,455	0,87	190,76	1,13
7 -- 8	282	0,735	1,455	0,79	221,39	1,07
8 -- 9	295	0,696	1,455	0,70	208,01	1,01
9 -- 10	316	0,639	2,910	1,19	374,99	1,86
10 -- 11	7324	0,596	0,455	0,16	1183,87	0,27
11 -- 12	345	0,561	2,455	0,77	265,79	1,38
12 -- 13	439	0,497	2,930	0,72	317,82	1,46
13 -- 14	616	0,432	2,930	0,55	336,53	1,27
14 -- 15	2404	0,383	1,685	0,25	594,46	0,65
15 -- 16	513	0,354	1,215	0,15	78,13	0,43
16 -- 17	528	0,328	1,450	0,16	82,57	0,48
17 -- 18	544	0,302	1,450	0,13	71,79	0,44
18 -- 19	1105	0,281	0,880	0,07	76,75	0,25
19 -- 20	634	0,256	2,020	0,13	84,27	0,52
20 -- 21	664	0,218	2,900	0,14	91,20	0,63
21 -- 22	691	0,185	1,450	0,05	34,38	0,27
22 -- 23	709	0,165	1,450	0,04	28,14	0,24
23 -- 24	797	0,147	1,450	0,03	24,91	0,21
24 -- 25	817	0,129	1,450	0,02	19,80	0,19
25 -- 26	1288	0,110	1,970	0,02	30,80	0,22
26 -- 27	867	0,090	1,970	0,02	13,82	0,18
27 -- 28	900	0,068	2,880	0,01	12,02	0,20
28 -- 29	939	0,046	2,880	0,01	5,69	0,13
29 -- 30	978	0,028	2,880	0,00	2,22	0,08
30 -- 31	1017	0,015	2,880	0,00	0,63	0,04
31 -- 32	1056	0,006	2,880	0,00	0,10	0,02
32 -- 33	1444	0,001	2,940	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	12,86	8358,69	21,12

m_e = 8358,7 / 12,9 = 649,7 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,50	Hz
b =	1,28	m
h =	62,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	111,30	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,086	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,098	
$v_m(z_s)$ =	29,54	m/s
$v_m(z)$ =	32,43	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,73	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,25	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,16	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,23	
R^2 =	1,03	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,41	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,50

$c_s c_d$ = 1,14

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,28	1,64E+06	0,80	0,83	0,67
2	48,14	1,75E+06	0,80	0,83	0,67
3	47,92	1,91E+06	0,80	0,83	0,67
4	47,76	2,02E+06	0,80	0,83	0,66
5	47,64	2,11E+06	0,80	0,83	0,66
6	47,47	2,22E+06	0,80	0,83	0,66
7	47,31	2,32E+06	0,80	0,83	0,66
8	47,13	2,43E+06	0,80	0,83	0,66
9	46,87	2,59E+06	0,80	0,83	0,66
10	46,65	2,70E+06	0,80	0,83	0,66
11	46,46	2,81E+06	0,79	0,83	0,66
12	46,09	2,99E+06	0,79	0,83	0,66
13	45,65	3,18E+06	0,79	0,83	0,66
14	45,29	3,33E+06	0,79	0,83	0,66
15	45,05	3,42E+06	0,79	0,83	0,66
16	44,82	3,51E+06	0,79	0,83	0,66
17	44,55	3,59E+06	0,79	0,83	0,66
18	44,34	3,66E+06	0,79	0,83	0,66
19	44,05	3,75E+06	0,79	0,83	0,66
20	43,54	3,88E+06	0,79	0,83	0,66
21	43,05	3,99E+06	0,79	0,83	0,66
22	42,70	4,06E+06	0,79	0,83	0,65
23	42,32	4,13E+06	0,79	0,83	0,65
24	41,92	4,19E+06	0,79	0,83	0,65
25	41,42	4,26E+06	0,78	0,83	0,65
26	40,78	4,33E+06	0,78	0,83	0,65
27	39,88	4,39E+06	0,78	0,83	0,65
28	38,62	4,44E+06	0,78	0,83	0,65
29	37,02	4,43E+06	0,78	0,83	0,65
30	34,87	4,34E+06	0,77	0,83	0,64
31	31,54	4,08E+06	0,77	0,83	0,64
32	30,93	4,15E+06	0,77	0,83	0,64

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	61,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10,0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AH en AH2		
1e traverse - 380C1F1	56,995	1			
2e traverse - 380C1F2	46,995	1			
3e traverse - 380C1F3	36,995	1			
Retourstroomgeleider	32,000	1			
				Σ Gew (kg) =	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	61,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	56,995	4,473
2e traverse - 380C1F2	46,995	4,598
3e traverse - 380C1F3	36,995	4,723
Retourstroomgeleider	32,000	1,825

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	61,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	56,995	1			
2e traverse - 380C1F2	46,995	1			
3e traverse - 380C1F3	36,995	1			
Retourstroomgeleider	32,000	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1053	107	1160	0,243	0,086	548	0,766
2	3463	329	3792	0,797	0,263	1757	0,801
3	3639	314	3953	0,835	0,251	1784	0,851
4	1503	122	1626	0,344	0,098	721	0,885
5	2806	218	3024	0,642	0,175	1325	0,910
6	2963	218	3181	0,676	0,175	1371	0,943
7	3883	218	4101	0,711	0,175	1417	0,974
8	4079	218	4297	0,745	0,175	1462	1,005
9	8745	437	9182	1,594	0,349	3053	1,049
10	1438	68	1506	0,262	0,055	492	1,082
11	8090	368	8458	1,470	0,295	2725	1,110
12	12423	440	12862	1,883	0,352	3395	1,159
13	13376	440	13815	2,022	0,352	3539	1,208
14	8124	253	8376	1,226	0,202	2095	1,243
15	6053	182	6235	0,912	0,146	1536	1,264
16	7438	218	7656	1,120	0,174	1859	1,282
17	7672	218	7889	1,154	0,174	1885	1,300
18	5291	132	5423	0,717	0,106	1156	1,314
19	12506	303	12809	1,692	0,242	2686	1,329
20	18834	435	19269	2,544	0,348	3921	1,352
21	9806	218	10024	1,322	0,174	1983	1,368
22	10065	218	10283	1,355	0,174	1994	1,375
23	11341	218	11559	1,389	0,174	2002	1,381
24	11626	218	11844	1,422	0,174	2006	1,384
25	16253	296	16548	1,985	0,236	2725	1,383
26	16779	296	17075	2,045	0,236	2714	1,378
27	25477	432	25909	3,098	0,346	3918	1,361
28	26602	432	27034	3,225	0,346	3809	1,322
29	27727	432	28159	3,348	0,346	3622	1,258
30	28853	432	29285	3,466	0,346	3315	1,151
31	29978	432	30410	3,571	0,346	2787	0,968
32	31763	441	32204	3,776	0,353	2826	0,961
	379650	9300	388950	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	56072

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1945	480	480	480	480
2	2 -- 3	2074	4755	5414	20996	7121
3	3 -- 4	2264				
4	4 -- 5	2394	37114	41932	68650	48262
5	5 -- 6	2494				
6	6 -- 7	2623				
7	7 -- 8	3383				
8	8 -- 9	3544				
9	9 -- 10	3786				
10	10 -- 11	3973				
11	11 -- 12	4134	37353	42027	68912	48332
12	12 -- 13	5268				
13	13 -- 14	5658				
14	14 -- 15	5965	5081	5081	5081	5081
15	15 -- 16	6158	37713	42142	69245	48417
16	16 -- 17	6336				
17	17 -- 18	6529				
18	18 -- 19	7395				
19	19 -- 20	7610	5053	5669	21434	7361
20	20 -- 21	7974				
21	21 -- 22	8295				
22	22 -- 23	8510				
23	23 -- 24	9566				
24	24 -- 25	9802				
25	25 -- 26	10080				
26	26 -- 27	10401	10580	10580	10580	10580
27	27 -- 28	10796				
28	28 -- 29	11264				
29	29 -- 30	11733				
30	30 -- 31	12202				
31	31 -- 32	12671				
32	32 -- 33	13144				
33			12315	12315	12315	12315

KEMA rapport - bijlage AH - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2370 / 1686 , t = 60 mm ; G = 1026 kg
Flenzen op 19,31m : 2 * rond 1567 / 1250 , t = 80 mm ; G = 882 kg
Flenzen op 38,68m : 2 * rond 1083 / 775 , t = 60 mm ; G = 423 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

A - Horizontale belasting X -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	766				
2	2 -- 3	801	7407	1480	7610	1481
3	3 -- 4	851				
4	4 -- 5	885	42464	8484	23713	8488
5	5 -- 6	910				
6	6 -- 7	943				
7	7 -- 8	974				
8	8 -- 9	1005				
9	9 -- 10	1049				
10	10 -- 11	1082				
11	11 -- 12	1110	39083	7809	21826	7813
12	12 -- 13	1159				
13	13 -- 14	1208				
14	14 -- 15	1243				
15	15 -- 16	1264	34662	6926	19358	6930
16	16 -- 17	1282				
17	17 -- 18	1300				
18	18 -- 19	1314				
19	19 -- 20	1329	5456	1090	5594	1091
20	20 -- 21	1352				
21	21 -- 22	1368				
22	22 -- 23	1375				
23	23 -- 24	1381				
24	24 -- 25	1384				
25	25 -- 26	1383				
26	26 -- 27	1378				
27	27 -- 28	1361				
28	28 -- 29	1322				
29	29 -- 30	1258				
30	30 -- 31	1151				
31	31 -- 32	968				
32	32 -- 33	961				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AH2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

B - Horizontale belasting Y -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
19	19 -- 20		54187	40392	101124	43453

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

A - Horizontale belasting X -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1226				
2	2 -- 3	1282	11116	2220	11423	2221
3	3 -- 4	1362				
4	4 -- 5	1416	63724	12728	35583	12735
5	5 -- 6	1457				
6	6 -- 7	1508				
7	7 -- 8	1558				
8	8 -- 9	1608				
9	9 -- 10	1679				
10	10 -- 11	1732				
11	11 -- 12	1776	58649	11715	32751	11722
12	12 -- 13	1854				
13	13 -- 14	1933				
14	14 -- 15	1989				
15	15 -- 16	2023	52013	10391	29048	10397
16	16 -- 17	2051				
17	17 -- 18	2081				
18	18 -- 19	2102				
19	19 -- 20	2127	8188	1636	8398	1637
20	20 -- 21	2163				
21	21 -- 22	2188				
22	22 -- 23	2201				
23	23 -- 24	2209				
24	24 -- 25	2214				
25	25 -- 26	2213				
26	26 -- 27	2204				
27	27 -- 28	2177				
28	28 -- 29	2116				
29	29 -- 30	2012				
30	30 -- 31	1841				
31	31 -- 32	1548				
32	32 -- 33	1538				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AH - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

B - Horizontale belasting Y -richting

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
19	19 -- 20		70935	47210	131085	52785

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	548		0	0,00E+00	7,97E-03	279
2	2 -- 3	1757		548	2,27E+05	7,97E-03	273
3	3 -- 4	1784		2306	3,52E+06	7,95E-03	256
4	4 -- 5	721		4089	1,09E+07	7,88E-03	239
5	5 -- 6	1325		4811	1,49E+07	7,84E-03	233
6	6 -- 7	1371		6135	2,34E+07	7,74E-03	221
7	7 -- 8	1417		7507	3,39E+07	7,61E-03	210
8	8 -- 9	1462		8924	4,64E+07	7,49E-03	199
9	9 -- 10	3053		10386	6,11E+07	7,35E-03	188
10	10 -- 11	492		13439	9,72E+07	7,01E-03	167
11	11 -- 12	2725		13932	1,04E+08	6,95E-03	164
12	12 -- 13	3395		16657	1,43E+08	6,60E-03	148
13	13 -- 14	3539		20052	1,99E+08	6,22E-03	129
14	14 -- 15	2095		23591	2,66E+08	5,80E-03	111
15	15 -- 16	1536		25686	3,09E+08	5,55E-03	102
16	16 -- 17	1859		27222	3,42E+08	5,36E-03	95
17	17 -- 18	1885		29081	3,84E+08	5,13E-03	87
18	18 -- 19	1156		30966	4,29E+08	4,90E-03	80
19	19 -- 20	2686		32123	4,58E+08	4,77E-03	76
20	20 -- 21	3921		34808	5,28E+08	4,46E-03	66
21	21 -- 22	1983		38729	6,37E+08	4,02E-03	54
22	22 -- 23	1994		40712	6,96E+08	3,79E-03	48
23	23 -- 24	2002		42706	7,58E+08	3,56E-03	43
24	24 -- 25	2006		44709	8,23E+08	3,35E-03	38
25	25 -- 26	2725		46715	8,91E+08	3,14E-03	33
26	26 -- 27	2714		49440	9,87E+08	2,85E-03	28
27	27 -- 28	3918		52154	1,09E+09	2,56E-03	22
28	28 -- 29	3809		56072	1,25E+09	2,13E-03	15
29	29 -- 30	3622		59881	1,42E+09	1,70E-03	10
30	30 -- 31	3315		63503	1,60E+09	1,28E-03	6
31	31 -- 32	2787		66817	1,78E+09	8,51E-04	2
32	32 -- 33	2826		69604	1,98E+09	4,28E-04	1
33		0		72431	2,19E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,48E-02	1105
2	2 -- 3		7407	7407	1,34E+05	3,48E-02	1080
3	3 -- 4			7407	1,71E+07	3,47E-02	1004
4	4 -- 5		42464	49871	3,57E+07	3,44E-02	931
5	5 -- 6			49871	7,76E+07	3,42E-02	903
6	6 -- 7			49871	1,53E+08	3,36E-02	854
7	7 -- 8			49871	2,28E+08	3,28E-02	806
8	8 -- 9			49871	3,03E+08	3,20E-02	759
9	9 -- 10			49871	3,78E+08	3,10E-02	713
10	10 -- 11			49871	5,29E+08	2,91E-02	626
11	11 -- 12		39083	88954	5,53E+08	2,88E-02	613
12	12 -- 13			88954	7,79E+08	2,69E-02	544
13	13 -- 14			88954	1,05E+09	2,49E-02	468
14	14 -- 15			88954	1,32E+09	2,27E-02	399
15	15 -- 16		34662	123616	1,48E+09	2,15E-02	361
16	16 -- 17			123616	1,63E+09	2,06E-02	336
17	17 -- 18			123616	1,81E+09	1,96E-02	307
18	18 -- 19			123616	2,00E+09	1,85E-02	279
19	19 -- 20		5456	139985	2,11E+09	1,79E-02	263
20	20 -- 21			139985	2,38E+09	1,65E-02	228
21	21 -- 22			139985	2,78E+09	1,45E-02	183
22	22 -- 23			139985	2,98E+09	1,36E-02	163
23	23 -- 24			139985	3,18E+09	1,26E-02	144
24	24 -- 25			139985	3,38E+09	1,17E-02	126
25	25 -- 26			139985	3,58E+09	1,09E-02	110
26	26 -- 27			139985	3,86E+09	9,72E-03	90
27	27 -- 28			139985	4,13E+09	8,60E-03	72
28	28 -- 29			139985	4,54E+09	7,02E-03	49
29	29 -- 30			139985	4,94E+09	5,50E-03	31
30	30 -- 31			139985	5,34E+09	4,04E-03	17
31	31 -- 32			139985	5,75E+09	2,64E-03	8
32	32 -- 33			139985	6,15E+09	1,30E-03	2
33				139985	6,56E+09	0,00E+00	0

)*

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		54187

)* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,30E-03	246
2	2 -- 3		1480	1480	2,68E+04	7,30E-03	241
3	3 -- 4			1480	3,41E+06	7,28E-03	225
4	4 -- 5		8484	9964	7,14E+06	7,23E-03	210
5	5 -- 6			9964	1,55E+07	7,19E-03	204
6	6 -- 7			9964	3,05E+07	7,08E-03	194
7	7 -- 8			9964	4,55E+07	6,92E-03	184
8	8 -- 9			9964	6,05E+07	6,76E-03	174
9	9 -- 10			9964	7,55E+07	6,59E-03	164
10	10 -- 11			9964	1,06E+08	6,22E-03	146
11	11 -- 12		7809	17772	1,10E+08	6,16E-03	143
12	12 -- 13			17772	1,56E+08	5,82E-03	129
13	13 -- 14			17772	2,09E+08	5,45E-03	113
14	14 -- 15			17772	2,63E+08	5,06E-03	97
15	15 -- 16		6926	24698	2,95E+08	4,85E-03	89
16	16 -- 17			24698	3,26E+08	4,69E-03	83
17	17 -- 18			24698	3,63E+08	4,50E-03	77
18	18 -- 19			24698	4,00E+08	4,31E-03	70
19	19 -- 20		1090	47923	4,22E+08	4,21E-03	67
20	20 -- 21			47923	4,83E+08	3,97E-03	58
21	21 -- 22			47923	5,88E+08	3,58E-03	48
22	22 -- 23			47923	6,46E+08	3,38E-03	42
23	23 -- 24			47923	7,06E+08	3,18E-03	38
24	24 -- 25			47923	7,68E+08	2,98E-03	33
25	25 -- 26			47923	8,31E+08	2,79E-03	29
26	26 -- 27			47923	9,19E+08	2,52E-03	24
27	27 -- 28			47923	1,01E+09	2,25E-03	19
28	28 -- 29			47923	1,14E+09	1,86E-03	13
29	29 -- 30			47923	1,27E+09	1,47E-03	8
30	30 -- 31			47923	1,41E+09	1,09E-03	5
31	31 -- 32			47923	1,54E+09	7,20E-04	2
32	32 -- 33			47923	1,68E+09	3,58E-04	1
33				47923	1,82E+09	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		40392

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,26E-02	729
2	2 -- 3		7610	7610	8,46E+04	2,26E-02	713
3	3 -- 4			7610	1,72E+07	2,24E-02	664
4	4 -- 5		23713	31323	3,51E+07	2,22E-02	618
5	5 -- 6			31323	6,14E+07	2,20E-02	600
6	6 -- 7			31323	1,08E+08	2,16E-02	568
7	7 -- 8			31323	1,56E+08	2,10E-02	538
8	8 -- 9			31323	2,03E+08	2,05E-02	508
9	9 -- 10			31323	2,50E+08	1,99E-02	479
10	10 -- 11			31323	3,45E+08	1,87E-02	424
11	11 -- 12		21826	53149	3,60E+08	1,85E-02	415
12	12 -- 13			53149	4,95E+08	1,73E-02	372
13	13 -- 14			53149	6,56E+08	1,61E-02	323
14	14 -- 15			53149	8,18E+08	1,49E-02	278
15	15 -- 16		19358	72507	9,11E+08	1,42E-02	254
16	16 -- 17			72507	1,00E+09	1,37E-02	237
17	17 -- 18			72507	1,11E+09	1,31E-02	218
18	18 -- 19			72507	1,22E+09	1,25E-02	200
19	19 -- 20		5594	127773	1,28E+09	1,22E-02	189
20	20 -- 21			127773	1,46E+09	1,14E-02	165
21	21 -- 22			127773	1,75E+09	1,02E-02	134
22	22 -- 23			127773	1,91E+09	9,62E-03	119
23	23 -- 24			127773	2,07E+09	9,00E-03	106
24	24 -- 25			127773	2,24E+09	8,44E-03	93
25	25 -- 26			127773	2,41E+09	7,87E-03	81
26	26 -- 27			127773	2,65E+09	7,10E-03	67
27	27 -- 28			127773	2,88E+09	6,32E-03	54
28	28 -- 29			127773	3,23E+09	5,21E-03	37
29	29 -- 30			127773	3,59E+09	4,11E-03	23
30	30 -- 31			127773	3,95E+09	3,04E-03	13
31	31 -- 32			127773	4,31E+09	2,00E-03	6
32	32 -- 33			127773	4,67E+09	9,96E-04	1
33				127773	5,04E+09	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		101124

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	2,7E+04	7,4E-03	250
2	2 -- 3		1481	1481	1,6E+05	7,4E-03	244
3	3 -- 4			1481	4,0E+06	7,3E-03	228
4	4 -- 5		8488	9969	7,4E+06	7,3E-03	213
5	5 -- 6			9969	1,6E+07	7,3E-03	208
6	6 -- 7			9969	3,1E+07	7,1E-03	197
7	7 -- 8			9969	4,6E+07	7,0E-03	187
8	8 -- 9			9969	6,1E+07	6,8E-03	177
9	9 -- 10			9969	7,7E+07	6,6E-03	167
10	10 -- 11			9969	1,1E+08	6,3E-03	149
11	11 -- 12		7813	17782	1,1E+08	6,2E-03	146
12	12 -- 13			17782	1,6E+08	5,9E-03	131
13	13 -- 14			17782	2,1E+08	5,5E-03	115
14	14 -- 15			17782	2,6E+08	5,1E-03	100
15	15 -- 16		6930	24712	3,0E+08	4,9E-03	92
16	16 -- 17			24712	3,3E+08	4,8E-03	86
17	17 -- 18			24712	3,6E+08	4,6E-03	79
18	18 -- 19			24712	4,0E+08	4,4E-03	73
19	19 -- 20		1091	50537	4,2E+08	4,3E-03	69
20	20 -- 21			50537	4,9E+08	4,1E-03	60
21	21 -- 22			50537	5,9E+08	3,7E-03	49
22	22 -- 23			50537	6,6E+08	3,5E-03	44
23	23 -- 24			50537	7,2E+08	3,3E-03	39
24	24 -- 25			50537	7,8E+08	3,1E-03	34
25	25 -- 26			50537	8,5E+08	2,9E-03	30
26	26 -- 27			50537	9,4E+08	2,6E-03	25
27	27 -- 28			50537	1,0E+09	2,3E-03	20
28	28 -- 29			50537	1,2E+09	1,9E-03	14
29	29 -- 30			50537	1,3E+09	1,5E-03	9
30	30 -- 31			50537	1,5E+09	1,1E-03	5
31	31 -- 32			50537	1,6E+09	7,4E-04	2
32	32 -- 33			50537	1,7E+09	3,7E-04	1
33				50537	1,9E+09	0,0E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		43453

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,24E-03	181
2	2 -- 3				5,89E+06	8,24E-03	175
3	3 -- 4				5,89E+06	8,33E-03	157
4	4 -- 5				1,35E+08	8,39E-03	139
5	5 -- 6				1,35E+08	7,93E-03	133
6	6 -- 7				1,35E+08	7,21E-03	122
7	7 -- 8				1,35E+08	6,60E-03	112
8	8 -- 9				1,35E+08	6,18E-03	102
9	9 -- 10				1,35E+08	5,81E-03	94
10	10 -- 11				1,35E+08	5,22E-03	77
11	11 -- 12				2,82E+08	5,14E-03	75
12	12 -- 13				2,82E+08	4,35E-03	64
13	13 -- 14				2,82E+08	3,71E-03	52
14	14 -- 15				2,82E+08	3,20E-03	42
15	15 -- 16				4,34E+08	2,95E-03	36
16	16 -- 17				4,34E+08	2,70E-03	33
17	17 -- 18				4,34E+08	2,42E-03	29
18	18 -- 19				4,34E+08	2,17E-03	26
19	19 -- 20				4,26E+08	2,04E-03	24
20	20 -- 21				4,26E+08	1,78E-03	20
21	21 -- 22				4,26E+08	1,45E-03	16
22	22 -- 23				4,26E+08	1,31E-03	14
23	23 -- 24				4,26E+08	1,17E-03	12
24	24 -- 25				4,26E+08	1,06E-03	10
25	25 -- 26				4,26E+08	9,55E-04	9
26	26 -- 27				4,26E+08	8,23E-04	7
27	27 -- 28				4,26E+08	7,04E-04	5
28	28 -- 29				4,26E+08	5,48E-04	4
29	29 -- 30				4,26E+08	4,11E-04	2
30	30 -- 31				4,26E+08	2,90E-04	1
31	31 -- 32				4,26E+08	1,83E-04	1
32	32 -- 33				4,26E+08	8,74E-05	0
33					4,26E+08	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

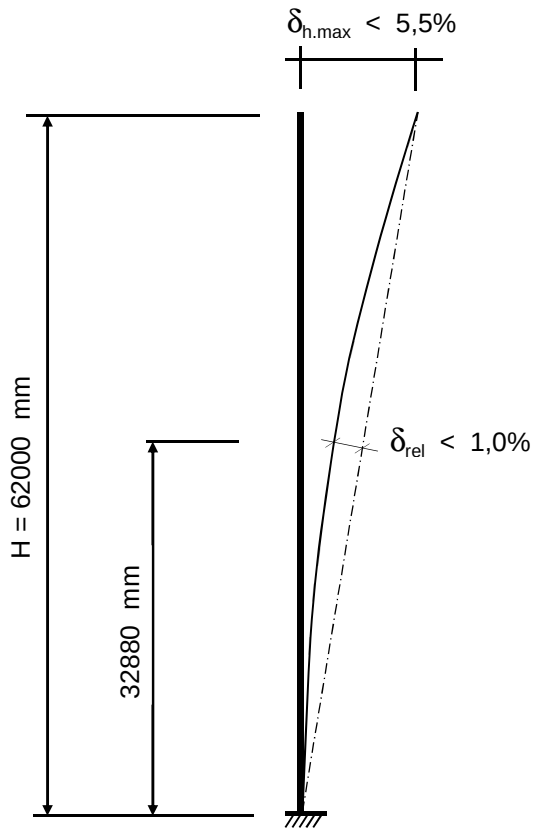
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,1E-02	1564
2	2 -- 3	5,1E-02	1528
3	3 -- 4	5,1E-02	1416
4	4 -- 5	5,1E-02	1310
5	5 -- 6	5,0E-02	1269
6	6 -- 7	4,9E-02	1197
7	7 -- 8	4,7E-02	1128
8	8 -- 9	4,6E-02	1060
9	9 -- 10	4,4E-02	995
10	10 -- 11	4,1E-02	871
11	11 -- 12	4,1E-02	852
12	12 -- 13	3,8E-02	755
13	13 -- 14	3,5E-02	649
14	14 -- 15	3,2E-02	551
15	15 -- 16	3,0E-02	499
16	16 -- 17	2,9E-02	464
17	17 -- 18	2,7E-02	423
18	18 -- 19	2,6E-02	385
19	19 -- 20	2,5E-02	363
20	20 -- 21	2,3E-02	315
21	21 -- 22	2,0E-02	253
22	22 -- 23	1,9E-02	225
23	23 -- 24	1,7E-02	199
24	24 -- 25	1,6E-02	175
25	25 -- 26	1,5E-02	152
26	26 -- 27	1,3E-02	124
27	27 -- 28	1,2E-02	99
28	28 -- 29	9,7E-03	68
29	29 -- 30	7,6E-03	43
30	30 -- 31	5,6E-03	24
31	31 -- 32	3,7E-03	11
32	32 -- 33	1,8E-03	3
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1564 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 2,52 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 18 ; Hoogte = 32880 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 385 mm
α = 1,45 graden

δ_{rel} = 444 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 0,72 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	823	480	0	0,00E+00	1,23E-02	432
2	2 -- 3	2636	6628	877	3,14E+05	1,23E-02	424
3	3 -- 4	2676	11178	3689	5,32E+06	1,23E-02	397
4	4 -- 5	1082	53036	6543	1,60E+07	1,22E-02	371
5	5 -- 6	1987	54987	7697	2,18E+07	1,21E-02	361
6	6 -- 7	2057	58616	9816	3,46E+07	1,20E-02	344
7	7 -- 8	2126	62433	12011	5,05E+07	1,18E-02	326
8	8 -- 9	2193	67355	14278	6,96E+07	1,16E-02	309
9	9 -- 10	4580	72511	16617	9,21E+07	1,14E-02	293
10	10 -- 11	739	83529	21503	1,48E+08	1,08E-02	260
11	11 -- 12	4088	122690	22291	1,57E+08	1,08E-02	255
12	12 -- 13	5093	132840	26651	2,18E+08	1,02E-02	230
13	13 -- 14	5308	148274	32083	3,04E+08	9,64E-03	200
14	14 -- 15	3143	169933	37745	4,06E+08	9,00E-03	173
15	15 -- 16	2304	217697	41098	4,72E+08	8,61E-03	158
16	16 -- 17	2789	225180	43555	5,24E+08	8,32E-03	148
17	17 -- 18	2828	234367	46529	5,89E+08	7,97E-03	136
18	18 -- 19	1734	243834	49546	6,59E+08	7,61E-03	125
19	19 -- 20	4028	255394	51396	7,03E+08	7,41E-03	118
20	20 -- 21	5882	270765	55693	8,11E+08	6,94E-03	104
21	21 -- 22	2975	293888	61967	9,82E+08	6,25E-03	85
22	22 -- 23	2991	305917	65140	1,07E+09	5,90E-03	76
23	23 -- 24	3003	318256	68330	1,17E+09	5,55E-03	67
24	24 -- 25	3009	332127	71534	1,27E+09	5,22E-03	60
25	25 -- 26	4088	346339	74744	1,38E+09	4,90E-03	52
26	26 -- 27	4071	376778	79104	1,53E+09	4,45E-03	43
27	27 -- 28	5878	397267	83446	1,69E+09	4,00E-03	35
28	28 -- 29	5713	428359	89716	1,94E+09	3,33E-03	24
29	29 -- 30	5432	460800	95810	2,21E+09	2,67E-03	15
30	30 -- 31	4972	494591	101604	2,49E+09	2,00E-03	9
31	31 -- 32	4181	529733	106908	2,79E+09	1,33E-03	4
32	32 -- 33	4239	566224	111367	3,11E+09	6,71E-04	1
33		0	617184	115889	3,44E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,x}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,05E-02	1604
2	2 -- 3		11116	11116	0,00E+00	5,05E-02	1568
3	3 -- 4			11116	2,44E+07	5,03E-02	1457
4	4 -- 5		63724	74840	4,77E+07	4,99E-02	1352
5	5 -- 6			74840	1,09E+08	4,97E-02	1312
6	6 -- 7			74840	2,18E+08	4,88E-02	1240
7	7 -- 8			74840	3,26E+08	4,76E-02	1170
8	8 -- 9			74840	4,35E+08	4,64E-02	1102
9	9 -- 10			74840	5,44E+08	4,51E-02	1036
10	10 -- 11			74840	7,62E+08	4,22E-02	908
11	11 -- 12		58649	133489	7,96E+08	4,18E-02	889
12	12 -- 13			133489	1,12E+09	3,91E-02	790
13	13 -- 14			133489	1,51E+09	3,61E-02	680
14	14 -- 15			133489	1,91E+09	3,30E-02	579
15	15 -- 16		52013	185502	2,13E+09	3,12E-02	525
16	16 -- 17			185502	2,36E+09	3,00E-02	487
17	17 -- 18			185502	2,63E+09	2,84E-02	445
18	18 -- 19			185502	2,89E+09	2,68E-02	405
19	19 -- 20		8188	206271	3,06E+09	2,60E-02	382
20	20 -- 21			206271	3,45E+09	2,40E-02	332
21	21 -- 22			206271	4,03E+09	2,11E-02	266
22	22 -- 23			206271	4,32E+09	1,97E-02	237
23	23 -- 24			206271	4,61E+09	1,83E-02	209
24	24 -- 25			206271	4,90E+09	1,70E-02	183
25	25 -- 26			206271	5,19E+09	1,58E-02	160
26	26 -- 27			206271	5,59E+09	1,41E-02	130
27	27 -- 28			206271	5,99E+09	1,25E-02	104
28	28 -- 29			206271	6,57E+09	1,02E-02	71
29	29 -- 30			206271	7,16E+09	7,98E-03	45
30	30 -- 31			206271	7,75E+09	5,86E-03	25
31	31 -- 32			206271	8,34E+09	3,83E-03	11
32	32 -- 33			206271	8,93E+09	1,89E-03	3
33				206271	9,53E+09	0,00E+00	0

)*

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		70935

)* - De resultaten zijn de vectoriele som van de belastingen in X - en Y ricting.

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,04E-02	343
2	2 -- 3		2220	2220	0,00E+00	1,04E-02	336
3	3 -- 4			2220	4,87E+06	1,04E-02	313
4	4 -- 5		12728	14948	9,52E+06	1,03E-02	292
5	5 -- 6			14948	2,17E+07	1,02E-02	284
6	6 -- 7			14948	4,35E+07	1,01E-02	269
7	7 -- 8			14948	6,52E+07	9,84E-03	255
8	8 -- 9			14948	8,70E+07	9,61E-03	241
9	9 -- 10			14948	1,09E+08	9,35E-03	227
10	10 -- 11			14948	1,52E+08	8,81E-03	201
11	11 -- 12		11715	26663	1,59E+08	8,72E-03	197
12	12 -- 13			26663	2,24E+08	8,21E-03	176
13	13 -- 14			26663	3,03E+08	7,65E-03	153
14	14 -- 15			26663	3,81E+08	7,07E-03	132
15	15 -- 16		10391	37054	4,26E+08	6,74E-03	121
16	16 -- 17			37054	4,71E+08	6,50E-03	113
17	17 -- 18			37054	5,24E+08	6,22E-03	103
18	18 -- 19			37054	5,78E+08	5,93E-03	95
19	19 -- 20		1636	61038	6,11E+08	5,78E-03	90
20	20 -- 21			61038	6,95E+08	5,41E-03	78
21	21 -- 22			61038	8,34E+08	4,85E-03	63
22	22 -- 23			61038	9,08E+08	4,56E-03	57
23	23 -- 24			61038	9,85E+08	4,27E-03	50
24	24 -- 25			61038	1,06E+09	4,00E-03	44
25	25 -- 26			61038	1,14E+09	3,73E-03	39
26	26 -- 27			61038	1,25E+09	3,36E-03	32
27	27 -- 28			61038	1,37E+09	3,00E-03	25
28	28 -- 29			61038	1,53E+09	2,47E-03	17
29	29 -- 30			61038	1,70E+09	1,95E-03	11
30	30 -- 31			61038	1,87E+09	1,44E-03	6
31	31 -- 32			61038	2,04E+09	9,50E-04	3
32	32 -- 33			61038	2,21E+09	4,72E-04	1
33				61038	2,39E+09	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		47210

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,25E-02	1042
2	2 -- 3		11423	11423	0,00E+00	3,25E-02	1019
3	3 -- 4			11423	2,51E+07	3,24E-02	948
4	4 -- 5		35583	47006	4,90E+07	3,20E-02	882
5	5 -- 6			47006	8,73E+07	3,17E-02	856
6	6 -- 7			47006	1,56E+08	3,11E-02	811
7	7 -- 8			47006	2,24E+08	3,03E-02	766
8	8 -- 9			47006	2,92E+08	2,95E-02	723
9	9 -- 10			47006	3,61E+08	2,87E-02	681
10	10 -- 11			47006	4,98E+08	2,68E-02	601
11	11 -- 12		32751	79757	5,19E+08	2,66E-02	589
12	12 -- 13			79757	7,15E+08	2,49E-02	527
13	13 -- 14			79757	9,49E+08	2,31E-02	457
14	14 -- 15			79757	1,18E+09	2,13E-02	393
15	15 -- 16		29048	108806	1,32E+09	2,02E-02	358
16	16 -- 17			108806	1,45E+09	1,95E-02	334
17	17 -- 18			108806	1,61E+09	1,86E-02	307
18	18 -- 19			108806	1,76E+09	1,77E-02	280
19	19 -- 20		8398	175840	1,86E+09	1,72E-02	265
20	20 -- 21			175840	2,11E+09	1,61E-02	232
21	21 -- 22			175840	2,52E+09	1,44E-02	187
22	22 -- 23			175840	2,74E+09	1,35E-02	167
23	23 -- 24			175840	2,96E+09	1,26E-02	148
24	24 -- 25			175840	3,19E+09	1,18E-02	130
25	25 -- 26			175840	3,42E+09	1,10E-02	114
26	26 -- 27			175840	3,74E+09	9,93E-03	93
27	27 -- 28			175840	4,06E+09	8,85E-03	75
28	28 -- 29			175840	4,54E+09	7,27E-03	51
29	29 -- 30			175840	5,03E+09	5,74E-03	33
30	30 -- 31			175840	5,51E+09	4,24E-03	18
31	31 -- 32			175840	6,01E+09	2,79E-03	8
32	32 -- 33			175840	6,50E+09	1,39E-03	2
33				175840	7,01E+09	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		131085

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,05E-02	350
2	2 -- 3		2221	2221	0,00E+00	1,05E-02	342
3	3 -- 4			2221	4,87E+06	1,05E-02	319
4	4 -- 5		12735	14957	9,53E+06	1,04E-02	298
5	5 -- 6			14957	2,17E+07	1,03E-02	289
6	6 -- 7			14957	4,35E+07	1,02E-02	275
7	7 -- 8			14957	6,52E+07	9,93E-03	260
8	8 -- 9			14957	8,70E+07	9,71E-03	246
9	9 -- 10			14957	1,09E+08	9,45E-03	232
10	10 -- 11			14957	1,52E+08	8,91E-03	206
11	11 -- 12		11722	26679	1,59E+08	8,83E-03	202
12	12 -- 13			26679	2,25E+08	8,32E-03	181
13	13 -- 14			26679	3,03E+08	7,77E-03	158
14	14 -- 15			26679	3,81E+08	7,20E-03	136
15	15 -- 16		10397	37076	4,26E+08	6,88E-03	125
16	16 -- 17			37076	4,71E+08	6,64E-03	116
17	17 -- 18			37076	5,25E+08	6,36E-03	107
18	18 -- 19			37076	5,78E+08	6,08E-03	98
19	19 -- 20		1637	65459	6,11E+08	5,93E-03	93
20	20 -- 21			65459	6,97E+08	5,57E-03	81
21	21 -- 22			65459	8,43E+08	5,01E-03	66
22	22 -- 23			65459	9,21E+08	4,72E-03	59
23	23 -- 24			65459	1,00E+09	4,43E-03	52
24	24 -- 25			65459	1,09E+09	4,15E-03	46
25	25 -- 26			65459	1,17E+09	3,88E-03	40
26	26 -- 27			65459	1,29E+09	3,50E-03	33
27	27 -- 28			65459	1,41E+09	3,12E-03	27
28	28 -- 29			65459	1,59E+09	2,58E-03	18
29	29 -- 30			65459	1,77E+09	2,04E-03	12
30	30 -- 31			65459	1,95E+09	1,51E-03	7
31	31 -- 32			65459	2,13E+09	9,95E-04	3
32	32 -- 33			65459	2,32E+09	4,95E-04	1
33				65459	2,51E+09	0,00E+00	0

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor,y}$ N
19	19 -- 20		52785

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	9,68E-03	212
2	2 -- 3				6,94E+06	9,68E-03	205
3	3 -- 4				6,94E+06	9,78E-03	184
4	4 -- 5				1,59E+08	9,85E-03	164
5	5 -- 6				1,59E+08	9,31E-03	156
6	6 -- 7				1,59E+08	8,47E-03	143
7	7 -- 8				1,59E+08	7,75E-03	131
8	8 -- 9				1,59E+08	7,25E-03	120
9	9 -- 10				1,59E+08	6,82E-03	110
10	10 -- 11				1,59E+08	6,12E-03	91
11	11 -- 12				3,31E+08	6,03E-03	88
12	12 -- 13				3,31E+08	5,10E-03	75
13	13 -- 14				3,31E+08	4,35E-03	61
14	14 -- 15				3,31E+08	3,75E-03	49
15	15 -- 16				5,09E+08	3,46E-03	43
16	16 -- 17				5,09E+08	3,17E-03	39
17	17 -- 18				5,09E+08	2,84E-03	34
18	18 -- 19				5,09E+08	2,55E-03	30
19	19 -- 20				5,00E+08	2,40E-03	28
20	20 -- 21				5,00E+08	2,09E-03	24
21	21 -- 22				5,00E+08	1,71E-03	18
22	22 -- 23				5,00E+08	1,54E-03	16
23	23 -- 24				5,00E+08	1,38E-03	14
24	24 -- 25				5,00E+08	1,24E-03	12
25	25 -- 26				5,00E+08	1,12E-03	10
26	26 -- 27				5,00E+08	9,67E-04	8
27	27 -- 28				5,00E+08	8,26E-04	6
28	28 -- 29				5,00E+08	6,43E-04	4
29	29 -- 30				5,00E+08	4,83E-04	3
30	30 -- 31				5,00E+08	3,41E-04	1
31	31 -- 32				5,00E+08	2,15E-04	1
32	32 -- 33				5,00E+08	1,03E-04	0
33					5,00E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,63	11,99	30,54
3	3 -- 4	11,18	14,81	22,78
4	4 -- 5	53,04	81,38	329,92
5	5 -- 6	54,99	82,54	369,86
6	6 -- 7	58,62	84,66	441,84
7	7 -- 8	62,43	86,85	535,98
8	8 -- 9	67,35	89,12	664,00
9	9 -- 10	72,51	91,46	795,37
10	10 -- 11	83,53	96,34	1068,62
11	11 -- 12	122,69	155,78	1284,37
12	12 -- 13	132,84	160,14	1672,16
13	13 -- 14	148,27	165,57	2149,32
14	14 -- 15	169,93	171,23	2642,75
15	15 -- 16	217,70	226,60	3112,20
16	16 -- 17	225,18	229,06	3389,01
17	17 -- 18	234,37	232,03	3723,30
18	18 -- 19	243,83	235,05	4061,93
19	19 -- 20	255,39	257,67	4260,37
20	20 -- 21	270,77	261,96	4762,76
21	21 -- 22	293,89	268,24	5507,25
22	22 -- 23	305,92	271,41	5888,82
23	23 -- 24	318,26	274,60	6276,24
24	24 -- 25	332,13	277,80	6669,31
25	25 -- 26	346,34	281,01	7067,87
26	26 -- 27	376,78	285,37	7617,95
27	27 -- 28	397,27	289,72	8177,64
28	28 -- 29	428,36	295,99	9012,65
29	29 -- 30	460,80	302,08	9866,85
30	30 -- 31	494,59	307,87	10739,24
31	31 -- 32	529,73	313,18	11628,45
32	32 -- 33	566,22	317,64	12532,40
33		617,18	322,16	13468,94

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 3 t/m 32
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 en 2

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 718	30,54	6,63	36	30,8	836,9	0,04
2	500 / 718	22,78	11,18	112	24,3	1030,5	0,03
3	500 / 718	329,92	53,04	106	337,1	1234,1	0,28
4	500 / 718	369,86	54,99	41	379,2	1318,3	0,29
5	500 / 718	441,84	58,62	72	455,4	1475,4	0,32
6	500 / 718	535,98	62,43	69	553,9	1641,4	0,34
7	718 / 937	664,00	67,35	67	686,5	2243,3	0,31
8	718 / 937	795,37	72,51	65	822,6	2471,6	0,34
9	718 / 937	1068,62	83,53	124	1106,2	2961,4	0,38
10	718 / 937	1284,37	122,69	19	1324,2	3042,0	0,44
11	718 / 937	1672,16	132,84	97	1724,9	3495,4	0,50
12	937 / 1228	2149,32	148,27	106	2217,8	4849,8	0,46
13	937 / 1228	2642,75	169,93	97	2727,8	5599,3	0,50
14	937 / 1228	3112,20	217,70	52	3208,6	6054,7	0,54
15	937 / 1228	3389,01	225,18	36	3493,4	6394,2	0,56
16	937 / 1228	3723,30	234,37	40	3837,2	6811,4	0,57
17	937 / 1228	4061,93	243,83	38	4185,1	7241,8	0,59
18	1228/ 1446	4260,37	255,39	22	4389,2	8303,6	0,54
19	1228/ 1446	4762,76	270,77	48	4904,6	9005,0	0,55
20	1228/ 1446	5507,25	293,89	62	5667,3	10061,6	0,57
21	1228/ 1446	5888,82	305,92	28	6057,4	10611,9	0,58
22	1228/ 1446	6276,24	318,26	26	6453,2	11176,8	0,59
23	1446/ 2050	6669,31	332,13	24	6854,3	12879,5	0,54
24	1446/ 2050	7067,87	346,34	23	7260,7	13531,9	0,55
25	1446/ 2050	7617,95	376,78	28	7821,3	14444,0	0,55
26	1446/ 2050	8177,64	397,27	25	8390,9	15385,8	0,56
27	1446/ 2050	9012,65	428,36	31	9239,2	16816,3	0,56
28	1446/ 2050	9866,85	460,80	25	10104,9	18310,4	0,56
29	1446/ 2050	10739,24	494,59	19	10986,7	19868,1	0,56
30	1446/ 2050	11628,45	529,73	13	11883,0	21489,4	0,56
31	1446/ 2050	12532,40	566,22	8	12791,5	23174,3	0,56
32	1446/ 2050	13468,94	617,18	3	13729,7	24959,9	0,56

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
518	12,0	43,16	0,81	355	355
573	12,0	47,73	0,81	355	355
625	12,0	52,09	0,81	355	355
646	12,0	53,79	0,81	355	355
682	12,0	56,82	0,81	355	355
718	12,0	59,85	0,81	354	355
755	15,0	50,31	0,81	355	355
791	15,0	52,73	0,81	355	355
864	15,0	57,58	0,81	355	355
875	15,0	58,34	0,81	355	355
937	15,0	62,43	0,81	344	355
1010	18,0	56,10	0,81	355	355
1083	18,0	60,17	0,81	353	355
1125	18,0	62,51	0,81	343	355
1156	18,0	64,19	0,81	337	355
1192	18,0	66,21	0,81	330	355
1228	18,0	68,22	0,81	324	355
1250	20,0	62,50	0,81	343	355
1301	20,0	65,03	0,81	334	355
1373	20,0	68,65	0,81	322	355
1409	20,0	70,46	0,81	317	355
1446	20,0	72,28	0,81	311	355
1482	22,0	67,35	0,81	326	355
1518	22,0	69,00	0,81	321	355
1567	22,0	71,24	0,81	314	355
1617	22,0	73,48	0,81	308	355
1689	22,0	76,75	0,81	299	355
1761	22,0	80,02	0,81	292	355
1833	22,0	83,30	0,81	284	355
1905	22,0	86,57	0,81	278	355
1977	22,0	89,84	0,81	271	355
2050	22,0	93,18	0,81	265	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 718	13,54	0,35	355	355	0,04
2	500 / 718	9,25	0,56	355	355	0,03
3	500 / 718	105,89	2,40	355	355	0,31
4	500 / 718	105,53	2,34	355	355	0,30
5	500 / 718	115,84	2,39	355	355	0,33
6	500 / 718	126,27	2,41	355	354	0,36
7	718 / 937	114,23	1,98	355	355	0,33
8	718 / 937	123,94	2,03	355	355	0,35
9	718 / 937	144,86	2,18	355	355	0,41
10	718 / 937	156,62	3,05	355	355	0,45
11	718 / 937	187,56	3,16	355	344	0,54
12	937 / 1228	175,15	2,75	355	355	0,50
13	937 / 1228	185,59	2,92	355	353	0,53
14	937 / 1228	195,55	3,54	355	343	0,56
15	937 / 1228	199,28	3,55	355	337	0,57
16	937 / 1228	206,36	3,59	355	330	0,59
17	937 / 1228	211,49	3,62	355	324	0,61
18	1228/ 1446	191,08	3,33	355	343	0,55
19	1228/ 1446	201,27	3,43	355	334	0,58
20	1228/ 1446	211,20	3,55	355	322	0,61
21	1228/ 1446	208,07	3,55	355	317	0,60
22	1228/ 1446	210,32	3,60	355	311	0,60
23	1446/ 2050	193,74	3,33	355	326	0,56
24	1446/ 2050	195,21	3,39	355	321	0,56
25	1446/ 2050	198,55	3,59	355	314	0,57
26	1446/ 2050	199,77	3,66	355	308	0,57
27	1446/ 2050	203,81	3,80	355	299	0,59
28	1446/ 2050	204,34	3,92	355	292	0,59
29	1446/ 2050	204,40	4,03	355	284	0,59
30	1446/ 2050	204,08	4,15	355	278	0,59
31	1446/ 2050	203,41	4,27	355	271	0,59
32	1446/ 2050	202,59	4,48	355	265	0,59

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a \ / \ I_p \ - \ N_{Ed} \ / \ n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

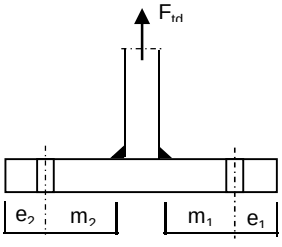
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1.} / 2)^2 + (d_{stc2.} / 2)^2]$

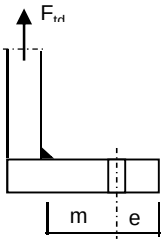
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld.} / 2)^2$$

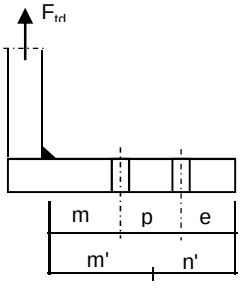
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$

$e = \max.(e_1;e_2)$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$

$n' = n + p / 3$

$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2210					
st.c binnenkant		1846					
2028	56	463,37	5,75	33	M 48 - 8,8	848,4	0,55
flenzen op 19,31 m hoogte.							
st.c buitenkant		1370,00					
1370,00	36	607,37	7,93	26	M 48 - 10,9	1060,6	0,57
flenzen op 38,68 m hoogte.							
st.c buitenkant		895,00					
895,00	20	582,06	8,56	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,55

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2210,00	1846,00	73,2	80,0	80,0			207,1
2210,00	1846,00	73,2	80,0	80,0			248,0
flenzen op 19,31 m hoogte.							
1370,00	1370,0	69,8	60,0	60,0			119,6
1370,00	1370,0	69,8	60,0	60,0			119,6
flenzen op 41,61 m hoogte.							
895,00	895,0	69,2	60,0	60,0			140,6
895,00	895,0	69,2	60,0	60,0			140,6

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	6,24E+07	3411,85	1701,21	1696,90	1696,90	926,74	0,55
60	7,48E+07	4084,61	1861,95	1696,90	1696,90	926,74	0,55
flenzen op 19,31 m hoogte.							
80	6,41E+07	1835,18	983,66	1060,56	983,66	607,37	0,62
80	6,41E+07	1835,18	983,66	1060,56	983,66	607,37	0,62
flenzen op 41,61 m hoogte.							
60	4,24E+07	1224,84	820,52	1060,56	820,52	582,06	0,71
60	4,24E+07	1224,84	820,52	1060,56	820,52	582,06	0,71
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2050	0,50	1,275	0,18	3,57

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1739	1,000		1,000			
2	1704	0,980	1 -- 2	0,990	116	444	781,7
3	1595	0,917	2 -- 3	0,948	379		172,8
4	1492	0,858	3 -- 4	0,888	395	3160	1697,0
5	1452	0,835	4 -- 5	0,847	163		199,5
6	1382	0,794	5 -- 6	0,815	302		207,9
7	1312	0,754	6 -- 7	0,774	318		218,6
8	1244	0,715	7 -- 8	0,735	410		281,9
9	1176	0,676	8 -- 9	0,696	430		295,3
10	1046	0,602	9 -- 10	0,639	918		315,5
11	1027	0,590	10 -- 11	0,596	151	3182	7324,1
12	923	0,531	11 -- 12	0,561	846		344,5
13	806	0,463	12 -- 13	0,497	1286		439,0
14	696	0,400	13 -- 14	0,432	1382	423	616,0
15	636	0,366	14 -- 15	0,383	838	3214	2404,5
16	595	0,342	15 -- 16	0,354	624		513,2
17	547	0,315	16 -- 17	0,328	766		528,0
18	502	0,289	17 -- 18	0,302	789		544,1
19	475	0,273	18 -- 19	0,281	542	430	1105,2
20	417	0,240	19 -- 20	0,256	1281		634,1
21	340	0,195	20 -- 21	0,218	1927		664,5
22	304	0,175	21 -- 22	0,185	1002		691,3
23	271	0,156	22 -- 23	0,165	1028		709,2
24	240	0,138	23 -- 24	0,147	1156		797,2
25	210	0,121	24 -- 25	0,129	1184		816,8
26	173	0,100	25 -- 26	0,110	1655	882	1287,6
27	140	0,080	26 -- 27	0,090	1707		866,7
28	97	0,056	27 -- 28	0,068	2591		899,6
29	62	0,036	28 -- 29	0,046	2703		938,7
30	35	0,020	29 -- 30	0,028	2816		977,8
31	16	0,009	30 -- 31	0,015	2928		1016,8
32	4	0,002	31 -- 32	0,006	3041		1055,9
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	3220	1026	1444,4

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	782	0,990	0,716	0,70	548,34	0,71
2 -- 3	173	0,948	2,194	1,97	341,11	2,08
3 -- 4	1697	0,888	2,095	1,65	2801,13	1,86
4 -- 5	199	0,847	0,815	0,58	116,49	0,69
5 -- 6	208	0,815	1,455	0,97	200,76	1,19
6 -- 7	219	0,774	1,455	0,87	190,76	1,13
7 -- 8	282	0,735	1,455	0,79	221,39	1,07
8 -- 9	295	0,696	1,455	0,70	208,01	1,01
9 -- 10	316	0,639	2,910	1,19	374,99	1,86
10 -- 11	7324	0,596	0,455	0,16	1183,87	0,27
11 -- 12	345	0,561	2,455	0,77	265,79	1,38
12 -- 13	439	0,497	2,930	0,72	317,82	1,46
13 -- 14	616	0,432	2,930	0,55	336,53	1,27
14 -- 15	2404	0,383	1,685	0,25	594,46	0,65
15 -- 16	513	0,354	1,215	0,15	78,13	0,43
16 -- 17	528	0,328	1,450	0,16	82,57	0,48
17 -- 18	544	0,302	1,450	0,13	71,79	0,44
18 -- 19	1105	0,281	0,880	0,07	76,75	0,25
19 -- 20	634	0,256	2,020	0,13	84,27	0,52
20 -- 21	664	0,218	2,900	0,14	91,20	0,63
21 -- 22	691	0,185	1,450	0,05	34,38	0,27
22 -- 23	709	0,165	1,450	0,04	28,14	0,24
23 -- 24	797	0,147	1,450	0,03	24,91	0,21
24 -- 25	817	0,129	1,450	0,02	19,80	0,19
25 -- 26	1288	0,110	1,970	0,02	30,80	0,22
26 -- 27	867	0,090	1,970	0,02	13,82	0,18
27 -- 28	900	0,068	2,880	0,01	12,02	0,20
28 -- 29	939	0,046	2,880	0,01	5,69	0,13
29 -- 30	978	0,028	2,880	0,00	2,22	0,08
30 -- 31	1017	0,015	2,880	0,00	0,63	0,04
31 -- 32	1056	0,006	2,880	0,00	0,10	0,02
32 -- 33	1444	0,001	2,940	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	12,86	8358,69	21,12

m_e = 8358,7 / 12,9 = 649,7 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2050	649,7	0,030	1,25	1,275	19,2

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 19,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 21,12 / (4 * π * 12,86) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,275 * 3,57 / $15*10^{-6}$ = 3,0E+05

C_{lat} = 0,69

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6

Lj = 7,65 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,82 / 21,12 = 0,32

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,052 * 0,131 * 0,32 * 0,689184 = 0,047

$y_{F;max}$ = 1,275 * 0,047 = 0,060 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		64154	64154	0,00E+00	4,4E-02	1000
2	2 -- 3			64154	4,59E+07	4,4E-02	968
3	3 -- 4			64154	1,87E+08	4,3E-02	873
4	4 -- 5			64154	3,21E+08	4,0E-02	786
5	5 -- 6			64154	3,73E+08	3,9E-02	754
6	6 -- 7			64154	4,67E+08	3,6E-02	699
7	7 -- 8			64154	5,60E+08	3,4E-02	648
8	8 -- 9			64154	6,53E+08	3,2E-02	600
9	9 -- 10			64154	7,47E+08	3,0E-02	554
10	10 -- 11			64154	9,33E+08	2,7E-02	471
11	11 -- 12			64154	9,63E+08	2,6E-02	459
12	12 -- 13			64154	1,12E+09	2,3E-02	398
13	13 -- 14			64154	1,31E+09	2,0E-02	334
14	14 -- 15			64154	1,50E+09	1,8E-02	278
15	15 -- 16			64154	1,60E+09	1,7E-02	249
16	16 -- 17			64154	1,68E+09	1,6E-02	229
17	17 -- 18			64154	1,78E+09	1,4E-02	208
18	18 -- 19			64154	1,87E+09	1,3E-02	187
19	19 -- 20			64154	1,92E+09	1,3E-02	176
20	20 -- 21			64154	2,05E+09	1,2E-02	151
21	21 -- 22			64154	2,24E+09	1,0E-02	120
22	22 -- 23			64154	2,33E+09	9,2E-03	106
23	23 -- 24			64154	2,43E+09	8,5E-03	93
24	24 -- 25			64154	2,52E+09	7,8E-03	81
25	25 -- 26			64154	2,61E+09	7,2E-03	70
26	26 -- 27			64154	2,74E+09	6,3E-03	57
27	27 -- 28			64154	2,87E+09	5,6E-03	45
28	28 -- 29			64154	3,05E+09	4,5E-03	31
29	29 -- 30			64154	3,23E+09	3,5E-03	19
30	30 -- 31			64154	3,42E+09	2,5E-03	11
31	31 -- 32			64154	3,60E+09	1,6E-03	5
32	32 -- 33			64154	3,79E+09	8,0E-04	1
33				64154	3,98E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	518	12,0	2357564	19	0,0596	2,3
2	573	12,0	2902771	64	0,0596	7,7
3	625	12,0	3476303	92	0,0596	11,0
4	646	12,0	3713390	101	0,0596	12,0
5	682	12,0	4156110	112	0,0596	13,4
6	718	12,0	4623770	121	0,0596	14,4
7	755	15,0	6319217	103	0,0596	12,3
8	791	15,0	6962289	107	0,0596	12,8
9	864	15,0	8341959	112	0,0596	13,3
10	875	15,0	8568954	112	0,0596	13,4
11	937	15,0	9846331	114	0,0596	13,6
12	1010	18,0	13661494	96	0,0596	11,4
13	1083	18,0	15772727	95	0,0596	11,3
14	1125	18,0	17055575	94	0,0596	11,2
15	1156	18,0	18011728	93	0,0596	11,1
16	1192	18,0	19186960	93	0,0596	11,0
17	1228	18,0	20399345	92	0,0596	10,9
18	1250	20,0	23390527	82	0,0596	9,8
19	1301	20,0	25366129	81	0,0596	9,7
20	1373	20,0	28342465	79	0,0596	9,4
21	1409	20,0	29892556	78	0,0596	9,3
22	1446	20,0	31483929	77	0,0596	9,2
23	1482	22,0	36280370	69	0,0596	8,3
24	1518	22,0	38117945	69	0,0596	8,2
25	1567	22,0	40687271	67	0,0596	8,0
26	1617	22,0	43340418	66	0,0596	7,9
27	1689	22,0	47369972	64	0,0596	7,7
28	1761	22,0	51578672	63	0,0596	7,5
29	1833	22,0	55966518	61	0,0596	7,3
30	1905	22,0	60533509	60	0,0596	7,1
31	1977	22,0	65279646	58	0,0596	6,9
32	2050	22,0	70309443	57	0,0596	6,7

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,50 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,57 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvindt

z_s = 58,175 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,19

$V_m(z)$ = 32,1 m/s

V_o = 32,1 * 20 / 100 = 6,41 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,50 * [3,57 / 6,41]^2 * \exp[-(3,57 / 6,41)^2]$ = 1,10E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

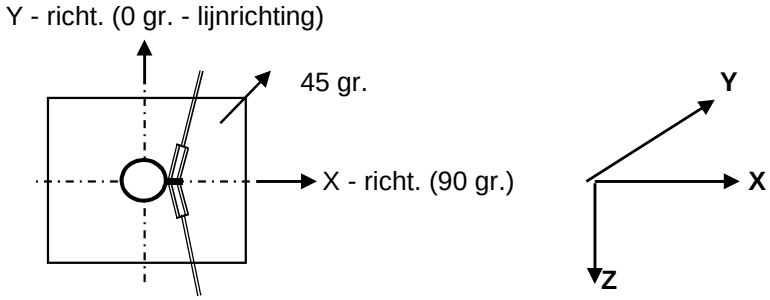
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	9,20	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
4							
5	Lasnaad	14,38	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
6							
7	Lasnaad	17,32	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
8							
9	Lasnaad	15,34	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
10	Lasnaad	16,00	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
11							
12	Lasnaad	16,27	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
13	flenzen	13,69	35	19,25	1,000E+10	1,10E+08	0,01
14	Lasnaad	13,57	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
15							
16	Lasnaad	13,36	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
17							
18	Lasnaad	13,10	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
19							
20	Lasnaad	11,58	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
21	Lasnaad	11,31	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
22							
23	Lasnaad	11,02	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
24							
25	Lasnaad	9,80	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
26	flenzen	9,63	35	19,25	1,000E+10	1,10E+08	0,01
27	Lasnaad	9,46	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
28	Lasnaad	9,21	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
29	Lasnaad	8,97	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
30	Lasnaad	8,74	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
31	Lasnaad	8,52	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
32	Lasnaad	8,30	45	24,75	1,000E+10	1,10E+08	0,01
33	voetplaat	8,09	35	19,25	1,000E+10	1,10E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_t - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			495			
2 - Windbelasting mast	113	26		783	3363	
3 - Belasting geval 1a	194	71	122	2270	9755	129
4 - Belasting geval 1b	39	47	137	1511	2410	86
5 - Belasting geval 3	117	131	249	4195	6492	239
6 - Belasting geval 4	39	53	159	1689	2493	96
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	307	**97**	**617**	**3052**	**13118**	**129**
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	60	52	632	1657	3041	86
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	149	138	744	4415	7438	239
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	60	58	655	1836	3123	96

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment - XY	8982	kNm	13469	kNm	13469	kNm
Dwarskracht - XY	212	kN	322	kN	322	kN
Verticale kracht	517	kN	617	kN	465	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2210,00					
st.c binnenkant		1846,00					
2028	56	463,37	5,74	33	M 48 - 8,8	848,45	0,55
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2210,00					
st.c binnenkant		1846,00					
2028	56	307,14	3,79	33	M 48 - 8,8	848,45	0,36

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 463,4 kN

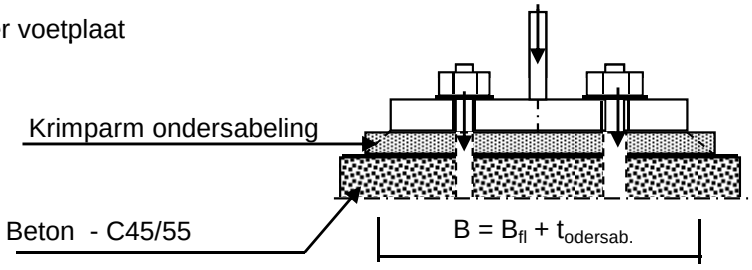
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 307,1 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 485,4 + 1,00 * 307,1 = 792,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

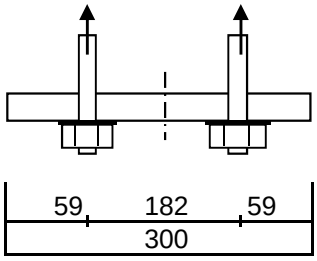
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	342,0	mm	D =	2028	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	382,0	mm			

A_{voetpl} = 382 * 2*π*D / n = 86921 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 18,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

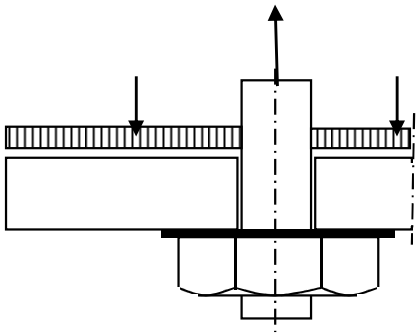


D = 2028 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 68262 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 59 mm
L_{veld} = 182 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 23629 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1235 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 32583 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 32583 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1235 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 79875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 6149 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 32583 / 79875,0 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 144,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1235 / 6149 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 41,2 N/mm^2

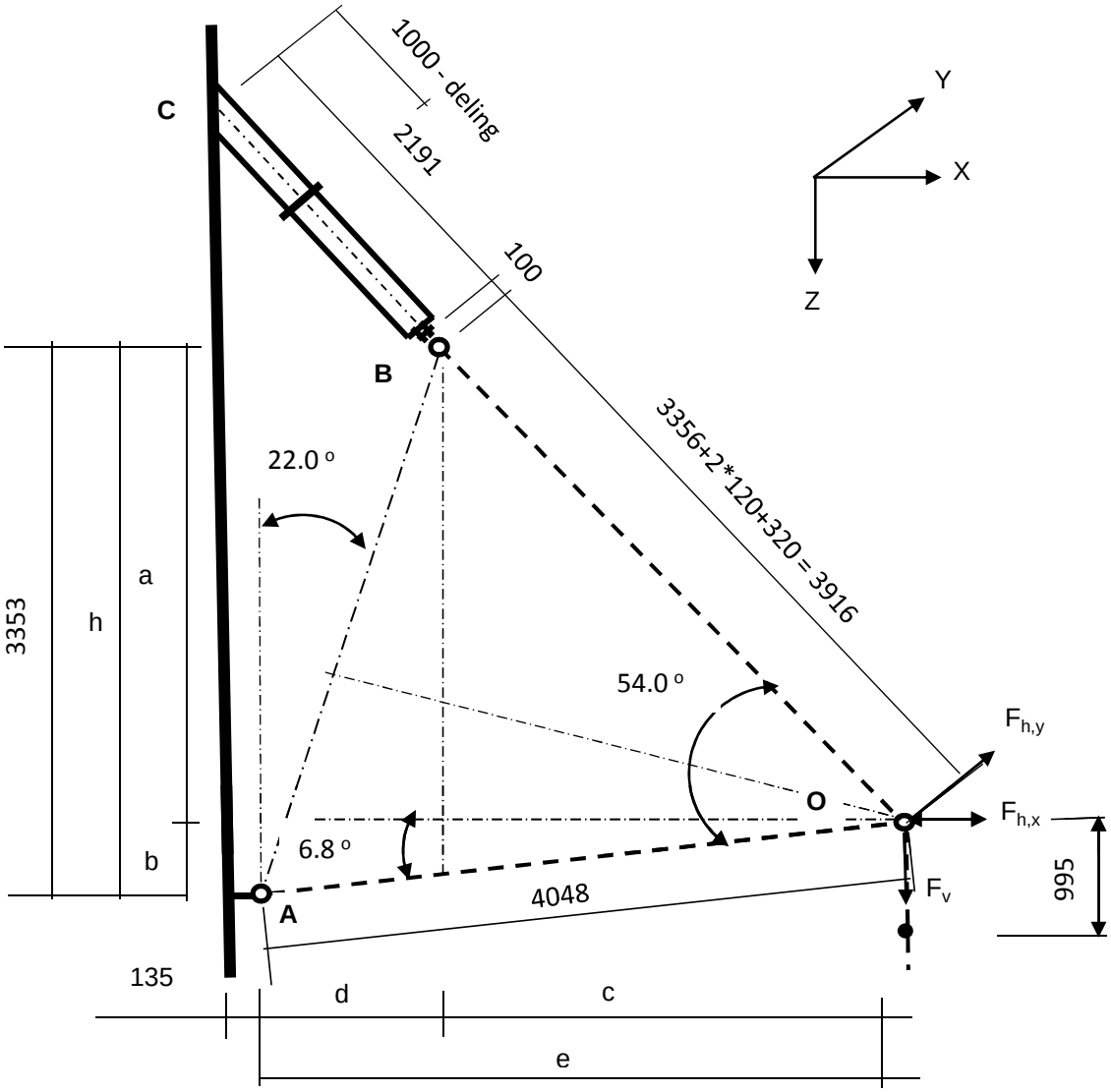
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (144,8^2 + 3*41,2^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 161 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AH
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	31862	266391	18557	31862	-266391	18557
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	17792	268289	34325	17792	-268289	34325
BG 1a - (+wind (45 gr))	15922	189892	19603	15922	-189892	19603
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8894	246839	35068	8894	-246839	35068

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	37114	±	63724	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	68650	±	35583	0
BG 1a - (wind (45 gr))	39207	±	31845	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	70136	±	17789	0

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	26,4	0,00	-3,2	37,3	0,00	40,3
BG 1a - (-wind (90 gr))	-88,3	0,00	10,5	24,6	0,00	26,6
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-25,2	0,00	3,0	60,8	0,00	65,6
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-89,3	0,00	10,6	53,7	0,00	58,0
BG 1a - (+wind (45 gr))	-4,0	0,00	0,5	35,9	0,00	38,7
BG 1a - (-wind (45 gr))	-61,4	0,00	7,3	29,5	0,00	31,9
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-42,5	0,00	5,1	60,3	0,00	65,1
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-74,5	0,00	8,9	56,7	0,00	61,3

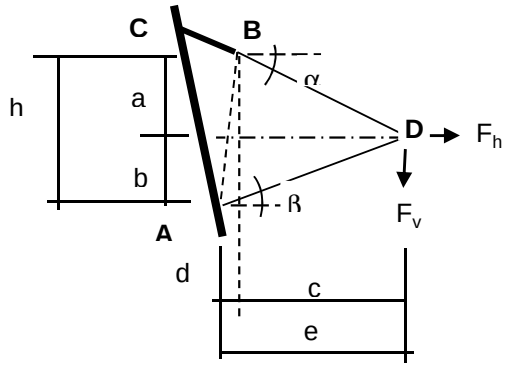
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

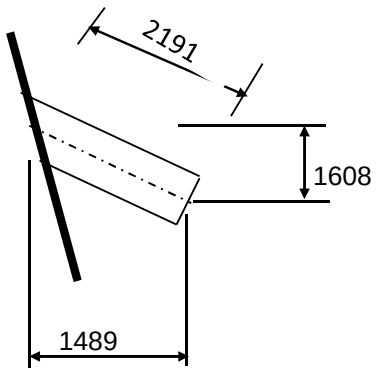
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,29	0,00	40,27	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	24,61	0,00	26,58	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	60,79	0,00	65,64	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	53,71	0,00	58,00	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	35,86	0,00	38,73	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	29,53	0,00	31,89	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	60,26	0,00	65,07	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	56,72	0,00	61,25	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	30928	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



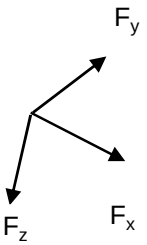


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	30,93	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-4,21	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-2,21	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	64,21	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	28,72	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	64,21	kN
$F_{z,Ed}$ =	10,17	kN
$F_{x,Ed}$ =	26,86	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
26,86	64,21	10,17	95,58	22,28	140,68

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

$N_{Ed} = \{ 60{,}8^2 + 65{,}6^2 \}^{0,5} = 89{,}47$ kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 89,47 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,3 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm²
N_{Ed} =	52,78	kN ;	σ_N =	4,3	N/mm²
			σ_{max} =	4,3	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	26,86	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,2	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,28	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,3	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	140,68	/	217	=	0,65	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		153,5	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	95,58	/	251	=	0,38	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		52,1	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 64,21 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 10,17 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,7 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 24,3^2 + 155,6^2 \}^{0,5} = 157,5$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 183 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

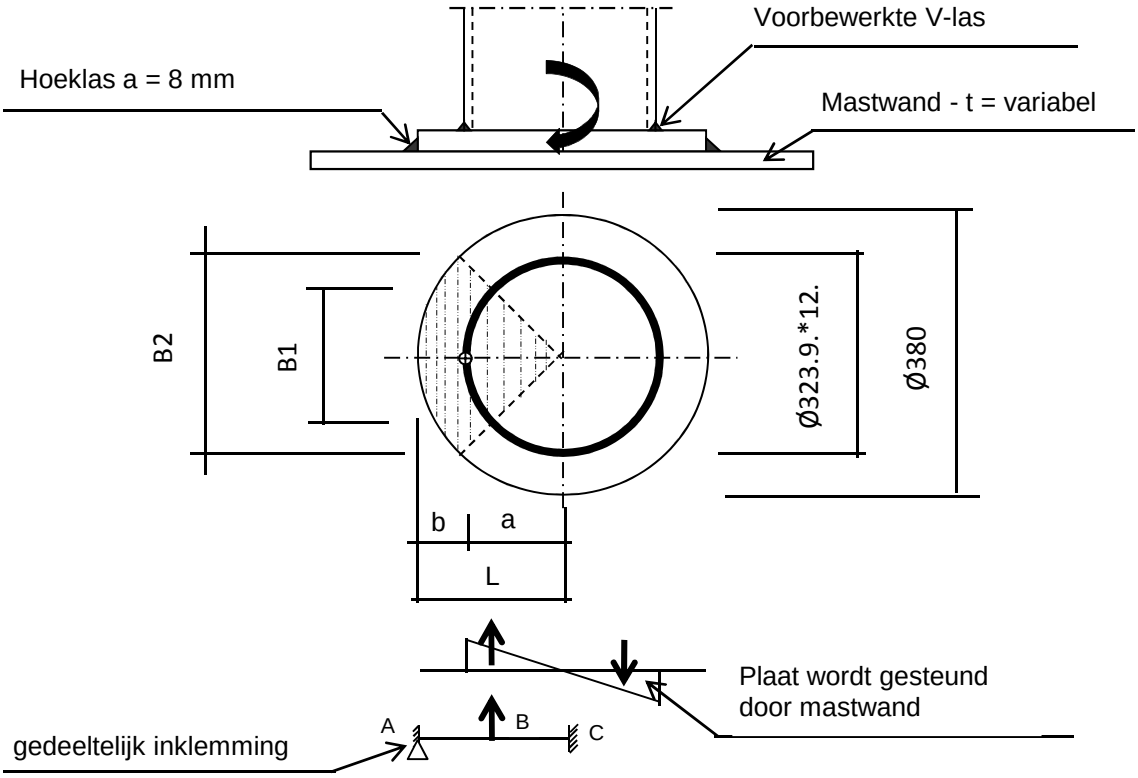
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;	A =	12229	mm^2
	W =	916735	mm^3
	I =	148465296	mm^4
	R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 142,4 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 405,4 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,87 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 316,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,26 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,44 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 381,5 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,3 * 32,0% = 2,64 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,9 * 68,0% + 2,4 * 32,0% = 6,81 kNm

$R_{A;Ed}$ = 316,3 * 68,0% + 381,5 * 32,0% = 337,2 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,64 / 11,04 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 56,7 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,81 / 9,41 = 0,72 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 171,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 337,2 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 45,2 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 53,0 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 194,5 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 125,3 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 99,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 125,3 + 99,9 = 225,1 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 125,3 - 99,9 = 25,4 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 229,4 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 229,4 / 302,2 = 0,76 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 225,1 / 244,8 = 0,92 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 61,549 m hoogte (380 kV op 56,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	511	12,0	18822	S355	355	2295451
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,74

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,63 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 30,54 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,036

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 399,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 541,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,28 / 399,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 162,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 140,68 / 162,9 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 736,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 140,68 / 162,9 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 51,549 m hoogte (380 kV op 46m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	761	15,0	35167	S355	355	6434268
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,50

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 69,93 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 687,67 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,31 of n_p = -0,295

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,88

$M_{ip,1,Rd}$ = 407,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,28 / 407,4 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 151,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 140,68 / 151,4 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 140,68 / 151,4 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 41,549 m hoogte (380 kV op 36,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1011	18,0	56168	S355	355	13703604
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,38

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 159,10 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2159,35 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,45 of n_p = -0,436

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,80

$M_{ip,1,Rd}$ = 424,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,28 / 424,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 170,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 140,68 / 170,5 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

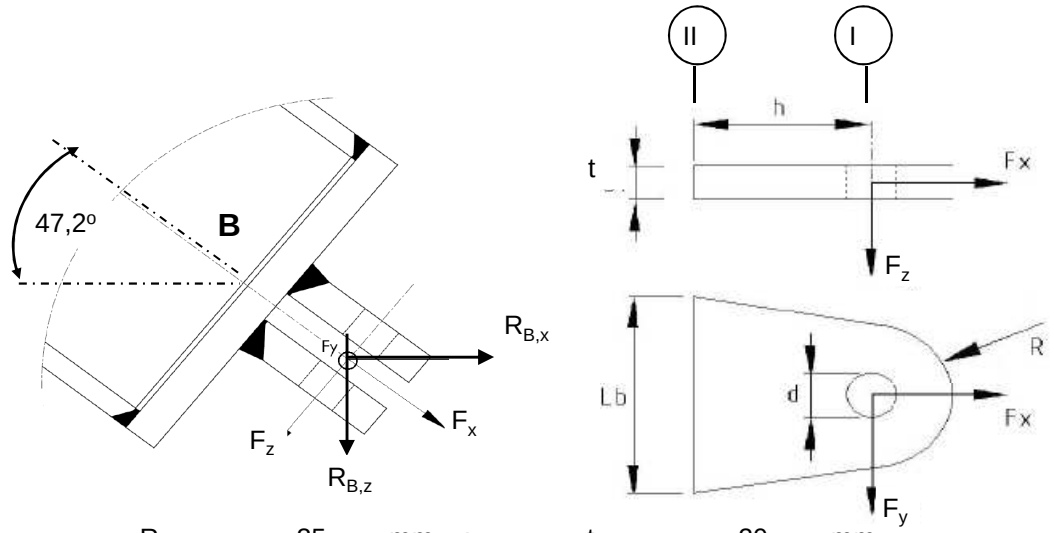
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 140,68 / 170,5 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,29	0,00	40,27	54,88	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	24,61	0,00	26,58	36,23	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	60,79	0,00	65,64	89,47	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	53,71	0,00	58,00	79,05	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	35,86	0,00	38,73	52,78	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	29,53	0,00	31,89	43,46	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	60,26	0,00	65,07	88,69	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	56,72	0,00	61,25	83,48	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	64,21	28,72	26,86	64,21	10,169

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 44,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 49 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	13,43	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,407	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,17	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,284	kNm
$V_{y,Ed}$ =	32,10	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,43	/	947	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		3,4	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,28	/	32	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,6	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,41	/	3,2	=	0,13	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		30,5	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,17	/	547	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		2,5	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	32,10	/	547	=	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		8,0	N/mm^2	

$\sigma_{b,max}$ = 43,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 46 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

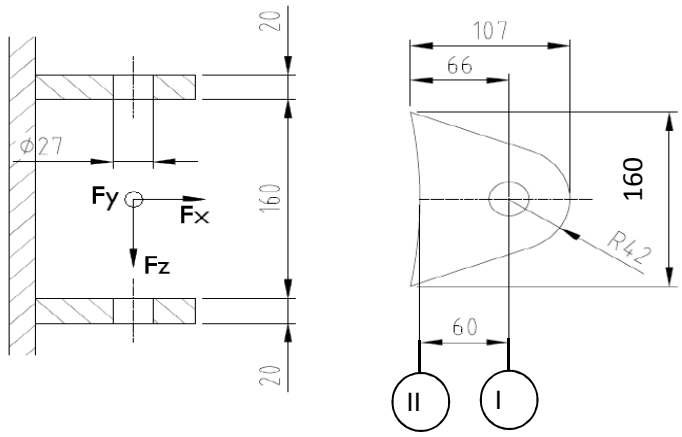
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.

$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	26,44	0,00	-3,15	26,44	0,00	3,15
BG 1a - (-wind (90 gr))	-88,34	0,00	10,53	88,34	0,00	10,53
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-25,20	0,00	3,01	25,20	0,00	3,01
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-89,29	0,00	10,65	89,29	0,00	10,65
BG 1a - (+wind (45 gr))	-4,02	0,00	0,48	4,02	0,00	0,48
BG 1a - (-wind (45 gr))	-61,37	0,00	7,32	61,37	0,00	7,32
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-42,47	0,00	5,06	42,47	0,00	5,06
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-74,51	0,00	8,88	74,51	0,00	8,88
BG bundelbreuk	0,00	-4,21	-2,21	0,00	4,21	2,21

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 44,6 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 39 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	44,17	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,632	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,53	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	44,17	/	757	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		13,8	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,63	/	2,5	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		59,3	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,53	/	437	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,3	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 73,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 73 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 22,1 + 27,1 = 49,2 kN

σ_1 =					43,5	N/mm^2
τ_1 =					43,5	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			86,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	86,9	/	302,2	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	43,5	/	244,8	=	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2191 - 1000 = 1191 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
26,86	64,21	10,17	51,96	12,11	76,47

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 77,4 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 65,0 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 41,4 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 102,6 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 102,62 / 203 = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 41,43 / 136 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,67 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

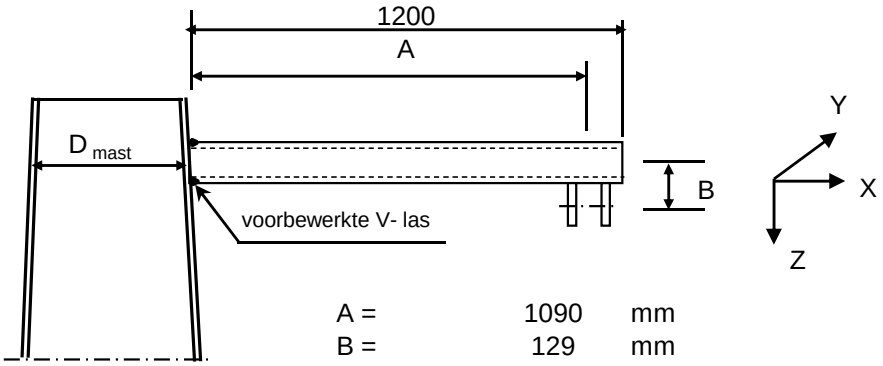
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	264,6	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	169,4	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,61 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	61,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AH

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	5558	42605	2378	5558	-42605	2378
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5712	68402	10498	5712	-68402	10498
BG 1a - (+wind (45 gr))	2777	28392	2507	2777	-28392	2507
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	2855	62882	10694	2855	-62882	10694

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	11,12	0,00	4,76	0,00	6,62	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	11,42	0,00	21,00	0,00	24,36	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,55	0,00	5,01	0,00	6,18	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5,71	0,00	21,39	0,00	24,05	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	24,36	/	36	=	0,67	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		158,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	11,42	/	953	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,8	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,00	/	275	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		10,4	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 158,0 + 2,8 = 160,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 162 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,4	12,0	18601	S355	355	2241249
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,63 kN drukkracht

$M_{0,Ed}$ = 30,54 kNm

} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,037

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 42,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 24,36 / 42,0 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet

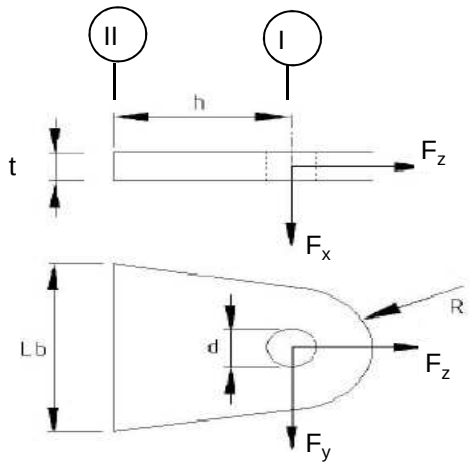
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 20,9 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	11,12	0,00	4,76
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	11,42	0,00	21,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,55	0,00	5,01
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5,71	0,00	21,39

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 10,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	9	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	10,50	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,445	kNm
$V_{x,Ed}$ =	5,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	10,50	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,45	/	1,9	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		55,7	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	5,71	/	328	/	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		2,4	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 60 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

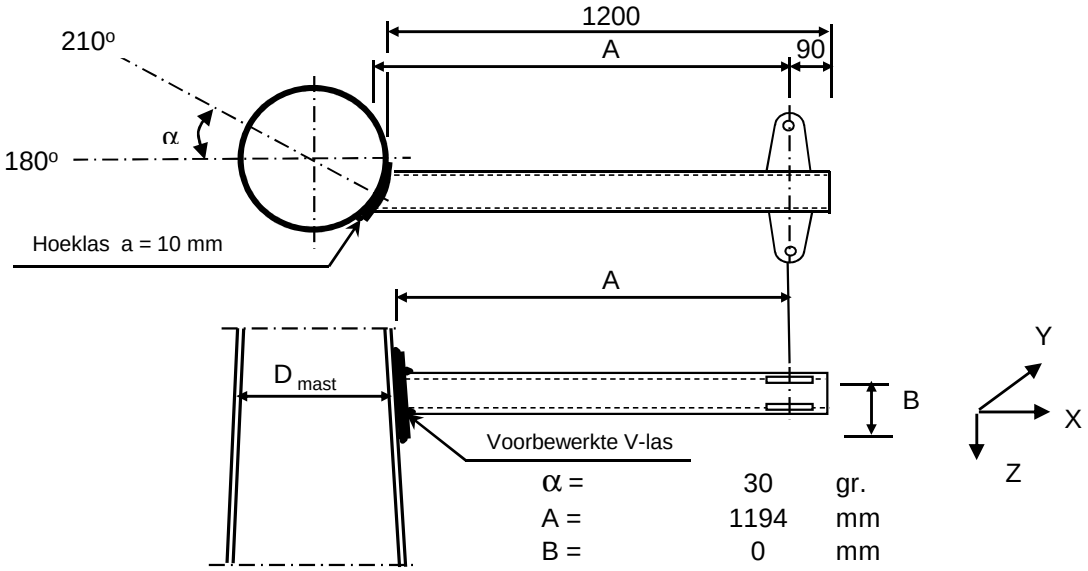
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 5,2 + 19,1 = 24,3 kN

σ_1 =					28,7	N/mm^2
τ_1 =					28,7	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			57,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	57,4	/	302,2	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	28,7	/	244,8	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1194	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte :	32	m

Buisgegevens

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10013	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2370	kN
$W_y = W_z$ =	9,78E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	231,5	kNm
W_x =	1,96E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	231,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	267,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	684,1	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix AH

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	8188	70935	5053	0	0	0
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8398	131085	21434	0	0	0
BG 1a - (+wind (45 gr))	4092	50870	5336	0	0	0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4198	124829	21677	0	0	0
BG 1a - (+wind (-45 gr))	4092	50870	5336	0	0	0
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	4198	124829	21677	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	8,19	70,94	5,05	0,00	6,03	84,68
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8,40	131,08	21,43	0,00	25,59	156,48
BG 1a - (+wind (45 gr))	4,09	50,87	5,34	0,00	6,37	60,72
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4,20	124,83	21,68	0,00	25,88	149,01
BG 1a - (+wind (-45 gr))	4,09	50,87	5,34	0,00	6,37	60,72
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	4,20	124,83	21,68	0,00	25,88	149,01

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 25,59 / 231 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 26,2 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 156,48 / 231 = 0,68 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 160,0 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 8,40 / 2370 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 21,43 / 684 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 4,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 131,08 / 684 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 26,2 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 163 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 169 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

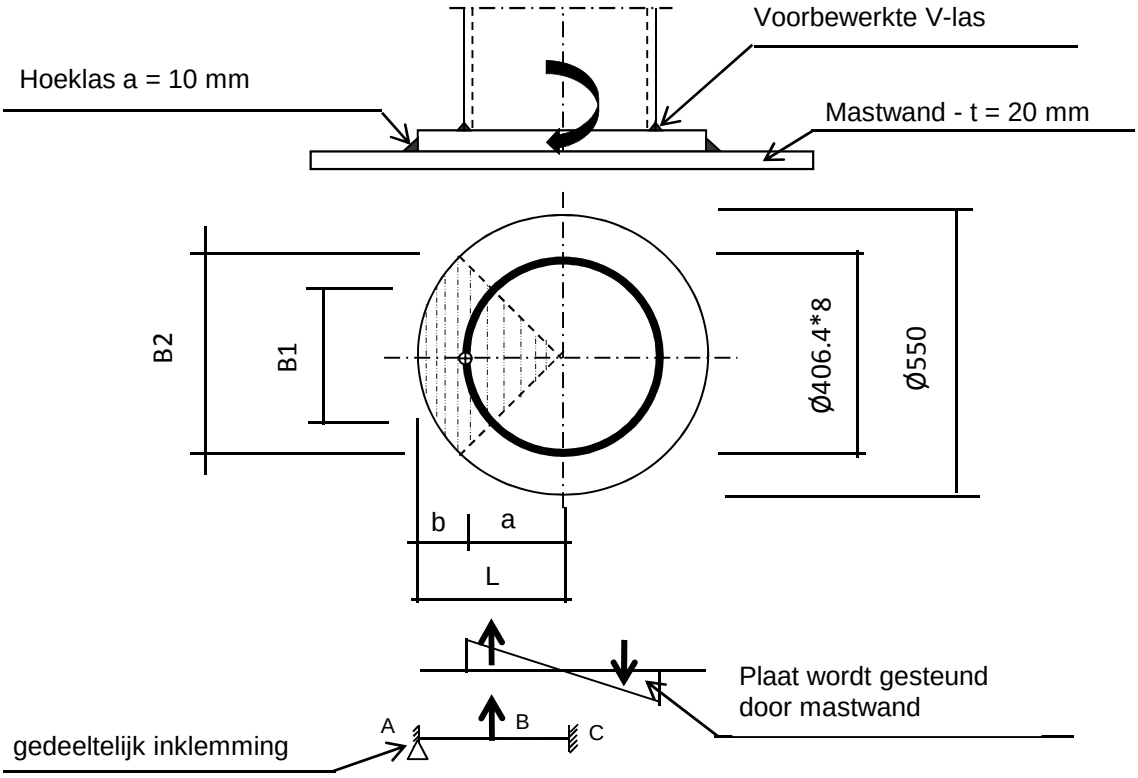
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 406,4*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 550 * 30 - S355

Buis Ø406,4 * 8 - S355 ; A = 10013 mm^2
W = 978046 mm^3
I = 198738928 mm^4
R = 203 mm

Hoeklas a= 10,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 158,6 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 346,4 kN

a = R_{buis} = 203,2

b = R_{pl} - a = 71,8

B1 = 287,4 mm ; Boog B1 = 319 mm

B2 = 388,9 mm ; Boog B2 = 432 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 33,3%

Percentage vrij oplegging = 66,7%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 15,35 kNm

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 213,8 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 13,58 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 7,09 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 287,9 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 66,7% + 13,6 * 33,3% = 4,53 kNm

$M_{B;Ed} =$ 15,4 * 66,7% + 7,1 * 33,3% = 12,60 kNm

$R_{A;Ed} =$ 213,8 * 66,7% + 287,9 * 33,3% = 238,5 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 23,00 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 17,00 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 4,53 / 23,00 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 46,6 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 12,60 / 17,00 = 0,74 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 175,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 238,5 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 18,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 24,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 180,6 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 98,8 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 39,0 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	98,8	+	39,0	=		137,8	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	98,8	-	39,0	=		59,7	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		172,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	172,4	/	302,2	=	0,57	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	137,8	/	244,8	=	0,56	< 1,0	-- Voldoet

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1250,0	20,0	77283	S355	355	23390527
Plaat	550,0		237583	S355	355	16333827

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,44

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 255,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 4260,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,52 of n_p = -0,504

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,76

$M_{ip,1,Rd}$ = 472,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 826,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 25,88 / 472,9 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 166,3 kNm

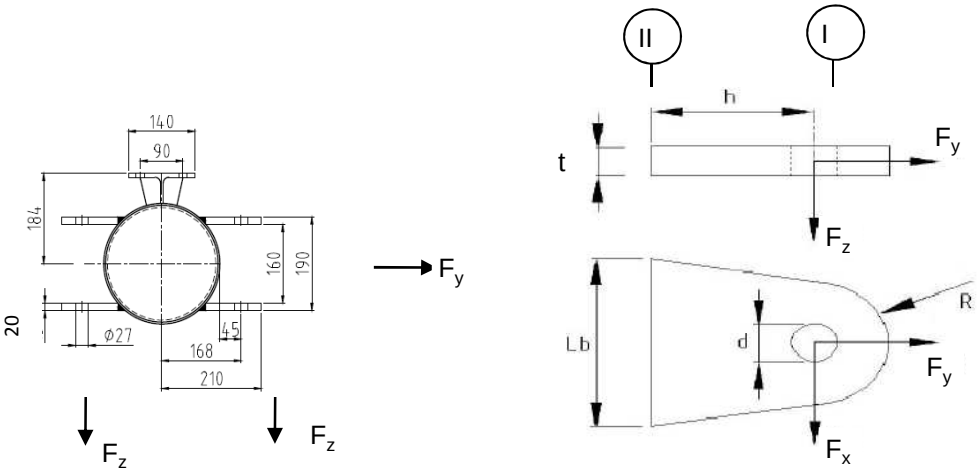
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 826,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 156,48 / 166,3 = 0,94 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip draagarm "Retourstroomgeleider" (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	8,19	70,94	5,05
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	**8,40**	**131,08**	**21,43**
BG 1a - (+wind (45 gr))	4,09	50,87	5,34
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4,20	124,83	21,68
BG 1a - (+wind (-45 gr))	4,09	50,87	5,34
BG 3 - (+wind (-45) + ijs)	4,20	124,83	21,68

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**4,20**	**65,54**	**21,43**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 66,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 58 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	65,54	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,31	kNm
$V_{z,Ed}$ =	21,43	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	1,61	kNm
$V_{x,Ed}$ =	4,20	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	65,54	/	663	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		23,4	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,31	/	15,5	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		4,8	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,61	/	2,2	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		172,2	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,43	/	383	/	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	4,20	/	383	/	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		1,5	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 200,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 201 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

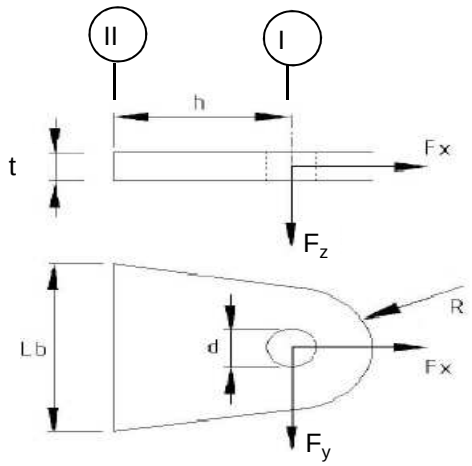
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	42,43	/	521	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet	
			σ_N =		19,3	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	2,33	/	10	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		57,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	42,43	/	301	=	0,14	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		19,3	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	3,30	/	10	=	0,35	< 1,0 -- Voldoet	
			$\sigma_{b,y}$ =		81,8	N/mm^2	
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	60,00	/	301	=	0,20	< 1,0 -- Voldoet	
			τ_y =		27,3	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2037,5	22,0	139301	S355	355	69440860
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 617,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 13468,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,56 of $n_p =$ -0,534

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,74

$N_{1,Rd} =$ 428,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 428,8 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 47,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 47,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

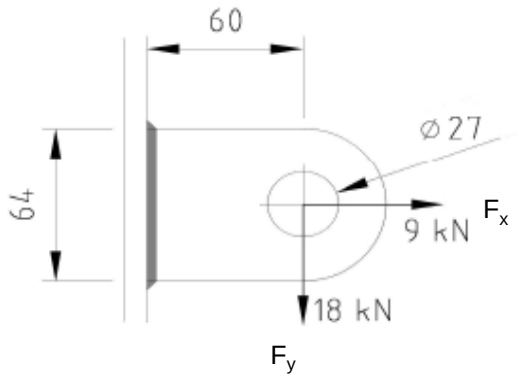
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

9.5 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 34.987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1175,3	18,0	65445	S355	355	18649855
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 229,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3433,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,509

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 294,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 294,5 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 18,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 18,8 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 54,987 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	675,3	12,0	25007	S355	355	4074549
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 56,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 468,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,33 of $n_p =$ -0,317

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,87

$N_{1,Rd} =$ 151,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 151,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,7 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

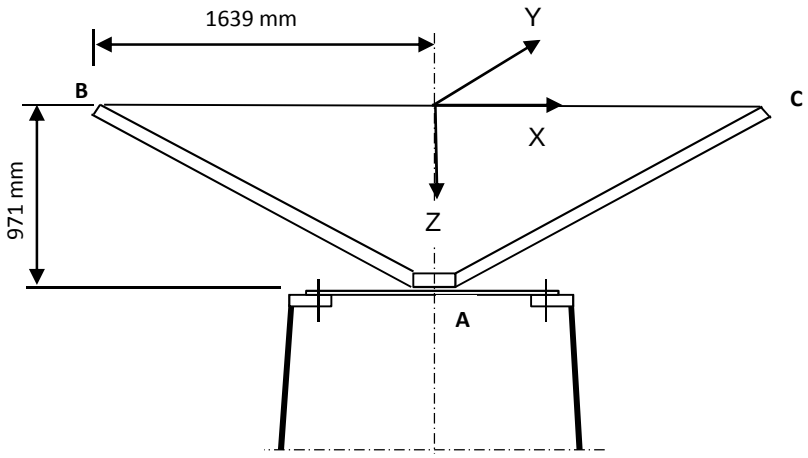
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



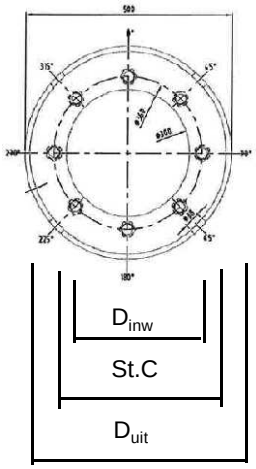
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed}$ = $F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03 / 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36 / 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

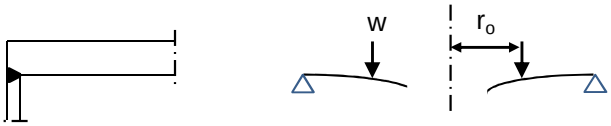
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

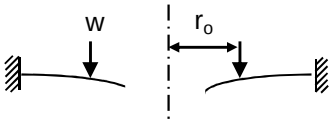
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

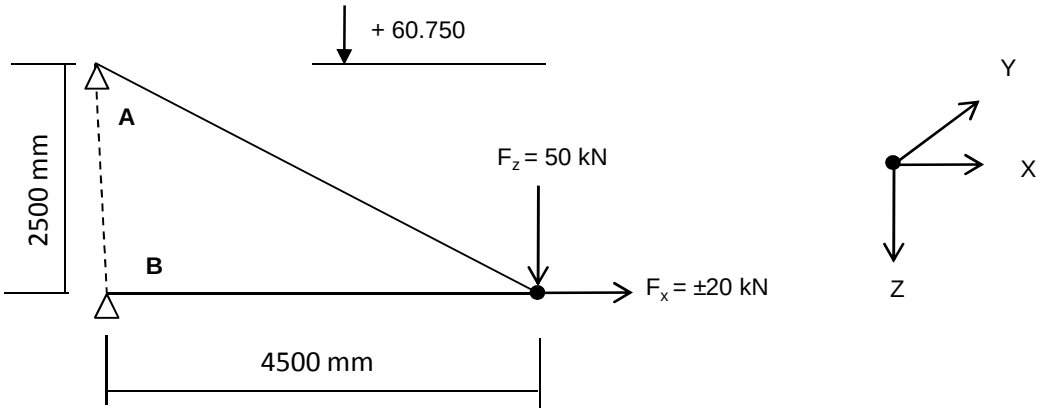
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

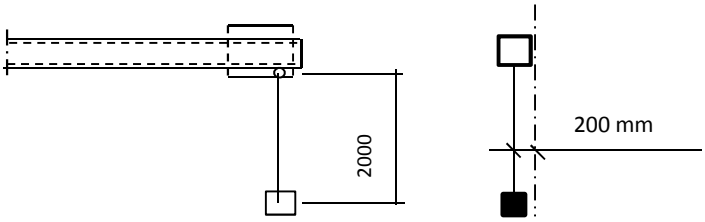
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 60,75 / 58,25



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

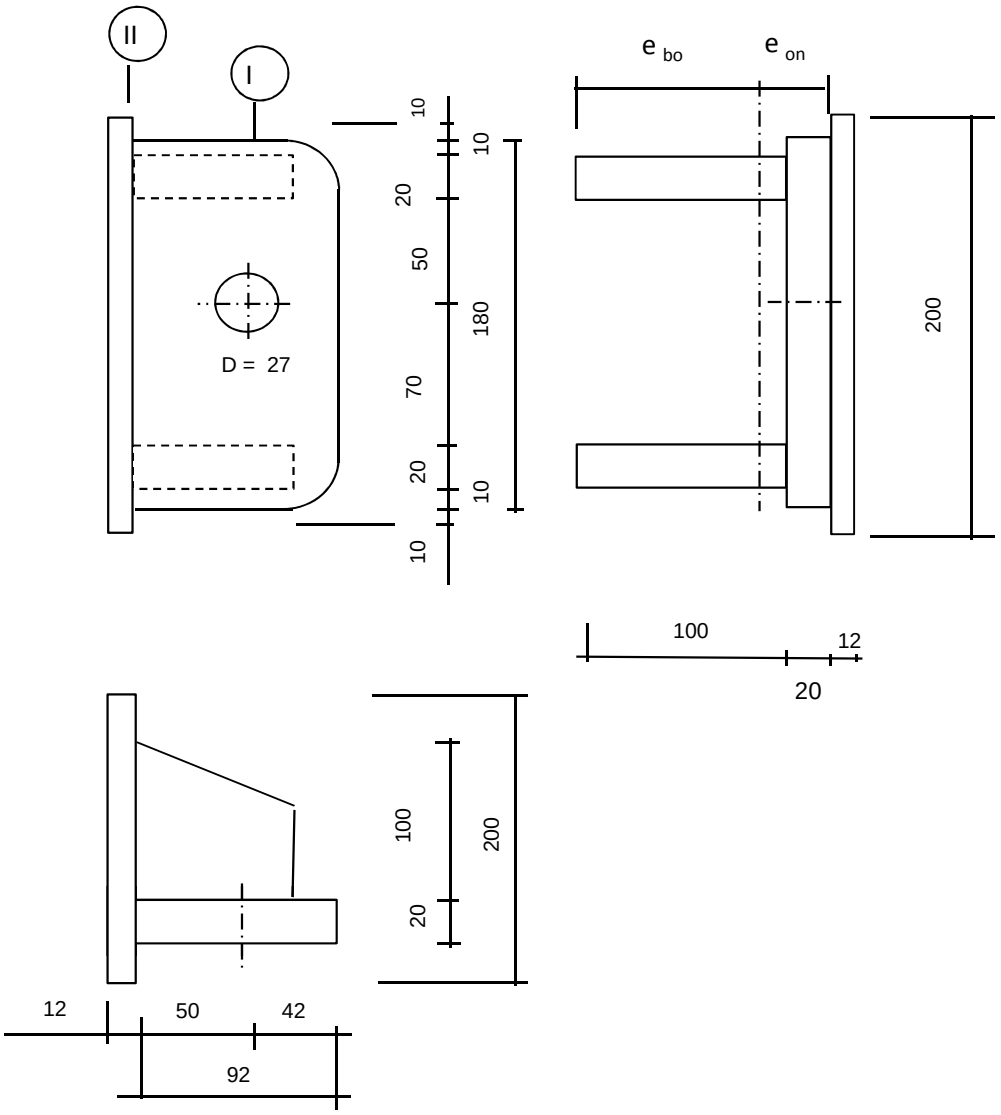
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

α = boogtan ((200-110) / 2000 = 2,6°

$F_{y;Ed}$ = 2,3 kN

$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm
of					
$R_{z,Ed,A}$ =	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-90	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	110	kN
$M_{z,Ed,A}$ =	4,03	kNm	$M_{z,Ed,B}$ =	6,12	kNm

9.7.1.1 - Berekening clip



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	180	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

A =	7600	mm^2			
I_y =	9,85E+06	mm^4 ;	W_y =	1,09E+05	mm^3
e_o =	41,58	mm ;	$W_{z,min}$ =	1,31E+05	mm^3
e_b =	78,42	mm ;	$W_{z,max}$ =	2,47E+05	mm^3
I_z =	1,03E+07	mm^4 ;			

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1799	kN
$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	25,9	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	31,0	kNm
$V_{Rd} = L_b * t * f_y / 3^{0,5}$ =	491,9	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00
0,00	110,00

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 110,0 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 96 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

N_{Ed} = 90,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 3,4 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 8,94 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 6,87 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	1799	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		11,8 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,40	/	26	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		31,1 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	6,87	/	31	=	0,22	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		52,5 N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	50,00	/	492	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		13,9 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 11,8 + 24,2 + 52,5 } = 88,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 92 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 110,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 0,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * e =$ 1,1 kNm (e = 10 mm)

$M_{z,Ed} = 13,56 + N_{Ed} * (e_o - t/2)$ 9,59 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	110,00	/	1799	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,5 N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,10	/	26	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,0 N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	9,59	/	31	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		73,2 N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 14,5 + 7,8 + 73,2 } = 95,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

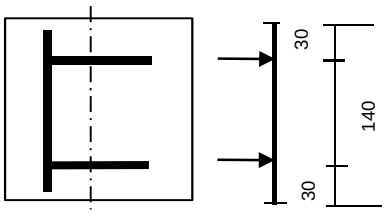
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_1 =			125,1	N/mm^2
τ_2 =			27,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		254,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	254,8 /	302,2 =	0,84	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	125,1 /	244,8 =	0,51	< 1,0 -- Voldoet

of

σ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_1 =			135,1	N/mm^2
τ_2 =			0,0	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		270,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	270,2 /	302,2 =	0,89	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	135,1 /	244,8 =	0,55	< 1,0 -- Voldoet

Versterkingsplaat 200 * 200 * 12 - S355



$F = \sigma_{max} * t * e_b / 4$

σ_{max} =	95,5	N/mm^2
t =	20	mm
e_b =	78,42	mm
F =	37,45	kN

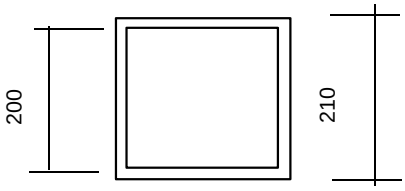
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 1,136 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 0,96 / 1,14 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 199,0 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom



A_{las} =	4100	mm^2
W_{las} =	273659	mm^3

N_{Ed} =	110,00	kN ;	σ_N =	26,8	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ =	1,1	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	4,0	N/mm^2
$M_{z,Ed}$ =	9,59	kNm ;	$\sigma_{b,z}$ =	35,1	N/mm^2

$\sigma_{b,max} =$ 65,9 N/mm^2

σ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_1 =	65,9	N/mm^2
τ_2 =	0,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	131,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 131,8 / 302,2 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,9 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.7.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +60,750 / 58,250

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	594	12,0	21931	S355	355	3126522
plaat	210,0	5,0	4100	S355	355	273659

$N_{i,Rd} = k_p * f_{y0} * t^2_0 * (4 + 20*\beta^2) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$;

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0$ $h_i / d_0 =$ 0,35

$\beta = b_i / d_0$ $b_i / d_0 =$ 0,35

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 11,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 35,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,03 of $n_p =$ -0,030

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 238,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 238,7 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 9,59 / 25,1 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$M_{ip,i,Rd} =$ 50,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 50,1 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

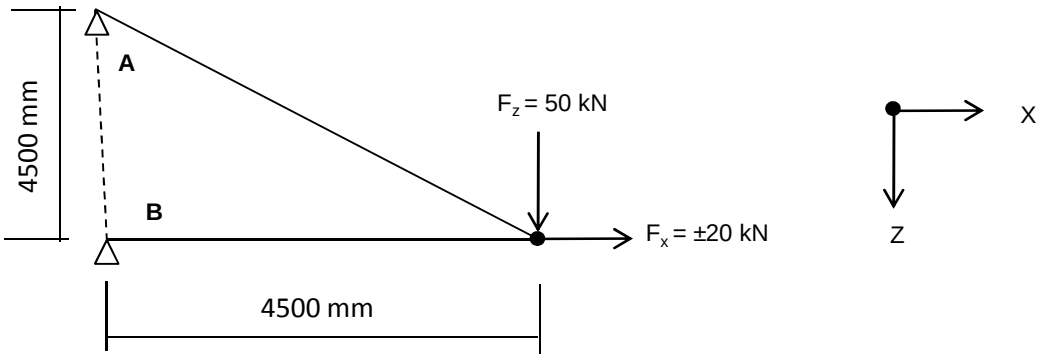
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 56,33 / 51,83 en 46,33 / 41,83

Hijsbalk 4,5m op 56,33 / 51,83 en 46,33 / 41,83

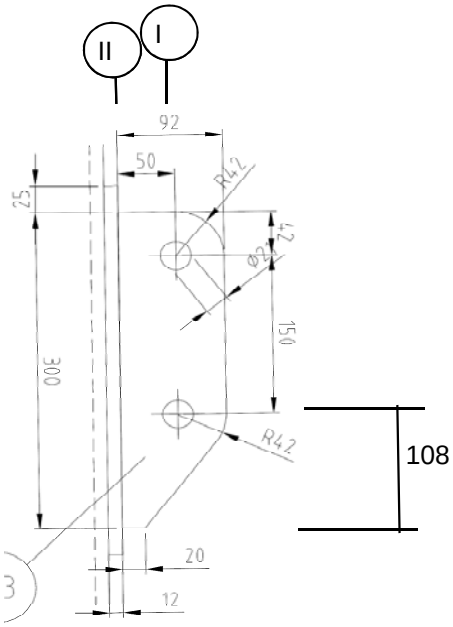


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

of

$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	70,0	kN

9.7.2.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	300	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
50,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5} =$ 70,7 kN

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 137 N/mm^2

$\tau = F_{Ed,max} / (2 *(t * (R - d/2)) =$ 62 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y =$	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y =$	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y =$	4,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =$	819,8	kN

N_{Ed} = 50,00 kN

$V_{z,Ed}$ = 50,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 4,60 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$ 50,00 / 1420 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_N =$ 8,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$ 4,60 / 71 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y} =$ 15,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$ 50,00 / 820 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_y =$ 8,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 8,3 + 15,3 \} =$ 23,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 28 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_1 =				33,5	N/mm^2
τ_2 =	0			16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =			72,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	72,9	/	302,2 =	0,24	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	33,5	/	244,8 =	0,14	< 1,0 -- Voldoet

9.7.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +56,33 / 51,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	642	12,0	23741	S355	355	3669167
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,47 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,47

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 54,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 384,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,30 of $n_p =$ -0,288

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,88

$N_{1,Rd} =$ 167,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 167,9 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 50,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 50,4 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,600 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +46,33 / 41,83

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	892	15,0	41316	S355	355	8906200
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,34 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,34

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 105,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1388,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,45 of $n_p =$ -0,432

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,81

$N_{1,Rd} =$ 232,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 232,8 = 0,21 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 69,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 69,8 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

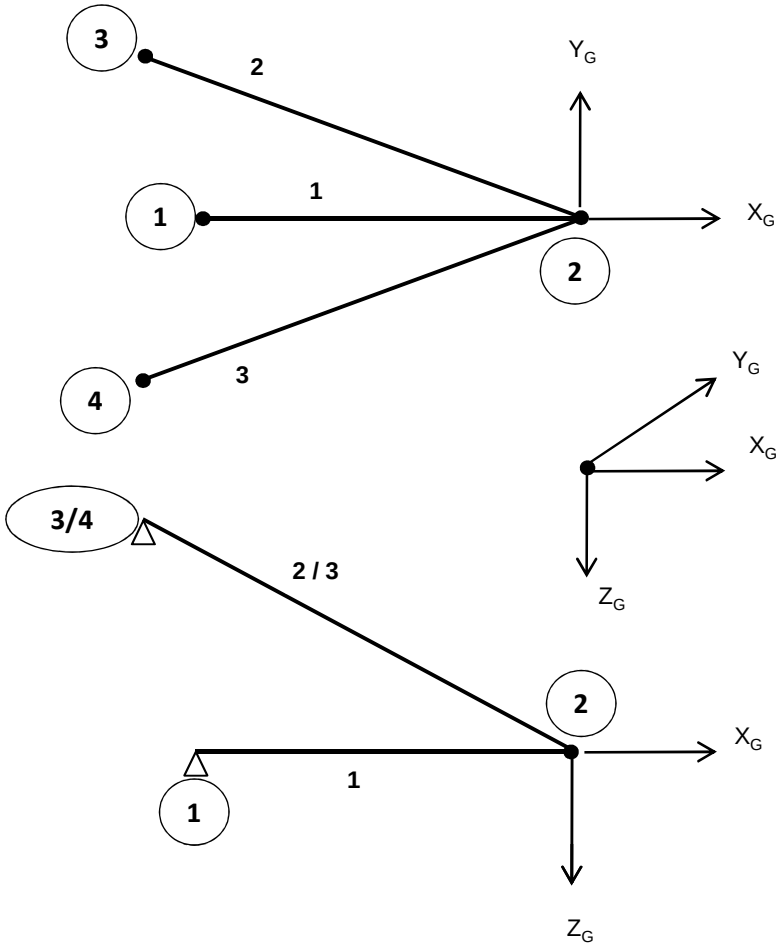
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 473 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
7	alle staven		factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Onschrijving
9	2 t/m	2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m	2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m	2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0932E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0138E-05	8.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

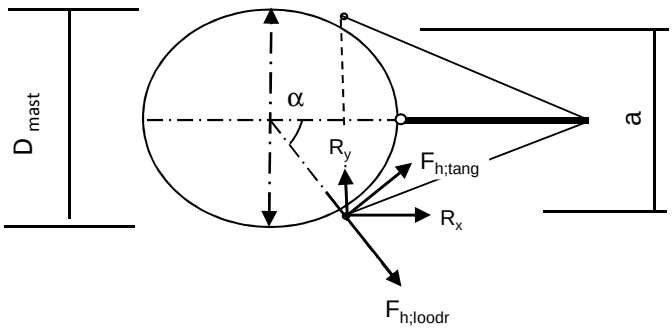
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	56330	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	57487	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	57487	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	46330	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	47487	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	47487	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	36330	1142	18	55,18	0,00	-0,20
3	37487	1113	18	50,84	-11,50	34,00
4	37487	1113	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed}$ = R_x * Cosα + R_y * Sinα

$F_{h,tang,Ed}$ = R_x * Sinα + R_y * Cosα

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	56330	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	57487	613	704	81,0	19,33	48,41	34,00
4	57487	613	704	81,0	8,38	128,93	84,87
1	46330	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	47487	863	854	62,5	33,68	39,78	34,00
4	47487	863	854	62,5	32,92	124,94	84,87
1	36330	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	37487	1113	960	52,3	40,17	33,21	34,00
4	37487	1113	960	52,3	54,45	117,17	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 56,330 en 46,330m hoogte
Clip type 16,3 - 36,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 57,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 47,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,46 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

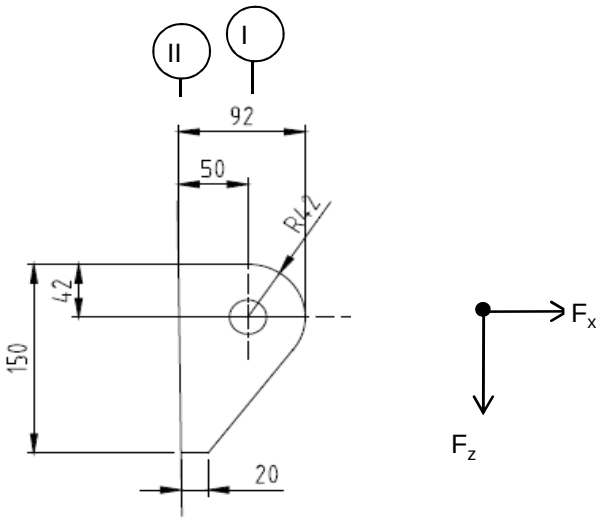
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 37,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 57,487m, 47,487m en 37,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 56,330 en 46,330m hoogte

en clip type16,3 op 36,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	48	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					60,5	N/mm^2	
τ_1 =					60,5	N/mm^2	
τ_2 = 0					0,1	N/mm^2	
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	121,1	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0	-- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +36,330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1142	18,0	63547	S355	355	17575670
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 221,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3250,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,511

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 299,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 299,5 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 44,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 44,9 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

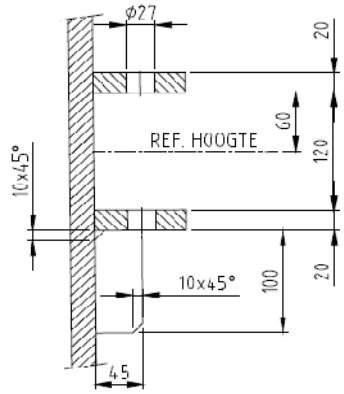
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

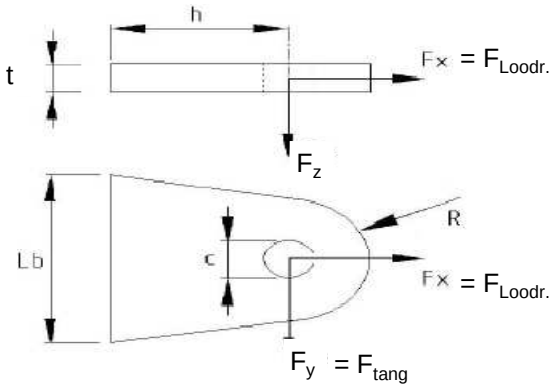
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 57,487m, 47,487 en 37,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 57,487m, 47,487 en 37,487 m hoogte.





R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	45	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	57,487m kN	47,487m kN	37,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =		663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =		15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =		2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =		382,6	kN

Clip op 57,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 47,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 37,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	57,487m hoogte spanning in N/mm^2	47,487m hoogte spanning in N/mm^2	37,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	1,5	5,9	9,7
$\sigma_{b,z}$ =	44,4	43,0	43,0
τ_y =	23,0	22,3	20,9
$\sigma_{b,max}$ =	45,9	48,9	52,8
σ_{vlg} =	60,8	62,3	64,0

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

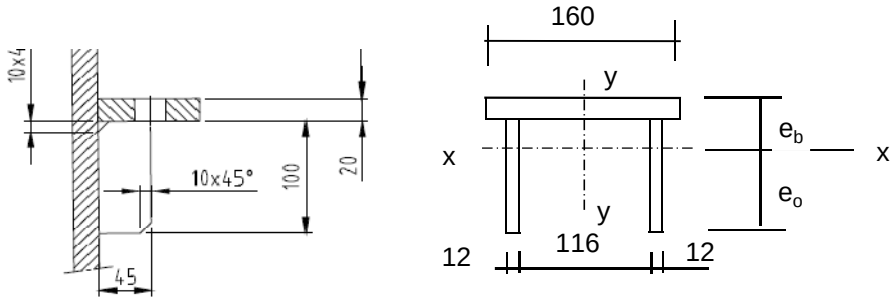
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_1 =			74,6	N/mm^2
τ_2 = 0			105,5	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		235,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	235,9 /	302,2 =	0,78	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	74,6 /	244,8 =	0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 57,487m, 47,487 en 37,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	57,487m kN	47,487m kN	37,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	4,19	16,46	27,23
$F_{y,Ed}$ =	64,47	62,47	58,58
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 57,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	3,927	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 47,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,242	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 37,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,519	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	57,487m hoogte spanning in N/mm^2	47,487m hoogte spanning in N/mm^2	37,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	0,7	2,9	4,9
$\sigma_{b,z}$ =	13,8	13,4	12,6
$\sigma_{b,y}$ =	39,5	42,7	45,5
τ_y =	20,1	19,5	18,3
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	54,1	59,0	62,9
σ_{vlg} =	88,8	91,5	93,3

> 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	20	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		88,9	N/mm^2
τ_1 =		88,9	N/mm^2
τ_2 =	0	42,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	192,5	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	192,5	/	302,2 =	0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	88,9	/	244,8 =	0,36	< 1,0 -- Voldoet

9.8.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +57,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	613	12,0	22651	S355	355	3336966
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,23

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 32,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 176,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,15 of n_p = -0,145

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,95

$N_{1,Rd}$ = 244,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,19 / 244,2 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,90 / 17,1 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 4,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,90 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 918,0 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +34,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	863	15,0	39953	S355	355	8323634
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,16

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 78,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 932,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,32 of n_p = -0,310

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,87

$N_{1,Rd}$ = 315,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,46 / 315,6 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 22,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 22,1 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,46 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 978,1 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 6149 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +37,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1113	18,0	61911	S355	355	16675813
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,00 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 193,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2877,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,49 of n_p = -0,477

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$N_{1,Rd}$ = 386,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,23 / 386,3 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 27,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 27,0 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

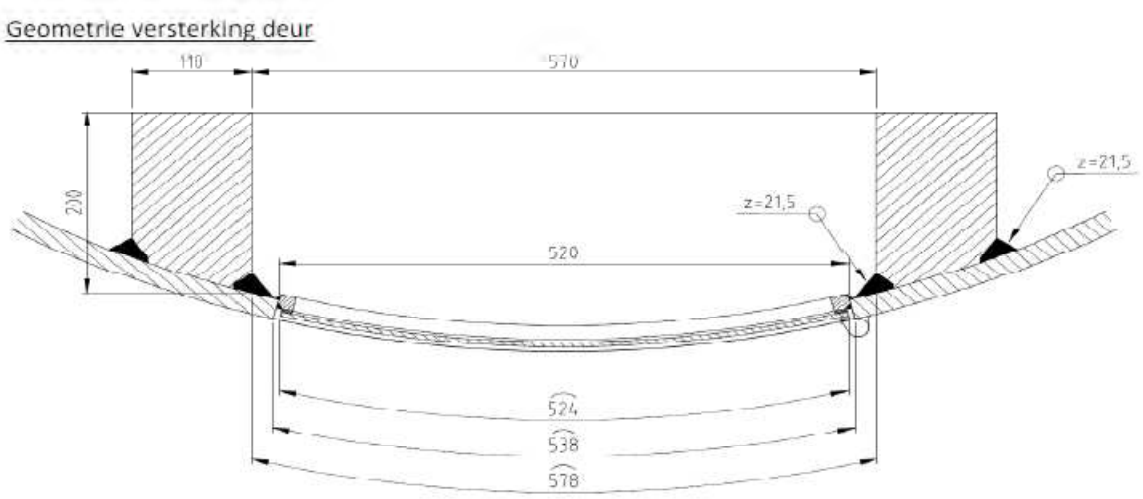
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

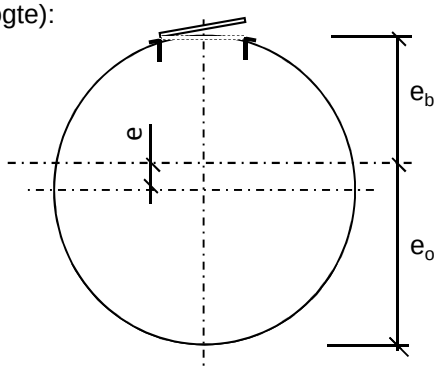
$\sigma_{max.}t_i$ = 1001,5 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 7379 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2019	mm
dikte t ;	22	mm

A_{buis} =	138049	mm^2
$A_{versterking}$ =	39555	mm^2
$A_{verlies}$ =	11444	mm^2
A_{tot} =	166159	mm^2

e = 130,9 mm

e_b = 878,8 mm ; e_o = 1140,6 mm

I_{tot} =	8,26E+10	mm^4
W_{min} =	7,24E+07	mm^3
W_{max} =	9,40E+07	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 13515 kNm ; N_{Ed} = 603 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,6 N/mm^2

σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 186,7 N/mm^2

σ_{max} = 3,6 + 186,7 = 190,3 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AH en AH2

W2S400A+10 (Afs.comp.gl) TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AH**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2714	0	19396	2714	0	-19396
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20765	0	147925	20765	0	-147925
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	20765	0	147925	20765	0	-147925
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20765	0	147925	20765	0	-147925
	Comp.conductor	5628	0	40193			
1b	GW / opgw	2777	0	21991	2777	0	-21991
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21304	0	169936	21304	0	-169936
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21304	0	169936	21304	0	-169936
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21304	0	169936	21304	0	-169936
	Comp.conductor	5749	0	45121			
3	GW / opgw	10779	0	60831	10779	0	-60831
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35387	0	238903	35387	0	-238903
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	35387	0	238903	35387	0	-238903
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	35387	0	238903	35387	0	-238903
	Comp.conductor	21771	0	122611			
4	GW / opgw	3608	0	25032	3608	0	-25032
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24375	0	171856	24375	0	-171856
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24375	0	171856	24375	0	-171856
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24375	0	171856	24375	0	-171856
	Comp.conductor	7413	0	51355			
6	GW / opgw	3042	0	21373	3042	0	-21373
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23267	0	162594	23267	0	-162594
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	23267	0	162594	23267	0	-162594
	380C1F3 / 380C2F3	23267	0	162594	23267	0	-162594
	Comp.conductor	6308	0	44263			
1a	GW / opgw	2507	2777	28392	2507	2777	-28392
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19603	15922	189892	19603	15922	-189892
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	19719	14655	184448	19719	14655	-184448
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19876	12998	177650	19876	12998	-177650
	Comp.conductor	5336	4092	50870			
1b	GW / opgw	2757	555	22506	2757	555	-22506
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21212	3182	172085	21212	3182	-172085
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21226	2929	171760	21226	2929	-171760
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21242	2598	171374	21242	2598	-171374
	Comp.conductor	5727	818	45658			
3	GW / opgw	10694	2855	62882	10694	2855	-62882
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35068	8894	246839	35068	8894	-246839
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	35114	8187	245655	35114	8187	-245655
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	35170	7261	244243	35170	7261	-244243
	Comp.conductor	21677	4198	124829			
4	GW / opgw	3595	555	25376	3595	555	-25376
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24310	3184	173546	24310	3184	-173546
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24320	2930	173289	24320	2930	-173289
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24331	2599	172985	24331	2599	-172985
	Comp.conductor	7400	818	51719			

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2378	5558	42605	2378	5558	-42605
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18557	31862	266391	18557	31862	-266391
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	18677	29324	253834	18677	29324	-253834
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18856	26007	237467	18856	26007	-237467
	Comp.conductor	5053	8188	70935			
1b	GW / opgw	2707	1110	23942	2707	1110	-23942
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20966	6364	178260	20966	6364	-178260
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21013	5858	177033	21013	5858	-177033
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21071	5195	175563	21071	5195	-175563
	Comp.conductor	5669	1636	47210			
3	GW / opgw	10498	5712	68402	10498	5712	-68402
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	34325	17792	268289	34325	17792	-268289
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	34456	16376	264167	34456	16376	-264167
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	34623	14524	259140	34623	14524	-259140
	Comp.conductor	21434	8398	131085			
4	GW / opgw	3561	1111	26367	3561	1111	-26367
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24131	6368	178459	24131	6368	-178459
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24166	5861	177476	24166	5861	-177476
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24208	5198	176302	24208	5198	-176302
	Comp.conductor	7361	1637	52785			
1a	GW / opgw	2507	2777	28392	2507	2777	-28392
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19603	15922	189892	19603	15922	-189892
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	19719	14655	184448	19719	14655	-184448
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19876	12998	177650	19876	12998	-177650
	Comp.conductor	5336	4092	50870			
1b	GW / opgw	2757	555	22506	2757	555	-22506
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21212	3182	172085	21212	3182	-172085
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	21226	2929	171760	21226	2929	-171760
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21242	2598	171374	21242	2598	-171374
	Comp.conductor	5727	818	45658			
3	GW / opgw	10694	2855	62882	10694	2855	-62882
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	35068	8894	246839	35068	8894	-246839
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	35114	8187	245655	35114	8187	-245655
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	35170	7261	244243	35170	7261	-244243
	Comp.conductor	21677	4198	124829			
4	GW / opgw	3595	555	25376	3595	555	-25376
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24310	3184	173546	24310	3184	-173546
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	24320	2930	173289	24320	2930	-173289
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24331	2599	172985	24331	2599	-172985
	Comp.conductor	7400	818	51719			
1a	GW / opgw	2052	0	15241	2052	0	-15241
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15721	0	116969	15721	0	-116969
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	15721	0	116969	15721	0	-116969
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15721	0	116969	15721	0	-116969
	Comp.conductor	4257	0	31630			
1b	GW / opgw	2110	0	17592	2110	0	-17592

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16222	0	137377	16222	0	-137377
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16222	0	137377	16222	0	-137377
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16222	0	137377	16222	0	-137377
	Comp.conductor	4367	0	36107			
3	GW / opgw	10152	0	58131	10152	0	-58131
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30451	0	212407	30451	0	-212407
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	30451	0	212407	30451	0	-212407
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	30451	0	212407	30451	0	-212407
	Comp.conductor	20470	0	117031			
4	GW / opgw	2954	0	21182	2954	0	-21182
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19362	0	142171	19362	0	-142171
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19362	0	142171	19362	0	-142171
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19362	0	142171	19362	0	-142171
	Comp.conductor	6058	0	43419			
6	GW / opgw	2052	0	15241	2052	0	-15241
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15721	0	116969	15721	0	-116969
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	15721	0	116969	15721	0	-116969
	380C1F3 / 380C2F3	15721	0	116969	15721	0	-116969
	Comp.conductor	4257	0	31630			
1a	GW / opgw	1846	2777	26338	1846	2777	-26338
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14473	15920	170920	14473	15920	-170920
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14574	14653	164411	14574	14653	-164411
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14716	12996	156136	14716	12996	-156136
	Comp.conductor	3940	4091	45406			
1b	GW / opgw	2083	555	18329	2083	555	-18329
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16095	3181	140490	16095	3181	-140490
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16114	2928	140022	16114	2928	-140022
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16136	2597	139466	16136	2597	-139466
	Comp.conductor	4338	818	36882			
3	GW / opgw	10061	2855	60349	10061	2855	-60349
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30074	8893	222058	30074	8893	-222058
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	30127	8185	220631	30127	8185	-220631
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	30192	7260	218922	30192	7260	-218922
	Comp.conductor	20369	4198	119438			
4	GW / opgw	2938	555	21628	2938	555	-21628
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19278	3183	144456	19278	3183	-144456
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19290	2930	144111	19290	2930	-144111
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19305	2599	143701	19305	2599	-143701
	Comp.conductor	6041	818	43892			
1a	GW / opgw	1759	5558	41595	1759	5558	-41595
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	13692	31860	256162	13692	31860	-256162
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	13772	29322	242674	13772	29322	-242674
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	13896	26004	224878	13896	26004	-224878
	Comp.conductor	3726	8187	67914			
1b	GW / opgw	2022	1110	20289	2022	1110	-20289
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15776	6363	149166	15776	6363	-149166

W2S400A+10 (Afs.comp.gl) TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AH**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	15834	5856	147471	15834	5856	-147471
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15907	5194	145421	15907	5194	-145421
	Comp.conductor	4263	1635	39060			
3	GW / opgw	9857	5711	66247	9857	5711	-66247
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29261	17789	247330	29261	17789	-247330
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	29398	16373	242552	29398	16373	-242552
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29577	14522	236677	29577	14522	-236677
	Comp.conductor	20112	8397	126179			
4	GW / opgw	2897	1110	22886	2897	1110	-22886
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19054	6366	150988	19054	6366	-150988
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19097	5860	149694	19097	5860	-149694
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19149	5197	148141	19149	5197	-148141
	Comp.conductor	5993	1636	45266			
1a	GW / opgw	1846	2777	26338	1846	2777	-26338
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14473	15920	170920	14473	15920	-170920
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14574	14653	164411	14574	14653	-164411
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14716	12996	156136	14716	12996	-156136
	Comp.conductor	3940	4091	45406			
1b	GW / opgw	2083	555	18329	2083	555	-18329
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16095	3181	140490	16095	3181	-140490
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16114	2928	140022	16114	2928	-140022
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16136	2597	139466	16136	2597	-139466
	Comp.conductor	4338	818	36882			
3	GW / opgw	10061	2855	60349	10061	2855	-60349
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30074	8893	222058	30074	8893	-222058
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	30127	8185	220631	30127	8185	-220631
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	30192	7260	218922	30192	7260	-218922
	Comp.conductor	20369	4198	119438			
4	GW / opgw	2938	555	21628	2938	555	-21628
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19278	3183	144456	19278	3183	-144456
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19290	2930	144111	19290	2930	-144111
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19305	2599	143701	19305	2599	-143701
	Comp.conductor	6041	818	43892			

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

-

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2274	0	16659	2274	0	-16659
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17408	0	127555	17408	0	-127555
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17408	0	127555	17408	0	-127555
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17408	0	127555	17408	0	-127555
	Comp.conductor	4716	0	34554			
1b	GW / opgw	2333	0	19101	2333	0	-19101
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17924	0	148566	17924	0	-148566
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17924	0	148566	17924	0	-148566
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17924	0	148566	17924	0	-148566
	Comp.conductor	4830	0	39199			
3	GW / opgw	7718	0	47131	7718	0	-47131
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27321	0	194979	27321	0	-194979
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	27321	0	194979	27321	0	-194979
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	27321	0	194979	27321	0	-194979
	Comp.conductor	15611	0	95143			
4	GW / opgw	2877	0	20717	2877	0	-20717
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19856	0	145177	19856	0	-145177
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19856	0	145177	19856	0	-145177
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19856	0	145177	19856	0	-145177
	Comp.conductor	5921	0	42593			
1a	GW / opgw	2135	1851	22181	2135	1851	-22181
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16670	10612	152697	16670	10612	-152697
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	16753	9767	149277	16753	9767	-149277
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16863	8663	145065	16863	8663	-145065
	Comp.conductor	4532	2727	40900			
1b	GW / opgw	2322	370	19393	2322	370	-19393
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17873	2121	149786	17873	2121	-149786
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17881	1952	149601	17881	1952	-149601
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17890	1731	149381	17890	1731	-149381
	Comp.conductor	4818	545	39503			
3	GW / opgw	7659	1902	48576	7659	1902	-48576
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27121	5928	200039	27121	5928	-200039
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	27150	5456	199280	27150	5456	-199280
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	27186	4839	198376	27186	4839	-198376
	Comp.conductor	15546	2797	96701			
4	GW / opgw	2869	370	20924	2869	370	-20924
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19819	2122	146166	19819	2122	-146166
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19824	1953	146016	19824	1953	-146016
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19831	1732	145838	19831	1732	-145838
	Comp.conductor	5913	545	42810			
1a	GW / opgw	2018	3704	32012	2018	3704	-32012
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15799	21232	203903	15799	21232	-203903
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	15909	19541	195191	15909	19541	-195191
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16070	17331	183984	16070	17331	-183984
	Comp.conductor	4302	5456	54187			

W2S400A+10 (Afs.comp.gl) TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2 Appendix AH

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

-

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1b	GW / opgw	2292	740	20228	2292	740	-20228
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17729	4242	153343	17729	4242	-153343
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17757	3904	152631	17757	3904	-152631
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17791	3463	151780	17791	3463	-151780
	Comp.conductor	4784	1090	40392			
3	GW / opgw	7520	3805	52509	7520	3805	-52509
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26629	11856	214027	26629	11856	-214027
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	26718	10913	211307	26718	10913	-211307
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26831	9679	208008	26831	9679	-208008
	Comp.conductor	15377	5594	101124			
4	GW / opgw	2849	740	21526	2849	740	-21526
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19714	4244	149073	19714	4244	-149073
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19735	3907	148488	19735	3907	-148488
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19760	3465	147792	19760	3465	-147792
	Comp.conductor	5890	1091	43453			
1a	GW / opgw	2135	1851	22181	2135	1851	-22181
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16670	10612	152697	16670	10612	-152697
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	16753	9767	149277	16753	9767	-149277
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16863	8663	145065	16863	8663	-145065
	Comp.conductor	4532	2727	40900			
1b	GW / opgw	2322	370	19393	2322	370	-19393
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17873	2121	149786	17873	2121	-149786
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17881	1952	149601	17881	1952	-149601
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17890	1731	149381	17890	1731	-149381
	Comp.conductor	4818	545	39503			
3	GW / opgw	7659	1902	48576	7659	1902	-48576
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	27121	5928	200039	27121	5928	-200039
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	27150	5456	199280	27150	5456	-199280
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	27186	4839	198376	27186	4839	-198376
	Comp.conductor	15546	2797	96701			
4	GW / opgw	2869	370	20924	2869	370	-20924
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19819	2122	146166	19819	2122	-146166
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19824	1953	146016	19824	1953	-146016
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19831	1732	145838	19831	1732	-145838
	Comp.conductor	5913	545	42810			

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W4H400Z(+5)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	15 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	
03-Travers lengte 150 kV en bliksemgeleider gewijzigd	14 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	M. 14-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W4H400Z(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening crossbeam - trekisolatoren 150 kV	55
9.1.1 Berekening clip crossbeam	58
9.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	60
9.2.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 49m hoogte	61
9.2.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 40,5m hoogte	73
9.2.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32m hoogte	78
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad	83
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	85
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	86
9.3.3 Berekening deling van de steunarm	89
9.4 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	95
9.4.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	96
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	98
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	100
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8	101
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting	103
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	105
9.8 Berekening versterking deur	108

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage Y, Y1 en Y2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4H400Z(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W4H400Z(+5) zijn de bijlage Y en Y1 (berekening maststerkte) en bijlage Y2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 58,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,579 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 29,0 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W4H400Z(+5) zijn de bijlage Y en Y1 (berekening maststerkte) en bijlage Y2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W4H400Z(+5)"

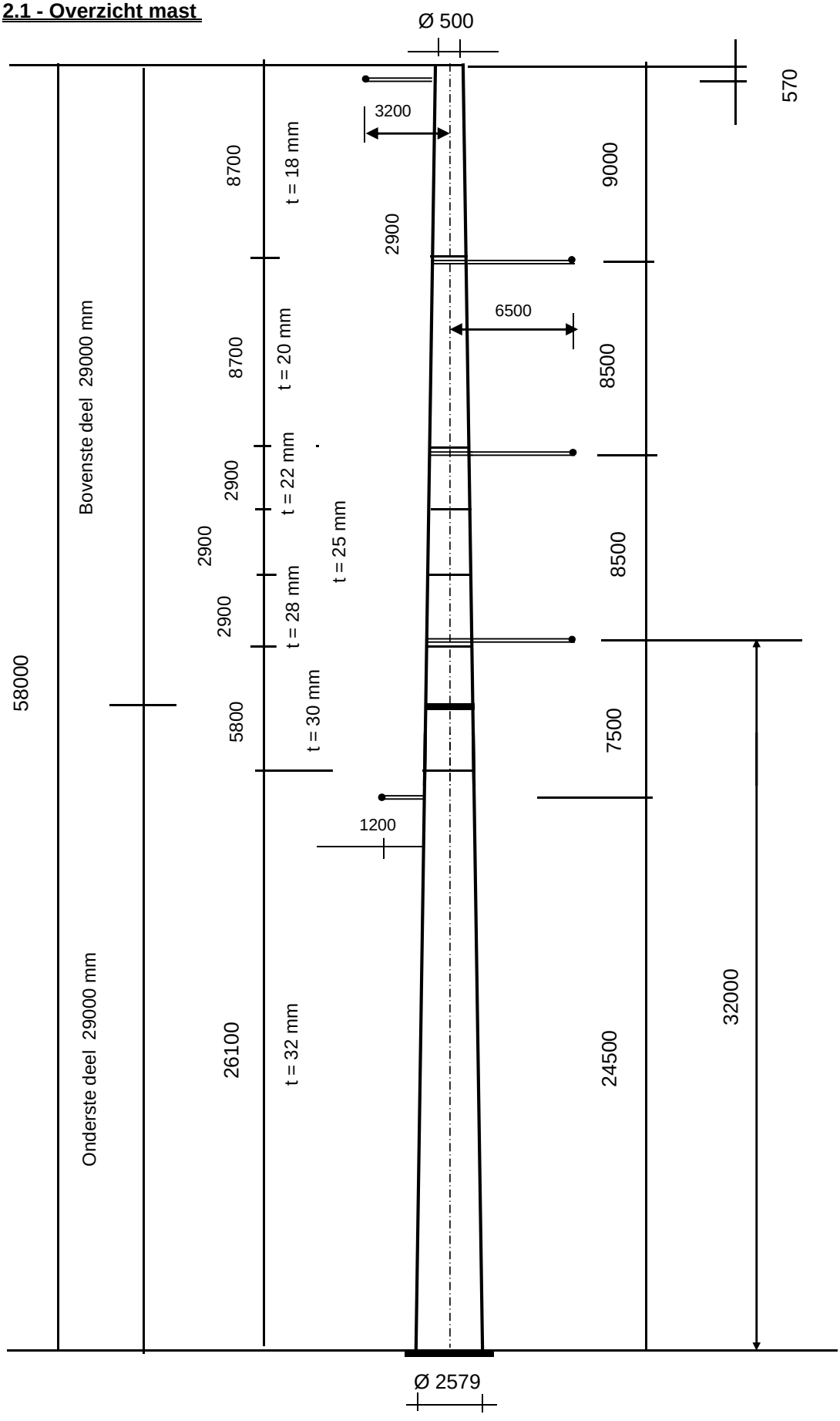
Berekening

W4H400Z+5

58,0 m - 2579 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4H400Z(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,540

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	520	500	n.v.t.	2	1	57,72
2	2330	604	520	n.v.t.	2	1	56,27
3	2900	708	604	n.v.t.	2	1	53,65
4	2900	812	708	n.v.t.	2	1	50,75
5	300	823	812	n.v.t.	2	1	49,15
6	2600	916	823	n.v.t.	2	1	47,70
7	2900	1020	916	n.v.t.	2	1	44,95
8	2900	1124	1020	n.v.t.	2	1	42,05
9	100	1127	1124	n.v.t.	2	1	40,55
10	2800	1228	1127	n.v.t.	2	1	39,10
11	1450	1280	1228	n.v.t.	2	1	36,98
12	1450	1332	1280	n.v.t.	2	1	35,53
13	2800	1432	1332	n.v.t.	2	1	33,40
14	100	1436	1432	n.v.t.	2	1	31,95
15	2900	1540	1436	n.v.t.	2	1	30,45
16	2900	1643	1540	n.v.t.	2	1	27,55
17	1600	1701	1643	n.v.t.	2	1	25,30
18	1300	1747	1701	n.v.t.	2	1	23,85
19	1450	1799	1747	n.v.t.	2	1	22,48
20	1450	1851	1799	n.v.t.	2	1	21,03
21	2900	1955	1851	n.v.t.	2	1	18,85
22	2900	2059	1955	n.v.t.	2	1	15,95
23	2900	2163	2059	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	2267	2163	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	2371	2267	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	2475	2371	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	2579	2475	n.v.t.	2	1	1,45
	58000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27834	218,50	8,44E+08	174,14	3,31E+06
2	562	18,0	30773	241,57	1,14E+09	192,51	4,06E+06
3	656	18,0	36074	283,18	1,84E+09	225,63	5,60E+06
4	760	18,0	41952	329,32	2,89E+09	262,37	7,60E+06
5	817	20,0	50091	393,22	3,98E+09	281,95	9,75E+06
6	869	20,0	53357	418,85	4,81E+09	300,32	1,11E+07
7	968	20,0	59550	467,47	6,69E+09	335,16	1,38E+07
8	1072	20,0	66082	518,74	9,14E+09	371,91	1,71E+07
9	1125	22,0	76268	598,70	1,16E+10	390,22	2,06E+07
10	1177	22,0	79860	626,90	1,33E+10	408,59	2,26E+07
11	1254	25,0	96497	757,50	1,82E+10	434,48	2,91E+07
12	1306	25,0	100579	789,55	2,06E+10	452,85	3,16E+07
13	1382	28,0	119085	934,82	2,73E+10	478,74	3,95E+07
14	1434	28,0	123657	970,71	3,06E+10	497,11	4,26E+07
15	1488	30,0	137368	1078,34	3,65E+10	515,42	4,91E+07
16	1591	30,0	147166	1155,25	4,49E+10	552,17	5,64E+07
17	1672	32,0	164883	1294,33	5,55E+10	579,98	6,63E+07
18	1724	32,0	170109	1335,35	6,09E+10	598,35	7,06E+07
19	1773	32,0	175063	1374,25	6,64E+10	615,78	7,49E+07
20	1825	32,0	180288	1415,26	7,25E+10	634,15	7,94E+07
21	1903	32,0	188126	1476,79	8,24E+10	661,71	8,66E+07
22	2007	32,0	198576	1558,82	9,69E+10	698,46	9,65E+07
23	2111	32,0	209026	1640,86	1,13E+11	735,20	1,07E+08
24	2215	32,0	219477	1722,89	1,31E+11	771,95	1,18E+08
25	2319	32,0	229927	1804,93	1,50E+11	808,70	1,30E+08
26	2423	32,0	240377	1886,96	1,72E+11	845,45	1,42E+08
27	2527	32,0	250827	1968,99	1,95E+11	882,20	1,54E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	58000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,44E+08
2	57430	2 -- 3	2	2330	3,08E+04	1,14E+09
3	55100	3 -- 4	3	2900	3,61E+04	1,84E+09
4	52200	4 -- 5	4	2900	4,20E+04	2,89E+09
5	49300	5 -- 6	5	300	5,01E+04	3,98E+09
6	49000	6 -- 7	6	2600	5,34E+04	4,81E+09
7	46400	7 -- 8	7	2900	5,96E+04	6,69E+09
8	43500	8 -- 9	8	2900	6,61E+04	9,14E+09
9	40600	9 -- 10	9	100	7,63E+04	1,16E+10
10	40500	10 -- 11	10	2800	7,99E+04	1,33E+10
11	37700	11 -- 12	11	1450	9,65E+04	1,82E+10
12	36250	12 -- 13	12	1450	1,01E+05	2,06E+10
13	34800	13 -- 14	13	2800	1,19E+05	2,73E+10
14	32000	14 -- 15	14	100	1,24E+05	3,06E+10
15	31900	15 -- 16	15	2900	1,37E+05	3,65E+10
16	29000	16 -- 17	16	2900	1,47E+05	4,49E+10
17	26100	17 -- 18	17	1600	1,65E+05	5,55E+10
18	24500	18 -- 19	18	1300	1,70E+05	6,09E+10
19	23200	19 -- 20	19	1450	1,75E+05	6,64E+10
20	21750	20 -- 21	20	1450	1,80E+05	7,25E+10
21	20300	21 -- 22	21	2900	1,88E+05	8,24E+10
22	17400	22 -- 23	22	2900	1,99E+05	9,69E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	2,09E+05	1,13E+11
24	11600	24 -- 25	24	2900	2,19E+05	1,31E+11
25	8700	25 -- 26	25	2900	2,30E+05	1,50E+11
26	5800	26 -- 27	26	2900	2,40E+05	1,72E+11
27	2900	27 -- 28	27	2900	2,51E+05	1,95E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	57,72	0,21	1,19	32,02	0,18	1433
2	56,27	0,21	1,18	31,88	0,18	1424
3	53,65	0,21	1,17	31,61	0,18	1406
4	50,75	0,21	1,16	31,30	0,18	1386
5	49,15	0,21	1,15	31,11	0,18	1375
6	47,70	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
7	44,95	0,21	1,13	30,61	0,18	1343
8	42,05	0,21	1,12	30,23	0,19	1319
9	40,55	0,21	1,11	30,03	0,19	1306
10	39,10	0,21	1,10	29,82	0,19	1293
11	36,98	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
12	35,53	0,21	1,08	29,28	0,19	1260
13	33,40	0,21	1,07	28,93	0,20	1239
14	31,95	0,21	1,06	28,68	0,20	1223
15	30,45	0,21	1,05	28,41	0,20	1207
16	27,55	0,21	1,03	27,84	0,20	1173
17	25,30	0,21	1,01	27,36	0,21	1145
18	23,85	0,21	1,00	27,03	0,21	1125
19	22,48	0,21	0,99	26,69	0,21	1105
20	21,03	0,21	0,97	26,31	0,21	1084
21	18,85	0,21	0,95	25,70	0,22	1048
22	15,95	0,21	0,92	24,75	0,23	995
23	13,05	0,21	0,87	23,62	0,24	933
24	10,15	0,21	0,82	22,20	0,25	857
25	7,25	0,21	0,75	20,30	0,28	759
26	4,35	0,21	0,64	17,41	0,32	620
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1331	400	0,40	0,00	2,03E-02	677,87
2	2 -- 3	5978	3712	5,44	0,61	2,03E-02	666,31
3	3 -- 4	8647		11,42	20,25	2,02E-02	619,14
4	4 -- 5	9985		20,07	65,91	1,99E-02	560,96
5	5 -- 6	1225		30,05	138,59	1,94E-02	503,92
6	6 -- 7	11280	38990	70,27	147,79	1,94E-02	498,10
7	7 -- 8	13992		81,55	345,15	1,87E-02	448,50
8	8 -- 9	15479		95,54	601,92	1,78E-02	395,48
9	9 -- 10	614		111,02	901,43	1,66E-02	345,53
10	10 -- 11	17973	39965	151,60	912,56	1,66E-02	343,87
11	11 -- 12	11201		169,57	1362,20	1,55E-02	298,91
12	12 -- 13	11666		180,77	1616,20	1,49E-02	276,91
13	13 -- 14	26595		192,44	1886,77	1,43E-02	255,73
14	14 -- 15	986	40940	259,97	2462,83	1,32E-02	217,11
15	15 -- 16	31707		260,96	2488,88	1,32E-02	215,78
16	16 -- 17	33937	21478	314,14	3291,63	1,21E-02	179,00
17	17 -- 18	20949		348,08	4251,85	1,10E-02	145,48
18	18 -- 19	17555	7697	376,73	4825,54	1,03E-02	128,44
19	19 -- 20	20144		394,28	5326,69	9,82E-03	115,34
20	20 -- 21	20739		414,42	5913,00	9,23E-03	101,53
21	21 -- 22	43262		435,16	6528,96	8,64E-03	88,56
22	22 -- 23	45641		478,43	7853,66	7,44E-03	65,20
23	23 -- 24	48020		524,07	9307,27	6,21E-03	45,36
24	24 -- 25	50399		572,09	10896,69	4,98E-03	29,08
25	25 -- 26	52778		622,48	12628,82	3,74E-03	16,39
26	26 -- 27	55157		675,26	14510,56	2,49E-03	7,31
27	27 -- 28	57536		730,42	16548,80	1,25E-03	1,85
28			55175	843,13	18750,44	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,1	40,0	0,678	1143,52	78,500
2	2 -- 3	597,8	371,2	0,666	6195,39	411,739
3	3 -- 4	864,7		0,619	5005,31	301,056
4	4 -- 5	998,5		0,561	5215,56	283,074
5	5 -- 6	122,5		0,504	601,90	30,740
6	6 -- 7	1128,0	3899,0	0,498	24289,41	1220,053
7	7 -- 8	1399,2		0,448	5792,16	249,157
8	8 -- 9	1547,9		0,395	5625,93	212,481
9	9 -- 10	61,4		0,346	207,52	7,292
10	10 -- 11	1797,3	3996,5	0,344	19148,42	658,226
11	11 -- 12	1120,1		0,299	3163,69	92,850
12	12 -- 13	1166,6		0,277	3047,84	82,742
13	13 -- 14	2659,5		0,256	6168,11	148,651
14	14 -- 15	98,6	4094,0	0,217	8928,80	197,591
15	15 -- 16	3170,7		0,216	6139,83	123,544
16	16 -- 17	3393,7	2147,8	0,179	9172,95	158,150
17	17 -- 18	2094,9		0,145	2814,79	39,299
18	18 -- 19	1755,5	769,7	0,128	3068,96	38,781
19	19 -- 20	2014,4		0,115	2142,82	23,686
20	20 -- 21	2073,9		0,102	1933,67	18,735
21	21 -- 22	4326,2		0,089	3262,89	25,572
22	22 -- 23	4564,1		0,065	2475,15	13,948
23	23 -- 24	4802,0		0,045	1753,41	6,653
24	24 -- 25	5039,9		0,029	1124,21	2,606
25	25 -- 26	5277,8		0,016	613,70	0,742
26	26 -- 27	5515,7		0,007	247,79	0,116
27	27 -- 28	5753,6		0,002	52,11	0,005
28			5517,5	0,000	0,00	0,000
				Som	129336	4426

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,86	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	955	0,991	0,570	0,56	535,02	0,57
2 -- 3	257	0,948	2,330	2,09	537,42	2,21
3 -- 4	298	0,870	2,900	2,20	655,17	2,52
4 -- 5	344	0,785	2,900	1,79	616,03	2,28
5 -- 6	13405	0,739	0,300	0,16	2196,73	0,22
6 -- 7	434	0,698	2,600	1,27	549,91	1,82
7 -- 8	482	0,623	2,900	1,12	542,22	1,81
8 -- 9	534	0,547	2,900	0,87	462,41	1,59
9 -- 10	40579	0,509	0,100	0,03	1049,27	0,05
10 -- 11	642	0,474	2,800	0,63	404,02	1,33
11 -- 12	773	0,425	1,450	0,26	202,06	0,62
12 -- 13	805	0,393	1,450	0,22	180,07	0,57
13 -- 14	2412	0,349	2,800	0,34	821,49	0,98
14 -- 15	986	0,319	0,100	0,01	10,05	0,03
15 -- 16	1834	0,291	2,900	0,25	450,98	0,84
16 -- 17	1170	0,239	2,900	0,17	194,41	0,69
17 -- 18	1790	0,202	1,600	0,07	116,95	0,32
18 -- 19	1350	0,180	1,300	0,04	56,76	0,23
19 -- 20	1389	0,160	1,450	0,04	51,55	0,23
20 -- 21	1430	0,140	1,450	0,03	40,77	0,20
21 -- 22	1492	0,113	2,900	0,04	55,65	0,33
22 -- 23	1574	0,082	2,900	0,02	30,35	0,24
23 -- 24	1656	0,055	2,900	0,01	14,48	0,16
24 -- 25	1738	0,034	2,900	0,00	5,67	0,10
25 -- 26	1820	0,017	2,900	0,00	1,61	0,05
26 -- 27	1902	0,007	2,900	0,00	0,25	0,02
27 -- 28	3887	0,001	2,900	0,00	0,02	0,00
		Σ	58,00	12,21	9781,32	20,00

m_e = 9781,3 / 12,2 = 801,2 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$$

$n = n_{1,x}$ =	0,86	Hz
b =	1,54	m
h =	58,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,80	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	107,00	

$$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$$

B^2 = 0,55

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,049	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,061	
$v_m(z_s)$ =	29,16	m/s
$v_m(z)$ =	32,05	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,87
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,52
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,68
G_y =	0,5
G_z =	0,28

$$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$$

$K_s(n)$ =	0,15
R^2 =	0,82
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,67 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,63

$c_s c_d$ = **1,12**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,88	1,63E+06	0,80	0,80	0,64
2	47,73	1,79E+06	0,80	0,80	0,64
3	47,43	2,07E+06	0,80	0,80	0,64
4	47,09	2,39E+06	0,80	0,80	0,64
5	46,90	2,56E+06	0,80	0,80	0,64
6	46,71	2,71E+06	0,80	0,80	0,64
7	46,35	2,99E+06	0,79	0,80	0,64
8	45,94	3,28E+06	0,79	0,80	0,64
9	45,71	3,43E+06	0,79	0,80	0,64
10	45,49	3,57E+06	0,79	0,80	0,64
11	45,15	3,77E+06	0,79	0,80	0,64
12	44,90	3,91E+06	0,79	0,80	0,64
13	44,52	4,10E+06	0,79	0,80	0,64
14	44,24	4,23E+06	0,79	0,80	0,63
15	43,94	4,36E+06	0,79	0,80	0,63
16	43,32	4,60E+06	0,79	0,80	0,63
17	42,79	4,77E+06	0,79	0,80	0,63
18	42,43	4,88E+06	0,79	0,80	0,63
19	42,05	4,97E+06	0,79	0,80	0,63
20	41,64	5,07E+06	0,78	0,80	0,63
21	40,95	5,20E+06	0,78	0,80	0,63
22	39,90	5,34E+06	0,78	0,80	0,63
23	38,63	5,44E+06	0,78	0,80	0,63
24	37,03	5,47E+06	0,78	0,80	0,63
25	34,86	5,39E+06	0,77	0,80	0,62
26	31,49	5,09E+06	0,77	0,80	0,62
27	30,93	5,21E+06	0,77	0,80	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	57,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - Y, Y1 en Y3		
1e traverse - 380C1F1	49,00	1			
1e traverse - 150C1F1	49,00	1			
2e traverse - 380C1F2	40,50	1			
2e traverse - 150C1F2	40,50	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
3e traverse - 150C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	57,43	0,760
1e traverse - 380C1F1	49,00	0,000
1e traverse - 150C1F1	49,00	5,500
2e traverse - 380C1F2	40,50	0,000
2e traverse - 150C1F2	40,50	5,500
3e traverse - 380C1F3	32,00	0,000
3e traverse - 150C1F3	32,00	5,500
Retourstroomgeleider	24,50	2,050

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	57,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	49,00	1			
1e traverse - 150C1F1	49,00	1			
2e traverse - 380C1F2	40,50	1			
2e traverse - 150C1F2	40,50	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
3e traverse - 150C1F3	32,00	1			
Retourstroomgeleider	24,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1245	86	1331	0,187	0,068	412	0,723
2	5629	350	5978	0,843	0,280	1797	0,771
3	8212	435	8647	1,222	0,348	2483	0,856
4	9550	435	9985	1,412	0,348	2745	0,946
5	1180	45	1225	0,157	0,036	298	0,995
6	10890	390	11280	1,446	0,312	2697	1,037
7	13557	435	13992	1,793	0,348	3233	1,115
8	15044	435	15479	1,983	0,348	3458	1,192
9	599	15	614	0,072	0,012	123	1,230
10	17553	420	17973	2,100	0,336	3544	1,266
11	10984	218	11201	1,157	0,174	1907	1,315
12	11448	218	11666	1,204	0,174	1953	1,347
13	26175	420	26595	2,458	0,336	3893	1,390
14	971	15	986	0,091	0,012	142	1,418
15	31272	435	31707	2,737	0,348	4188	1,444
16	33502	435	33937	2,924	0,348	4317	1,489
17	20709	240	20949	1,693	0,192	2426	1,516
18	17360	195	17555	1,417	0,156	1990	1,531
19	19927	218	20144	1,624	0,174	2236	1,542
20	20521	218	20739	1,670	0,174	2248	1,550
21	42827	435	43262	3,478	0,348	4512	1,556
22	45206	435	45641	3,661	0,348	4487	1,547
23	47585	435	48020	3,840	0,348	4394	1,515
24	49964	435	50399	4,016	0,348	4206	1,450
25	52343	435	52778	4,185	0,348	3872	1,335
26	54722	435	55157	4,338	0,348	3268	1,127
27	57101	435	57536	4,518	0,348	3273	1,129
	626074	8700	634774	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	74101

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2802	480	480	480	480
2	2 -- 3	3079	4456	4450	18492	5957
3	3 -- 4	3578				
4	4 -- 5	4132				
5	5 -- 6	4899				
6	6 -- 7	5206	46804	46756	77615	54298
7	7 -- 8	5790				
8	8 -- 9	6405				
9	9 -- 10	7364				
10	10 -- 11	7703	47973	47928	78786	55470
11	11 -- 12	9270				
12	12 -- 13	9655				
13	13 -- 14	11398				
14	14 -- 15	11828	49142	49100	79956	56642
15	15 -- 16	13120				
16	16 -- 17	14043	25773	25773	25773	25773
17	17 -- 18	15712				
18	18 -- 19	16204	9239	9231	37357	12243
19	19 -- 20	16671				
20	20 -- 21	17163				
21	21 -- 22	17901				
22	22 -- 23	18886				
23	23 -- 24	19870				
24	24 -- 25	20855				
25	25 -- 26	21839				
26	26 -- 27	22824				
27	27 -- 28	23808				
28			66210	66210	66210	66210

KEMA rapport - bijlage Y - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3279 / 1815 , t = 120 mm ; G = 5517 kg
Flenzen op 28,0m : 2 * rond 1540 / 1015 , t = 130 mm ; G = 2148 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 49m : 2 * rond 1343 / 823 , t = 25 mm ; G = 347 kg
Bevestigingsringen op 40,5m : 2 * rond 1647 / 1127 , t = 25 mm ; G = 445 kg
Bevestigingsringen op 32m : 2 * rond 1952 / 1432 , t = 25 mm ; G = 542 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	723				
2	2 -- 3	771	29643	17913	48731	19091
3	3 -- 4	856				
4	4 -- 5	946				
5	5 -- 6	995				
6	6 -- 7	1037	232525	168078	241288	163885
7	7 -- 8	1115				
8	8 -- 9	1192				
9	9 -- 10	1230				
10	10 -- 11	1266	223397	167079	237984	162967
11	11 -- 12	1315				
12	12 -- 13	1347				
13	13 -- 14	1390				
14	14 -- 15	1418	212221	165877	234018	161860
15	15 -- 16	1444				
16	16 -- 17	1489				
17	17 -- 18	1516				
18	18 -- 19	1531	48329	35300	91506	37995
19	19 -- 20	1542				
20	20 -- 21	1550				
21	21 -- 22	1556				
22	22 -- 23	1547				
23	23 -- 24	1515				
24	24 -- 25	1450				
25	25 -- 26	1335				
26	26 -- 27	1127				
27	27 -- 28	1129				
28						

KEMA rapport - bijlage Y2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1157				
2	2 -- 3	1234	40163	21401	64484	23602
3	3 -- 4	1370				
4	4 -- 5	1514				
5	5 -- 6	1591				
6	6 -- 7	1660	308145	197056	306078	197870
7	7 -- 8	1784				
8	8 -- 9	1908				
9	9 -- 10	1969				
10	10 -- 11	2025	294565	195451	301061	196424
11	11 -- 12	2104				
12	12 -- 13	2155				
13	13 -- 14	2224				
14	14 -- 15	2268	277793	193524	295031	194681
15	15 -- 16	2310				
16	16 -- 17	2382				
17	17 -- 18	2426				
18	18 -- 19	2450	63902	41551	120024	46473
19	19 -- 20	2467				
20	20 -- 21	2481				
21	21 -- 22	2489				
22	22 -- 23	2475				
23	23 -- 24	2424				
24	24 -- 25	2321				
25	25 -- 26	2136				
26	26 -- 27	1803				
27	27 -- 28	1806				
28						

KEMA rapport - bijlage Z - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	412		0	0,00E+00	2,66E-03	83
2	2 -- 3	1797		412	1,26E+05	2,66E-03	81
3	3 -- 4	2483		2209	3,25E+06	2,65E-03	75
4	4 -- 5	2745		4692	1,34E+07	2,59E-03	67
5	5 -- 6	298		7437	3,12E+07	2,49E-03	60
6	6 -- 7	2697		7735	3,35E+07	2,48E-03	59
7	7 -- 8	3233		10432	5,77E+07	2,36E-03	53
8	8 -- 9	3458		13666	9,32E+07	2,21E-03	46
9	9 -- 10	123		17123	1,39E+08	2,04E-03	40
10	10 -- 11	3544		17246	1,40E+08	2,03E-03	40
11	11 -- 12	1907		20791	1,94E+08	1,86E-03	34
12	12 -- 13	1953		22697	2,26E+08	1,78E-03	32
13	13 -- 14	3893		24650	2,61E+08	1,70E-03	29
14	14 -- 15	142		28543	3,37E+08	1,56E-03	25
15	15 -- 16	4188		28685	3,40E+08	1,55E-03	25
16	16 -- 17	4317		32872	4,30E+08	1,41E-03	20
17	17 -- 18	2426		37189	5,33E+08	1,26E-03	16
18	18 -- 19	1990		39615	5,96E+08	1,18E-03	14
19	19 -- 20	2236		41606	6,49E+08	1,12E-03	13
20	20 -- 21	2248		43841	7,11E+08	1,05E-03	11
21	21 -- 22	4512		46089	7,77E+08	9,77E-04	10
22	22 -- 23	4487		50601	9,19E+08	8,35E-04	7
23	23 -- 24	4394		55088	1,07E+09	6,94E-04	5
24	24 -- 25	4206		59482	1,24E+09	5,52E-04	3
25	25 -- 26	3872		63688	1,42E+09	4,12E-04	2
26	26 -- 27	3268		67560	1,61E+09	2,73E-04	1
27	27 -- 28	3273		70828	1,81E+09	1,36E-04	0
28				74101	2,02E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,78E-02	1491
2	2 -- 3		29643	29643	1,46E+05	4,78E-02	1464
3	3 -- 4			29643	7,05E+07	4,74E-02	1353
4	4 -- 5			29643	1,59E+08	4,66E-02	1217
5	5 -- 6			29643	2,49E+08	4,56E-02	1083
6	6 -- 7		232525	262169	2,59E+08	4,55E-02	1069
7	7 -- 8			262169	9,50E+08	4,40E-02	953
8	8 -- 9			262169	1,72E+09	4,12E-02	829
9	9 -- 10			262169	2,49E+09	3,81E-02	713
10	10 -- 11		223397	485565	2,52E+09	3,80E-02	710
11	11 -- 12			485565	3,90E+09	3,48E-02	608
12	12 -- 13			485565	4,61E+09	3,31E-02	558
13	13 -- 14			485565	5,32E+09	3,15E-02	511
14	14 -- 15		212221	697787	6,71E+09	2,85E-02	427
15	15 -- 16			697787	6,78E+09	2,84E-02	424
16	16 -- 17			697787	8,82E+09	2,55E-02	346
17	17 -- 18			697787	1,09E+10	2,25E-02	276
18	18 -- 19		48329	746116	1,20E+10	2,09E-02	242
19	19 -- 20			746116	1,30E+10	1,96E-02	215
20	20 -- 21			746116	1,41E+10	1,82E-02	188
21	21 -- 22			746116	1,52E+10	1,68E-02	162
22	22 -- 23			746116	1,74E+10	1,41E-02	117
23	23 -- 24			746116	1,95E+10	1,15E-02	80
24	24 -- 25			746116	2,17E+10	8,96E-03	51
25	25 -- 26			746116	2,39E+10	6,55E-03	28
26	26 -- 27			746116	2,61E+10	4,26E-03	12
27	27 -- 28			746116	2,82E+10	2,07E-03	3
28	28 -- 29			746116	3,04E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,41E-02	1082
2	2 -- 3		17913	17913	1,05E+05	3,41E-02	1062
3	3 -- 4			17913	4,27E+07	3,39E-02	983
4	4 -- 5			17913	9,66E+07	3,34E-02	885
5	5 -- 6			17913	1,51E+08	3,28E-02	789
6	6 -- 7		168078	185991	1,57E+08	3,28E-02	779
7	7 -- 8			185991	6,48E+08	3,17E-02	695
8	8 -- 9			185991	1,20E+09	2,98E-02	606
9	9 -- 10			185991	1,74E+09	2,76E-02	522
10	10 -- 11		167079	353069	1,76E+09	2,76E-02	519
11	11 -- 12			353069	2,76E+09	2,53E-02	445
12	12 -- 13			353069	3,28E+09	2,42E-02	409
13	13 -- 14			353069	3,80E+09	2,30E-02	375
14	14 -- 15		165877	518946	4,81E+09	2,09E-02	314
15	15 -- 16			518946	4,86E+09	2,08E-02	312
16	16 -- 17			518946	6,38E+09	1,87E-02	254
17	17 -- 18			518946	7,90E+09	1,65E-02	203
18	18 -- 19		35300	554246	8,74E+09	1,53E-02	178
19	19 -- 20			554246	9,47E+09	1,44E-02	158
20	20 -- 21			554246	1,03E+10	1,34E-02	138
21	21 -- 22			554246	1,11E+10	1,24E-02	119
22	22 -- 23			554246	1,27E+10	1,04E-02	86
23	23 -- 24			554246	1,43E+10	8,44E-03	59
24	24 -- 25			554246	1,60E+10	6,59E-03	37
25	25 -- 26			554246	1,76E+10	4,82E-03	21
26	26 -- 27			554246	1,92E+10	3,14E-03	9
27	27 -- 28			554246	2,08E+10	1,53E-03	2
28				554246	2,24E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,54E-02	1686
2	2 -- 3		48731	48731	1,70E+05	5,54E-02	1654
3	3 -- 4			48731	1,15E+08	5,48E-02	1526
4	4 -- 5			48731	2,60E+08	5,34E-02	1368
5	5 -- 6			48731	4,05E+08	5,19E-02	1216
6	6 -- 7		241288	290019	4,21E+08	5,17E-02	1200
7	7 -- 8			290019	1,19E+09	4,97E-02	1068
8	8 -- 9			290019	2,04E+09	4,63E-02	928
9	9 -- 10			290019	2,90E+09	4,26E-02	799
10	10 -- 11		237984	528003	2,92E+09	4,25E-02	795
11	11 -- 12			528003	4,42E+09	3,88E-02	680
12	12 -- 13			528003	5,20E+09	3,70E-02	625
13	13 -- 14			528003	5,97E+09	3,52E-02	573
14	14 -- 15		234018	762021	7,48E+09	3,19E-02	479
15	15 -- 16			762021	7,55E+09	3,18E-02	476
16	16 -- 17			762021	9,79E+09	2,85E-02	388
17	17 -- 18			762021	1,20E+10	2,51E-02	310
18	18 -- 19		91506	853528	1,33E+10	2,34E-02	271
19	19 -- 20			853528	1,44E+10	2,20E-02	242
20	20 -- 21			853528	1,56E+10	2,04E-02	211
21	21 -- 22			853528	1,69E+10	1,89E-02	183
22	22 -- 23			853528	1,94E+10	1,58E-02	132
23	23 -- 24			853528	2,19E+10	1,29E-02	90
24	24 -- 25			853528	2,44E+10	1,01E-02	57
25	25 -- 26			853528	2,69E+10	7,38E-03	32
26	26 -- 27			853528	2,93E+10	4,80E-03	14
27	27 -- 28			853528	3,18E+10	2,34E-03	3
28				853528	3,43E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,38E-02	1065
2	2 -- 3		19091	19091	1,03E+05	3,38E-02	1046
3	3 -- 4			19091	4,55E+07	3,35E-02	968
4	4 -- 5			19091	1,03E+08	3,30E-02	871
5	5 -- 6			19091	1,61E+08	3,24E-02	776
6	6 -- 7		163885	182976	1,67E+08	3,23E-02	767
7	7 -- 8			182976	6,50E+08	3,13E-02	684
8	8 -- 9			182976	1,19E+09	2,94E-02	595
9	9 -- 10			182976	1,73E+09	2,72E-02	513
10	10 -- 11		162967	345943	1,75E+09	2,71E-02	511
11	11 -- 12			345943	2,73E+09	2,49E-02	438
12	12 -- 13			345943	3,24E+09	2,37E-02	402
13	13 -- 14			345943	3,74E+09	2,26E-02	369
14	14 -- 15		161860	507803	4,73E+09	2,05E-02	308
15	15 -- 16			507803	4,78E+09	2,04E-02	306
16	16 -- 17			507803	6,27E+09	1,83E-02	250
17	17 -- 18			507803	7,76E+09	1,62E-02	200
18	18 -- 19		37995	545798	8,58E+09	1,51E-02	175
19	19 -- 20			545798	9,30E+09	1,42E-02	156
20	20 -- 21			545798	1,01E+10	1,32E-02	136
21	21 -- 22			545798	1,09E+10	1,22E-02	117
22	22 -- 23			545798	1,25E+10	1,02E-02	85
23	23 -- 24			545798	1,41E+10	8,30E-03	58
24	24 -- 25			545798	1,57E+10	6,48E-03	37
25	25 -- 26			545798	1,73E+10	4,74E-03	20
26	26 -- 27			545798	1,89E+10	3,08E-03	9
27	27 -- 28			545798	2,05E+10	1,50E-03	2
28				545798	2,20E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	1,39E-03	29
2	2 -- 3				9,93E+06	1,39E-03	28
3	3 -- 4				9,93E+06	1,30E-03	25
4	4 -- 5				9,93E+06	1,22E-03	22
5	5 -- 6				9,93E+06	1,17E-03	18
6	6 -- 7				7,16E+07	1,17E-03	18
7	7 -- 8				7,16E+07	9,85E-04	15
8	8 -- 9				7,16E+07	8,38E-04	12
9	9 -- 10				7,16E+07	7,29E-04	10
10	10 -- 11				1,33E+08	7,26E-04	10
11	11 -- 12				1,33E+08	5,93E-04	8
12	12 -- 13				1,33E+08	5,43E-04	7
13	13 -- 14				1,33E+08	4,98E-04	7
14	14 -- 15				1,95E+08	4,33E-04	5
15	15 -- 16				1,95E+08	4,30E-04	5
16	16 -- 17				1,95E+08	3,56E-04	4
17	17 -- 18				1,95E+08	2,96E-04	3
18	18 -- 19				2,49E+08	2,69E-04	3
19	19 -- 20				2,49E+08	2,44E-04	2
20	20 -- 21				2,49E+08	2,18E-04	2
21	21 -- 22				2,49E+08	1,95E-04	2
22	22 -- 23				2,49E+08	1,53E-04	1
23	23 -- 24				2,49E+08	1,17E-04	1
24	24 -- 25				2,49E+08	8,68E-05	0
25	25 -- 26				2,49E+08	6,05E-05	0
26	26 -- 27				2,49E+08	3,76E-05	0
27	27 -- 28				2,49E+08	1,76E-05	0
28					2,49E+08	0,00E+00	0

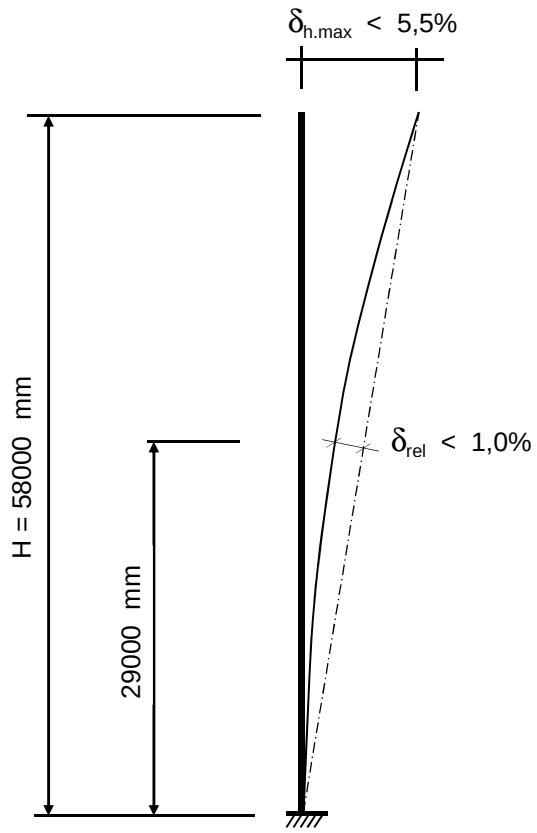
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	5,8E-02	1740
2	2 -- 3	5,8E-02	1707
3	3 -- 4	5,7E-02	1573
4	4 -- 5	5,5E-02	1410
5	5 -- 6	5,4E-02	1252
6	6 -- 7	5,4E-02	1236
7	7 -- 8	5,1E-02	1099
8	8 -- 9	4,8E-02	954
9	9 -- 10	4,4E-02	821
10	10 -- 11	4,4E-02	816
11	11 -- 12	4,0E-02	699
12	12 -- 13	3,8E-02	642
13	13 -- 14	3,6E-02	588
14	14 -- 15	3,3E-02	491
15	15 -- 16	3,3E-02	488
16	16 -- 17	2,9E-02	398
17	17 -- 18	2,6E-02	318
18	18 -- 19	2,4E-02	278
19	19 -- 20	2,3E-02	248
20	20 -- 21	2,1E-02	216
21	21 -- 22	1,9E-02	187
22	22 -- 23	1,6E-02	135
23	23 -- 24	1,3E-02	93
24	24 -- 25	1,0E-02	58
25	25 -- 26	7,6E-03	32
26	26 -- 27	4,9E-03	14
27	27 -- 28	2,4E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1740 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 3,00 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 29000 mm

$\delta_{knoop\ x}$ = 398 mm

α = 1,72 graden

δ_{rel} = 471 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 0,81 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	618	480	0	0,00E+00	4,21E-03	131
2	2 -- 3	2696	6533	660	1,88E+05	4,21E-03	128
3	3 -- 4	3724	13707	3535	5,07E+06	4,19E-03	119
4	4 -- 5	4117	24083	7507	2,11E+07	4,10E-03	106
5	5 -- 6	448	36066	11899	4,92E+07	3,93E-03	95
6	6 -- 7	4045	84339	12377	5,29E+07	3,91E-03	94
7	7 -- 8	4850	97876	16691	9,07E+07	3,73E-03	84
8	8 -- 9	5187	114666	21865	1,47E+08	3,49E-03	73
9	9 -- 10	185	133240	27397	2,18E+08	3,22E-03	63
10	10 -- 11	5316	181950	27594	2,21E+08	3,21E-03	63
11	11 -- 12	2860	203518	33265	3,06E+08	2,95E-03	54
12	12 -- 13	2929	216959	36316	3,56E+08	2,82E-03	50
13	13 -- 14	5839	230958	39440	4,11E+08	2,69E-03	46
14	14 -- 15	213	312014	45668	5,30E+08	2,46E-03	39
15	15 -- 16	6281	313197	45895	5,35E+08	2,45E-03	39
16	16 -- 17	6475	377018	52595	6,78E+08	2,23E-03	32
17	17 -- 18	3640	417743	59502	8,40E+08	1,99E-03	26
18	18 -- 19	2985	452122	63384	9,39E+08	1,87E-03	23
19	19 -- 20	3354	473187	66569	1,02E+09	1,77E-03	20
20	20 -- 21	3372	497360	70146	1,12E+09	1,66E-03	18
21	21 -- 22	6768	522247	73743	1,23E+09	1,55E-03	16
22	22 -- 23	6730	574161	80962	1,45E+09	1,32E-03	11
23	23 -- 24	6591	628930	88141	1,70E+09	1,10E-03	8
24	24 -- 25	6309	686554	95171	1,96E+09	8,75E-04	5
25	25 -- 26	5808	747032	101901	2,25E+09	6,53E-04	3
26	26 -- 27	4902	810366	108096	2,55E+09	4,33E-04	1
27	27 -- 28	4910	876554	113324	2,87E+09	2,15E-04	0
28			1011807	118561	3,21E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,26E-02	1951
2	2 -- 3		40163	40163	0,00E+00	6,26E-02	1916
3	3 -- 4			40163	9,36E+07	6,21E-02	1770
4	4 -- 5			40163	2,10E+08	6,10E-02	1591
5	5 -- 6			40163	3,27E+08	5,97E-02	1416
6	6 -- 7		308145	348308	3,39E+08	5,96E-02	1398
7	7 -- 8			348308	1,24E+09	5,76E-02	1246
8	8 -- 9			348308	2,25E+09	5,39E-02	1083
9	9 -- 10			348308	3,26E+09	4,98E-02	933
10	10 -- 11		294565	642873	3,30E+09	4,96E-02	928
11	11 -- 12			642873	5,10E+09	4,54E-02	794
12	12 -- 13			642873	6,03E+09	4,33E-02	730
13	13 -- 14			642873	6,96E+09	4,12E-02	669
14	14 -- 15		277793	920666	8,76E+09	3,73E-02	558
15	15 -- 16			920666	8,86E+09	3,72E-02	555
16	16 -- 17			920666	1,15E+10	3,33E-02	452
17	17 -- 18			920666	1,42E+10	2,94E-02	361
18	18 -- 19		63902	984568	1,57E+10	2,73E-02	316
19	19 -- 20			984568	1,69E+10	2,57E-02	281
20	20 -- 21			984568	1,84E+10	2,38E-02	245
21	21 -- 22			984568	1,98E+10	2,20E-02	212
22	22 -- 23			984568	2,27E+10	1,84E-02	154
23	23 -- 24			984568	2,55E+10	1,50E-02	105
24	24 -- 25			984568	2,84E+10	1,17E-02	66
25	25 -- 26			984568	3,12E+10	8,57E-03	37
26	26 -- 27			984568	3,41E+10	5,57E-03	16
27	27 -- 28			984568	3,69E+10	2,71E-03	4
28				984568	3,98E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,96E-02	1254
2	2 -- 3		21401	21401	0,00E+00	3,96E-02	1231
3	3 -- 4			21401	4,99E+07	3,93E-02	1139
4	4 -- 5			21401	1,12E+08	3,87E-02	1026
5	5 -- 6			21401	1,74E+08	3,80E-02	914
6	6 -- 7		197056	218457	1,80E+08	3,80E-02	903
7	7 -- 8			218457	7,48E+08	3,68E-02	806
8	8 -- 9			218457	1,38E+09	3,46E-02	702
9	9 -- 10			218457	2,02E+09	3,20E-02	605
10	10 -- 11		195451	413908	2,04E+09	3,19E-02	602
11	11 -- 12			413908	3,20E+09	2,93E-02	516
12	12 -- 13			413908	3,80E+09	2,80E-02	474
13	13 -- 14			413908	4,40E+09	2,66E-02	435
14	14 -- 15		193524	607432	5,56E+09	2,42E-02	363
15	15 -- 16			607432	5,62E+09	2,41E-02	361
16	16 -- 17			607432	7,38E+09	2,16E-02	295
17	17 -- 18			607432	9,14E+09	1,91E-02	235
18	18 -- 19		41551	648984	1,01E+10	1,78E-02	206
19	19 -- 20			648984	1,10E+10	1,67E-02	183
20	20 -- 21			648984	1,19E+10	1,55E-02	160
21	21 -- 22			648984	1,28E+10	1,43E-02	138
22	22 -- 23			648984	1,47E+10	1,20E-02	100
23	23 -- 24			648984	1,66E+10	9,79E-03	68
24	24 -- 25			648984	1,85E+10	7,64E-03	43
25	25 -- 26			648984	2,04E+10	5,59E-03	24
26	26 -- 27			648984	2,22E+10	3,64E-03	10
27	27 -- 28			648984	2,41E+10	1,77E-03	3
28				648984	2,60E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,01E-02	2126
2	2 -- 3		64484	64484	0,00E+00	7,01E-02	2086
3	3 -- 4			64484	1,50E+08	6,93E-02	1923
4	4 -- 5			64484	3,37E+08	6,75E-02	1724
5	5 -- 6			64484	5,24E+08	6,55E-02	1531
6	6 -- 7		306078	370561	5,44E+08	6,53E-02	1511
7	7 -- 8			370561	1,51E+09	6,26E-02	1345
8	8 -- 9			370561	2,58E+09	5,84E-02	1169
9	9 -- 10			370561	3,66E+09	5,37E-02	1006
10	10 -- 11		301061	671623	3,69E+09	5,35E-02	1000
11	11 -- 12			671623	5,57E+09	4,89E-02	857
12	12 -- 13			671623	6,55E+09	4,66E-02	787
13	13 -- 14			671623	7,52E+09	4,43E-02	721
14	14 -- 15		295031	966654	9,40E+09	4,01E-02	603
15	15 -- 16			966654	9,50E+09	4,00E-02	599
16	16 -- 17			966654	1,23E+10	3,58E-02	489
17	17 -- 18			966654	1,51E+10	3,16E-02	391
18	18 -- 19		120024	1086678	1,67E+10	2,94E-02	342
19	19 -- 20			1086678	1,81E+10	2,77E-02	305
20	20 -- 21			1086678	1,96E+10	2,57E-02	266
21	21 -- 22			1086678	2,12E+10	2,38E-02	230
22	22 -- 23			1086678	2,44E+10	2,00E-02	166
23	23 -- 24			1086678	2,75E+10	1,63E-02	114
24	24 -- 25			1086678	3,07E+10	1,27E-02	72
25	25 -- 26			1086678	3,38E+10	9,30E-03	40
26	26 -- 27			1086678	3,70E+10	6,05E-03	17
27	27 -- 28			1086678	4,01E+10	2,95E-03	4
28				1086678	4,33E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,04E-02	1273
2	2 -- 3		23602	23602	0,00E+00	4,04E-02	1250
3	3 -- 4			23602	5,50E+07	4,01E-02	1156
4	4 -- 5			23602	1,23E+08	3,94E-02	1040
5	5 -- 6			23602	1,92E+08	3,87E-02	927
6	6 -- 7		197870	221472	1,99E+08	3,86E-02	916
7	7 -- 8			221472	7,75E+08	3,73E-02	816
8	8 -- 9			221472	1,42E+09	3,51E-02	711
9	9 -- 10			221472	2,06E+09	3,24E-02	613
10	10 -- 11		196424	417896	2,08E+09	3,24E-02	610
11	11 -- 12			417896	3,25E+09	2,97E-02	523
12	12 -- 13			417896	3,86E+09	2,83E-02	481
13	13 -- 14			417896	4,46E+09	2,70E-02	440
14	14 -- 15		194681	612577	5,63E+09	2,45E-02	368
15	15 -- 16			612577	5,69E+09	2,44E-02	366
16	16 -- 17			612577	7,47E+09	2,19E-02	298
17	17 -- 18			612577	9,25E+09	1,93E-02	239
18	18 -- 19		46473	659050	1,02E+10	1,80E-02	209
19	19 -- 20			659050	1,11E+10	1,69E-02	186
20	20 -- 21			659050	1,20E+10	1,57E-02	162
21	21 -- 22			659050	1,30E+10	1,45E-02	140
22	22 -- 23			659050	1,49E+10	1,22E-02	102
23	23 -- 24			659050	1,68E+10	9,92E-03	69
24	24 -- 25			659050	1,87E+10	7,75E-03	44
25	25 -- 26			659050	2,06E+10	5,67E-03	24
26	26 -- 27			659050	2,26E+10	3,69E-03	11
27	27 -- 28			659050	2,45E+10	1,80E-03	3
28				659050	2,64E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	8,98E-04	20
2	2 -- 3				3,39E+06	8,98E-04	19
3	3 -- 4				3,39E+06	8,65E-04	17
4	4 -- 5				3,39E+06	8,40E-04	15
5	5 -- 6				3,39E+06	8,24E-04	12
6	6 -- 7				5,03E+07	8,23E-04	12
7	7 -- 8				5,03E+07	6,93E-04	10
8	8 -- 9				5,03E+07	5,89E-04	8
9	9 -- 10				5,03E+07	5,13E-04	7
10	10 -- 11				9,72E+07	5,11E-04	7
11	11 -- 12				9,72E+07	4,14E-04	5
12	12 -- 13				9,72E+07	3,77E-04	5
13	13 -- 14				9,72E+07	3,45E-04	4
14	14 -- 15				1,44E+08	2,97E-04	3
15	15 -- 16				1,44E+08	2,95E-04	3
16	16 -- 17				1,44E+08	2,41E-04	3
17	17 -- 18				1,44E+08	1,96E-04	2
18	18 -- 19				1,63E+08	1,76E-04	2
19	19 -- 20				1,63E+08	1,60E-04	1
20	20 -- 21				1,63E+08	1,43E-04	1
21	21 -- 22				1,63E+08	1,27E-04	1
22	22 -- 23				1,63E+08	1,00E-04	1
23	23 -- 24				1,63E+08	7,67E-05	0
24	24 -- 25				1,63E+08	5,68E-05	0
25	25 -- 26				1,63E+08	3,96E-05	0
26	26 -- 27				1,63E+08	2,46E-05	0
27	27 -- 28				1,63E+08	1,15E-05	0
28					1,63E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	20,57	64,67	14,11
3	3 -- 4	27,74	65,48	165,73
4	4 -- 5	38,12	66,60	357,24
5	5 -- 6	50,10	67,83	552,16
6	6 -- 7	129,19	374,04	653,32
7	7 -- 8	142,72	375,26	1627,41
8	8 -- 9	159,51	376,71	2717,76
9	9 -- 10	178,09	378,27	3812,48
10	10 -- 11	257,61	679,38	3931,10
11	11 -- 12	279,18	680,98	5835,61
12	12 -- 13	292,62	681,84	6823,65
13	13 -- 14	306,62	682,72	7812,95
14	14 -- 15	418,49	979,50	9807,79
15	15 -- 16	419,67	979,56	9905,75
16	16 -- 17	483,49	981,45	12749,21
17	17 -- 18	524,22	983,39	15598,22
18	18 -- 19	586,71	1104,50	17249,11
19	19 -- 20	607,78	1105,40	18685,55
20	20 -- 21	631,95	1106,41	20289,11
21	21 -- 22	656,84	1107,42	21894,13
22	22 -- 23	708,75	1109,45	25108,59
23	23 -- 24	763,52	1111,47	28328,92
24	24 -- 25	821,15	1113,44	31555,04
25	25 -- 26	881,62	1115,34	34786,78
26	26 -- 27	944,96	1117,08	38023,78
27	27 -- 28	1011,15	1118,55	41265,44
28		1146,40	1120,02	44511,38

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 708	14,11	20,57	33	14,8	1224,7	0,01
2	500 / 708	165,73	27,74	134	170,1	1673,3	0,10
3	500 / 708	357,24	38,12	163	367,8	2329,6	0,16
4	708 / 812	552,16	50,10	159	570,7	3094,2	0,19
5	812 / 1124	653,32	129,19	16	673,9	3507,0	0,20
6	812 / 1124	1627,41	142,72	137	1667,6	4379,2	0,39
7	812 / 1124	2717,76	159,51	144	2780,9	5466,4	0,52
8	812 / 1124	3812,48	178,09	133	3899,4	6674,1	0,59
9	1124/ 1228	3931,10	257,61	4	4019,2	7350,2	0,56
10	1124/ 1228	5835,61	279,18	118	5956,6	8759,4	0,69
11	1228/ 1332	6823,65	292,62	57	6961,2	10761,9	0,66
12	1228/ 1332	7812,95	306,62	54	7967,0	11680,8	0,69
13	1332/ 1436	9807,79	418,49	97	10002,3	15093,4	0,67
14	1332/ 1436	9905,75	419,67	3	10101,6	15171,2	0,68
15	1436/ 1643	12749,21	483,49	90	12988,6	18695,2	0,70
16	1436/ 1643	15598,22	524,22	80	15879,6	21384,5	0,75
17	1643/ 2579	17249,11	586,71	40	17553,9	24388,7	0,73
18	1643/ 2579	18685,55	607,78	30	19008,7	25782,4	0,75
19	1643/ 2579	20289,11	631,95	32	20632,2	27382,6	0,76
20	1643/ 2579	21894,13	656,84	29	22256,5	29031,1	0,78
21	1643/ 2579	25108,59	708,75	52	25507,6	32472,5	0,80
22	1643/ 2579	28328,92	763,52	43	28760,6	36106,8	0,81
23	1643/ 2579	31555,04	821,15	34	32014,9	39933,9	0,81
24	1643/ 2579	34786,78	881,62	26	35269,6	43953,9	0,81
25	1643/ 2579	38023,78	944,96	18	38523,7	48166,6	0,81
26	1643/ 2579	41265,44	1011,15	11	41776,2	52572,2	0,81
27	1643/ 2579	44511,38	1146,40	4	45026,1	57170,5	0,80

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a^2_y < d / t < 315\ a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a^2_y < d / t < 315\ a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
520	18,0	28,91	0,81	355	355
604	18,0	33,55	0,81	355	355
708	18,0	39,33	0,81	355	355
812	18,0	45,10	0,81	355	355
823	20,0	41,13	0,81	355	355
916	20,0	45,79	0,81	355	355
1020	20,0	50,99	0,81	355	355
1124	20,0	56,19	0,81	355	355
1127	22,0	51,24	0,81	355	355
1228	22,0	55,80	0,81	355	355
1280	25,0	51,19	0,81	355	355
1332	25,0	53,26	0,81	355	355
1432	28,0	51,14	0,81	355	355
1436	28,0	51,27	0,81	355	355
1540	30,0	51,32	0,81	355	355
1643	30,0	54,78	0,81	355	355
1701	32,0	53,15	0,81	355	355
1747	32,0	54,61	0,81	355	355
1799	32,0	56,23	0,81	355	355
1851	32,0	57,85	0,81	355	355
1955	32,0	61,10	0,81	349	355
2059	32,0	64,35	0,81	337	355
2163	32,0	67,60	0,81	326	355
2267	32,0	70,85	0,81	315	355
2371	32,0	74,10	0,81	306	355
2475	32,0	77,35	0,81	298	355
2579	32,0	80,59	0,81	290	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 708	4,47	0,74	355	355	0,01
2	500 / 708	41,93	0,90	355	355	0,12
3	500 / 708	65,69	1,06	355	355	0,19
4	708 / 812	75,08	1,19	355	355	0,21
5	812 / 1124	69,16	2,58	355	355	0,20
6	812 / 1124	150,60	2,67	355	355	0,43
7	812 / 1124	201,16	2,68	355	355	0,57
8	812 / 1124	228,61	2,69	355	355	0,65
9	1124/ 1228	194,75	3,38	355	355	0,56
10	1124/ 1228	263,03	3,50	355	355	0,75
11	1228/ 1332	239,54	3,03	355	355	0,68
12	1228/ 1332	252,15	3,05	355	355	0,72
13	1332/ 1436	253,20	3,51	355	355	0,72
14	1332/ 1436	236,98	3,39	355	355	0,68
15	1436/ 1643	264,72	3,52	355	355	0,76
16	1436/ 1643	281,62	3,56	355	355	0,80
17	1643/ 2579	264,61	3,56	355	355	0,76
18	1643/ 2579	269,06	3,57	355	355	0,77
19	1643/ 2579	275,60	3,61	355	355	0,79
20	1643/ 2579	280,17	3,64	355	355	0,80
21	1643/ 2579	294,69	3,77	355	349	0,84
22	1643/ 2579	297,97	3,84	355	337	0,85
23	1643/ 2579	299,12	3,93	355	326	0,85
24	1643/ 2579	298,68	4,02	355	315	0,85
25	1643/ 2579	297,07	4,11	355	306	0,85
26	1643/ 2579	294,58	4,21	355	298	0,84
27	1643/ 2579	291,43	4,57	355	290	0,84

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

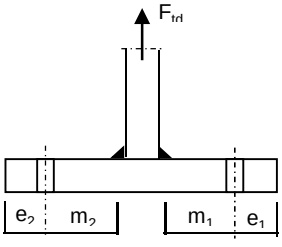
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1.} / 2)^2 + (d_{stc2.} / 2)^2]$

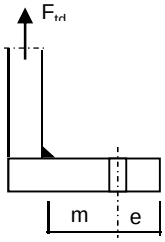
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld.} / 2)^2$$

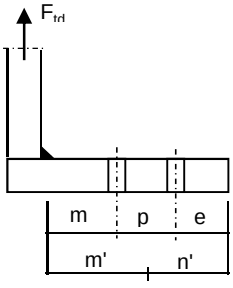
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

$m = max. (m_1;m_2)$
$e = max. (e_1;e_2)$
$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :

$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = min. (1,25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2979,00					
st.c binnenkant		2115,00					
2547	116	592,74	9,66	28	M 48 - 8,8	848,4	0,70
flenzen op 29,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1325,00					
st.c binnenkant		1135,00					
	56	784,19	17,53	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,74

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2979,00	2115,00	193,2	150,0	150,0			114,6
2979,00	2115,00	193,2	150,0	150,0			161,4
flenzen op 29,0 m hoogte.							
1325,00	1135,0	70,5	60,0	60,0	118,0	107,5	127,3
1325,00	1135,0	70,5	60,0	60,0	118,0	107,5	127,3

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
120	1,13E+08	2347,98	1402,52	1696,90	1402,52	1185,48	0,85
120	1,60E+08	3307,15	1672,51	1696,90	1672,51	1185,48	0,71
flenzen op 29,0 m hoogte.							
130	1,48E+08	3501,62	1667,61	2121,12	1667,61	1568,38	0,94
130	1,48E+08	3501,62	1667,61	2121,12	1667,61	1568,38	0,94

Krachten in kN

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2579	0,86	1,540	0,18	7,36

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	678	1,000		1,000			
2	666	0,983	1 -- 2	0,991	133	411	954,8
3	619	0,913	2 -- 3	0,948	598		256,6
4	561	0,828	3 -- 4	0,870	865		298,2
5	504	0,743	4 -- 5	0,785	999		344,3
6	498	0,735	5 -- 6	0,739	122	3899	13404,8
7	448	0,662	6 -- 7	0,698	1128		433,9
8	395	0,583	7 -- 8	0,623	1399		482,5
9	346	0,510	8 -- 9	0,547	1548		533,7
10	344	0,507	9 -- 10	0,509	61	3997	40578,8
11	299	0,441	10 -- 11	0,474	1797		641,9
12	277	0,408	11 -- 12	0,425	1120		772,5
13	256	0,377	12 -- 13	0,393	1167		804,5
14	217	0,320	13 -- 14	0,349	2659	4094	2412,0
15	216	0,318	14 -- 15	0,319	99		985,7
16	179	0,264	15 -- 16	0,291	3171	2148	1833,9
17	145	0,215	16 -- 17	0,239	3394		1170,2
18	128	0,189	17 -- 18	0,202	2095	770	1790,4
19	115	0,170	18 -- 19	0,180	1755		1350,4
20	102	0,150	19 -- 20	0,160	2014		1389,2
21	89	0,131	20 -- 21	0,140	2074		1430,3
22	65	0,096	21 -- 22	0,113	4326		1491,8
23	45	0,067	22 -- 23	0,082	4564		1573,8
24	29	0,043	23 -- 24	0,055	4802		1655,9
25	16	0,024	24 -- 25	0,034	5040		1737,9
26	7	0,011	25 -- 26	0,017	5278		1819,9
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	5516		1902,0
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	5754	5517	3886,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	955	0,991	0,570	0,56	535,02	0,57
2 -- 3	257	0,948	2,330	2,09	537,42	2,21
3 -- 4	298	0,870	2,900	2,20	655,17	2,52
4 -- 5	344	0,785	2,900	1,79	616,03	2,28
5 -- 6	13405	0,739	0,300	0,16	2196,73	0,22
6 -- 7	434	0,698	2,600	1,27	549,91	1,82
7 -- 8	482	0,623	2,900	1,12	542,22	1,81
8 -- 9	534	0,547	2,900	0,87	462,41	1,59
9 -- 10	40579	0,509	0,100	0,03	1049,27	0,05
10 -- 11	642	0,474	2,800	0,63	404,02	1,33
11 -- 12	773	0,425	1,450	0,26	202,06	0,62
12 -- 13	805	0,393	1,450	0,22	180,07	0,57
13 -- 14	2412	0,349	2,800	0,34	821,49	0,98
14 -- 15	986	0,319	0,100	0,01	10,05	0,03
15 -- 16	1834	0,291	2,900	0,25	450,98	0,84
16 -- 17	1170	0,239	2,900	0,17	194,41	0,69
17 -- 18	1790	0,202	1,600	0,07	116,95	0,32
18 -- 19	1350	0,180	1,300	0,04	56,76	0,23
19 -- 20	1389	0,160	1,450	0,04	51,55	0,23
20 -- 21	1430	0,140	1,450	0,03	40,77	0,20
21 -- 22	1492	0,113	2,900	0,04	55,65	0,33
22 -- 23	1574	0,082	2,900	0,02	30,35	0,24
23 -- 24	1656	0,055	2,900	0,01	14,48	0,16
24 -- 25	1738	0,034	2,900	0,00	5,67	0,10
25 -- 26	1820	0,017	2,900	0,00	1,61	0,05
26 -- 27	1902	0,007	2,900	0,00	0,25	0,02
27 -- 28	3887	0,001	2,900	0,00	0,02	0,00
		Σ	58,00	12,21	9781,32	20,00

m_e = 9781,3 / 12,2 = 801,2 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2579	801,2	0,030	1,25	1,540	16,2

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 16,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 20,00 / (4 * π * 12,21) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,540 * 7,36 / $15*10^{-6}$ = 7,6E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,24 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,96 / 20,00 = 0,40

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,062 * 0,130 * 0,40 * 0,2 = 0,020

$y_{F;max}$ = 1,540 * 0,020 = 0,030 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		189275	189275	0,00E+00	5,4E-02	1000
2	2 -- 3			189275	1,08E+08	5,4E-02	969
3	3 -- 4			189275	5,49E+08	5,0E-02	847
4	4 -- 5			189275	1,10E+09	4,4E-02	709
5	5 -- 6			189275	1,65E+09	3,8E-02	589
6	6 -- 7			189275	1,70E+09	3,7E-02	578
7	7 -- 8			189275	2,20E+09	3,2E-02	488
8	8 -- 9			189275	2,74E+09	2,7E-02	402
9	9 -- 10			189275	3,29E+09	2,2E-02	330
10	10 -- 11			189275	3,31E+09	2,2E-02	328
11	11 -- 12			189275	3,84E+09	1,9E-02	270
12	12 -- 13			189275	4,12E+09	1,7E-02	244
13	13 -- 14			189275	4,39E+09	1,6E-02	220
14	14 -- 15			189275	4,92E+09	1,4E-02	179
15	15 -- 16			189275	4,94E+09	1,3E-02	178
16	16 -- 17			189275	5,49E+09	1,1E-02	141
17	17 -- 18			189275	6,04E+09	9,7E-03	111
18	18 -- 19			189275	6,34E+09	8,9E-03	96
19	19 -- 20			189275	6,59E+09	8,2E-03	85
20	20 -- 21			189275	6,86E+09	7,5E-03	73
21	21 -- 22			189275	7,14E+09	6,8E-03	63
22	22 -- 23			189275	7,68E+09	5,6E-03	45
23	23 -- 24			189275	8,23E+09	4,5E-03	30
24	24 -- 25			189275	8,78E+09	3,4E-03	19
25	25 -- 26			189275	9,33E+09	2,5E-03	10
26	26 -- 27			189275	9,88E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			189275	1,04E+10	7,6E-04	1
28	28 -- 29			189275	1,10E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	520	18,0	3449741	31	0,0304	1,9
2	604	18,0	4713600	116	0,0304	7,1
3	708	18,0	6562124	167	0,0304	10,2
4	812	18,0	8716159	189	0,0304	11,5
5	823	20,0	9878750	172	0,0304	10,5
6	916	20,0	12335843	178	0,0304	10,8
7	1020	20,0	15398349	178	0,0304	10,8
8	1124	20,0	18800319	175	0,0304	10,7
9	1127	22,0	20704907	160	0,0304	9,7
10	1228	22,0	24674384	156	0,0304	9,5
11	1280	25,0	30315266	136	0,0304	8,3
12	1332	25,0	32903571	133	0,0304	8,1
13	1432	28,0	42516488	116	0,0304	7,0
14	1436	28,0	42735905	116	0,0304	7,0
15	1540	30,0	52662600	104	0,0304	6,3
16	1643	30,0	60238104	100	0,0304	6,1
17	1701	32,0	68700524	92	0,0304	5,6
18	1747	32,0	72626456	91	0,0304	5,5
19	1799	32,0	77134141	89	0,0304	5,4
20	1851	32,0	81777613	87	0,0304	5,3
21	1955	32,0	91471913	84	0,0304	5,1
22	2059	32,0	101709357	81	0,0304	4,9
23	2163	32,0	112489946	78	0,0304	4,7
24	2267	32,0	123813680	75	0,0304	4,6
25	2371	32,0	135680560	73	0,0304	4,4
26	2475	32,0	148090587	70	0,0304	4,3
27	2579	32,0	161043759	68	0,0304	4,1

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y} =$ 0,86 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1} =$ 7,36 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvindt

$z_s =$ 53,3815 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0} =$ 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor $C_{dir} =$ 1,0
Seizoensfactor $C_{season} =$ 1,0
Orografiefactor $C_o(z) =$ 1,0

$z_0 =$ 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II} = 0,05$ m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07} =$ 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\} =$ 1,17

$V_m(z) =$ 31,6 m/s

$V_o =$ 31,6 * 20 / 100 = 6,32 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,86 * [7,36 / 6,32]^2 * \exp[-(7,36 / 6,32)^2] =$ 2,89E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

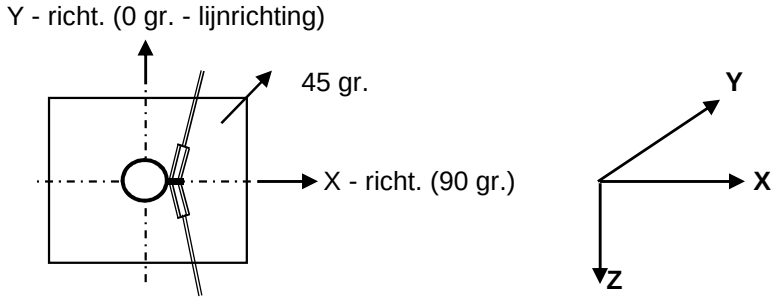
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma k =$	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	8,50	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
4	Lasnaad	12,21	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
5	Lasnaad	13,78	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	12,99	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
8	Lasnaad	13,00	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
9	Lasnaad	12,78	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	11,36	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
12							
13	Lasnaad	9,74	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
14							
15	Lasnaad	8,43	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
16	flenzen	7,60	35	19,25	1,000E+10	2,89E+08	0,03
17	Lasnaad	7,31	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
18	Lasnaad						
19	Lasnaad	6,62	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
20	Lasnaad						
21	Lasnaad	6,37	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
22	Lasnaad	6,13	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
23	Lasnaad	5,91	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
24	Lasnaad	5,70	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
25	Lasnaad	5,50	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
26	Lasnaad	5,31	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
27	Lasnaad	5,14	45	24,75	1,000E+10	2,89E+08	0,03
28	voetplaat	4,97	35	19,25	1,000E+10	2,89E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			870			
2 - Windbelasting mast	119				3209	
3 - Belasting geval 1a	985		142		39954	
4 - Belasting geval 1b	649		141		26174	
5 - Belasting geval 3	1087		276		43609	
6 - Belasting geval 4	659		169		26570	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	1103		1012		43163	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	671		1012		26776	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	1120		**1146**		**44511**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	681		1039		27171	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	34667	kNm	44511	kNm	44511	kNm
Dwarskracht	876	kN	1120	kN	1120	kN
Verticale kracht	843	kN	1146	kN	759	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2979,00					
st.c binnenkant		2115,00					
2547	116	592,74	9,66	28	M 48 - 8,8	848,45	0,70
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2979,00					
st.c binnenkant		2115,00					
2547	116	462,07	7,55	28	M 48 - 8,8	848,45	0,54

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 592,7 kN

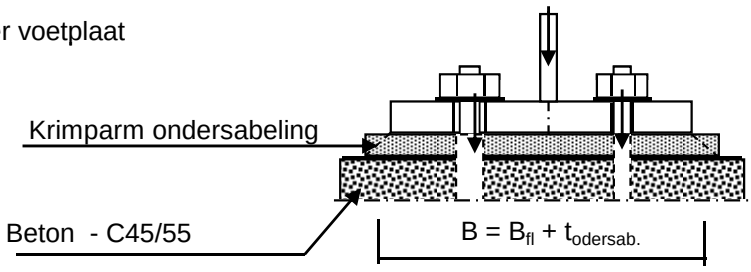
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 462,1 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 612,5 + 1,00 * 462,1 = 1074,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

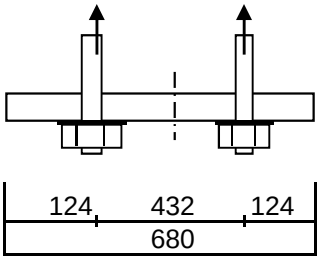
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	732,0	mm	D =	2547	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	116	
B =	772,0	mm			

A_{voetpl} = 772 * 2*π*D / n = 106505 mm^2

$\sigma_{b;voet}$ = 2 * $F_{c,Ed}$ / A = 20,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

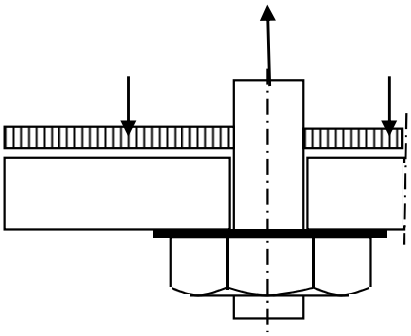


D = 2547 mm
n = 116

$A_{stortring}$ = 680 * $2*\pi*D / n$ = 93812 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 124 mm
L_{veld} = 432 mm

t = 50 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 97151 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2730 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 197638 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 197638 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2730 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 221875 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 10248 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 197638 / 221875,0 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 316,2 N/mm^2

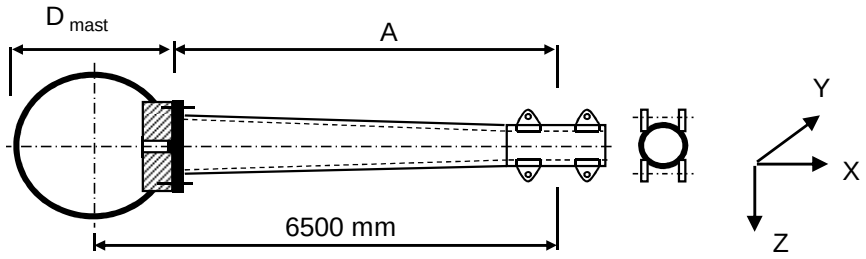
V_{Ed} / V_{Rd} = 2730 / 10248 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 54,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (316,2^2 + 3*54,6^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 330 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening crossbeam - hoogte 49,0m, 40,5m en 32m



A = 6089 mm

D_{mast} = 823 mm

Buisgegevens

Buis Ø450 * 16 - S355 (aansluiting mast) ; buis 219,1*12,5 -S355 - op uiteinde

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	21815	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	5163	kN
$W_y = W_z$ =	2,29E+06	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	541,0	kNm
W_x =	4,57E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	541,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	624,7	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	1490,4	kN

Bouten:	24 * M24 - 10.9	$F_{t,Rd}$ =	254,2	/	1,5	=	169,4	kN
		$F_{v,Rd}$ =	141,2	/	1,5	=	94,1	kN

Steek bouten - Ø 542 mm

Flensdikte t_{flens} = 35 mm

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix Y en Y1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	30815	50831	4264	30815	-50831	4264
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30608	57121	7345	30608	-57121	7345
BG 1a - (wind (45 gr))	16748	33746	4261	32261	-52787	4264
BG 3 - (wind (45) + ijs)	25752	54012	7344	31155	-57656	7345
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	23550	-43692	4951	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	24054	-44262	4951	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	19163	-40126	4951	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	61,63	0,00	8,53	0,00	51,92	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,22	0,00	14,69	0,00	89,44	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	49,01	19,04	8,53	0,00	51,91	115,93
BG 3 - (wind (45) + ijs)	56,91	3,64	14,69	0,00	89,44	22,19
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	23,55	43,69	4,95	0,00	30,15	266,03
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	**24,05**	**44,26**	**4,95**	**0,00**	**30,15**	**269,49**
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	19,16	40,13	4,95	0,00	30,14	244,32

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (- wind 45 gr - bundelbreuk)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	30,15	/	541	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		13,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	269,49	/	541	=	0,50	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		117,9	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	24,05	/	5163	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,1	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	4,95	/	1490	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,5	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	44,26	/	1490	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		4,1	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 119,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 119,9 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 350*12 aan de flens
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Controle bouten:

$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 271,2 kNm

$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 44,5 kN

N_{Ed} = 24,1 kN

$F_{t,Ed}$ = 84,39 kN

$F_{v,Ed}$ = 1,86 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

t_{flens} = 35,00 mm

L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*π*m) = 70,9 mm

m = 39,2 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ = 5142225 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$ = 262,3 kN

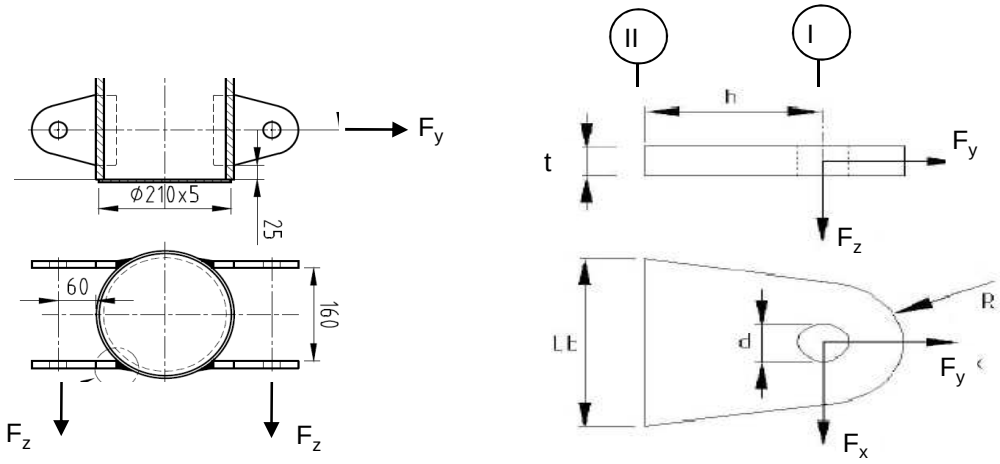
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$ = 147,7 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$ = 169,4 kN

$F_{t,Rd,min}$ = 147,7 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ = 0,57 < 1,0 -- Voldoet

9.1.1 - Berekening clip crossbeam (clip type 20,6)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	93	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	30,81	50,83	4,26
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	**30,61**	**57,12**	**7,34**
BG 1a - (+wind (45 gr))	16,75	33,75	4,26
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25,75	54,01	7,34
BG 3 - bundelbr. (90gr).	23,55	43,69	4,95
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	24,05	44,26	4,95
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs).	19,16	40,13	4,95

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip (4 clip per kant):	**7,65**	**14,28**	**3,67**

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 16,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 24 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1440	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	341 kN
W_z =	2,88E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	6,8 kNm
W_x =	2,88E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	0,7 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	196,8 kN

N_{Ed} =	14,28	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,71	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,67	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,34	kNm
$V_{x,Ed}$ =	7,65	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	14,28	/	341	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		9,9	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,71	/	6,8	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		24,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,34	/	0,7	=	0,50	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		118,6	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,67	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		2,6	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	7,65	/	197	/	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		5,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 153,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 154 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

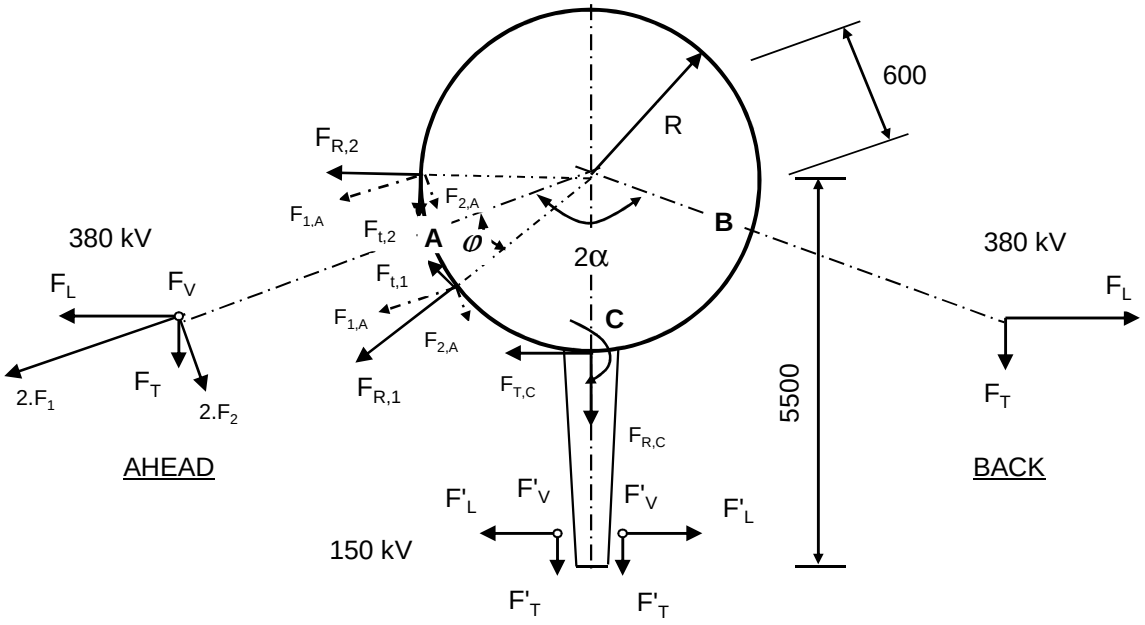
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 / 150 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;A} + F_{T;2;A} \text{ I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;B} + F_{T;2;B} \text{ I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (5500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (5500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

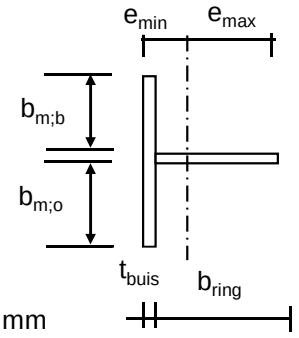
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

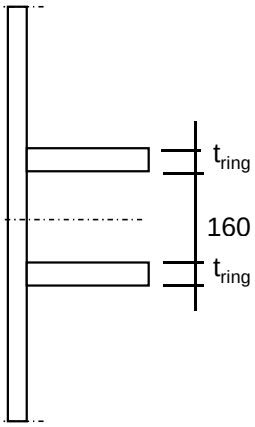
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

9.2.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 49,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	12818	mm^2
e_{min} =	81,0	mm
e_{max} =	199,0	mm
I =	99621713	mm^4
W_{min} =	500599	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3034	kN
$M_{y;Rd}$ =	118	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4676	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - bevestiging op 49,0 meter hoogte

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix Y en Y1
Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	123258	203324	17056	123258	-203324
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	122431	228485	29380	122431	-228485
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	66993	134985	17057	129043	-211148
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103008	216050	29381	124621	-230625
Bundelbreuk-(90 gr)	17049	87907	156809	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	19805	94199	174767	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	17049	90568	160135	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19806	96215	177046	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4264	30815	50831	4264	30815	-50831
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7345	30608	57121	7345	30608	-57121
BG 1a - (wind (45 gr))	4261	16748	33746	4264	32261	-52787
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7344	25752	54012	7345	31155	-57656
Bundelbreuk-(90 gr)	4262	21977	39202	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	4951	23550	43692	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4262	22642	40034	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	4951	24054	44262	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 823 mm

R = 411 mm

Mast 198:	hoek tussen lijnen 2. α =	134	graden
Mast 196:	hoek tussen lijnen 2. α =	130,8	graden
Mast 187:	hoek tussen lijnen 2. α =	130,6	graden
Mast 184:	hoek tussen lijnen 2. α =	138,5	graden
Mast 113:	hoek tussen lijnen 2. α =	180	graden

hoek tussen lijnen 2. α = 130,6 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (411+205)) = 29,1 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	54,9	48,3	54,9	48,3	218,7	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58,4	54,6	58,4	54,6	354,2	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	33,4	32,4	57,2	50,1	212,3	58,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	52,7	51,9	59,2	55,1	352,0	11,1
Bundelbreuk-(90 gr)	40,9	37,4	0,0	0,0	104,9	119,3
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	44,8	41,7	0,0	0,0	120,8	133,0
Bundelbr.-(45 gr)	41,9	38,2	0,0	0,0	105,2	121,9
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	45,5	42,3	0,0	0,0	121,1	134,7

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

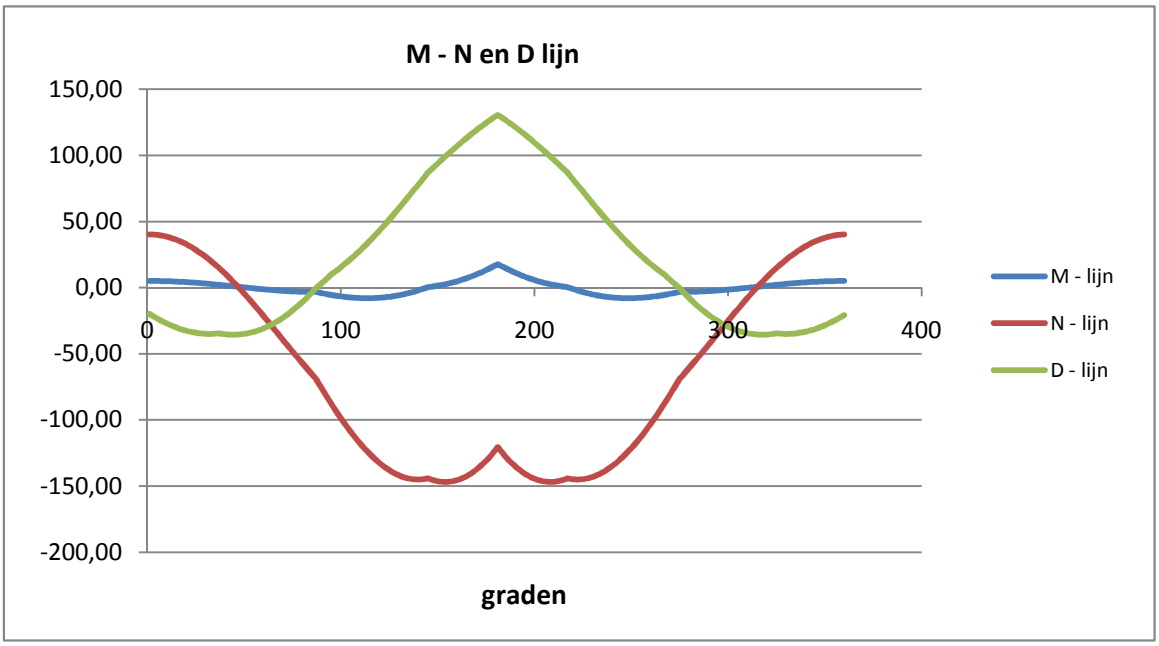
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	4,98	40,18	-19,92	0,56	4,71
15,0	4,42	35,56	-30,81	1,54	13,04
30,0	2,88	22,26	-35,03	2,15	18,22
45,0	0,74	1,83	-35,57	2,19	18,56
60,0	-1,45	-23,32	-30,27	1,53	12,96
75,0	-2,98	-50,11	-16,12	1,50	12,76
90,0	-4,49	-78,55	4,47	3,09	26,24
105,0	-7,58	-110,84	22,80	0,01	0,08
120,0	-7,57	-133,90	44,91	3,75	31,85
135,0	-3,81	-144,60	70,74	5,44	46,13
150,0	1,62	-146,59	95,18	6,00	
165,0	7,63	-141,56	114,42	9,96	
180,0	17,58	-120,61	130,43	9,96	Flens crossbea
195,0	7,63	-141,56	114,42	6,00	
210,0	1,62	-146,59	95,18	5,44	
225,0	-3,81	-144,60	70,74	3,75	31,85
240,0	-7,57	-133,90	44,91	0,01	0,08
255,0	-7,58	-110,84	22,80	3,09	26,24
270,0	-4,49	-78,55	4,47	1,50	12,76
285,0	-2,98	-50,11	-16,12	1,53	12,96
300,0	-1,45	-23,32	-30,27	2,19	18,56
315,0	0,74	1,83	-35,57	2,15	18,22
330,0	2,88	22,26	-35,03	1,54	13,04
345,0	4,42	35,56	-30,81	0,55	4,69
360,0	4,97	40,16	-20,82	0,00	0,02

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

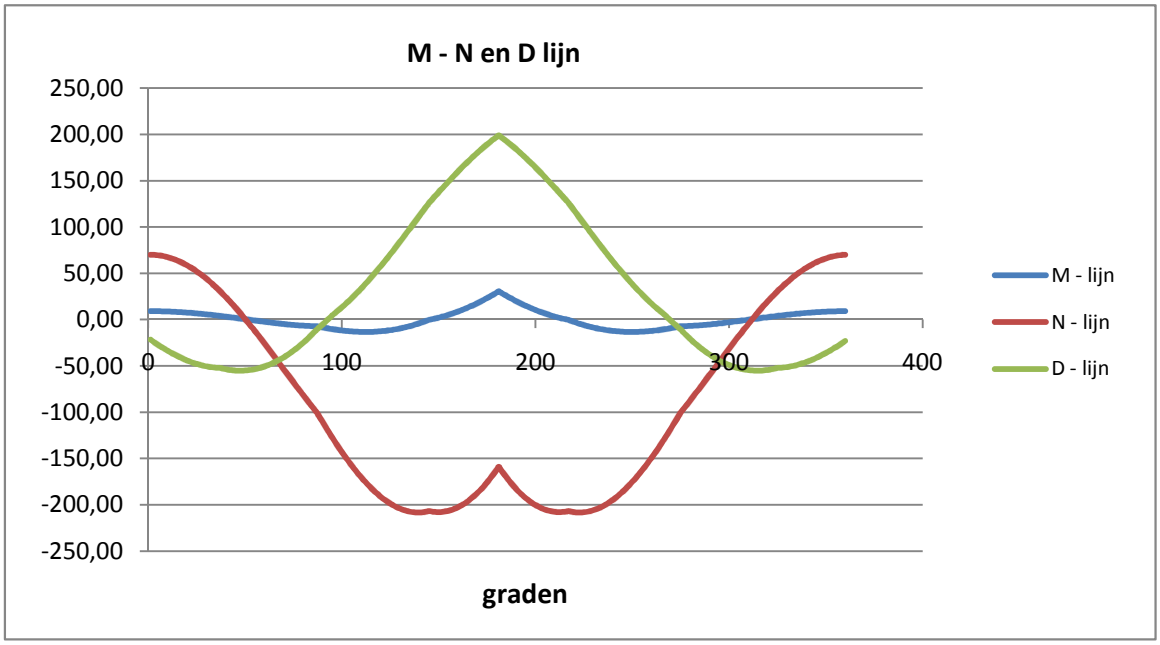
$S = 845000\ mm^3$

$I = 99621713\ mm^4$



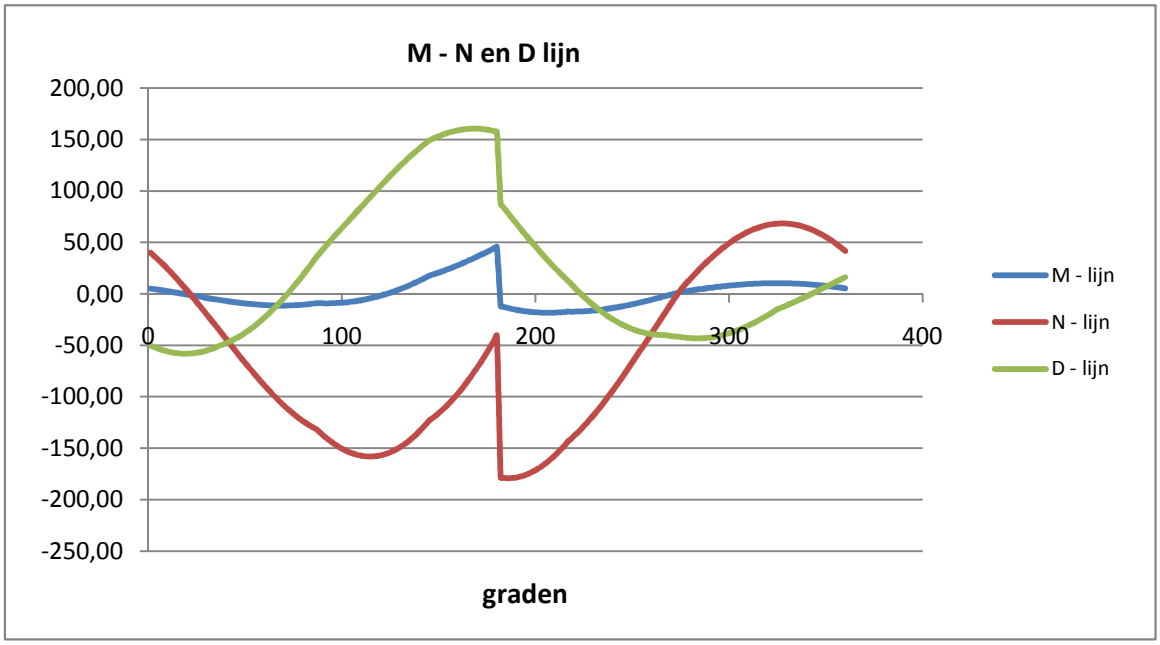
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	9,02	70,00	-21,60	0,97	8,23
15,0	8,05	62,86	-40,49	2,71	22,99
30,0	5,34	42,24	-50,96	3,87	32,86
45,0	1,47	10,51	-55,15	4,15	35,23
60,0	-2,69	-28,67	-49,99	3,34	28,32
75,0	-6,02	-70,65	-31,86	2,92	24,75
90,0	-8,94	-114,08	-3,43	4,00	33,97
105,0	-12,95	-160,16	25,22	0,48	4,06
120,0	-12,47	-192,86	60,29	5,87	49,82
135,0	-6,59	-207,66	100,80	9,17	77,75
150,0	2,57	-207,69	140,04	11,21	
165,0	13,78	-194,46	172,54	16,64	
180,0	30,42	-158,79	198,95	16,64	Flens crossbea
195,0	13,78	-194,46	172,54	11,21	
210,0	2,57	-207,69	140,04	9,17	
225,0	-6,59	-207,66	100,80	5,87	49,82
240,0	-12,47	-192,86	60,29	0,48	4,06
255,0	-12,95	-160,16	25,22	4,00	33,97
270,0	-8,94	-114,08	-3,43	2,92	24,75
285,0	-6,02	-70,65	-31,86	3,34	28,32
300,0	-2,69	-28,67	-49,99	4,15	35,23
315,0	1,47	10,51	-55,15	3,87	32,86
330,0	5,34	42,24	-50,96	2,71	22,99
345,0	8,05	62,86	-40,49	0,97	8,19
360,0	9,02	69,97	-23,06	0,00	0,04



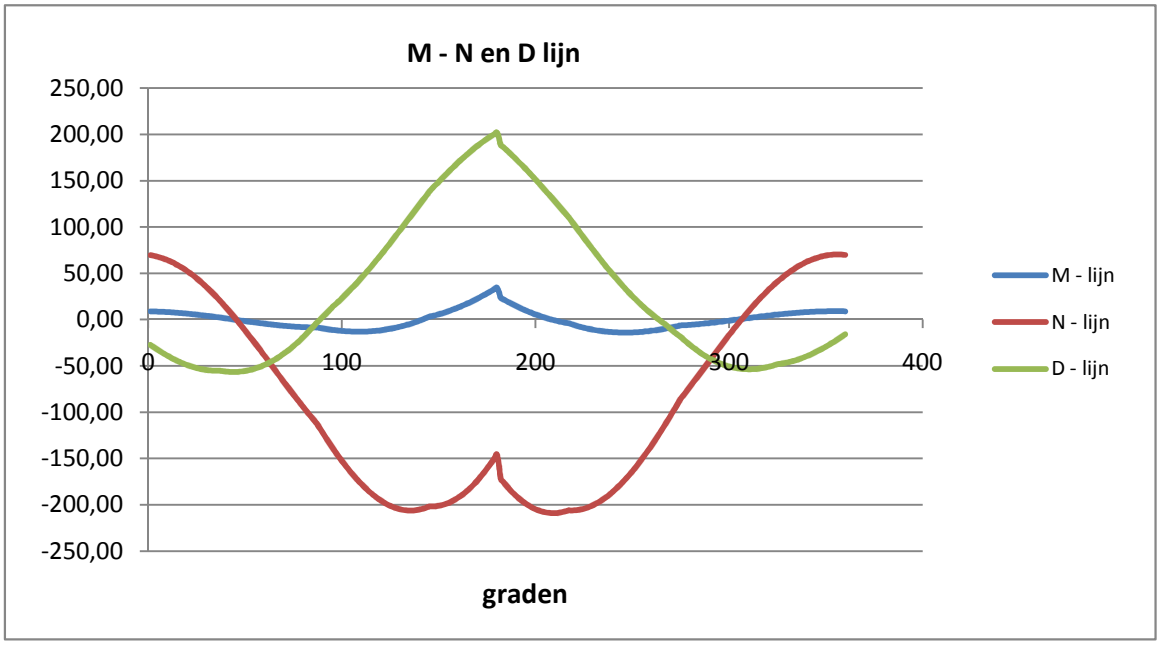
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	5,04	40,00	-50,26	4,51	38,22
15,0	0,53	11,79	-58,02	4,83	40,93
30,0	-4,29	-22,10	-54,77	4,20	35,61
45,0	-8,49	-57,84	-42,63	2,57	21,82
60,0	-11,06	-91,28	-21,30	0,01	0,12
75,0	-11,07	-118,29	9,36	1,86	15,76
90,0	-9,22	-138,70	44,96	1,80	15,28
105,0	-7,42	-155,51	76,32	6,15	52,15
120,0	-1,27	-156,55	106,98	10,52	89,25
135,0	9,26	-140,69	134,93	11,99	101,70
150,0	21,24	-114,31	154,09	11,50	
165,0	32,74	-82,01	160,51	12,81	
180,0	45,56	-40,61	157,52	62,81	Flens crossbea
195,0	-17,25	-175,12	54,81	0,92	
210,0	-18,17	-155,19	23,26	1,27	
225,0	-16,90	-126,56	-4,72	3,38	28,67
240,0	-13,52	-91,16	-26,08	5,94	50,35
255,0	-7,58	-49,75	-37,80	7,34	62,22
270,0	-0,24	-6,99	-41,36	5,00	42,42
285,0	4,76	26,36	-43,27	3,35	28,38
300,0	8,10	50,49	-37,74	1,95	16,50
315,0	10,05	64,94	-25,06	0,14	1,20
330,0	10,19	68,06	-10,25	1,75	14,84
345,0	8,44	59,45	3,00	3,13	26,56
360,0	5,31	41,60	16,11	0,27	2,28



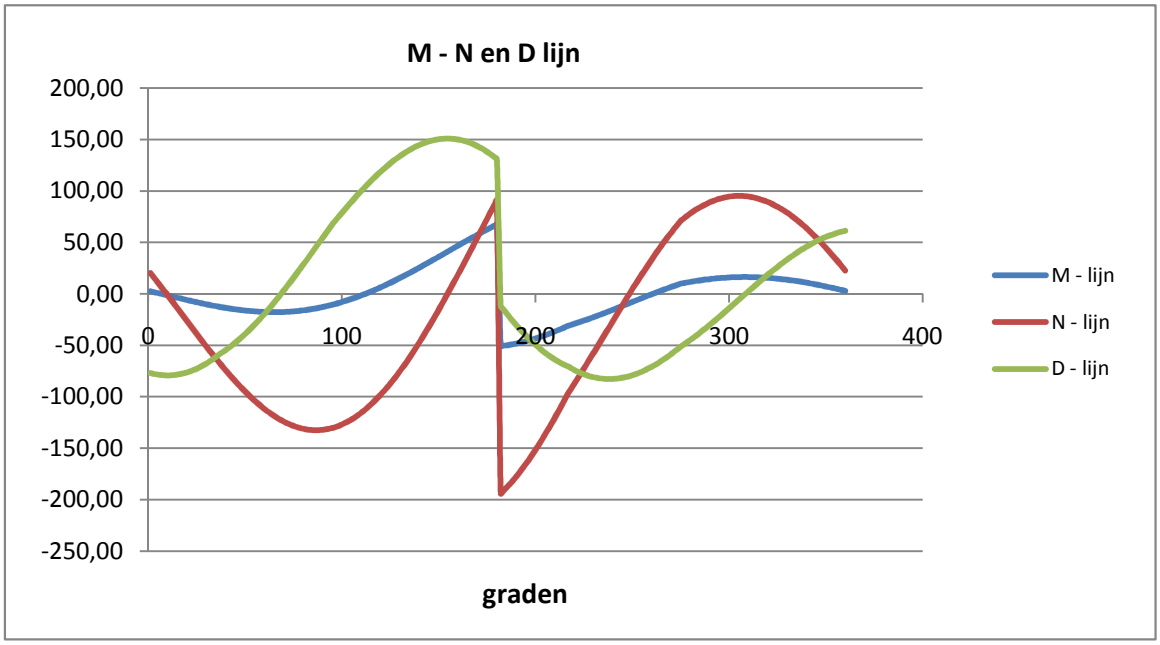
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	8,97	69,43	-27,26	1,74	14,79
15,0	7,22	57,67	-45,59	3,34	28,32
30,0	3,88	33,11	-54,66	4,25	36,04
45,0	-0,37	-1,47	-56,35	4,19	35,56
60,0	-4,56	-42,06	-47,98	3,00	25,48
75,0	-7,56	-83,85	-26,59	2,23	18,92
90,0	-9,79	-125,48	4,75	3,04	25,76
105,0	-12,83	-168,34	35,82	1,67	14,20
120,0	-11,16	-196,58	72,36	7,17	60,83
135,0	-3,99	-206,11	113,07	10,39	88,10
150,0	6,40	-200,62	151,03	12,18	
165,0	18,58	-182,22	180,76	11,72	
180,0	30,31	-155,64	196,70	21,41	Flens crossbea
195,0	8,90	-200,17	160,12	10,27	
210,0	-1,38	-208,71	125,21	7,83	
225,0	-9,21	-203,50	85,43	4,41	37,37
240,0	-13,62	-183,81	46,06	0,74	6,25
255,0	-12,88	-147,54	13,28	4,87	41,29
270,0	-8,01	-99,50	-12,25	3,59	30,44
285,0	-4,42	-55,30	-36,90	3,66	31,03
300,0	-0,76	-14,09	-51,12	4,07	34,49
315,0	3,30	22,75	-52,77	3,44	29,22
330,0	6,75	50,89	-45,85	2,04	17,29
345,0	8,78	67,07	-33,75	0,23	1,95
360,0	9,01	69,72	-15,84	0,05	0,42



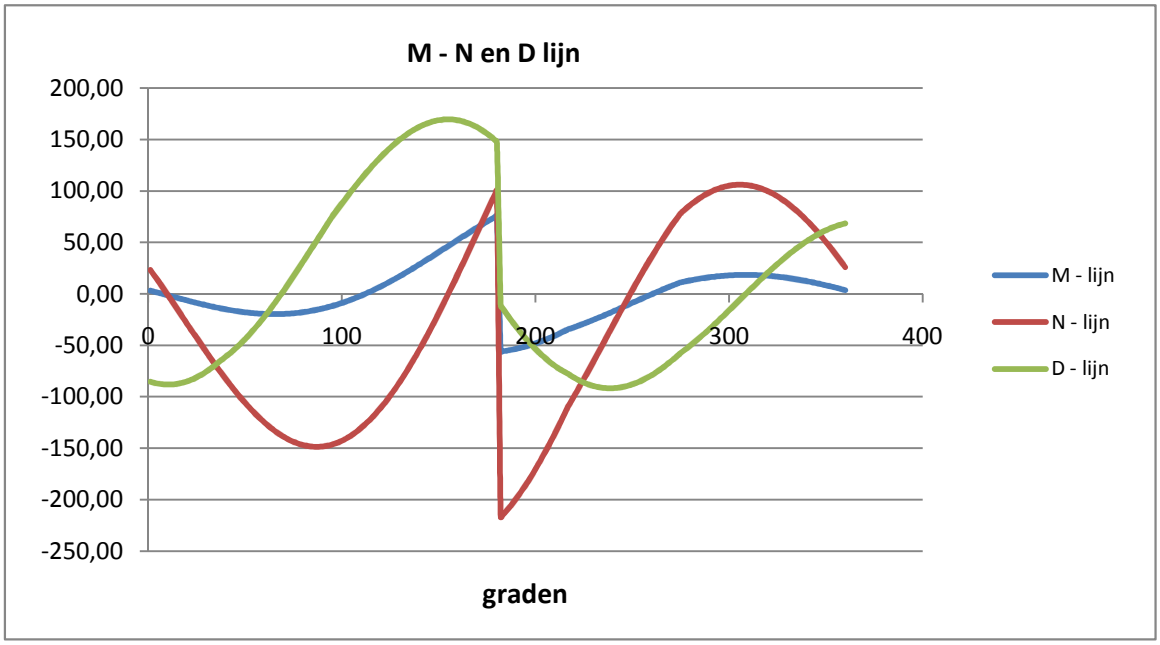
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,56	20,17	-76,77	6,76	57,38
15,0	-4,20	-16,60	-78,03	6,30	53,40
30,0	-10,50	-53,78	-66,24	4,79	40,61
45,0	-15,28	-87,35	-45,60	2,34	19,87
60,0	-17,63	-113,54	-17,12	0,83	7,06
75,0	-16,79	-129,18	18,42	4,44	37,70
90,0	-12,35	-132,01	57,33	8,13	68,98
105,0	-4,22	-120,90	91,99	11,51	97,62
120,0	7,29	-96,04	120,68	14,19	120,33
135,0	21,48	-58,89	141,20	15,82	134,22
150,0	37,30	-12,18	150,68	16,15	
165,0	53,46	40,36	147,07	14,08	
180,0	67,53	90,71	131,04	113,14	Flens crossbea
195,0	-45,60	-162,78	-42,28	9,83	
210,0	-35,78	-117,02	-64,85	10,48	
225,0	-25,30	-69,62	-78,66	10,67	90,53
240,0	-14,63	-23,17	-82,37	11,33	96,09
255,0	-3,30	22,04	-74,58	10,72	90,94
270,0	7,42	61,73	-57,08	6,07	51,47
285,0	13,49	85,16	-36,04	2,62	22,24
300,0	16,11	94,64	-12,24	0,02	0,15
315,0	16,09	91,95	12,45	2,58	21,90
330,0	13,51	77,43	34,87	4,74	40,21
345,0	8,77	52,64	52,09	5,76	48,89
360,0	3,01	22,51	61,39	0,44	3,75



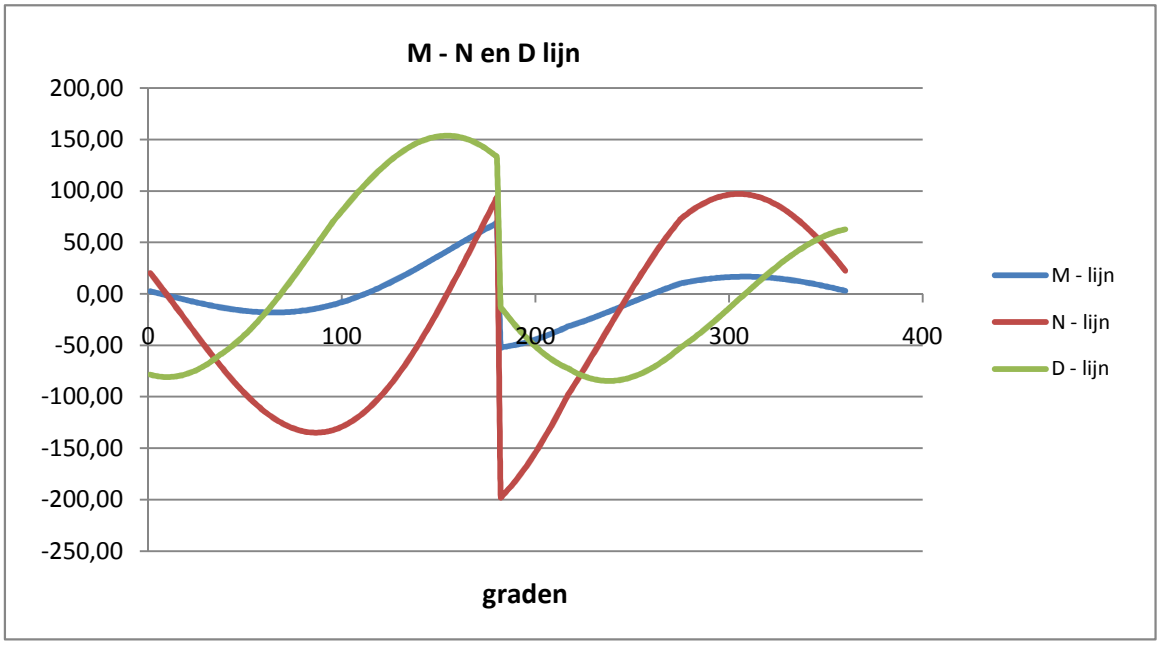
Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,97	23,30	-85,47	7,56	64,13
15,0	-4,59	-17,80	-87,16	7,06	59,86
30,0	-11,64	-59,46	-74,26	5,39	45,72
45,0	-17,03	-97,21	-51,38	2,67	22,64
60,0	-19,70	-126,78	-19,62	0,88	7,44
75,0	-18,83	-144,60	20,11	4,92	41,73
90,0	-13,91	-148,11	63,70	9,06	76,83
105,0	-4,85	-136,02	102,63	12,86	109,05
120,0	8,01	-108,48	134,96	15,88	134,71
135,0	23,89	-67,11	158,22	17,75	150,54
150,0	41,64	-14,92	169,15	18,15	
165,0	59,79	43,92	165,45	15,86	
180,0	75,65	100,43	147,79	126,31	Flens crossbea
195,0	-50,66	-182,54	-45,75	10,76	
210,0	-39,90	-131,87	-71,36	11,57	
225,0	-28,33	-79,10	-87,17	11,87	100,65
240,0	-16,47	-27,17	-91,68	12,63	107,17
255,0	-3,83	23,50	-83,29	11,99	101,67
270,0	8,15	68,12	-64,00	6,81	57,80
285,0	14,97	94,62	-40,68	2,98	25,27
300,0	17,95	105,57	-14,18	0,04	0,30
315,0	17,98	102,90	13,41	2,83	24,04
330,0	15,15	86,97	38,54	5,26	44,61
345,0	9,89	59,48	57,94	6,42	54,47
360,0	3,47	25,91	68,49	0,49	4,18



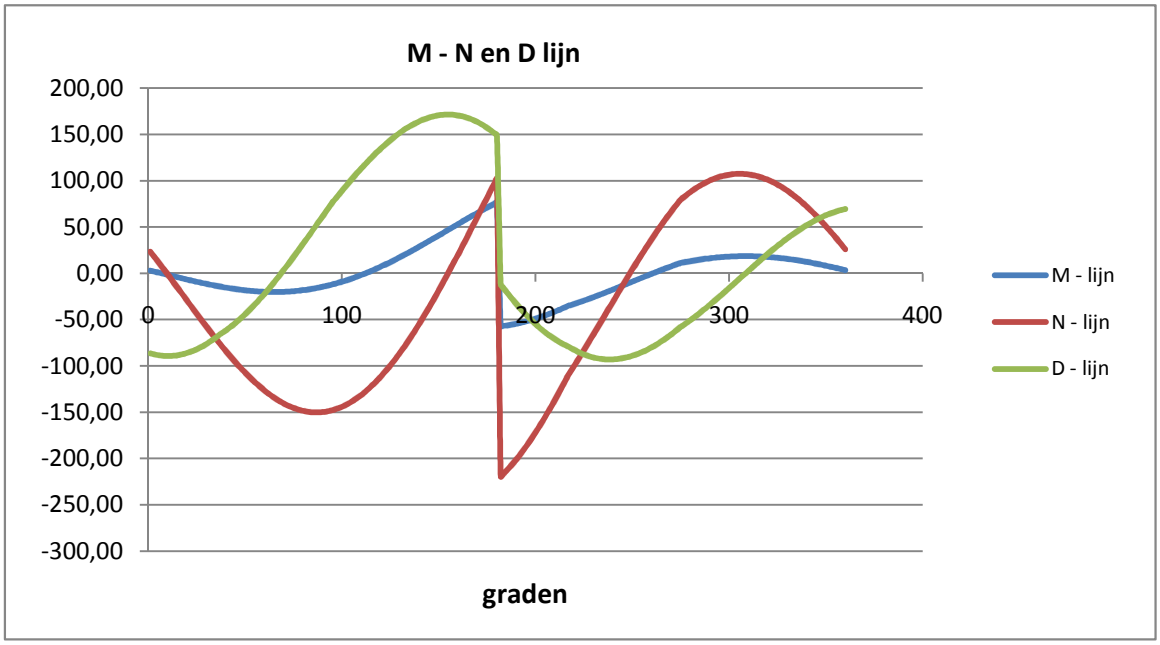
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 45 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,56	20,17	-78,42	6,90	58,53
15,0	-4,34	-17,33	-79,59	6,41	54,37
30,0	-10,75	-55,19	-67,44	4,86	41,25
45,0	-15,61	-89,32	-46,30	2,36	20,05
60,0	-17,98	-115,87	-17,21	0,88	7,44
75,0	-17,10	-131,64	19,04	4,56	38,66
90,0	-12,54	-134,34	58,68	8,31	70,50
105,0	-4,23	-122,84	93,92	11,74	99,59
120,0	7,51	-97,34	123,04	14,46	122,61
135,0	21,97	-59,37	143,80	16,11	136,62
150,0	38,07	-11,71	153,28	16,42	
165,0	54,50	41,81	149,42	14,29	
180,0	68,79	93,03	132,93	115,44	Flens crossbea
195,0	-46,66	-165,63	-43,92	10,12	
210,0	-36,54	-118,76	-66,75	10,75	
225,0	-25,79	-70,32	-80,65	10,92	92,65
240,0	-14,87	-22,95	-84,25	11,57	98,16
255,0	-3,29	23,09	-76,12	10,94	92,76
270,0	7,64	63,45	-58,12	6,17	52,36
285,0	13,82	87,17	-36,55	2,65	22,47
300,0	16,47	96,66	-12,22	0,05	0,40
315,0	16,42	93,72	12,97	2,66	22,57
330,0	13,76	78,75	35,79	4,86	41,19
345,0	8,90	53,35	53,29	5,89	49,96
360,0	3,01	22,56	62,67	0,45	3,83



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 45 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,97	23,31	-86,60	7,65	64,91
15,0	-4,68	-18,28	-88,22	7,14	60,53
30,0	-11,82	-60,42	-75,08	5,44	46,16
45,0	-17,26	-98,54	-51,86	2,68	22,77
60,0	-19,94	-128,37	-19,69	0,91	7,69
75,0	-19,04	-146,29	20,53	5,00	42,38
90,0	-14,04	-149,72	64,61	9,18	77,86
105,0	-4,86	-137,36	103,95	13,02	110,40
120,0	8,16	-109,39	136,57	16,07	136,27
135,0	24,22	-67,46	160,00	17,94	152,18
150,0	42,16	-14,63	170,94	18,34	
165,0	60,50	44,89	167,07	16,01	
180,0	76,51	102,00	149,11	127,89	Flens crossbea
195,0	-51,38	-184,51	-46,84	10,96	
210,0	-40,42	-133,08	-72,64	11,76	
225,0	-28,66	-79,61	-88,52	12,03	102,08
240,0	-16,63	-27,04	-92,95	12,80	108,57
255,0	-3,83	24,20	-84,34	12,13	102,91
270,0	8,30	69,27	-64,72	6,89	58,41
285,0	15,19	95,98	-41,03	3,00	25,43
300,0	18,19	106,94	-14,18	0,02	0,14
315,0	18,20	104,11	13,75	2,89	24,49
330,0	15,32	87,88	39,16	5,34	45,27
345,0	9,98	59,98	58,75	6,51	55,20
360,0	3,47	25,96	69,37	0,50	4,24



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	219,6	kN		N_{Rd} =	3034	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	76,51	kNm		M_{Rd} =	118	kNm
$V_{Ed;max}$ =	201,9	kN		V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 219,64 / 3034 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 17,1 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 76,51 / 118,5 = 0,65 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 152,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 201,94 / 888 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 31,1 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 102,00

V_{Ed} = 149,11

$\sigma_b + \sigma_N$ = 152,8 + 8,0 = 160,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

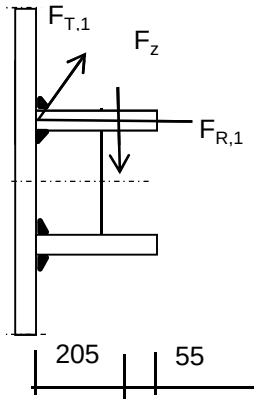
τ_z = 22,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 166 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 58,42 kN

$F_{T,1,h}$ = 34,93 kN

F_z = 14,69 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 152,18 kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} = 264 mm - Maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 15,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 13,25 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 57,73 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 57,02 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 72,7 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 190,4 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

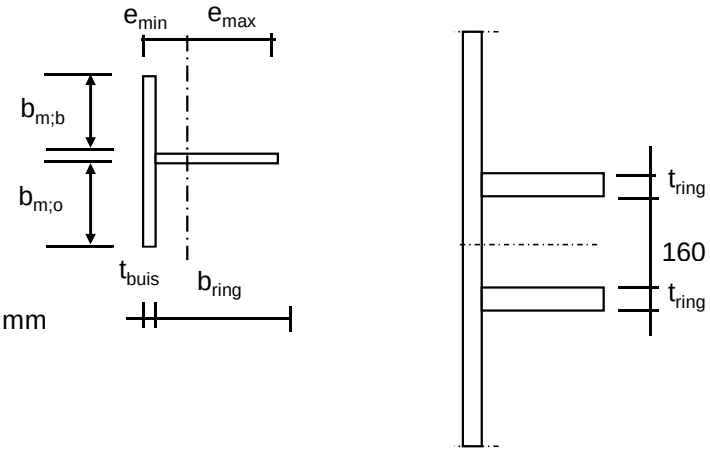
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	190,4	/	302,2	=	0,63	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	72,7	/	244,8	=	0,30	< 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 40,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	13914	mm^2
e_{min} =	76,9	mm
e_{max} =	205,1	mm
I =	105771239	mm^4
W_{min} =	515633	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y;Rd}$ =	122	kNm
$M_{w;Rd}$ =	9800	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 49,0 meter hoogte aangehouden

Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	123258	203324	17056	123258	-203324
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	122431	228485	29380	122431	-228485
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	66993	134985	17057	129043	-211148
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103008	216050	29381	124621	-230625
Bundelbreuk-(90 gr)	17049	87907	156809	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	19805	94199	174767	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	17049	90568	160135	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19806	96215	177046	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4264	30815	50831	4264	30815	-50831
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7345	30608	57121	7345	30608	-57121
BG 1a - (wind (45 gr))	4261	16748	33746	4264	32261	-52787
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7344	25752	54012	7345	31155	-57656
Bundelbreuk-(90 gr)	4262	21977	39202	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	4951	23550	43692	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4262	22642	40034	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	4951	24054	44262	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1127 mm

R = 564 mm

Mast 198:	hoek tussen lijnen 2. α =	134	graden
Mast 196:	hoek tussen lijnen 2. α =	130,8	graden
Mast 187:	hoek tussen lijnen 2. α =	130,6	graden
Mast 184:	hoek tussen lijnen 2. α =	138,5	graden
Mast 113:	hoek tussen lijnen 2. α =	138,5	graden

hoek tussen lijnen 2. α = 130,6 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (564+205)) = 23,0 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	57,0	51,7	57,0	51,7	214,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,1	58,0	61,1	58,0	346,1	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	35,1	34,2	59,4	53,7	207,6	56,5
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,4	54,8	61,9	58,6	343,9	10,8
Bundelbreuk-(90 gr)	42,6	39,8	0,0	0,0	102,5	116,4
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	46,8	44,4	0,0	0,0	118,1	129,7
Bundelbr.-(45 gr)	43,7	40,7	0,0	0,0	102,9	118,8
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	47,6	45,0	0,0	0,0	118,4	131,4

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

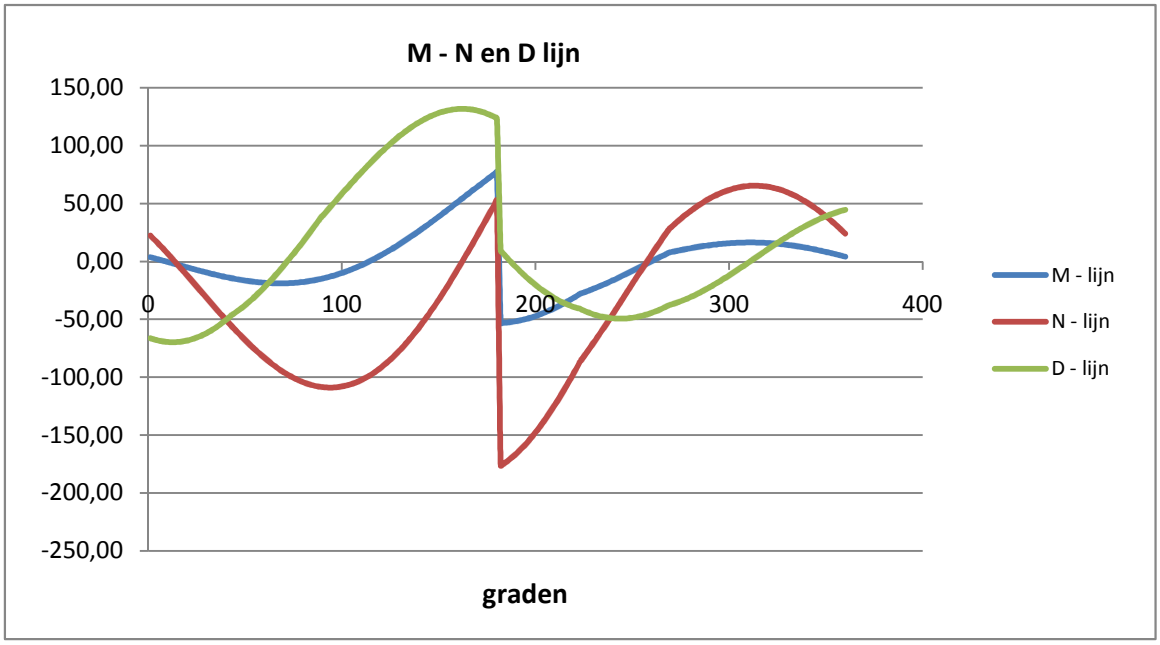
Maatgevend belastinggeval :Belastinggeval : Bundelbreuk 45 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	3,67	22,37	-66,26	6,91	55,19
15,0	-3,24	-4,44	-69,42	6,73	53,77
30,0	-9,97	-33,32	-60,94	5,45	43,51
45,0	-15,42	-61,14	-42,83	3,10	24,75
60,0	-18,51	-84,78	-20,40	0,15	1,24
75,0	-18,36	-101,40	8,91	4,04	32,29
90,0	-14,32	-108,72	41,41	8,21	65,56
105,0	-6,11	-105,26	69,67	12,24	97,76
120,0	6,13	-90,50	95,54	15,70	125,41
135,0	21,82	-64,98	116,11	18,18	145,23
150,0	40,00	-30,28	128,76	19,33	
165,0	59,33	11,07	131,38	17,68	
180,0	77,01	52,76	123,61	126,21	Flens crossbea
195,0	-49,21	-155,74	-14,64	9,92	
210,0	-39,29	-121,21	-32,76	13,17	
225,0	-26,12	-79,69	-43,18	10,65	85,09
240,0	-15,47	-42,65	-49,25	12,29	98,21
255,0	-3,18	-3,94	-46,47	11,57	92,42
270,0	8,39	31,07	-36,73	4,68	37,42
285,0	13,08	50,48	-25,91	2,76	22,04
300,0	15,83	62,33	-10,96	0,38	3,03
315,0	16,21	65,33	5,95	2,11	16,89
330,0	14,10	59,13	22,44	4,37	34,92
345,0	9,73	44,32	36,16	5,62	44,89
360,0	4,11	24,02	44,61	0,44	3,52

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 105771239 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	176,3	kN	N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	77,01	kNm	M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	131,8	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 176,32 / 3293 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 12,7 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 77,01 / 122,0 = 0,63 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 149,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 131,75 / 888 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 20,3 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 52,76

V_{Ed} = 123,61

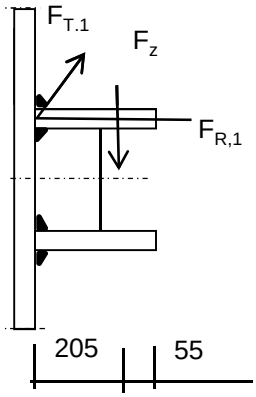
$\sigma_b + \sigma_N$ = 149,3 + 3,8 = 153,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 19,0 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	61,09	kN
$F_{T,1,h}$ =	28,87	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	145,23	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} = 264 mm - Maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,4 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 10,95 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 55,09 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 57,02 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,4 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 186,1 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

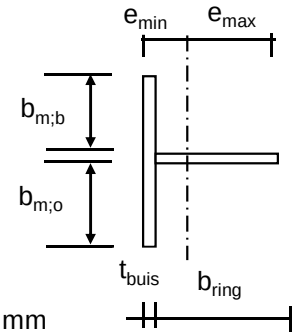
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 186,1 / 302,2 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

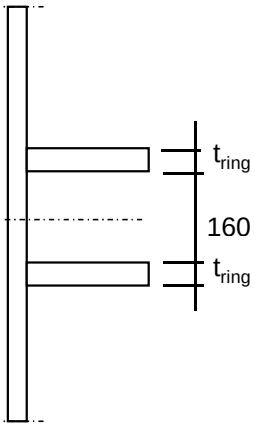
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 73,4 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	28	mm
$t_{buis;reken}$ =	28	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm





Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	295,2	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	17707	mm^2
e_{min} =	66,9	mm
e_{max} =	221,1	mm
I =	122655070	mm^4
W_{min} =	554651	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y;Rd}$ =	131	kNm
$M_{w;Rd}$ =	20124	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 49,0 meter hoogte aangehouden

Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17056	123258	203324	17056	123258	-203324
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380	122431	228485	29380	122431	-228485
BG 1a - (wind (45 gr))	17045	66993	134985	17057	129043	-211148
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376	103008	216050	29381	124621	-230625
Bundelbreuk-(90 gr)	17049	87907	156809	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	19805	94199	174767	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	17049	90568	160135	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19806	96215	177046	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4264	30815	50831	4264	30815	-50831
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7345	30608	57121	7345	30608	-57121
BG 1a - (wind (45 gr))	4261	16748	33746	4264	32261	-52787
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7344	25752	54012	7345	31155	-57656
Bundelbreuk-(90 gr)	4262	21977	39202	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	4951	23550	43692	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4262	22642	40034	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	4951	24054	44262	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1432 mm

R = 716 mm

Mast 198: hoek tussen lijnen 2. α = 134 graden

Mast 196: hoek tussen lijnen 2. α = 130,8 graden

Mast 187: hoek tussen lijnen 2. α = 130,6 graden

Mast 184: hoek tussen lijnen 2. α = 138,5 graden

Mast 113: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 130,6 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (716+205)) = 19,0 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	58,0	53,6	58,0	53,6	209,3	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62,4	59,9	62,4	59,9	338,0	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	36,0	35,2	60,4	55,7	202,9	55,1
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	56,8	56,3	63,2	60,5	335,8	10,5
Bundelbreuk-(90 gr)	43,5	41,2	0,0	0,0	100,2	113,4
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	47,9	45,8	0,0	0,0	115,4	126,4
Bundelbr.-(45 gr)	44,6	42,1	0,0	0,0	100,5	115,8
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	48,6	46,4	0,0	0,0	115,6	128,0

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

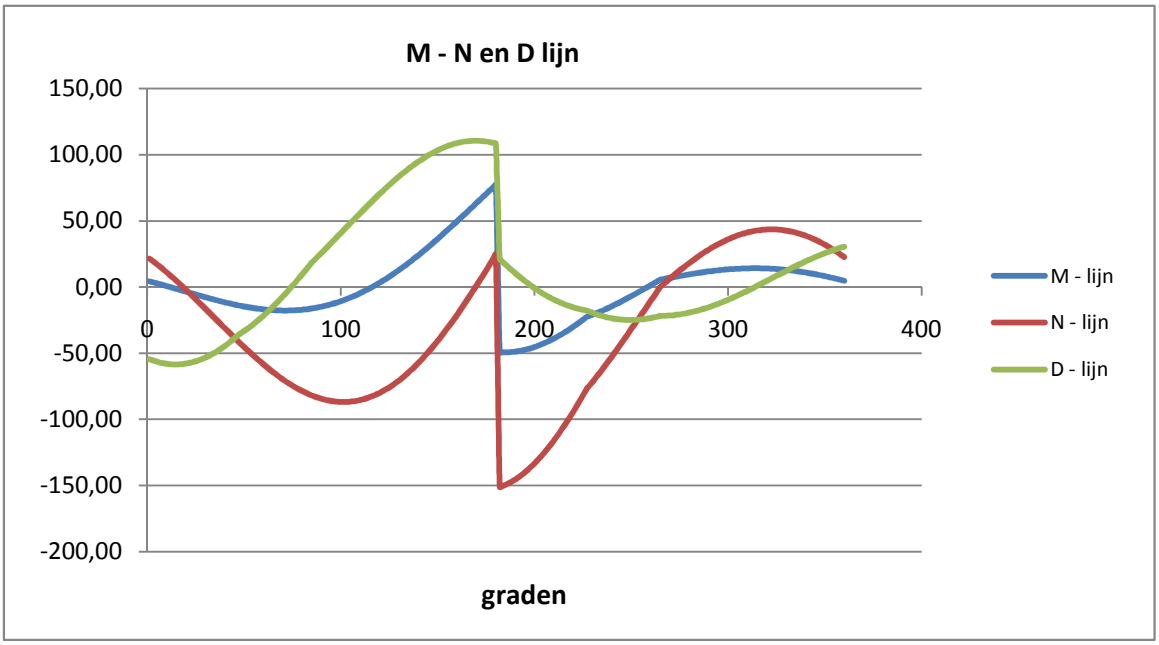
Maatgevend belastinggeval :Belastinggeval : Bundelbreuk 45 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	4,30	21,58	-54,58	6,16	42,41
15,0	-1,85	3,27	-58,55	6,30	53,47
30,0	-8,16	-17,94	-52,68	5,42	45,99
45,0	-13,58	-39,75	-37,54	3,48	29,51
60,0	-17,06	-59,71	-20,24	0,57	4,80
75,0	-17,62	-75,45	2,78	3,11	26,39
90,0	-14,51	-84,87	27,37	7,24	61,44
105,0	-7,27	-86,41	49,98	11,45	97,10
120,0	4,18	-79,16	71,85	15,30	129,74
135,0	19,48	-63,02	90,65	18,35	155,69
150,0	37,83	-38,76	104,13	20,23	
165,0	58,06	-7,91	110,36	19,25	
180,0	77,31	24,81	108,35	124,46	Flens crossbea
195,0	-47,15	-138,77	3,32	8,95	
210,0	-38,20	-113,87	-10,29	14,50	
225,0	-23,70	-79,38	-17,52	9,95	84,38
240,0	-13,75	-50,37	-23,95	11,80	100,08
255,0	-1,95	-18,95	-24,41	9,25	78,49
270,0	7,30	7,74	-21,44	3,68	31,25
285,0	10,99	24,54	-17,13	2,50	21,19
300,0	13,48	36,77	-8,99	0,72	6,10
315,0	14,20	43,00	1,59	1,36	11,56
330,0	12,84	42,47	12,93	3,42	29,00
345,0	9,42	35,10	23,23	4,73	40,16
360,0	4,69	22,65	30,38	0,38	3,24

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 122655070 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	151,1	kN	N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	77,31	kNm	M_{Rd} =	131	kNm
$V_{Ed;max}$ =	110,6	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 151,11 / 4191 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 8,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 77,31 / 131,3 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 139,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 110,60 / 888 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 17,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 24,81

V_{Ed} = 108,35

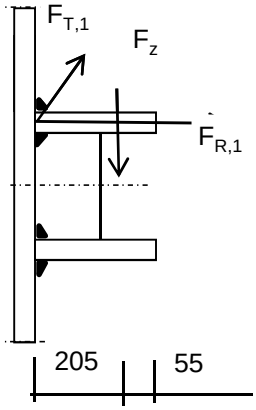
$\sigma_b + \sigma_N$ = 139,4 + 1,4 = 140,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 16,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 144 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	62,44	kN
$F_{T,1,h}$ =	24,79	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	152,18	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} = 264 mm - Maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,7 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 9,41 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 57,73 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 57,02 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,8 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 187,9 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

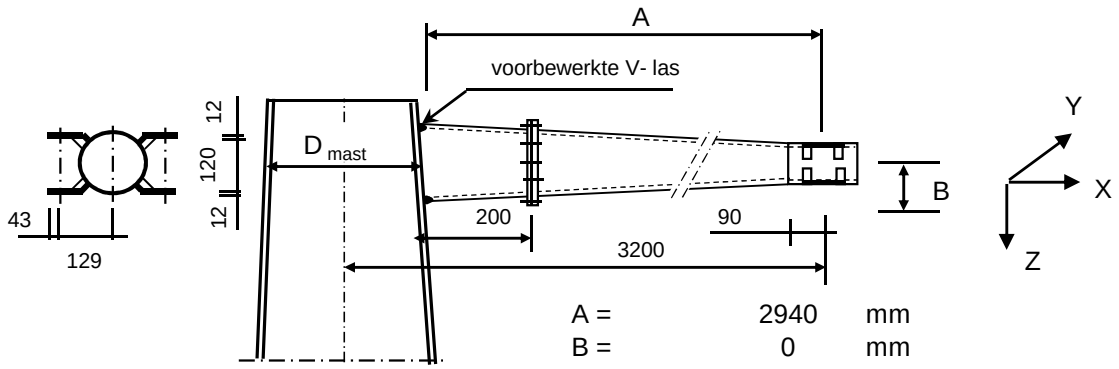
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 187,9 / 302,2 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 73,8 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	2940	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	520	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	57,43	m

Buisgegevens

Buis Ø330 * 10 - S355 (aansluiting mast) ; buis 168,3*8 -S355 - op uiteinde

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10053	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2379	kN
$W_y = W_z$ =	7,81E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	184,8	kNm
W_x =	1,56E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	184,8	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	213,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	686,8	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix Y en Y1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	20081	32201	2228	20081	-32201	2228
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32242	57978	9246	32242	-57978	9246
BG 1a - (wind (45 gr))	9074	17914	2226	21142	-33659	2228
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26368	54956	9244	32885	-58520	9247
BG 1a - bundelbr. (90gr)	13358	23000	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	20587	35227	3797	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr)	13884	23705	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	21330	36151	3797	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr	8584	17604	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	13816	28358	3796	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	40,16	0,00	4,46	0,00	13,10	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,48	0,00	18,49	0,00	54,36	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,22	15,75	4,45	0,00	13,09	46,29
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,25	3,56	18,49	0,00	54,36	10,48
BG 1a - bundelbr. (90gr)	13,36	23,00	2,23	0,00	6,55	67,61
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	20,59	35,23	3,80	0,00	11,16	103,56
BG 1a - bundelbr. (45gr)	13,88	23,71	2,23	0,00	6,55	69,69
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	**21,33**	**36,15**	**3,80**	**0,00**	**11,16**	**106,28**
BG 1a - bundelbr. (-45gr	8,58	17,60	2,23	0,00	6,54	51,75
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	13,82	28,36	3,80	0,00	11,16	83,37

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 11,16 / 185 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 14,3 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 106,28 / 185 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 136,1 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 21,33 / 2379 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 2,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 3,80 / 687 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,8 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 36,15 / 687 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 7,2 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 139 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 330*10 aan mast :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	520	18,0	28412	S355	355	3449741
1	330,0	10,0	10053	S355	355	780638

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,63

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,41 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14,11 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,009

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 294,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 54,36 / 267,8 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 139,9 kNm

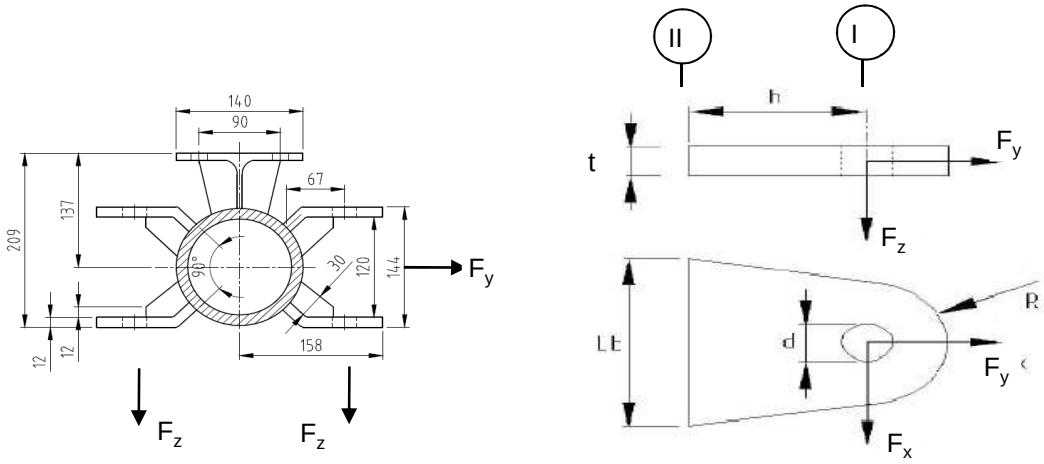
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 106,28 / 139,9 = 0,76 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	20,08	32,20	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**32,24**	**57,98**	**9,25**
BG 1a - (wind (45 gr))	9,07	17,91	2,23
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26,37	54,96	9,24

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,12**	**28,99**	**9,25**

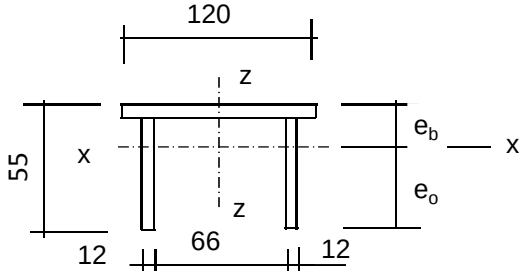
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 29,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 43 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	28,99	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	1,05	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,25	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,60	kNm
$V_{x,Ed}$ =	16,12	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	28,99	/	585	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
	σ_N =				11,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	1,05	/	10,5	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_{b,z}$ =				23,5	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,60	/	4,0	=	0,15	< 1,0 -- Voldoet
	$\sigma_{b,x}$ =				35,7	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,25	/	141	/	0,07	< 1,0 -- Voldoet
	τ_z =				9,0	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,12	/	197	/	0,08	< 1,0 -- Voldoet
	τ_x =				11,2	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 71,0 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 75 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		60,2	N/mm^2
τ_1 =		60,2	N/mm^2
τ_2 =	0	13,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	122,7	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 122,7 / 302,2 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 60,2 / 244,8 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

9.3.3 - Berekening deling van de steunarm

Deling op 0,2 meter afstand van de mast

Afstand tot geleidert = 2940 - 200 = 2740 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
21,33	36,15	3,80	0,00	10,40	99,05

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 99,6 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 36,3 kN

Verbinding met 12 bouten M24 - 10,9 $F_{t,Rd} =$ 254,2 kN

$F_{v,Rd} =$ 169,4 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 3,0 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 86,9 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	86,90	/ 254	=	0,34	< 1,0 -- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	3,03	/ 169	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd}$			=	0,26	< 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

t_{flens} = 20 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 102,1 mm

m = 30,0 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 2416408 Nmm

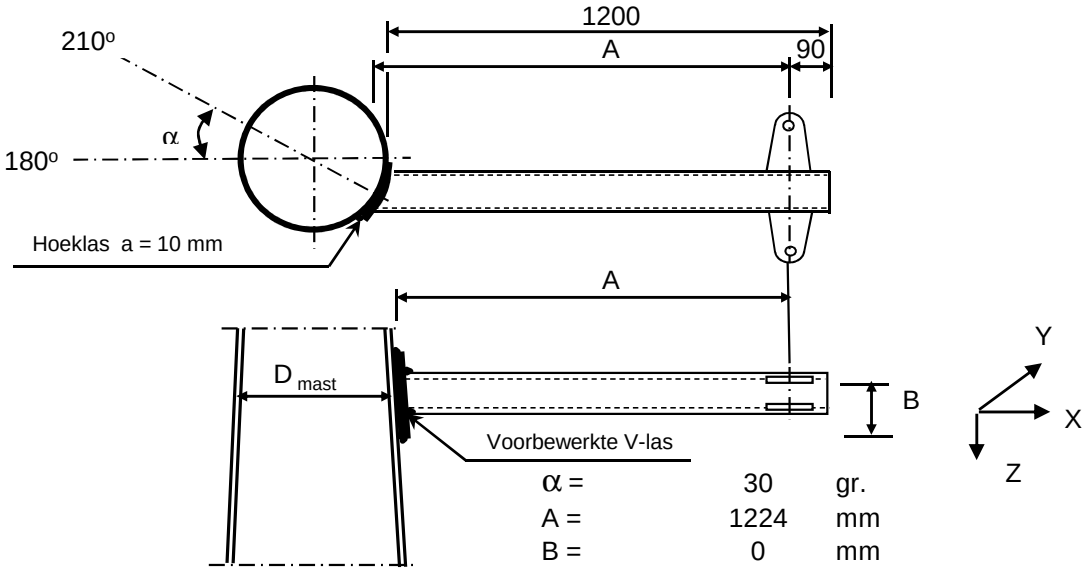
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	161,0	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	167,3	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	254,2	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 161,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,54 < 1,0 -- Voldoet

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1224	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1701	mm
t_{mast} =	32	mm
Hoogte :	24,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix Y en Y1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	31951	53373	4620	31951	-53373	4620
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60012	113159	18678	60012	-113159	18678
BG 1a - (wind (45 gr))	18081	36619	4617	33409	-55362	4620
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52715	110835	18676	60793	-113667	18679
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23161	41797	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	35850	64466	7763	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	23814	42605	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	36772	65513	7764	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	17489	36384	4617	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	27716	57669	7762	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	63,90	0,00	9,24	0,00	11,31	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	120,02	0,00	37,36	0,00	45,72	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	51,49	18,74	9,24	0,00	11,31	22,94
BG 3 - (wind (45) + ijs)	113,51	2,83	37,35	0,00	45,72	3,47
BG 1a - bundelbr. (90gr).	23,16	41,80	4,62	0,00	5,65	51,16
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	35,85	64,47	7,76	0,00	9,50	78,90
BG 1a - bundelbr. (45gr).	23,81	42,61	4,62	0,00	5,65	52,15
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	**36,77**	**65,51**	**7,76**	**0,00**	**9,50**	**80,18**
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	17,49	36,38	4,62	0,00	5,65	44,53
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	27,72	57,67	7,76	0,00	9,50	70,58

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 9,50 / 101 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,2 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 80,18 / 101 = 0,79 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 187,0 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 36,77 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 7,76 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 65,51 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 194 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 197 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

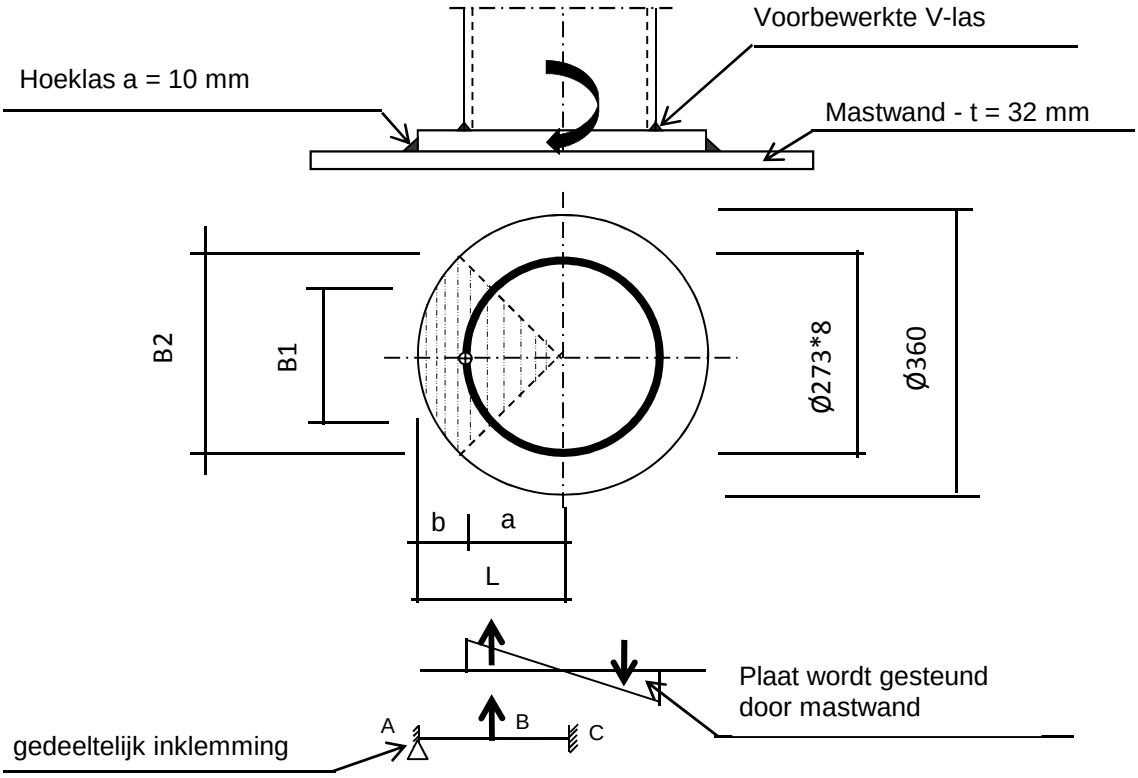
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 80,7 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 267,7 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,51 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 172,5 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,70 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,24 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 228,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 6,7 * 40,0% = 2,68 kNm

$M_{B;Ed}$ = 7,5 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,80 kNm

$R_{A;Ed}$ = 172,5 * 60,0% + 228,3 * 40,0% = 194,9 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,68 / 10,46 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 60,6 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 5,80 / 7,93 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 173,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 194,9 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 27,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 36,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 184,2 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 107,2 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 48,7 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	107,2	+	48,7	=		155,9	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	107,2	-	48,7	=		58,4	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		185,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	185,9	/	302,2	=		0,62	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	155,9	/	244,8	=		0,64	< 1,0 -- Voldoet

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1700,8	32,0	167766	S355	355	68700524
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 26,6

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 584,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 17248,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,72 of n_p = -0,697

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,63

$M_{ip,1,Rd}$ = 291,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 566,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 45,72 / 291,2 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 179,3 kNm

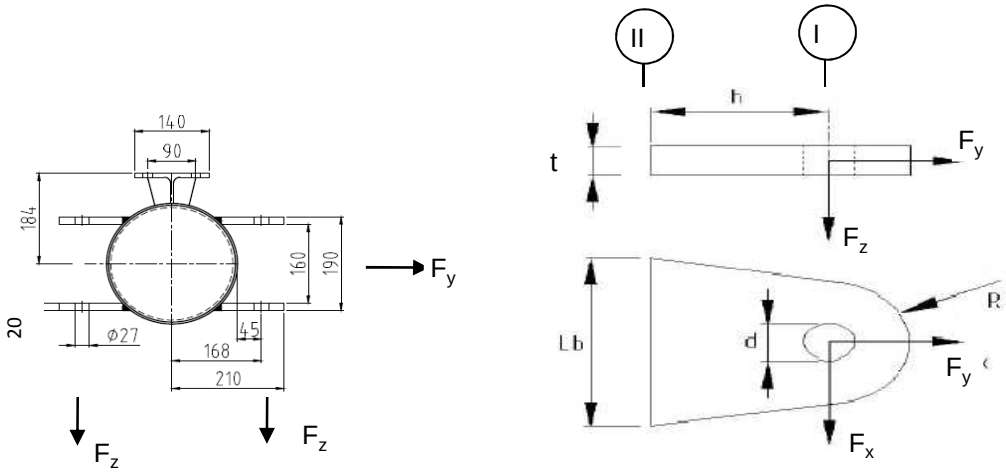
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 566,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 80,18 / 179,3 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

9.4,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	31,95	53,37	4,62
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**60,01**	**113,16**	**18,68**
BG 1a - (wind (45 gr))	18,08	36,62	4,62
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52,71	110,83	18,68

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**30,01**	**56,58**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	56,58	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,25	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	30,01	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,58	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,25	/	15,5	=	0,15	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		34,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,40	/	2,2	=	0,63	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		150,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	18,68	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		6,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	30,01	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 204,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

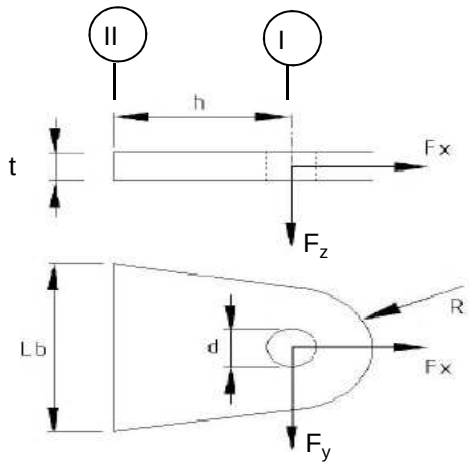
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	60	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2561	32,0	254251	S355	355	158771704
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1144,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 44509,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,80 of $n_p =$ -0,777

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 693,4 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 693,4 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 76,3 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 76,3 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

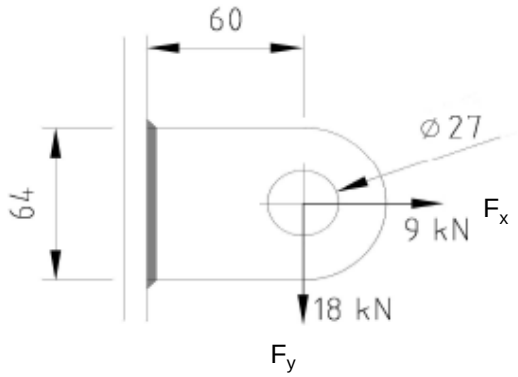
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
57,43 - 55,93 - 48,8 - 46,3 - 40,3 - 37,8 - 31,8 - 29,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.6.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 29.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1529	30,0	141254	S355	355	51907990
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 481,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 12748,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,70 of $n_p =$ -0,682

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,64

$N_{1,Rd} =$ 690,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 690,8 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 44,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 44,2 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8198 N/mm' ---> voldoet

Clip op 55,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	574	16,0	28058	S355	355	3809526
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 26,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 165,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,13 of $n_p =$ -0,120

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,96

$N_{1,Rd} =$ 298,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 298,2 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 19,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 19,1 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

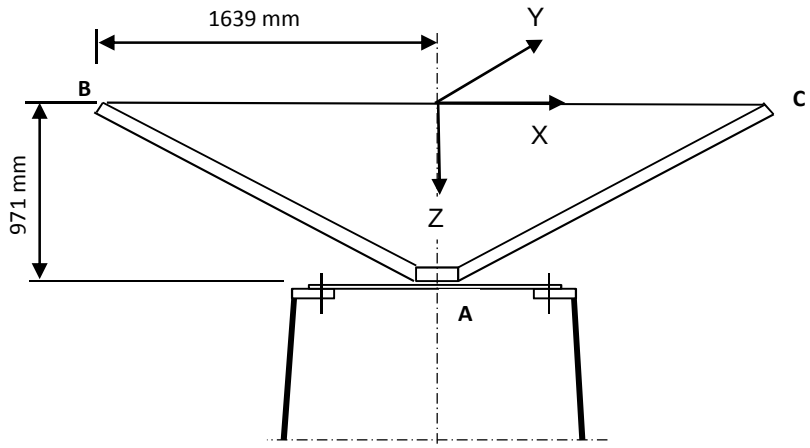
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4372 N/mm' ---> voldoet

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



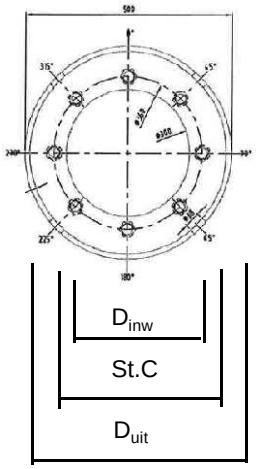
Buis rond 500 * 16

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed} = F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

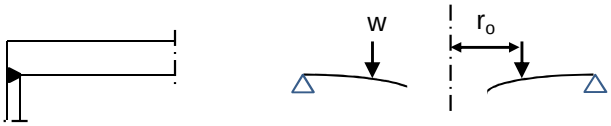
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

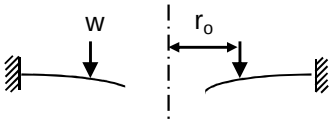
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 53,3%

Percentage vrij oplegging = 46,7%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 820 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 18720 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 19540 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 19540 / 35500 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 130,3 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 134 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 16 - S355 ;

A = 24328 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 8637 kN

$W_y = W_z$ = 2,85E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1012,7 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 8637 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,4 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1013 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 25,2 N/mm^2

σ_{max} = 26,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

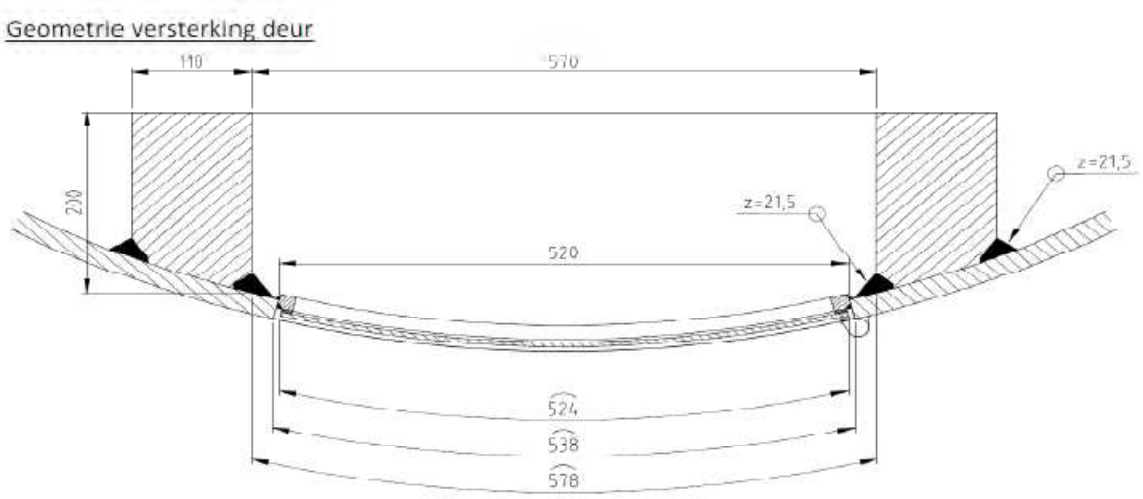
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

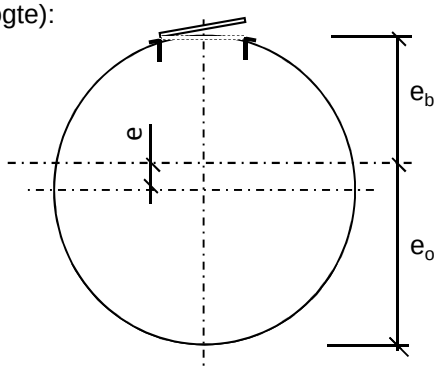
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2535	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	251638	mm^2
$A_{versterking}$ =	40533	mm^2
$A_{verlies}$ =	16547	mm^2
A_{tot} =	275623	mm^2

e =	86,3	mm			
e_b =	1181,2	mm ;	e_o =	1353,9	mm

I_{tot} =	2,18E+11	mm^4
W_{min} =	1,61E+08	mm^3
W_{max} =	1,85E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	45018	kNm ;	N_{Ed} =	1144 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,2	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	279,4	N/mm^2

σ_{max} = 4,2 + 279,4 = 283,5 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage Y, Y1 en Y2

W4H400Z+5 TOWER (Rev.6.0 05-11-2012) APPENDIX: Y

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4617	18864	37163	4617	18864	-37163
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	9744	18536	2226	9744	-18536
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17046	70229	137350	17046	70229	-137350
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	69520	136767	17045	69520	-136767
	380C1F3 / 380C2F3	17045	68668	136110	17045	68668	-136110
	150C1F1 / 150C2F1	4261	17557	34338	4261	17557	-34338
	150C1F2 / 150C2F2	4261	17380	34192	4261	17380	-34192
	150C1F3 / 150C2F3	4261	17167	34028	4261	17167	-34028
1b	Comp. gl	4615	19347	40832	4615	19347	-40832
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9503	19908	2225	9503	-19908
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72945	153781	17036	72945	-153781
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72858	153782	17036	72858	-153782
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72751	153785	17036	72751	-153785
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18236	38445	4259	18236	-38445
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18214	38445	4259	18214	-38445
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18188	38446	4259	18188	-38446
3	Comp. gl	18676	53224	110761	18676	53224	-110761
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9244	26754	54947	9244	26754	-54947
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29376	104230	216114	29376	104230	-216114
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	103971	216083	29376	103971	-216083
	380C1F3 / 380C2F3	29376	103654	216058	29376	103654	-216058
	150C1F1 / 150C2F1	7344	26057	54029	7344	26057	-54029
	150C1F2 / 150C2F2	7344	25993	54021	7344	25993	-54021
	150C1F3 / 150C2F3	7344	25914	54014	7344	25914	-54014
4	Comp. gl	6122	21974	46465	6122	21974	-46465
Construction/maintenanc	GW / opgw	2978	10779	22643	2978	10779	-22643
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	73735	155473	20053	73735	-155473
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73651	155481	20053	73651	-155481
	380C1F3 / 380C2F3	20053	73547	155493	20053	73547	-155493
	150C1F1 / 150C2F1	5013	18434	38868	5013	18434	-38868
	150C1F2 / 150C2F2	5013	18413	38870	5013	18413	-38870
	150C1F3 / 150C2F3	5013	18387	38873	5013	18387	-38873
6	Comp. gl	5195	18706	40116	5195	18706	-40116
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	9033	19371	2505	9033	-19371
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	147362	19177	68716	-147362
	150C1F1 / 150C2F1	4794	17179	36841	4794	17179	-36841
	150C1F2 / 150C2F2	4794	17179	36841	4794	17179	-36841
	150C1F3 / 150C2F3	4794	17179	36841	4794	17179	-36841
1a	Comp. gl	4617	18081	36619	4620	33409	-55362
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	9074	17914	2228	21142	-33659
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	66993	134985	17057	129043	-211148
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66603	134762	17056	123174	-203211
	380C1F3 / 380C2F3	17045	66131	134516	17054	115909	-193419
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16748	33746	4264	32261	-52787
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16651	33691	4264	30794	-50803
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16533	33629	4264	28977	-48355

1b	Comp. gl	4615	19245	40840	4615	20946	-41664
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9424	19902	2225	10847	-20929
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72530	153806	17037	79525	-157441
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72476	153813	17036	78813	-156840
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72410	153824	17036	77958	-156163
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18133	38451	4259	19881	-39360
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18119	38453	4259	19703	-39210
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18103	38456	4259	19489	-39041
3	Comp. gl	18676	52715	110835	18679	60793	-113667
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9244	26368	54956	9247	32885	-58520
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29376	103008	216050	29381	124621	-230625
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102851	216057	29380	122400	-228455
	380C1F3 / 380C2F3	29376	102659	216072	29379	119728	-225957
	150C1F1 / 150C2F1	7344	25752	54012	7345	31155	-57656
	150C1F2 / 150C2F2	7344	25713	54014	7345	30600	-57114
	150C1F3 / 150C2F3	7344	25665	54018	7345	29932	-56489
4	Comp. gl	6122	21877	46484	6122	23381	-46885
Construction/maintenanc	GW / opgw	2978	10706	22649	2978	11922	-23233
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	73334	155528	20053	79779	-157978
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73281	155539	20053	79139	-157533
	380C1F3 / 380C2F3	20053	73217	155553	20053	78368	-157037
	150C1F1 / 150C2F1	5013	18333	38882	5013	19945	-39495
	150C1F2 / 150C2F2	5013	18320	38885	5013	19785	-39383
	150C1F3 / 150C2F3	5013	18304	38888	5013	19592	-39259
1a	Comp. gl	4620	31951	53373	4620	31951	-53373
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2228	20081	32201	2228	20081	-32201
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17056	123258	203324	17056	123258	-203324
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	117826	195998	17055	117826	-195998
	380C1F3 / 380C2F3	17053	111117	186995	17053	111117	-186995
	150C1F1 / 150C2F1	4264	30815	50831	4264	30815	-50831
	150C1F2 / 150C2F2	4264	29456	48999	4264	29456	-48999
	150C1F3 / 150C2F3	4263	27779	46749	4263	27779	-46749
1b	Comp. gl	4615	20776	41527	4615	20776	-41527
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10700	20777	2225	10700	-20777
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	78823	156849	17036	78823	-156849
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78180	156335	17036	78180	-156335
	380C1F3 / 380C2F3	17036	77410	155757	17036	77410	-155757
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19706	39212	4259	19706	-39212
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19545	39084	4259	19545	-39084
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19352	38939	4259	19352	-38939
3	Comp. gl	18678	60012	113159	18678	60012	-113159
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9246	32242	57978	9246	32242	-57978
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29380	122431	228485	29380	122431	-228485
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29379	120425	226595	29379	120425	-226595
	380C1F3 / 380C2F3	29379	118012	224428	29379	118012	-224428
	150C1F1 / 150C2F1	7345	30608	57121	7345	30608	-57121
	150C1F2 / 150C2F2	7345	30106	56649	7345	30106	-56649
	150C1F3 / 150C2F3	7345	29503	56107	7345	29503	-56107
4	Comp. gl	6122	23237	46803	6122	23237	-46803
Construction/maintenanc	GW / opgw	2978	11801	23136	2978	11801	-23136
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	79148	157539	20053	79148	-157539
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78569	157162	20053	78569	-157162
	380C1F3 / 380C2F3	20053	77872	156743	20053	77872	-156743
	150C1F1 / 150C2F1	5013	19787	39385	5013	19787	-39385
	150C1F2 / 150C2F2	5013	19642	39291	5013	19642	-39291
	150C1F3 / 150C2F3	5013	19468	39186	5013	19468	-39186
1a	Comp. gl	4620	33409	55362	4617	18081	-36619
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2228	21142	33659	2226	9074	-17914
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17057	129043	211148	17045	66993	-134985

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17056	123174	203211	17045	66603	-134762
	380C1F3 / 380C2F3	17054	115909	193419	17045	66131	-134516
	150C1F1 / 150C2F1	4264	32261	52787	4261	16748	-33746
	150C1F2 / 150C2F2	4264	30794	50803	4261	16651	-33691
	150C1F3 / 150C2F3	4264	28977	48355	4261	16533	-33629
1b	Comp. gl	4615	20946	41664	4615	19245	-40840
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10847	20929	2225	9424	-19902
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17037	79525	157441	17036	72530	-153806
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78813	156840	17036	72476	-153813
	380C1F3 / 380C2F3	17036	77958	156163	17036	72410	-153824
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19881	39360	4259	18133	-38451
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19703	39210	4259	18119	-38453
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19489	39041	4259	18103	-38456
3	Comp. gl	18679	60793	113667	18676	52715	-110835
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9247	32885	58520	9244	26368	-54956
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29381	124621	230625	29376	103008	-216050
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	122400	228455	29376	102851	-216057
	380C1F3 / 380C2F3	29379	119728	225957	29376	102659	-216072
	150C1F1 / 150C2F1	7345	31155	57656	7344	25752	-54012
	150C1F2 / 150C2F2	7345	30600	57114	7344	25713	-54014
	150C1F3 / 150C2F3	7345	29932	56489	7344	25665	-54018
4	Comp. gl	6122	23381	46885	6122	21877	-46484
Construction/maintenanc	GW / opgw	2978	11922	23233	2978	10706	-22649
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	79779	157978	20053	73334	-155528
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	79139	157533	20053	73281	-155539
	380C1F3 / 380C2F3	20053	78368	157037	20053	73217	-155553
	150C1F1 / 150C2F1	5013	19945	39495	5013	18333	-38882
	150C1F2 / 150C2F2	5013	19785	39383	5013	18320	-38885
	150C1F3 / 150C2F3	5013	19592	39259	5013	18304	-38888
1a	Comp. gl	3462	15495	29938	3462	15495	-29938
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	8229	15287	1669	8229	-15287
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12782	58216	111589	12782	58216	-111589
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	57373	110722	12782	57373	-110722
	380C1F3 / 380C2F3	12781	56365	109729	12781	56365	-109729
	150C1F1 / 150C2F1	3195	14554	27897	3195	14554	-27897
	150C1F2 / 150C2F2	3195	14343	27680	3195	14343	-27680
	150C1F3 / 150C2F3	3195	14091	27432	3195	14091	-27432
1b	Comp. gl	3461	15550	32688	3461	15550	-32688
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7657	15948	1668	7657	-15948
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	59236	124383	12774	59236	-124383
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59142	124368	12774	59142	-124368
	380C1F3 / 380C2F3	12774	59026	124354	12774	59026	-124354
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14809	31096	3193	14809	-31096
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14785	31092	3193	14785	-31092
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14757	31089	3193	14757	-31089
3	Comp. gl	17518	50875	105724	17518	50875	-105724
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8685	25623	52521	8685	25623	-52521
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25109	93127	192307	25109	93127	-192307
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92856	192248	25109	92856	-192248
	380C1F3 / 380C2F3	25109	92524	192190	25109	92524	-192190
	150C1F1 / 150C2F1	6277	23282	48077	6277	23282	-48077
	150C1F2 / 150C2F2	6277	23214	48062	6277	23214	-48062
	150C1F3 / 150C2F3	6277	23131	48048	6277	23131	-48048
4	Comp. gl	4966	18625	39284	4966	18625	-39284
Construction/maintenanc	GW / opgw	2421	9157	19166	2421	9157	-19166
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15788	61220	128636	15788	61220	-128636
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61132	128635	15788	61132	-128635
	380C1F3 / 380C2F3	15788	61023	128636	15788	61023	-128636
	150C1F1 / 150C2F1	3947	15305	32159	3947	15305	-32159

	150C1F2 / 150C2F2	3947	15283	32159	3947	15283	-32159
	150C1F3 / 150C2F3	3947	15256	32159	3947	15256	-32159
6	Comp. gl	3462	13367	28666	3462	13367	-28666
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	6441	13813	1669	6441	-13813
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	12781	49433	-106010
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12358	26502	3195	12358	-26502
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12358	26502	3195	12358	-26502
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12358	26502	3195	12358	-26502
1a	Comp. gl	3462	14575	29100	3465	31889	-52105
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	7433	14394	1671	20653	-32612
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	54398	107977	12791	124045	-200436
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	53943	107616	12791	117800	-191692
	380C1F3 / 380C2F3	12781	53398	107211	12789	110005	-180763
	150C1F1 / 150C2F1	3195	13600	26994	3198	31011	-50109
	150C1F2 / 150C2F2	3195	13486	26904	3198	29450	-47923
	150C1F3 / 150C2F3	3195	13349	26803	3197	27501	-45191
1b	Comp. gl	3461	15441	32682	3461	17403	-34068
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7571	15926	1669	9248	-17501
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58791	124344	12775	66909	-130388
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58735	124345	12775	66054	-129483
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58665	124348	12774	65032	-128446
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14698	31086	3194	16727	-32597
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14684	31086	3194	16514	-32371
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14666	31087	3194	16258	-32112
3	Comp. gl	17518	50360	105786	17520	58644	-109062
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8685	25231	52518	8688	31935	-56483
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25109	91851	192124	25113	115309	-210660
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91689	192120	25113	112877	-208039
	380C1F3 / 380C2F3	25109	91490	192121	25112	109949	-204991
	150C1F1 / 150C2F1	6277	22963	48031	6278	28827	-52665
	150C1F2 / 150C2F2	6277	22922	48030	6278	28219	-52010
	150C1F3 / 150C2F3	6277	22872	48030	6278	27487	-51248
4	Comp. gl	4966	18525	39296	4966	20153	-39964
Construction/maintenanc	GW / opgw	2421	9081	19165	2421	10421	-20014
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15788	60801	128652	15789	67957	-132629
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60747	128658	15788	67224	-131985
	380C1F3 / 380C2F3	15788	60680	128668	15788	66345	-131256
	150C1F1 / 150C2F1	3947	15200	32163	3947	16989	-33157
	150C1F2 / 150C2F2	3947	15187	32165	3947	16806	-32996
	150C1F3 / 150C2F3	3947	15170	32167	3947	16586	-32814
1a	Comp. gl	3464	30325	49888	3464	30325	-49888
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1671	19552	31066	1671	19552	-31066
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12791	117890	191818	12791	117890	-191818
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	112069	183658	12790	112069	-183658
	380C1F3 / 380C2F3	12789	104817	173489	12789	104817	-173489
	150C1F1 / 150C2F1	3198	29473	47954	3198	29473	-47954
	150C1F2 / 150C2F2	3197	28017	45914	3197	28017	-45914
	150C1F3 / 150C2F3	3197	26204	43372	3197	26204	-43372
1b	Comp. gl	3461	17200	33860	3461	17200	-33860
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	9072	17285	1669	9072	-17285
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	66066	129496	12775	66066	-129496
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	65298	128711	12774	65298	-128711
	380C1F3 / 380C2F3	12774	64379	127815	12774	64379	-127815
	150C1F1 / 150C2F1	3194	16517	32374	3194	16517	-32374
	150C1F2 / 150C2F2	3194	16325	32178	3194	16325	-32178
	150C1F3 / 150C2F3	3194	16095	31954	3194	16095	-31954
3	Comp. gl	17520	57838	108499	17520	57838	-108499

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8688	31271	55896	8688	31271	-55896
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25113	112911	208075	25113	112911	-208075
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	110713	205773	25112	110713	-205773
	380C1F3 / 380C2F3	25112	108069	203109	25112	108069	-203109
	150C1F1 / 150C2F1	6278	28228	52019	6278	28228	-52019
	150C1F2 / 150C2F2	6278	27678	51443	6278	27678	-51443
	150C1F3 / 150C2F3	6278	27017	50777	6278	27017	-50777
4	Comp. gl	4966	19993	39847	4966	19993	-39847
Construction/maintenanc	GW / opgw	2421	10284	19884	2421	10284	-19884
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15788	67235	131994	15788	67235	-131994
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66574	131441	15788	66574	-131441
	380C1F3 / 380C2F3	15788	65782	130818	15788	65782	-130818
	150C1F1 / 150C2F1	3947	16809	32998	3947	16809	-32998
	150C1F2 / 150C2F2	3947	16644	32860	3947	16644	-32860
	150C1F3 / 150C2F3	3947	16446	32704	3947	16446	-32704
1a	Comp. gl	3465	31889	52105	3462	14575	-29100
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1671	20653	32612	1669	7433	-14394
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12791	124045	200436	12781	54398	-107977
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12791	117800	191692	12781	53943	-107616
	380C1F3 / 380C2F3	12789	110005	180763	12781	53398	-107211
	150C1F1 / 150C2F1	3198	31011	50109	3195	13600	-26994
	150C1F2 / 150C2F2	3198	29450	47923	3195	13486	-26904
	150C1F3 / 150C2F3	3197	27501	45191	3195	13349	-26803
1b	Comp. gl	3461	17403	34068	3461	15441	-32682
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	9248	17501	1668	7571	-15926
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	66909	130388	12774	58791	-124344
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	66054	129483	12774	58735	-124345
	380C1F3 / 380C2F3	12774	65032	128446	12774	58665	-124348
	150C1F1 / 150C2F1	3194	16727	32597	3193	14698	-31086
	150C1F2 / 150C2F2	3194	16514	32371	3193	14684	-31086
	150C1F3 / 150C2F3	3194	16258	32112	3193	14666	-31087
3	Comp. gl	17520	58644	109062	17518	50360	-105786
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8688	31935	56483	8685	25231	-52518
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25113	115309	210660	25109	91851	-192124
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	112877	208039	25109	91689	-192120
	380C1F3 / 380C2F3	25112	109949	204991	25109	91490	-192121
	150C1F1 / 150C2F1	6278	28827	52665	6277	22963	-48031
	150C1F2 / 150C2F2	6278	28219	52010	6277	22922	-48030
	150C1F3 / 150C2F3	6278	27487	51248	6277	22872	-48030
4	Comp. gl	4966	20153	39964	4966	18525	-39296
Construction/maintenanc	GW / opgw	2421	10421	20014	2421	9081	-19165
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15789	67957	132629	15788	60801	-128652
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	67224	131985	15788	60747	-128658
	380C1F3 / 380C2F3	15788	66345	131256	15788	60680	-128668
	150C1F1 / 150C2F1	3947	16989	33157	3947	15200	-32163
	150C1F2 / 150C2F2	3947	16806	32996	3947	15187	-32165
	150C1F3 / 150C2F3	3947	16586	32814	3947	15170	-32167

W4H400Z+5 TOWER APPENDIX: Y1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4617	17812	-36487	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	8849	-17748	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	65886	-134400	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65601	-134276	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	-134141	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16472	-33600	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16400	-33569	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16314	-33535	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	19287	-40835	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9457	-19902	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72701	-153788	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72634	-153794	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	-153803	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18175	-38447	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18158	-38448	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18138	-38451	0	0	0
3	Comp. gl	7762	28198	-57773	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	14204	-28522	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	77697	-160698	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77474	-160640	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	-160581	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	19424	-40174	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	19368	-40160	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	19301	-40145	0	0	0
4	Comp. gl	5821	21063	-44642	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	10306	-21724	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	71782	-151815	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71716	-151824	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	-151838	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	17945	-37954	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	17929	-37956	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	17909	-37959	0	0	0
6	Comp. gl	5195	18706	-40116	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	9033	-19371	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	-147362	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	-147362	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	-147362	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4794	17179	-36841	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4794	17179	-36841	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4794	17179	-36841	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	23814	-42605	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	13884	-23705	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	90568	-160135	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	87869	-156762	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	-152765	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4262	22642	-40034	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	21967	-39190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	21151	-38191	0	0	0

1b	Comp. gl	4615	20473	-41302	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10440	-20522	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	77573	-155875	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77055	-155507	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	-155096	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19393	-38969	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19264	-38877	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19108	-38774	0	0	0
3	Comp. gl	7764	36772	-65513	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3797	21330	-36151	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	96215	-177046	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	94170	-174735	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	-172045	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	24054	-44262	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	23543	-43684	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	22928	-43011	0	0	0
4	Comp. gl	5821	22141	-44877	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	11174	-22095	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	76354	-153254	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75877	-152975	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	-152666	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	19088	-38314	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	18969	-38244	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	18826	-38167	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	23161	-41797	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	13358	-23000	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	87907	-156809	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	85456	-153799	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	-150248	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4262	21977	-39202	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	21364	-38450	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	20624	-37562	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	20350	-41219	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10334	-20425	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	77063	-155512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76595	-155199	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	-154852	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19266	-38878	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19149	-38800	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19008	-38713	0	0	0
3	Comp. gl	7763	35850	-64466	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3797	20587	-35227	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19805	94199	-174767	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	92352	-172736	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	-170380	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	23550	-43692	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	23088	-43184	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	22533	-42595	0	0	0
4	Comp. gl	5821	22032	-44825	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	11083	-22030	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	75884	-152978	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75452	-152744	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	-152486	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	18971	-38245	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	18863	-38186	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	18733	-38122	0	0	0
1a	Comp. gl	4617	17489	-36384	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	8584	-17604	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	64560	-133935	0	0	0

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64395	-133900	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	-133866	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16140	-33484	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16099	-33475	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16048	-33467	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	19208	-40847	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9396	-19903	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72380	-153830	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72338	-153838	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	-153850	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18095	-38458	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18084	-38460	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18071	-38462	0	0	0
3	Comp. gl	7762	27716	-57669	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	13816	-28358	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	76654	-160505	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76522	-160497	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	-160493	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	19163	-40126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	19130	-40124	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	19090	-40123	0	0	0
4	Comp. gl	5821	20986	-44660	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	10249	-21731	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	71467	-151873	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71426	-151883	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	-151896	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	17867	-37968	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	17857	-37971	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	17844	-37974	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	14265	-28881	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	7167	-14143	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	53116	-107016	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52789	-106802	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	-106564	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	13279	-26754	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	13197	-26700	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	13099	-26641	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	15485	-32682	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7606	-15933	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58974	-124350	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58902	-124346	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	-124344	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14743	-31087	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14725	-31086	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14703	-31086	0	0	0
3	Comp. gl	6606	25101	-51132	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	12729	-25358	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	65071	-133622	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64825	-133516	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	-133402	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	16268	-33406	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	16206	-33379	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	16132	-33350	0	0	0
4	Comp. gl	4665	17660	-37346	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	8657	-18188	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	59134	-124693	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59066	-124696	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	-124702	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	14784	-31173	0	0	0

	150C1F2 / 150C2F2	3797	14766	-31174	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	14745	-31176	0	0	0
6	Comp. gl	3462	13367	-28666	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	6441	-13813	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	-106010	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	-106010	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	-106010	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12358	-26502	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12358	-26502	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12358	-26502	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	21310	-37236	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	12957	-21716	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	82007	-141781	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	78924	-137584	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	-132522	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	20502	-35445	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	19731	-34396	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	18790	-33131	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	16840	-33512	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	8758	-16916	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	64574	-128000	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63958	-127422	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	-126766	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3194	16143	-32000	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	15990	-31856	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	15805	-31692	0	0	0
3	Comp. gl	6608	34473	-60583	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3240	20451	-34266	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15542	86376	-155950	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84029	-152992	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	-149498	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	21594	-38987	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	21007	-38248	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	20299	-37374	0	0	0
4	Comp. gl	4665	18828	-37773	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	9615	-18753	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	64197	-127187	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63654	-126764	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	-126289	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	16049	-31797	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	15913	-31691	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	15750	-31572	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	20558	-36215	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	12376	-20894	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	78968	-137644	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76148	-133842	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	-129277	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	19742	-34411	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	19037	-33461	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	18179	-32319	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	16694	-33380	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	8631	-16773	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	63967	-127430	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63413	-126933	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	-126371	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3194	15992	-31858	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	15853	-31733	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	15688	-31593	0	0	0
3	Comp. gl	6608	33469	-59363	0	0	0

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3240	19660	-33241	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15541	84063	-153034	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	81935	-150401	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	-147304	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	21016	-38258	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	20484	-37600	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	19843	-36826	0	0	0
4	Comp. gl	4665	18707	-37695	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	9513	-18663	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	63661	-126769	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63171	-126409	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	-126005	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	15915	-31692	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	15793	-31602	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	15645	-31501	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	13901	-28691	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	6860	-13909	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	51614	-106172	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51430	-106098	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	-106018	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12903	-26543	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12857	-26524	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12802	-26505	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	15402	-32684	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7541	-15924	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58633	-124351	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58589	-124355	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	-124361	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14658	-31088	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14647	-31089	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14634	-31090	0	0	0
3	Comp. gl	6606	24590	-50966	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	12311	-25131	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	63933	-133227	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63792	-133198	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	-133169	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	15983	-33307	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	15948	-33299	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	15905	-33292	0	0	0
4	Comp. gl	4665	17581	-37358	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	8598	-18190	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	58808	-124724	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58765	-124732	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	-124742	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	14702	-31181	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	14691	-31183	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	14678	-31185	0	0	0
1a	Comp. gl	4617	17812	-36487	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	8849	-17748	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	65886	-134400	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65601	-134276	17045	65601	134276
	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	-134141	17045	65254	134141
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16472	-33600	4261	16472	33600
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16400	-33569	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16314	-33535	4261	16314	33535
1b	Comp. gl	4615	19287	-40835	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9457	-19902	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72701	-153788	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72634	-153794	17036	72634	153794

	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	-153803	17036	72551	153803
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18175	-38447	4259	18175	38447
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18158	-38448	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18138	-38451	4259	18138	38451
3	Comp. gl	7762	28198	-57773	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	14204	-28522	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	77697	-160698	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77474	-160640	19802	77474	160640
	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	-160581	19802	77203	160581
	150C1F1 / 150C2F1	4951	19424	-40174	4951	19424	40174
	150C1F2 / 150C2F2	4951	19368	-40160	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	19301	-40145	4951	19301	40145
4	Comp. gl	5821	21063	-44642	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	10306	-21724	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	71782	-151815	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71716	-151824	19451	71716	151824
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	-151838	19451	71635	151838
	150C1F1 / 150C2F1	4863	17945	-37954	4863	17945	37954
	150C1F2 / 150C2F2	4863	17929	-37956	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	17909	-37959	4863	17909	37959
6	Comp. gl	5195	18706	-40116	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	9033	-19371	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	-147362	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	-147362	19177	68716	147362
	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	-147362	19177	68716	147362
	150C1F1 / 150C2F1	4794	17179	-36841	4794	17179	36841
	150C1F2 / 150C2F2	4794	17179	-36841	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4794	17179	-36841	4794	17179	36841
1a	Comp. gl	4618	23814	-42605	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	13884	-23705	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	90568	-160135	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	87869	-156762	17045	64395	133900
	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	-152765	17045	64193	133866
	150C1F1 / 150C2F1	4262	22642	-40034	4261	16140	33484
	150C1F2 / 150C2F2	4262	21967	-39190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	21151	-38191	4261	16048	33467
1b	Comp. gl	4615	20473	-41302	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10440	-20522	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	77573	-155875	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77055	-155507	17036	72338	153838
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	-155096	17036	72286	153850
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19393	-38969	4259	18095	38458
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19264	-38877	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19108	-38774	4259	18071	38462
3	Comp. gl	7764	36772	-65513	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3797	21330	-36151	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	96215	-177046	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	94170	-174735	19802	76522	160497
	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	-172045	19802	76360	160493
	150C1F1 / 150C2F1	4951	24054	-44262	4951	19163	40126
	150C1F2 / 150C2F2	4951	23543	-43684	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	22928	-43011	4951	19090	40123
4	Comp. gl	5821	22141	-44877	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	11174	-22095	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	76354	-153254	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75877	-152975	19451	71426	151883
	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	-152666	19451	71375	151896
	150C1F1 / 150C2F1	4863	19088	-38314	4863	17867	37968
	150C1F2 / 150C2F2	4863	18969	-38244	0	0	0

	150C1F3 / 150C2F3	4863	18826	-38167	4863	17844	37974
1a	Comp. gl	4618	23161	-41797	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	13358	-23000	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	87907	-156809	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	85456	-153799	17048	85456	153799
	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	-150248	17048	82496	150248
	150C1F1 / 150C2F1	4262	21977	-39202	4262	21977	39202
	150C1F2 / 150C2F2	4262	21364	-38450	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	20624	-37562	4262	20624	37562
1b	Comp. gl	4615	20350	-41219	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10334	-20425	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	77063	-155512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76595	-155199	17036	76595	155199
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	-154852	17036	76032	154852
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19266	-38878	4259	19266	38878
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19149	-38800	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19008	-38713	4259	19008	38713
3	Comp. gl	7763	35850	-64466	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3797	20587	-35227	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19805	94199	-174767	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	92352	-172736	19805	92352	172736
	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	-170380	19804	90133	170380
	150C1F1 / 150C2F1	4951	23550	-43692	4951	23550	43692
	150C1F2 / 150C2F2	4951	23088	-43184	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	22533	-42595	4951	22533	42595
4	Comp. gl	5821	22032	-44825	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	11083	-22030	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	75884	-152978	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75452	-152744	19451	75452	152744
	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	-152486	19451	74931	152486
	150C1F1 / 150C2F1	4863	18971	-38245	4863	18971	38245
	150C1F2 / 150C2F2	4863	18863	-38186	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	18733	-38122	4863	18733	38122
1a	Comp. gl	4617	17489	-36384	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	8584	-17604	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	64560	-133935	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64395	-133900	17049	87869	156762
	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	-133866	17048	84603	152765
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16140	-33484	4262	22642	40034
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16099	-33475	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16048	-33467	4262	21151	38191
1b	Comp. gl	4615	19208	-40847	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9396	-19903	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72380	-153830	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72338	-153838	17036	77055	155507
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	-153850	17036	76433	155096
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18095	-38458	4259	19393	38969
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18084	-38460	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18071	-38462	4259	19108	38774
3	Comp. gl	7762	27716	-57669	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	13816	-28358	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	76654	-160505	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76522	-160497	19805	94170	174735
0	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	-160493	19805	91711	172045
	150C1F1 / 150C2F1	4951	19163	-40126	4951	24054	44262
	150C1F2 / 150C2F2	4951	19130	-40124	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	19090	-40123	4951	22928	43011
4	Comp. gl	5821	20986	-44660	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	10249	-21731	0	0	0

Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	71467	-151873	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71426	-151883	19451	75877	152975
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	-151896	19451	75302	152666
	150C1F1 / 150C2F1	4863	17867	-37968	4863	19088	38314
	150C1F2 / 150C2F2	4863	17857	-37971	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	17844	-37974	4863	18826	38167
1a	Comp. gl	3462	14265	-28881	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	7167	-14143	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	53116	-107016	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52789	-106802	12781	52789	106802
	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	-106564	12781	52394	106564
	150C1F1 / 150C2F1	3195	13279	-26754	3195	13279	26754
	150C1F2 / 150C2F2	3195	13197	-26700	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	13099	-26641	3195	13099	26641
1b	Comp. gl	3461	15485	-32682	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7606	-15933	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58974	-124350	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58902	-124346	12774	58902	124346
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	-124344	12774	58813	124344
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14743	-31087	3193	14743	31087
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14725	-31086	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14703	-31086	3193	14703	31086
3	Comp. gl	6606	25101	-51132	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	12729	-25358	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	65071	-133622	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64825	-133516	15538	64825	133516
	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	-133402	15538	64529	133402
	150C1F1 / 150C2F1	3885	16268	-33406	3885	16268	33406
	150C1F2 / 150C2F2	3885	16206	-33379	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	16132	-33350	3885	16132	33350
4	Comp. gl	4665	17660	-37346	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	8657	-18188	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	59134	-124693	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59066	-124696	15186	59066	124696
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	-124702	15186	58981	124702
	150C1F1 / 150C2F1	3797	14784	-31173	3797	14784	31173
	150C1F2 / 150C2F2	3797	14766	-31174	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	14745	-31176	3797	14745	31176
6	Comp. gl	3462	13367	-28666	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	6441	-13813	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	-106010	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	-106010	12781	49433	106010
	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	-106010	12781	49433	106010
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12358	-26502	3195	12358	26502
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12358	-26502	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12358	-26502	3195	12358	26502
1a	Comp. gl	3463	21310	-37236	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	12957	-21716	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	82007	-141781	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	78924	-137584	12781	51430	106098
	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	-132522	12781	51207	106018
	150C1F1 / 150C2F1	3196	20502	-35445	3195	12903	26543
	150C1F2 / 150C2F2	3196	19731	-34396	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	18790	-33131	3195	12802	26505
1b	Comp. gl	3461	16840	-33512	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	8758	-16916	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	64574	-128000	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63958	-127422	12774	58589	124355
	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	-126766	12774	58535	124361

	150C1F1 / 150C2F1	3194	16143	-32000	3193	14658	31088
	150C1F2 / 150C2F2	3194	15990	-31856	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	15805	-31692	3193	14634	31090
3	Comp. gl	6608	34473	-60583	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3240	20451	-34266	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15542	86376	-155950	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84029	-152992	15538	63792	133198
	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	-149498	15538	63619	133169
	150C1F1 / 150C2F1	3885	21594	-38987	3885	15983	33307
	150C1F2 / 150C2F2	3885	21007	-38248	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	20299	-37374	3885	15905	33292
4	Comp. gl	4665	18828	-37773	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	9615	-18753	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	64197	-127187	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63654	-126764	15186	58765	124732
	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	-126289	15186	58713	124742
	150C1F1 / 150C2F1	3797	16049	-31797	3797	14702	31181
	150C1F2 / 150C2F2	3797	15913	-31691	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	15750	-31572	3797	14678	31185
1a	Comp. gl	3463	20558	-36215	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	12376	-20894	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	78968	-137644	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76148	-133842	12784	76148	133842
	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	-129277	12784	72715	129277
	150C1F1 / 150C2F1	3196	19742	-34411	3196	19742	34411
	150C1F2 / 150C2F2	3196	19037	-33461	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	18179	-32319	3196	18179	32319
1b	Comp. gl	3461	16694	-33380	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	8631	-16773	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	63967	-127430	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63413	-126933	12774	63413	126933
	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	-126371	12774	62750	126371
	150C1F1 / 150C2F1	3194	15992	-31858	3194	15992	31858
	150C1F2 / 150C2F2	3194	15853	-31733	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	15688	-31593	3194	15688	31593
3	Comp. gl	6608	33469	-59363	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3240	19660	-33241	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15541	84063	-153034	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	81935	-150401	15541	81935	150401
	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	-147304	15541	79370	147304
	150C1F1 / 150C2F1	3885	21016	-38258	3885	21016	38258
	150C1F2 / 150C2F2	3885	20484	-37600	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	19843	-36826	3885	19843	36826
4	Comp. gl	4665	18707	-37695	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	9513	-18663	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	63661	-126769	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63171	-126409	15186	63171	126409
	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	-126005	15186	62582	126005
	150C1F1 / 150C2F1	3797	15915	-31692	3797	15915	31692
	150C1F2 / 150C2F2	3797	15793	-31602	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	15645	-31501	3797	15645	31501
1a	Comp. gl	3462	13901	-28691	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	6860	-13909	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	51614	-106172	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51430	-106098	12785	78924	137584
	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	-106018	12784	75162	132522
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12903	-26543	3196	20502	35445
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12857	-26524	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12802	-26505	3196	18790	33131

1b	Comp. gl	3461	15402	-32684	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7541	-15924	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58633	-124351	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58589	-124355	12774	63958	127422
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	-124361	12774	63221	126766
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14658	-31088	3194	16143	32000
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14647	-31089	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14634	-31090	3194	15805	31692
3	Comp. gl	6606	24590	-50966	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	12311	-25131	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	63933	-133227	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63792	-133198	15541	84029	152992
0	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	-133169	15541	81195	149498
	150C1F1 / 150C2F1	3885	15983	-33307	3885	21594	38987
	150C1F2 / 150C2F2	3885	15948	-33299	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	15905	-33292	3885	20299	37374
4	Comp. gl	4665	17581	-37358	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	8598	-18190	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	58808	-124724	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58765	-124732	15187	63654	126764
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	-124742	15186	63001	126289
	150C1F1 / 150C2F1	3797	14702	-31181	3797	16049	31797
	150C1F2 / 150C2F2	3797	14691	-31183	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	14678	-31185	3797	15750	31572
1a	Comp. gl	4617	17812	-36487	4617	17812	36487
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	8849	-17748	2226	8849	17748
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	65886	-134400	17045	65886	134400
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65601	-134276	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	65254	-134141	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16472	-33600	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16400	-33569	4261	16400	33569
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16314	-33535	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	19287	-40835	4615	19287	40835
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9457	-19902	2225	9457	19902
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72701	-153788	17036	72701	153788
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72634	-153794	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72551	-153803	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18175	-38447	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18158	-38448	4259	18158	38448
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18138	-38451	0	0	0
3	Comp. gl	7762	28198	-57773	7762	28198	57773
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	14204	-28522	3796	14204	28522
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	77697	-160698	19802	77697	160698
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77474	-160640	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	77203	-160581	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	19424	-40174	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	19368	-40160	4951	19368	40160
	150C1F3 / 150C2F3	4951	19301	-40145	0	0	0
4	Comp. gl	5821	21063	-44642	5821	21063	44642
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	10306	-21724	2828	10306	21724
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	71782	-151815	19451	71782	151815
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71716	-151824	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71635	-151838	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	17945	-37954	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	17929	-37956	4863	17929	37956
	150C1F3 / 150C2F3	4863	17909	-37959	0	0	0
6	Comp. gl	5195	18706	-40116	5195	18706	40116
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	9033	-19371	2505	9033	19371
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	19177	68716	-147362	19177	68716	147362

	380C1F2 / 380C2F2	19177	68716	-147362	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19177	68716	-147362	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4794	17179	-36841	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4794	17179	-36841	4794	17179	36841
	150C1F3 / 150C2F3	4794	17179	-36841	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	23814	-42605	4617	17489	36384
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	13884	-23705	2226	8584	17604
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	90568	-160135	17045	64560	133935
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	87869	-156762	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17048	84603	-152765	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4262	22642	-40034	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	21967	-39190	4261	16099	33475
	150C1F3 / 150C2F3	4262	21151	-38191	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	20473	-41302	4615	19208	40847
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10440	-20522	2225	9396	19903
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	77573	-155875	17036	72380	153830
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77055	-155507	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76433	-155096	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19393	-38969	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19264	-38877	4259	18084	38460
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19108	-38774	0	0	0
3	Comp. gl	7764	36772	-65513	7762	27716	57669
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3797	21330	-36151	3796	13816	28358
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	96215	-177046	19802	76654	160505
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	94170	-174735	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19805	91711	-172045	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	24054	-44262	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	23543	-43684	4951	19130	40124
	150C1F3 / 150C2F3	4951	22928	-43011	0	0	0
4	Comp. gl	5821	22141	-44877	5821	20986	44660
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	11174	-22095	2828	10249	21731
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	76354	-153254	19451	71467	151873
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75877	-152975	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	75302	-152666	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	19088	-38314	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	18969	-38244	4863	17857	37971
	150C1F3 / 150C2F3	4863	18826	-38167	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	23161	-41797	4618	23161	41797
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	13358	-23000	2227	13358	23000
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	87907	-156809	17049	87907	156809
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	85456	-153799	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17048	82496	-150248	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4262	21977	-39202	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	21364	-38450	4262	21364	38450
	150C1F3 / 150C2F3	4262	20624	-37562	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	20350	-41219	4615	20350	41219
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	10334	-20425	2225	10334	20425
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	77063	-155512	17036	77063	155512
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76595	-155199	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	76032	-154852	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	19266	-38878	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	19149	-38800	4259	19149	38800
	150C1F3 / 150C2F3	4259	19008	-38713	0	0	0
3	Comp. gl	7763	35850	-64466	7763	35850	64466
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3797	20587	-35227	3797	20587	35227
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19805	94199	-174767	19805	94199	174767
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	92352	-172736	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19804	90133	-170380	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	23550	-43692	0	0	0

	150C1F2 / 150C2F2	4951	23088	-43184	4951	23088	43184
	150C1F3 / 150C2F3	4951	22533	-42595	0	0	0
4	Comp. gl	5821	22032	-44825	5821	22032	44825
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	11083	-22030	2828	11083	22030
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	75884	-152978	19451	75884	152978
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75452	-152744	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	74931	-152486	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	18971	-38245	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	18863	-38186	4863	18863	38186
	150C1F3 / 150C2F3	4863	18733	-38122	0	0	0
1a	Comp. gl	4617	17489	-36384	4618	23814	42605
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	8584	-17604	2227	13884	23705
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	64560	-133935	17049	90568	160135
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64395	-133900	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	64193	-133866	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4261	16140	-33484	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	16099	-33475	4262	21967	39190
	150C1F3 / 150C2F3	4261	16048	-33467	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	19208	-40847	4615	20473	41302
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	9396	-19903	2225	10440	20522
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	72380	-153830	17036	77573	155875
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72338	-153838	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	72286	-153850	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	18095	-38458	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	18084	-38460	4259	19264	38877
	150C1F3 / 150C2F3	4259	18071	-38462	0	0	0
3	Comp. gl	7762	27716	-57669	7764	36772	65513
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	13816	-28358	3797	21330	36151
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	76654	-160505	19806	96215	177046
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76522	-160497	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	76360	-160493	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	19163	-40126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	19130	-40124	4951	23543	43684
	150C1F3 / 150C2F3	4951	19090	-40123	0	0	0
4	Comp. gl	5821	20986	-44660	5821	22141	44877
Construction/maintenanc	GW / opgw	2828	10249	-21731	2828	11174	22095
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	71467	-151873	19451	76354	153254
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71426	-151883	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	71375	-151896	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	17867	-37968	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	17857	-37971	4863	18969	38244
	150C1F3 / 150C2F3	4863	17844	-37974	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	14265	-28881	3462	14265	28881
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	7167	-14143	1669	7167	14143
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	53116	-107016	12781	53116	107016
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52789	-106802	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	52394	-106564	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	13279	-26754	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	13197	-26700	3195	13197	26700
	150C1F3 / 150C2F3	3195	13099	-26641	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	15485	-32682	3461	15485	32682
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7606	-15933	1668	7606	15933
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58974	-124350	12774	58974	124350
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58902	-124346	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58813	-124344	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14743	-31087	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14725	-31086	3193	14725	31086
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14703	-31086	0	0	0
3	Comp. gl	6606	25101	-51132	6606	25101	51132

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	12729	-25358	3239	12729	25358
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	65071	-133622	15538	65071	133622
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64825	-133516	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	-133402	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	16268	-33406	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	16206	-33379	3885	16206	33379
	150C1F3 / 150C2F3	3885	16132	-33350	0	0	0
4	Comp. gl	4665	17660	-37346	4665	17660	37346
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	8657	-18188	2271	8657	18188
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	59134	-124693	15186	59134	124693
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59066	-124696	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	-124702	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	14784	-31173	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	14766	-31174	3797	14766	31174
	150C1F3 / 150C2F3	3797	14745	-31176	0	0	0
6	Comp. gl	3462	13367	-28666	3462	13367	28666
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	6441	-13813	1669	6441	13813
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	-106010	12781	49433	106010
	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	-106010	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	-106010	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12358	-26502	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12358	-26502	3195	12358	26502
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12358	-26502	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	21310	-37236	3462	13901	28691
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	12957	-21716	1669	6860	13909
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	82007	-141781	12781	51614	106172
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	78924	-137584	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	-132522	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	20502	-35445	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	19731	-34396	3195	12857	26524
	150C1F3 / 150C2F3	3196	18790	-33131	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	16840	-33512	3461	15402	32684
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	8758	-16916	1668	7541	15924
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	64574	-128000	12774	58633	124351
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63958	-127422	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	-126766	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3194	16143	-32000	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	15990	-31856	3193	14647	31089
	150C1F3 / 150C2F3	3194	15805	-31692	0	0	0
3	Comp. gl	6608	34473	-60583	6606	24590	50966
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3240	20451	-34266	3238	12311	25131
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15542	86376	-155950	15538	63933	133227
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84029	-152992	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	-149498	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	21594	-38987	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	21007	-38248	3885	15948	33299
	150C1F3 / 150C2F3	3885	20299	-37374	0	0	0
4	Comp. gl	4665	18828	-37773	4665	17581	37358
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	9615	-18753	2271	8598	18190
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	64197	-127187	15186	58808	124724
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63654	-126764	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	-126289	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	16049	-31797	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	15913	-31691	3797	14691	31183
	150C1F3 / 150C2F3	3797	15750	-31572	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	20558	-36215	3463	20558	36215
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	12376	-20894	1670	12376	20894
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	78968	-137644	12785	78968	137644
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76148	-133842	0	0	0

	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	-129277	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	19742	-34411	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	19037	-33461	3196	19037	33461
	150C1F3 / 150C2F3	3196	18179	-32319	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	16694	-33380	3461	16694	33380
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	8631	-16773	1668	8631	16773
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	63967	-127430	12774	63967	127430
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63413	-126933	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	-126371	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3194	15992	-31858	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	15853	-31733	3194	15853	31733
	150C1F3 / 150C2F3	3194	15688	-31593	0	0	0
3	Comp. gl	6608	33469	-59363	6608	33469	59363
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3240	19660	-33241	3240	19660	33241
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15541	84063	-153034	15541	84063	153034
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	81935	-150401	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	-147304	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	21016	-38258	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	20484	-37600	3885	20484	37600
	150C1F3 / 150C2F3	3885	19843	-36826	0	0	0
4	Comp. gl	4665	18707	-37695	4665	18707	37695
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	9513	-18663	2271	9513	18663
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	63661	-126769	15187	63661	126769
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63171	-126409	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	-126005	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	15915	-31692	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	15793	-31602	3797	15793	31602
	150C1F3 / 150C2F3	3797	15645	-31501	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	13901	-28691	3463	21310	37236
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	6860	-13909	1670	12957	21716
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	51614	-106172	12785	82007	141781
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51430	-106098	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	-106018	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	12903	-26543	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	12857	-26524	3196	19731	34396
	150C1F3 / 150C2F3	3195	12802	-26505	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	15402	-32684	3461	16840	33512
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	7541	-15924	1668	8758	16916
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	58633	-124351	12774	64574	128000
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58589	-124355	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	-124361	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3193	14658	-31088	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	14647	-31089	3194	15990	31856
	150C1F3 / 150C2F3	3193	14634	-31090	0	0	0
3	Comp. gl	6606	24590	-50966	6608	34473	60583
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	12311	-25131	3240	20451	34266
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	63933	-133227	15542	86376	155950
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63792	-133198	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	-133169	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	15983	-33307	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	15948	-33299	3885	21007	38248
	150C1F3 / 150C2F3	3885	15905	-33292	0	0	0
4	Comp. gl	4665	17581	-37358	4665	18828	37773
Construction/maintenanc	GW / opgw	2271	8598	-18190	2271	9615	18753
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	58808	-124724	15187	64197	127187
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58765	-124732	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	-124742	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	14702	-31181	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	14691	-31183	3797	15913	31691
	150C1F3 / 150C2F3	3797	14678	-31185	0	0	0

W4H400Z+5 TOWER APPENDIX: Y2

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	3847	15792	31671	3847	15792	-31671
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1855	8009	15602	1855	8009	-15602
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14202	58785	117229	14202	58785	-117229
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58345	116911	14202	58345	-116911
	380C1F3 / 380C2F3	14202	57816	116556	14202	57816	-116556
	150C1F1 / 150C2F1	3551	14696	29307	3551	14696	-29307
	150C1F2 / 150C2F2	3551	14586	29228	3551	14586	-29228
	150C1F3 / 150C2F3	3551	14454	29139	3551	14454	-29139
1b	Comp. gl	3845	16749	35479	3845	16749	-35479
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	8209	17289	1854	8209	-17289
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14194	63525	134464	14194	63525	-134464
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63469	134468	14194	63469	-134468
	380C1F3 / 380C2F3	14194	63399	134474	14194	63399	-134474
	150C1F1 / 150C2F1	3549	15881	33616	3549	15881	-33616
	150C1F2 / 150C2F2	3549	15867	33617	3549	15867	-33617
	150C1F3 / 150C2F3	3549	15850	33619	3549	15850	-33619
3	Comp. gl	13213	41150	85996	13213	41150	-85996
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6530	20619	42601	6530	20619	-42601
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22419	84563	176410	22419	84563	-176410
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84393	176393	22419	84393	-176393
	380C1F3 / 380C2F3	22419	84184	176381	22419	84184	-176381
	150C1F1 / 150C2F1	5605	21141	44102	5605	21141	-44102
	150C1F2 / 150C2F2	5605	21098	44098	5605	21098	-44098
	150C1F3 / 150C2F3	5605	21046	44095	5605	21046	-44095
4	Comp. gl	4850	18179	38547	4850	18179	-38547
Construction/maintenanc	GW / opgw	2356	8887	18744	2356	8887	-18744
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16206	62083	131371	16206	62083	-131371
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62028	131378	16206	62028	-131378
	380C1F3 / 380C2F3	16206	61960	131388	16206	61960	-131388
	150C1F1 / 150C2F1	4052	15521	32843	4052	15521	-32843
	150C1F2 / 150C2F2	4052	15507	32844	4052	15507	-32844
	150C1F3 / 150C2F3	4052	15490	32847	4052	15490	-32847
1a	Comp. gl	3847	15304	31383	3849	25141	-43062
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1855	7595	15258	1856	15557	-25580
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14202	56772	115961	14208	96926	-164152
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56527	115846	14208	92953	-158730
	380C1F3 / 380C2F3	14202	56231	115721	14207	88077	-152129
	150C1F1 / 150C2F1	3551	14193	28990	3552	24231	-41038
	150C1F2 / 150C2F2	3551	14132	28961	3552	23238	-39682
	150C1F3 / 150C2F3	3551	14058	28930	3552	22019	-38032
1b	Comp. gl	3845	16682	35488	3846	17755	-35908
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	8158	17289	1854	9047	-17847
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14194	63255	134495	14195	67668	-136382
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63220	134501	14195	67225	-136050
	380C1F3 / 380C2F3	14194	63177	134510	14195	66693	-135679
	150C1F1 / 150C2F1	3549	15814	33624	3549	16917	-34096
	150C1F2 / 150C2F2	3549	15805	33625	3549	16806	-34013
	150C1F3 / 150C2F3	3549	15794	33628	3549	16673	-33920

3	Comp. gl	13213	40808	86040	13214	46287	-88135
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6530	20359	42602	6531	24810	-45208
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22419	83757	176384	22421	97961	-185669
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83653	176391	22421	96495	-184254
	380C1F3 / 380C2F3	22419	83526	176403	22420	94735	-182634
	150C1F1 / 150C2F1	5605	20939	44096	5605	24490	-46417
	150C1F2 / 150C2F2	5605	20913	44098	5605	24124	-46063
	150C1F3 / 150C2F3	5605	20881	44101	5605	23684	-45658
4	Comp. gl	4850	18115	38561	4850	19090	-38769
Construction/maintenanc	GW / opgw	2356	8839	18750	2356	9623	-19080
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16206	61820	131416	16207	65954	-132701
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61786	131424	16207	65548	-132450
	380C1F3 / 380C2F3	16206	61743	131435	16207	65059	-132172
	150C1F1 / 150C2F1	4052	15455	32854	4052	16488	-33175
	150C1F2 / 150C2F2	4052	15446	32856	4052	16387	-33112
	150C1F3 / 150C2F3	4052	15436	32859	4052	16265	-33043
1a	Comp. gl	3848	24165	41727	3848	24165	-41727
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1856	14822	24546	1856	14822	-24546
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14208	93010	158807	14208	93010	-158807
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	89359	153857	14207	89359	-153857
	380C1F3 / 380C2F3	14206	84889	147858	14206	84889	-147858
	150C1F1 / 150C2F1	3552	23253	39702	3552	23253	-39702
	150C1F2 / 150C2F2	3552	22340	38464	3552	22340	-38464
	150C1F3 / 150C2F3	3552	21222	36964	3552	21222	-36964
1b	Comp. gl	3846	17650	35833	3846	17650	-35833
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	8956	17760	1854	8956	-17760
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14195	67231	136055	14195	67231	-136055
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66831	135772	14195	66831	-135772
	380C1F3 / 380C2F3	14195	66351	135458	14195	66351	-135458
	150C1F1 / 150C2F1	3549	16808	34014	3549	16808	-34014
	150C1F2 / 150C2F2	3549	16708	33943	3549	16708	-33943
	150C1F3 / 150C2F3	3549	16588	33865	3549	16588	-33865
3	Comp. gl	13214	45753	87767	13214	45753	-87767
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6531	24365	44814	6531	24365	-44814
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22421	96515	184273	22421	96515	-184273
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95194	183047	22420	95194	-183047
	380C1F3 / 380C2F3	22420	93607	181648	22420	93607	-181648
	150C1F1 / 150C2F1	5605	24129	46068	5605	24129	-46068
	150C1F2 / 150C2F2	5605	23798	45762	5605	23798	-45762
	150C1F3 / 150C2F3	5605	23402	45412	5605	23402	-45412
4	Comp. gl	4850	18997	38722	4850	18997	-38722
Construction/maintenanc	GW / opgw	2356	9545	19023	2356	9545	-19023
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16207	65554	132453	16207	65554	-132453
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65187	132241	16207	65187	-132241
	380C1F3 / 380C2F3	16206	64744	132009	16206	64744	-132009
	150C1F1 / 150C2F1	4052	16388	33113	4052	16388	-33113
	150C1F2 / 150C2F2	4052	16297	33060	4052	16297	-33060
	150C1F3 / 150C2F3	4052	16186	33002	4052	16186	-33002
1a	Comp. gl	3849	25141	43062	3847	15304	-31383
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1856	15557	25580	1855	7595	-15258
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14208	96926	164152	14202	56772	-115961
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	92953	158730	14202	56527	-115846
	380C1F3 / 380C2F3	14207	88077	152129	14202	56231	-115721
	150C1F1 / 150C2F1	3552	24231	41038	3551	14193	-28990
	150C1F2 / 150C2F2	3552	23238	39682	3551	14132	-28961
	150C1F3 / 150C2F3	3552	22019	38032	3551	14058	-28930
1b	Comp. gl	3846	17755	35908	3845	16682	-35488
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	9047	17847	1854	8158	-17289
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14195	67668	136382	14194	63255	-134495

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67225	136050	14194	63220	-134501
	380C1F3 / 380C2F3	14195	66693	135679	14194	63177	-134510
	150C1F1 / 150C2F1	3549	16917	34096	3549	15814	-33624
	150C1F2 / 150C2F2	3549	16806	34013	3549	15805	-33625
	150C1F3 / 150C2F3	3549	16673	33920	3549	15794	-33628
3	Comp. gl	13214	46287	88135	13213	40808	-86040
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6531	24810	45208	6530	20359	-42602
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22421	97961	185669	22419	83757	-176384
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	96495	184254	22419	83653	-176391
0	380C1F3 / 380C2F3	22420	94735	182634	22419	83526	-176403
	150C1F1 / 150C2F1	5605	24490	46417	5605	20939	-44096
	150C1F2 / 150C2F2	5605	24124	46063	5605	20913	-44098
	150C1F3 / 150C2F3	5605	23684	45658	5605	20881	-44101
4	Comp. gl	4850	19090	38769	4850	18115	-38561
Construction/maintenanc	GW / opgw	2356	9623	19080	2356	8839	-18750
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16207	65954	132701	16206	61820	-131416
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65548	132450	16206	61786	-131424
	380C1F3 / 380C2F3	16207	65059	132172	16206	61743	-131435
	150C1F1 / 150C2F1	4052	16488	33175	4052	15455	-32854
	150C1F2 / 150C2F2	4052	16387	33112	4052	15446	-32856
	150C1F3 / 150C2F3	4052	16265	33043	4052	15436	-32859

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W4H400ZA(+10)"

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	15 - 05 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-Mast nummers verwijderd	07 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	
03-Travers lengte 150 kV en bliksemgeleider gewijzigd	14 - 02 - 14	ing. Miko Hakhverdian	14-2-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W4H400ZA(+10)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	13
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening crossbeam - trekisolatoren 150 kV	55
9.1.1 Berekening clip crossbeam	58
9.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	60
9.2.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 49m hoogte	61
9.2.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 40,5m hoogte	73
9.2.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32m hoogte	78
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad	83
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	85
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)	86
9.3.3 Berekening deling van de steunarm	89
9.4 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"	90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast	95
9.4.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider"	96
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte)	98
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting	100
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8	101
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting	103
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast	105
9.8 Berekening versterking deur	108

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage AL, AL1 en AL2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4H400ZA(+10) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W4H400ZA(+10) zijn de bijlage AL en AL1 (berekening maststerkte) en bijlage AL2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 63,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,758 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten van 17,10m, 22,80m en 23,10 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en retourstroomgeleider) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 november 2013.
Voor het masttype W4H400ZA(+10) zijn de bijlage AL en AL1 (berekening maststerkte) en bijlage AL2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), tabel 4.2.11/NL.3 voor de SPLS- toestand (Special limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W4H400ZA(+10)"

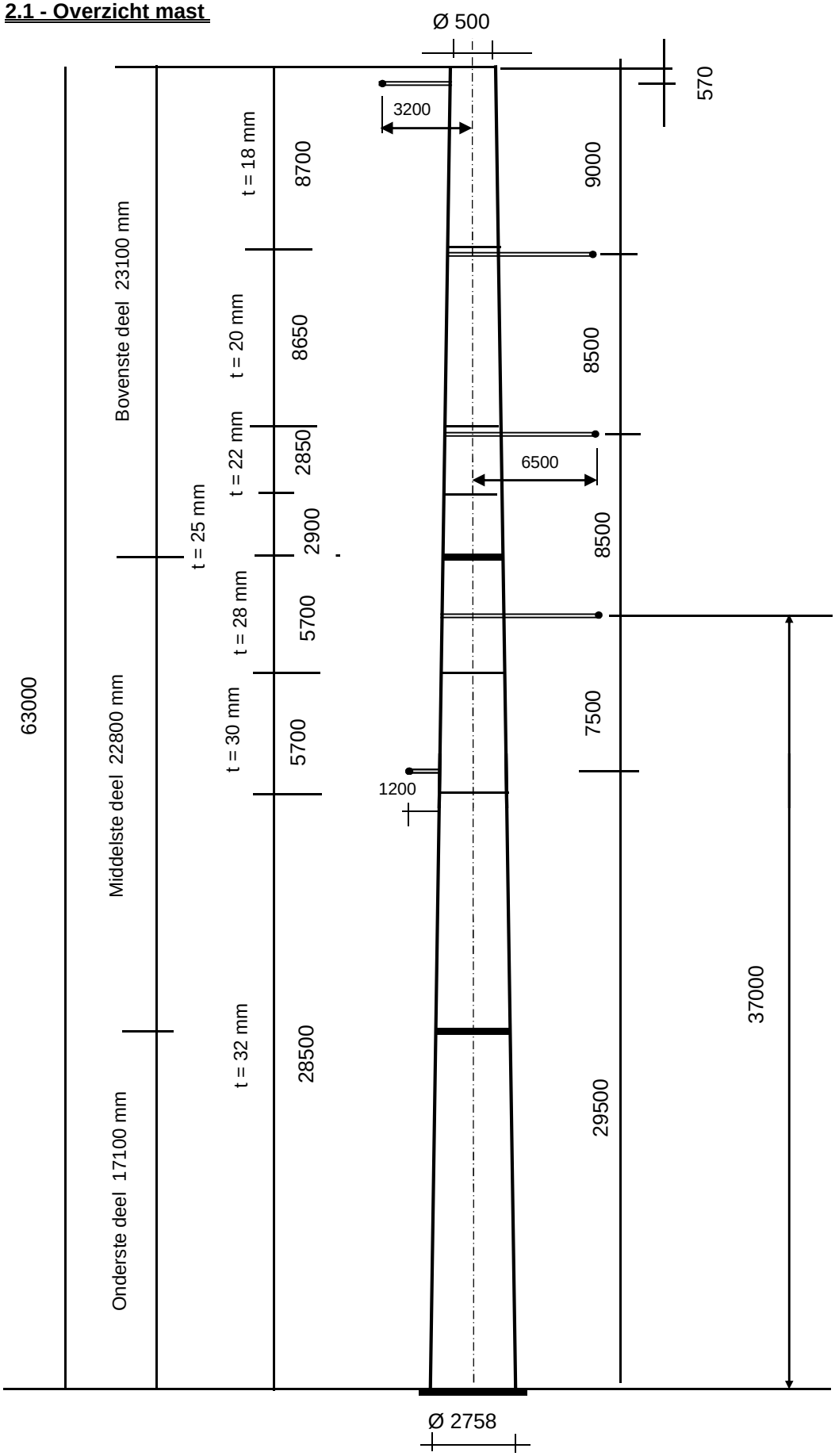
Berekening

W4H400ZA+10 (Afstap 150 kV)

63,0 m - 2758 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4H400ZA(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,629

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	520	500	n.v.t.	2	1	62,72
2	2330	604	520	n.v.t.	2	1	61,27
3	2900	708	604	n.v.t.	2	1	58,65
4	2900	812	708	n.v.t.	2	1	55,75
5	300	823	812	n.v.t.	2	1	54,15
6	2600	916	823	n.v.t.	2	1	52,70
7	2900	1020	916	n.v.t.	2	1	49,95
8	2850	1122	1020	n.v.t.	2	1	47,08
9	150	1127	1122	n.v.t.	2	1	45,58
10	2700	1224	1127	n.v.t.	2	1	44,15
11	2900	1328	1224	n.v.t.	2	1	41,35
12	2850	1430	1328	n.v.t.	2	1	38,48
13	50	1432	1430	n.v.t.	2	1	37,03
14	2800	1532	1432	n.v.t.	2	1	35,60
15	2850	1634	1532	n.v.t.	2	1	32,78
16	1850	1701	1634	n.v.t.	2	1	30,43
17	1000	1737	1701	n.v.t.	2	1	29,00
18	2850	1839	1737	n.v.t.	2	1	27,08
19	2850	1941	1839	n.v.t.	2	1	24,23
20	2850	2043	1941	n.v.t.	2	1	21,38
21	2850	2145	2043	n.v.t.	2	1	18,53
22	2920	2250	2145	n.v.t.	2	1	15,64
23	2820	2351	2250	n.v.t.	2	1	12,77
24	2820	2452	2351	n.v.t.	2	1	9,95
25	2820	2553	2452	n.v.t.	2	1	7,13
26	2820	2654	2553	n.v.t.	2	1	4,31
27	2900	2758	2654	n.v.t.	2	1	1,45
	63000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	510	18,0	27834	218,50	8,44E+08	174,14	3,31E+06
2	562	18,0	30773	241,57	1,14E+09	192,50	4,06E+06
3	656	18,0	36073	283,17	1,84E+09	225,62	5,60E+06
4	760	18,0	41951	329,31	2,89E+09	262,36	7,60E+06
5	817	20,0	50089	393,20	3,98E+09	281,94	9,74E+06
6	869	20,0	53355	418,83	4,81E+09	300,31	1,11E+07
7	968	20,0	59548	467,45	6,69E+09	335,15	1,38E+07
8	1071	20,0	66022	518,27	9,12E+09	371,57	1,70E+07
9	1125	22,0	76202	598,18	1,16E+10	389,88	2,06E+07
10	1176	22,0	79732	625,89	1,33E+10	407,94	2,26E+07
11	1276	25,0	98250	771,27	1,92E+10	442,37	3,01E+07
12	1379	28,0	118841	932,90	2,71E+10	477,76	3,93E+07
13	1431	28,0	123412	968,79	3,04E+10	496,13	4,25E+07
14	1482	28,0	127905	1004,05	3,38E+10	514,18	4,56E+07
15	1583	30,0	146395	1149,20	4,42E+10	549,28	5,58E+07
16	1668	30,0	154334	1211,52	5,17E+10	579,05	6,21E+07
17	1719	30,0	159147	1249,30	5,67E+10	597,11	6,60E+07
18	1788	32,0	176492	1385,46	6,80E+10	620,80	7,61E+07
19	1890	32,0	186761	1466,07	8,06E+10	656,91	8,53E+07
20	1992	32,0	197030	1546,68	9,46E+10	693,02	9,50E+07
21	2094	32,0	207299	1627,30	1,10E+11	729,13	1,05E+08
22	2197	32,0	217694	1708,90	1,28E+11	765,68	1,16E+08
23	2300	32,0	228035	1790,08	1,47E+11	802,05	1,28E+08
24	2401	32,0	238196	1869,84	1,67E+11	837,78	1,39E+08
25	2502	32,0	248357	1949,60	1,90E+11	873,51	1,51E+08
26	2604	32,0	258518	2029,36	2,14E+11	909,24	1,64E+08
27	2706	32,0	268823	2110,26	2,40E+11	945,48	1,78E+08

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	63000	1 -- 2	1	570	2,78E+04	8,44E+08
2	62430	2 -- 3	2	2330	3,08E+04	1,14E+09
3	60100	3 -- 4	3	2900	3,61E+04	1,84E+09
4	57200	4 -- 5	4	2900	4,20E+04	2,89E+09
5	54300	5 -- 6	5	300	5,01E+04	3,98E+09
6	54000	6 -- 7	6	2600	5,34E+04	4,81E+09
7	51400	7 -- 8	7	2900	5,95E+04	6,69E+09
8	48500	8 -- 9	8	2850	6,60E+04	9,12E+09
9	45650	9 -- 10	9	150	7,62E+04	1,16E+10
10	45500	10 -- 11	10	2700	7,97E+04	1,33E+10
11	42800	11 -- 12	11	2900	9,83E+04	1,92E+10
12	39900	12 -- 13	12	2850	1,19E+05	2,71E+10
13	37050	13 -- 14	13	50	1,23E+05	3,04E+10
14	37000	14 -- 15	14	2800	1,28E+05	3,38E+10
15	34200	15 -- 16	15	2850	1,46E+05	4,42E+10
16	31350	16 -- 17	16	1850	1,54E+05	5,17E+10
17	29500	17 -- 18	17	1000	1,59E+05	5,67E+10
18	28500	18 -- 19	18	2850	1,76E+05	6,80E+10
19	25650	19 -- 20	19	2850	1,87E+05	8,06E+10
20	22800	20 -- 21	20	2850	1,97E+05	9,46E+10
21	19950	21 -- 22	21	2850	2,07E+05	1,10E+11
22	17100	22 -- 23	22	2920	2,18E+05	1,28E+11
23	14180	23 -- 24	23	2820	2,28E+05	1,47E+11
24	11360	24 -- 25	24	2820	2,38E+05	1,67E+11
25	8540	25 -- 26	25	2820	2,48E+05	1,90E+11
26	5720	26 -- 27	26	2820	2,59E+05	2,14E+11
27	2900	27 -- 28	27	2900	2,69E+05	2,40E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	62,72	0,21	1,20	32,49	0,17	1463
2	61,27	0,21	1,20	32,36	0,17	1455
3	58,65	0,21	1,19	32,11	0,18	1439
4	55,75	0,21	1,18	31,83	0,18	1420
5	54,15	0,21	1,17	31,66	0,18	1410
6	52,70	0,21	1,17	31,51	0,18	1400
7	49,95	0,21	1,16	31,21	0,18	1380
8	47,08	0,21	1,14	30,87	0,18	1359
9	45,58	0,21	1,14	30,69	0,18	1348
10	44,15	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
11	41,35	0,21	1,12	30,14	0,19	1313
12	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
13	37,03	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
14	35,60	0,21	1,08	29,29	0,19	1261
15	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
16	30,43	0,21	1,05	28,40	0,20	1207
17	29,00	0,21	1,04	28,13	0,20	1190
18	27,08	0,21	1,03	27,74	0,20	1167
19	24,23	0,21	1,00	27,12	0,21	1130
20	21,38	0,21	0,98	26,41	0,21	1089
21	18,53	0,21	0,95	25,60	0,22	1043
22	15,64	0,21	0,91	24,64	0,23	989
23	12,77	0,21	0,87	23,50	0,24	926
24	9,95	0,21	0,82	22,09	0,26	851
25	7,13	0,21	0,75	20,20	0,28	755
26	4,31	0,21	0,64	17,36	0,33	618
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ ge-leiders-N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1331	400	0,40	0,00	2,10E-02	757,88
2	2 -- 3	5978	3368	5,10	0,61	2,10E-02	745,88
3	3 -- 4	8647		11,08	19,45	2,10E-02	696,91
4	4 -- 5	9985		19,72	64,12	2,07E-02	636,48
5	5 -- 6	1225		29,71	135,80	2,02E-02	577,15
6	6 -- 7	11280	32095	63,03	144,89	2,01E-02	571,10
7	7 -- 8	13991		74,31	323,43	1,95E-02	519,40
8	8 -- 9	15198		88,30	559,22	1,86E-02	463,91
9	9 -- 10	920		103,50	832,53	1,76E-02	412,14
10	10 -- 11	17304	33263	137,68	848,12	1,76E-02	409,50
11	11 -- 12	22802		154,98	1243,22	1,66E-02	363,36
12	12 -- 13	27015	7332	185,12	1725,74	1,55E-02	316,82
13	13 -- 14	492		212,13	2291,82	1,45E-02	274,03
14	14 -- 15	28534	34446	247,07	2302,44	1,45E-02	273,31
15	15 -- 16	33180		275,61	3034,19	1,34E-02	234,19
16	16 -- 17	22691		308,79	3866,95	1,24E-02	197,39
17	17 -- 18	12643	6767	338,24	4459,19	1,17E-02	175,16
18	18 -- 19	39913		350,89	4803,76	1,13E-02	163,70
19	19 -- 20	42211		390,80	5860,66	1,02E-02	133,05
20	20 -- 21	44508		433,01	7034,59	9,12E-03	105,47
21	21 -- 22	46805		477,52	8332,10	8,02E-03	81,00
22	22 -- 23	50338	29558	553,88	9759,72	6,91E-03	59,69
23	23 -- 24	50903		604,22	11450,55	5,75E-03	41,16
24	24 -- 25	53152		655,12	13226,23	4,62E-03	26,49
25	25 -- 26	55402		708,28	15148,62	3,49E-03	15,01
26	26 -- 27	57651		763,68	17224,07	2,34E-03	6,77
27	27 -- 28	61633		821,33	19458,93	1,19E-03	1,76
28			29042	912,00	21930,15	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht flenzen+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,1	40,0	0,758	1279,09	98,217
2	2 -- 3	597,8	336,8	0,746	6695,34	498,507
3	3 -- 4	864,7		0,697	5655,38	384,344
4	4 -- 5	998,5		0,636	5943,97	367,676
5	5 -- 6	122,5		0,577	689,72	40,366
6	6 -- 7	1128,0	3209,5	0,571	24014,92	1382,164
7	7 -- 8	1399,1		0,519	6748,03	338,195
8	8 -- 9	1519,8		0,464	6530,71	291,601
9	9 -- 10	92,0		0,412	370,68	15,523
10	10 -- 11	1730,4	3326,3	0,410	19922,17	816,193
11	11 -- 12	2280,2		0,363	7607,31	263,728
12	12 -- 13	2701,5	733,2	0,317	10108,22	309,375
13	13 -- 14	49,2		0,274	132,06	3,684
14	14 -- 15	2853,4	3444,6	0,273	16338,42	441,030
15	15 -- 16	3318,0		0,234	7023,89	154,506
16	16 -- 17	2269,1		0,197	4146,38	78,733
17	17 -- 18	1264,3	676,7	0,175	3264,24	57,056
18	18 -- 19	3991,3		0,164	5809,53	87,867
19	19 -- 20	4221,1		0,133	4938,34	60,035
20	20 -- 21	4450,8		0,105	4070,76	38,688
21	21 -- 22	4680,5		0,081	3229,84	23,159
22	22 -- 23	5033,8	2955,8	0,060	4220,58	23,327
23	23 -- 24	5090,3		0,041	1688,94	5,823
24	24 -- 25	5315,2		0,026	1082,00	2,289
25	25 -- 26	5540,2		0,015	591,86	0,657
26	26 -- 27	5765,1		0,007	241,01	0,105
27	27 -- 28	6163,3		0,002	53,13	0,005
28			2904,2	0,000	0,00	0,000
				Som	152396	5783

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,82	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	895	0,992	0,570	0,56	501,90	0,57
2 -- 3	257	0,952	2,330	2,11	541,63	2,22
3 -- 4	298	0,880	2,900	2,24	669,14	2,55
4 -- 5	344	0,801	2,900	1,86	640,12	2,32
5 -- 6	11107	0,758	0,300	0,17	1912,15	0,23
6 -- 7	434	0,719	2,600	1,35	583,84	1,87
7 -- 8	482	0,649	2,900	1,22	588,80	1,88
8 -- 9	533	0,578	2,850	0,95	507,68	1,65
9 -- 10	22788	0,542	0,150	0,04	1004,40	0,08
10 -- 11	641	0,510	2,700	0,70	449,88	1,38
11 -- 12	1039	0,449	2,900	0,58	606,80	1,30
12 -- 13	948	0,390	2,850	0,43	410,49	1,11
13 -- 14	69877	0,361	0,050	0,01	455,57	0,02
14 -- 15	1019	0,335	2,800	0,31	319,87	0,94
15 -- 16	1164	0,285	2,850	0,23	268,99	0,81
16 -- 17	1592	0,246	1,850	0,11	177,96	0,45
17 -- 18	1264	0,224	1,000	0,05	63,19	0,22
18 -- 19	1400	0,196	2,850	0,11	152,98	0,56
19 -- 20	1481	0,157	2,850	0,07	104,52	0,45
20 -- 21	1562	0,123	2,850	0,04	67,36	0,35
21 -- 22	2679	0,093	2,850	0,02	65,78	0,26
22 -- 23	1724	0,067	2,920	0,01	22,28	0,19
23 -- 24	1805	0,045	2,820	0,01	10,14	0,13
24 -- 25	1885	0,027	2,820	0,00	3,98	0,08
25 -- 26	1965	0,014	2,820	0,00	1,14	0,04
26 -- 27	2044	0,006	2,820	0,00	0,18	0,02
27 -- 28	3127	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	63,00	13,21	10130,77	21,68

m_e = 10130,8 / 13,2 = 766,9 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,82	Hz
b =	1,63	m
h =	63,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,80	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	112,35	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,058	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,070	
$v_m(z_s)$ =	29,63	m/s
$v_m(z)$ =	32,52	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,82
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,52
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,98
G_y =	0,5
G_z =	0,28

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,15
R^2 =	0,72
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,62 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,61

$c_s c_d$ = 1,09

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,39	1,65E+06	0,80	0,81	0,65
2	48,25	1,81E+06	0,80	0,81	0,65
3	47,98	2,10E+06	0,80	0,81	0,65
4	47,67	2,41E+06	0,80	0,81	0,64
5	47,49	2,59E+06	0,80	0,81	0,64
6	47,32	2,74E+06	0,80	0,81	0,64
7	47,00	3,03E+06	0,79	0,81	0,64
8	46,63	3,33E+06	0,79	0,81	0,64
9	46,43	3,48E+06	0,79	0,81	0,64
10	46,24	3,62E+06	0,79	0,81	0,64
11	45,83	3,90E+06	0,79	0,81	0,64
12	45,39	4,17E+06	0,79	0,81	0,64
13	45,15	4,31E+06	0,79	0,81	0,64
14	44,91	4,44E+06	0,79	0,81	0,64
15	44,40	4,69E+06	0,79	0,81	0,64
16	43,94	4,88E+06	0,79	0,81	0,64
17	43,64	5,00E+06	0,79	0,81	0,64
18	43,22	5,15E+06	0,79	0,81	0,64
19	42,52	5,36E+06	0,79	0,81	0,63
20	41,74	5,54E+06	0,78	0,81	0,63
21	40,84	5,70E+06	0,78	0,81	0,63
22	39,78	5,83E+06	0,78	0,81	0,63
23	38,49	5,90E+06	0,78	0,81	0,63
24	36,90	5,91E+06	0,78	0,81	0,63
25	34,75	5,80E+06	0,77	0,81	0,62
26	31,43	5,46E+06	0,77	0,81	0,62
27	30,93	5,58E+06	0,77	0,81	0,62

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	62,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - AL, AL1 en AL2		
1e traverse - 380C1F1	54,00	1			
1e traverse - 150C1F1	54,00	1			
2e traverse - 380C1F2	45,50	1			
2e traverse - 150C1F2	45,50	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
3e traverse - 150C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	62,43	3,200
1e traverse - 380C1F1	54,00	0,000
1e traverse - 150C1F1	54,00	6,500
2e traverse - 380C1F2	45,50	0,000
2e traverse - 150C1F2	45,50	6,500
3e traverse - 380C1F3	37,00	0,000
3e traverse - 150C1F3	37,00	6,500
Retourstroomgeleider	29,50	2,119

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	62,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	54,00	1			
1e traverse - 150C1F1	54,00	1			
2e traverse - 380C1F2	45,50	1			
2e traverse - 150C1F2	45,50	1			
3e traverse - 380C1F3	37,00	1			
3e traverse - 150C1F3	37,00	1			
Retourstroomgeleider	29,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1245	86	1331	0,188	0,068	409	0,718
2	5629	350	5978	0,847	0,280	1786	0,767
3	8212	435	8647	1,227	0,348	2471	0,852
4	9550	435	9985	1,419	0,348	2736	0,943
5	1180	45	1225	0,158	0,036	298	0,992
6	10890	390	11280	1,452	0,312	2693	1,036
7	13556	435	13991	1,801	0,348	3235	1,115
8	14771	428	15198	1,956	0,342	3405	1,195
9	897	23	920	0,108	0,018	185	1,234
10	16899	405	17304	2,032	0,324	3432	1,271
11	22367	435	22802	2,365	0,348	3885	1,339
12	26588	428	27015	2,509	0,342	4003	1,405
13	484	8	492	0,046	0,006	72	1,435
14	28114	420	28534	2,646	0,336	4099	1,464
15	32752	428	33180	2,874	0,342	4320	1,516
16	22413	278	22691	1,962	0,222	2874	1,553
17	12493	150	12643	1,092	0,120	1574	1,574
18	39486	428	39913	3,236	0,342	4553	1,598
19	41783	428	42211	3,415	0,342	4630	1,624
20	44081	428	44508	3,594	0,342	4673	1,640
21	46378	428	46805	3,772	0,342	4676	1,641
22	49900	438	50338	4,046	0,350	4741	1,624
23	50480	423	50903	4,080	0,338	4462	1,582
24	52729	423	53152	4,246	0,338	4253	1,508
25	54979	423	55402	4,404	0,338	3902	1,384
26	57228	423	57651	4,547	0,338	3289	1,166
27	61198	435	61633	4,854	0,348	3392	1,170
	726280	9450	735730	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	84046

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state / Special limit state)

			ULS		SpLS	
knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 3 in N
1	1 -- 2	2802	480	480	480	480
2	2 -- 3	3079	4074	16478	2295	3906
3	3 -- 4	3578				
4	4 -- 5	4132				
5	5 -- 6	4898				
6	6 -- 7	5206	38913	61673	26408	30371
7	7 -- 8	5789				
8	8 -- 9	6399				
9	9 -- 10	7358				
10	10 -- 11	7691	40255	63552	27644	31607
11	11 -- 12	9435				
12	12 -- 13	11375	8799	8799	8799	8799
13	13 -- 14	11805				
14	14 -- 15	12229	41613	65455	28895	32855
15	15 -- 16	13970				
16	16 -- 17	14718				
17	17 -- 18	15172	8244	32014	4834	8099
18	18 -- 19	16806				
19	19 -- 20	17773				
20	20 -- 21	18740				
21	21 -- 22	19708				
22	22 -- 23	20687	35470	35470	35470	35470
23	23 -- 24	21661				
24	24 -- 25	22618				
25	25 -- 26	23575				
26	26 -- 27	24532				
27	27 -- 28	25503				
28			34851	34851	34851	34851

KEMA rapport - bijlage AL / AL1 - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 3266 / 2186 , t = 80 mm ; G = 2904 kg
Flenzen op 17,1m : 2 * rond 2146 / 1615 , t = 120 mm ; G = 2956 kg
Flenzen op 39,9m : 2 * rond 1328 / 1010 , t = 80 mm ; G = 733 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 54m : 2 * rond 1343 / 823 , t = 25 mm ; G = 347 kg
Bevestigingsringen op 45,5m : 2 * rond 1647 / 1127 , t = 25 mm ; G = 445 kg
Bevestigingsringen op 37m : 2 * rond 1952 / 1432 , t = 25 mm ; G = 542 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	718				
2	2 -- 3	767	14416	6169	18877	7004
3	3 -- 4	852				
4	4 -- 5	943				
5	5 -- 6	992				
6	6 -- 7	1036	137173	83912	123893	77215
7	7 -- 8	1115				
8	8 -- 9	1195				
9	9 -- 10	1234				
10	10 -- 11	1271	131582	83154	121507	76545
11	11 -- 12	1339				
12	12 -- 13	1405				
13	13 -- 14	1435				
14	14 -- 15	1464	124963	82268	118723	75763
15	15 -- 16	1516				
16	16 -- 17	1553				
17	17 -- 18	1574	23907	11651	33545	13686
18	18 -- 19	1598				
19	19 -- 20	1624				
20	20 -- 21	1640				
21	21 -- 22	1641				
22	22 -- 23	1624				
23	23 -- 24	1582				
24	24 -- 25	1508				
25	25 -- 26	1384				
26	26 -- 27	1166				
27	27 -- 28	1170				
28						

KEMA rapport - bijlage AL2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state / Special limit state)

			ULS		SPLS	
knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N
1	1 -- 2	1149				
2	2 -- 3	1227	20317	25921	28592	42966
3	3 -- 4	1363				
4	4 -- 5	1509				
5	5 -- 6	1588				
6	6 -- 7	1657	185992	159478	236792	257571
7	7 -- 8	1785				
8	8 -- 9	1912				
9	9 -- 10	1975				
10	10 -- 11	2034	177834	155893	231081	253469
11	11 -- 12	2143				
12	12 -- 13	2247				
13	13 -- 14	2296				
14	14 -- 15	2342	168133	151702	224446	248770
15	15 -- 16	2425				
16	16 -- 17	2486				
17	17 -- 18	2518	33356	45550	50830	76870
18	18 -- 19	2556				
19	19 -- 20	2599				
20	20 -- 21	2624				
21	21 -- 22	2625				
22	22 -- 23	2598				
23	23 -- 24	2531				
24	24 -- 25	2413				
25	25 -- 26	2214				
26	26 -- 27	1866				
27	27 -- 28	1871				
28						

KEMA rapport - bijlage AL / AL1 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

Opmerking:
De maximale horizontale belasting is gerekend met de vectoriele som van transversale en longitudinale belastingen.

$$F_{hor} = \{ F^2_{transver.} + F^2_{longit.} \}^{0,5}$$

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	409		0	0,00E+00	2,92E-03	98
2	2 -- 3	1786		409	1,25E+05	2,92E-03	96
3	3 -- 4	2471		2196	3,23E+06	2,91E-03	89
4	4 -- 5	2736		4666	1,33E+07	2,85E-03	81
5	5 -- 6	298		7402	3,11E+07	2,75E-03	73
6	6 -- 7	2693		7700	3,34E+07	2,74E-03	72
7	7 -- 8	3235		10392	5,74E+07	2,62E-03	65
8	8 -- 9	3405		13627	9,29E+07	2,47E-03	58
9	9 -- 10	185		17032	1,37E+08	2,30E-03	51
10	10 -- 11	3432		17217	1,40E+08	2,29E-03	51
11	11 -- 12	3885		20649	1,92E+08	2,13E-03	45
12	12 -- 13	4003		24534	2,59E+08	1,97E-03	39
13	13 -- 14	72		28537	3,35E+08	1,82E-03	33
14	14 -- 15	4099		28608	3,37E+08	1,82E-03	33
15	15 -- 16	4320		32707	4,24E+08	1,67E-03	28
16	16 -- 17	2874		37027	5,25E+08	1,53E-03	24
17	17 -- 18	1574		39901	5,97E+08	1,43E-03	21
18	18 -- 19	4553		41475	6,38E+08	1,38E-03	20
19	19 -- 20	4630		46028	7,64E+08	1,24E-03	16
20	20 -- 21	4673		50657	9,03E+08	1,10E-03	12
21	21 -- 22	4676		55331	1,06E+09	9,59E-04	10
22	22 -- 23	4741		60007	1,22E+09	8,19E-04	7
23	23 -- 24	4462		64748	1,40E+09	6,77E-04	5
24	24 -- 25	4253		69209	1,59E+09	5,39E-04	3
25	25 -- 26	3902		73463	1,80E+09	4,03E-04	2
26	26 -- 27	3289		77365	2,01E+09	2,68E-04	1
27	27 -- 28	3392		80655	2,23E+09	1,35E-04	0
28				84046	2,47E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,94E-02	985
2	2 -- 3		14416	14416	8,44E+04	2,94E-02	968
3	3 -- 4			14416	3,44E+07	2,93E-02	899
4	4 -- 5			14416	7,79E+07	2,89E-02	815
5	5 -- 6			14416	1,22E+08	2,84E-02	732
6	6 -- 7		137173	151589	1,27E+08	2,83E-02	724
7	7 -- 8			151589	5,26E+08	2,75E-02	651
8	8 -- 9			151589	9,73E+08	2,60E-02	573
9	9 -- 10			151589	1,41E+09	2,42E-02	501
10	10 -- 11		131582	283171	1,44E+09	2,41E-02	498
11	11 -- 12			283171	2,21E+09	2,23E-02	435
12	12 -- 13			283171	3,04E+09	2,05E-02	373
13	13 -- 14			283171	3,86E+09	1,87E-02	317
14	14 -- 15		124963	408134	3,88E+09	1,87E-02	316
15	15 -- 16			408134	5,03E+09	1,70E-02	266
16	16 -- 17			408134	6,21E+09	1,52E-02	220
17	17 -- 18		23907	432041	6,97E+09	1,41E-02	193
18	18 -- 19			432041	7,41E+09	1,35E-02	179
19	19 -- 20			432041	8,66E+09	1,19E-02	143
20	20 -- 21			432041	9,90E+09	1,03E-02	111
21	21 -- 22			432041	1,11E+10	8,83E-03	83
22	22 -- 23			432041	1,24E+10	7,39E-03	60
23	23 -- 24			432041	1,37E+10	5,97E-03	41
24	24 -- 25			432041	1,49E+10	4,66E-03	26
25	25 -- 26			432041	1,61E+10	3,42E-03	14
26	26 -- 27			432041	1,73E+10	2,23E-03	6
27	27 -- 28			432041	1,86E+10	1,10E-03	2
28	28 -- 29			432041	1,98E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,75E-02	598
2	2 -- 3		6169	6169	5,03E+04	1,75E-02	588
3	3 -- 4			6169	1,49E+07	1,75E-02	547
4	4 -- 5			6169	3,37E+07	1,73E-02	497
5	5 -- 6			6169	5,31E+07	1,71E-02	447
6	6 -- 7		83912	90081	5,53E+07	1,71E-02	442
7	7 -- 8			90081	2,93E+08	1,66E-02	398
8	8 -- 9			90081	5,58E+08	1,57E-02	351
9	9 -- 10			90081	8,19E+08	1,47E-02	307
10	10 -- 11		83154	173235	8,33E+08	1,47E-02	305
11	11 -- 12			173235	1,31E+09	1,36E-02	267
12	12 -- 13			173235	1,82E+09	1,25E-02	229
13	13 -- 14			173235	2,32E+09	1,15E-02	195
14	14 -- 15		82268	255503	2,33E+09	1,15E-02	194
15	15 -- 16			255503	3,05E+09	1,04E-02	163
16	16 -- 17			255503	3,79E+09	9,35E-03	135
17	17 -- 18		11651	267154	4,26E+09	8,67E-03	118
18	18 -- 19			267154	4,53E+09	8,30E-03	110
19	19 -- 20			267154	5,30E+09	7,32E-03	88
20	20 -- 21			267154	6,07E+09	6,36E-03	68
21	21 -- 22			267154	6,84E+09	5,43E-03	51
22	22 -- 23			267154	7,61E+09	4,54E-03	37
23	23 -- 24			267154	8,40E+09	3,67E-03	25
24	24 -- 25			267154	9,16E+09	2,87E-03	16
25	25 -- 26			267154	9,92E+09	2,10E-03	9
26	26 -- 27			267154	1,07E+10	1,37E-03	4
27	27 -- 28			267154	1,14E+10	6,79E-04	1
28				267154	1,22E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,86E-02	943
2	2 -- 3		18877	18877	8,22E+04	2,86E-02	926
3	3 -- 4			18877	4,48E+07	2,84E-02	860
4	4 -- 5			18877	1,01E+08	2,79E-02	778
5	5 -- 6			18877	1,58E+08	2,73E-02	698
6	6 -- 7		123893	142769	1,64E+08	2,72E-02	690
7	7 -- 8			142769	5,41E+08	2,63E-02	620
8	8 -- 9			142769	9,61E+08	2,48E-02	546
9	9 -- 10			142769	1,38E+09	2,30E-02	477
10	10 -- 11		121507	264277	1,40E+09	2,29E-02	474
11	11 -- 12			264277	2,12E+09	2,12E-02	414
12	12 -- 13			264277	2,90E+09	1,94E-02	355
13	13 -- 14			264277	3,66E+09	1,78E-02	302
14	14 -- 15		118723	383000	3,67E+09	1,78E-02	301
15	15 -- 16			383000	4,76E+09	1,61E-02	253
16	16 -- 17			383000	5,86E+09	1,45E-02	210
17	17 -- 18		33545	416544	6,58E+09	1,34E-02	184
18	18 -- 19			416544	7,00E+09	1,29E-02	171
19	19 -- 20			416544	8,20E+09	1,13E-02	136
20	20 -- 21			416544	9,40E+09	9,87E-03	106
21	21 -- 22			416544	1,06E+10	8,43E-03	80
22	22 -- 23			416544	1,18E+10	7,05E-03	58
23	23 -- 24			416544	1,30E+10	5,70E-03	39
24	24 -- 25			416544	1,42E+10	4,45E-03	25
25	25 -- 26			416544	1,54E+10	3,27E-03	14
26	26 -- 27			416544	1,66E+10	2,13E-03	6
27	27 -- 28			416544	1,78E+10	1,06E-03	2
28				416544	1,90E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,65E-02	560
2	2 -- 3		7004	7004	4,74E+04	1,65E-02	550
3	3 -- 4			7004	1,68E+07	1,65E-02	512
4	4 -- 5			7004	3,80E+07	1,63E-02	464
5	5 -- 6			7004	5,97E+07	1,60E-02	417
6	6 -- 7		77215	84219	6,21E+07	1,60E-02	413
7	7 -- 8			84219	2,84E+08	1,56E-02	372
8	8 -- 9			84219	5,32E+08	1,47E-02	328
9	9 -- 10			84219	7,76E+08	1,37E-02	287
10	10 -- 11		76545	160764	7,89E+08	1,37E-02	285
11	11 -- 12			160764	1,23E+09	1,27E-02	249
12	12 -- 13			160764	1,70E+09	1,17E-02	214
13	13 -- 14			160764	2,17E+09	1,07E-02	182
14	14 -- 15		75763	236527	2,17E+09	1,07E-02	181
15	15 -- 16			236527	2,84E+09	9,70E-03	152
16	16 -- 17			236527	3,53E+09	8,73E-03	126
17	17 -- 18		13686	250213	3,97E+09	8,09E-03	111
18	18 -- 19			250213	4,22E+09	7,74E-03	103
19	19 -- 20			250213	4,94E+09	6,83E-03	82
20	20 -- 21			250213	5,66E+09	5,94E-03	64
21	21 -- 22			250213	6,39E+09	5,07E-03	48
22	22 -- 23			250213	7,11E+09	4,24E-03	35
23	23 -- 24			250213	7,84E+09	3,43E-03	23
24	24 -- 25			250213	8,55E+09	2,68E-03	15
25	25 -- 26			250213	9,26E+09	1,96E-03	8
26	26 -- 27			250213	9,97E+09	1,28E-03	4
27	27 -- 28			250213	1,07E+10	6,35E-04	1
28				250213	1,14E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,69E-04	14
2	2 -- 3				1,08E+07	7,69E-04	13
3	3 -- 4				1,08E+07	6,64E-04	11
4	4 -- 5				1,08E+07	5,83E-04	10
5	5 -- 6				1,08E+07	5,31E-04	8
6	6 -- 7				3,45E+07	5,28E-04	8
7	7 -- 8				3,45E+07	4,39E-04	7
8	8 -- 9				3,45E+07	3,68E-04	5
9	9 -- 10				3,45E+07	3,16E-04	4
10	10 -- 11				5,82E+07	3,14E-04	4
11	11 -- 12				5,82E+07	2,58E-04	4
12	12 -- 13				5,82E+07	2,16E-04	3
13	13 -- 14				5,82E+07	1,87E-04	2
14	14 -- 15				8,21E+07	1,86E-04	2
15	15 -- 16				8,21E+07	1,54E-04	2
16	16 -- 17				8,21E+07	1,29E-04	2
17	17 -- 18				9,65E+07	1,15E-04	1
18	18 -- 19				9,65E+07	1,07E-04	1
19	19 -- 20				9,65E+07	8,75E-05	1
20	20 -- 21				9,65E+07	7,12E-05	1
21	21 -- 22				9,65E+07	5,74E-05	0
22	22 -- 23				9,65E+07	4,55E-05	0
23	23 -- 24				9,65E+07	3,50E-05	0
24	24 -- 25				9,65E+07	2,62E-05	0
25	25 -- 26				9,65E+07	1,84E-05	0
26	26 -- 27				9,65E+07	1,16E-05	0
27	27 -- 28				9,65E+07	5,54E-06	0
28					9,65E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

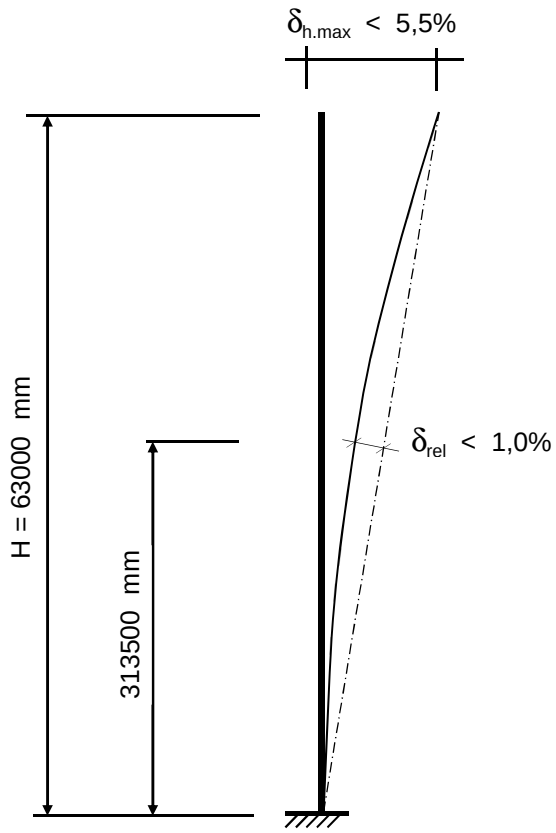
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	3,3E-02	1096
2	2 -- 3	3,3E-02	1077
3	3 -- 4	3,3E-02	1000
4	4 -- 5	3,2E-02	906
5	5 -- 6	3,2E-02	813
6	6 -- 7	3,2E-02	803
7	7 -- 8	3,1E-02	722
8	8 -- 9	2,9E-02	636
9	9 -- 10	2,7E-02	557
10	10 -- 11	2,7E-02	553
11	11 -- 12	2,5E-02	483
12	12 -- 13	2,3E-02	414
13	13 -- 14	2,1E-02	352
14	14 -- 15	2,1E-02	351
15	15 -- 16	1,9E-02	296
16	16 -- 17	1,7E-02	245
17	17 -- 18	1,6E-02	215
18	18 -- 19	1,5E-02	199
19	19 -- 20	1,3E-02	159
20	20 -- 21	1,2E-02	124
21	21 -- 22	9,9E-03	93
22	22 -- 23	8,3E-03	68
23	23 -- 24	6,7E-03	46
24	24 -- 25	5,2E-03	29
25	25 -- 26	3,8E-03	16
26	26 -- 27	2,5E-03	7
27	27 -- 28	1,2E-03	2
28	28 -- 29	0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1096 mm ----> δ_h *100 / 63000

Percentage uitbuig. = 1,74 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 16 ; Hoogte = 31350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 245 mm
α = 1,00 graden

δ_{rel} = 300 mm ----> δ_h *100 / 63000

Percentage uitbuig. = 0,48 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS/SpLS-toestand - (Ultimate en Special limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	614	480	0	0,00E+00	4,61E-03	155
2	2 -- 3	2679	6151	655	1,87E+05	4,61E-03	152
3	3 -- 4	3706	13324	3513	5,04E+06	4,59E-03	141
4	4 -- 5	4104	23701	7466	2,10E+07	4,50E-03	128
5	5 -- 6	447	35683	11843	4,90E+07	4,34E-03	115
6	6 -- 7	4039	76066	12319	5,26E+07	4,32E-03	114
7	7 -- 8	4852	89601	16628	9,02E+07	4,14E-03	103
8	8 -- 9	5108	106391	21803	1,46E+08	3,90E-03	91
9	9 -- 10	278	124628	27251	2,16E+08	3,63E-03	81
10	10 -- 11	5148	165987	27548	2,20E+08	3,62E-03	80
11	11 -- 12	5827	186752	33039	3,02E+08	3,37E-03	71
12	12 -- 13	6005	222913	39254	4,07E+08	3,11E-03	61
13	13 -- 14	108	255331	45659	5,28E+08	2,88E-03	53
14	14 -- 15	6148	297535	45774	5,30E+08	2,88E-03	52
15	15 -- 16	6480	331775	52332	6,67E+08	2,64E-03	45
16	16 -- 17	4311	371591	59243	8,26E+08	2,41E-03	37
17	17 -- 18	2361	407063	63842	9,40E+08	2,26E-03	33
18	18 -- 19	6829	422235	66360	1,01E+09	2,18E-03	31
19	19 -- 20	6945	470131	73644	1,20E+09	1,96E-03	25
20	20 -- 21	7010	520784	81052	1,43E+09	1,74E-03	20
21	21 -- 22	7015	574193	88529	1,67E+09	1,52E-03	15
22	22 -- 23	7111	665829	96011	1,93E+09	1,30E-03	11
23	23 -- 24	6692	726235	103597	2,22E+09	1,07E-03	8
24	24 -- 25	6380	787319	110735	2,52E+09	8,55E-04	5
25	25 -- 26	5853	851101	117541	2,85E+09	6,39E-04	3
26	26 -- 27	4934	917584	123784	3,19E+09	4,26E-04	1
27	27 -- 28	5088	986765	129047	3,54E+09	2,14E-04	0
28			1095575	134474	3,92E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (ULS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,96E-02	1321
2	2 -- 3		20317	20317	0,00E+00	3,96E-02	1298
3	3 -- 4			20317	4,73E+07	3,93E-02	1206
4	4 -- 5			20317	1,06E+08	3,87E-02	1093
5	5 -- 6			20317	1,65E+08	3,81E-02	982
6	6 -- 7		185992	206309	1,71E+08	3,80E-02	970
7	7 -- 8			206309	7,08E+08	3,69E-02	873
8	8 -- 9			206309	1,31E+09	3,48E-02	768
9	9 -- 10			206309	1,89E+09	3,24E-02	672
10	10 -- 11		177834	384143	1,92E+09	3,23E-02	667
11	11 -- 12			384143	2,96E+09	3,00E-02	583
12	12 -- 13			384143	4,08E+09	2,74E-02	500
13	13 -- 14			384143	5,17E+09	2,51E-02	425
14	14 -- 15		168133	552276	5,19E+09	2,51E-02	423
15	15 -- 16			552276	6,74E+09	2,27E-02	356
16	16 -- 17			552276	8,31E+09	2,04E-02	295
17	17 -- 18		33356	585632	9,33E+09	1,89E-02	258
18	18 -- 19			585632	9,92E+09	1,81E-02	240
19	19 -- 20			585632	1,16E+10	1,60E-02	191
20	20 -- 21			585632	1,33E+10	1,39E-02	149
21	21 -- 22			585632	1,49E+10	1,18E-02	112
22	22 -- 23			585632	1,66E+10	9,90E-03	81
23	23 -- 24			585632	1,83E+10	8,00E-03	55
24	24 -- 25			585632	2,00E+10	6,25E-03	35
25	25 -- 26			585632	2,16E+10	4,58E-03	19
26	26 -- 27			585632	2,33E+10	2,99E-03	9
27	27 -- 28			585632	2,49E+10	1,48E-03	2
28				585632	2,66E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (ULS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,68E-02	1207
2	2 -- 3		25921	25921	0,00E+00	3,68E-02	1186
3	3 -- 4			25921	6,04E+07	3,65E-02	1100
4	4 -- 5			25921	1,36E+08	3,58E-02	995
5	5 -- 6			25921	2,11E+08	3,50E-02	893
6	6 -- 7		159478	185400	2,19E+08	3,49E-02	882
7	7 -- 8			185400	7,01E+08	3,37E-02	793
8	8 -- 9			185400	1,24E+09	3,17E-02	698
9	9 -- 10			185400	1,77E+09	2,95E-02	610
10	10 -- 11		155893	341293	1,79E+09	2,93E-02	606
11	11 -- 12			341293	2,72E+09	2,72E-02	529
12	12 -- 13			341293	3,71E+09	2,49E-02	454
13	13 -- 14			341293	4,68E+09	2,28E-02	386
14	14 -- 15		151702	492995	4,70E+09	2,27E-02	385
15	15 -- 16			492995	6,08E+09	2,06E-02	324
16	16 -- 17			492995	7,48E+09	1,85E-02	268
17	17 -- 18		45550	538545	8,39E+09	1,72E-02	235
18	18 -- 19			538545	8,93E+09	1,64E-02	218
19	19 -- 20			538545	1,05E+10	1,45E-02	174
20	20 -- 21			538545	1,20E+10	1,26E-02	135
21	21 -- 22			538545	1,35E+10	1,08E-02	102
22	22 -- 23			538545	1,51E+10	9,02E-03	74
23	23 -- 24			538545	1,66E+10	7,29E-03	50
24	24 -- 25			538545	1,82E+10	5,70E-03	31
25	25 -- 26			538545	1,97E+10	4,18E-03	18
26	26 -- 27			538545	2,12E+10	2,73E-03	8
27	27 -- 28			538545	2,27E+10	1,35E-03	2
28				538545	2,43E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (SpLS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,17E-02	1724
2	2 -- 3		28592	28592	0,00E+00	5,17E-02	1695
3	3 -- 4			28592	6,66E+07	5,14E-02	1574
4	4 -- 5			28592	1,50E+08	5,06E-02	1426
5	5 -- 6			28592	2,32E+08	4,97E-02	1281
6	6 -- 7		236792	265383	2,41E+08	4,96E-02	1266
7	7 -- 8			265383	9,31E+08	4,81E-02	1139
8	8 -- 9			265383	1,70E+09	4,53E-02	1003
9	9 -- 10			265383	2,46E+09	4,23E-02	878
10	10 -- 11		231081	496464	2,50E+09	4,21E-02	871
11	11 -- 12			496464	3,84E+09	3,90E-02	762
12	12 -- 13			496464	5,28E+09	3,58E-02	653
13	13 -- 14			496464	6,69E+09	3,28E-02	555
14	14 -- 15		224446	720911	6,72E+09	3,27E-02	554
15	15 -- 16			720911	8,74E+09	2,97E-02	466
16	16 -- 17			720911	1,08E+10	2,67E-02	386
17	17 -- 18		50830	771741	1,21E+10	2,47E-02	338
18	18 -- 19			771741	1,29E+10	2,37E-02	314
19	19 -- 20			771741	1,51E+10	2,09E-02	250
20	20 -- 21			771741	1,73E+10	1,81E-02	195
21	21 -- 22			771741	1,95E+10	1,55E-02	147
22	22 -- 23			771741	2,17E+10	1,30E-02	106
23	23 -- 24			771741	2,39E+10	1,05E-02	72
24	24 -- 25			771741	2,61E+10	8,19E-03	45
25	25 -- 26			771741	2,83E+10	6,01E-03	25
26	26 -- 27			771741	3,05E+10	3,92E-03	11
27	27 -- 28			771741	3,27E+10	1,94E-03	3
28				771741	3,49E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (SpLS)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,00E-02	1965
2	2 -- 3		42966	42966	0,00E+00	6,00E-02	1931
3	3 -- 4			42966	1,00E+08	5,95E-02	1792
4	4 -- 5			42966	2,25E+08	5,83E-02	1621
5	5 -- 6			42966	3,49E+08	5,69E-02	1453
6	6 -- 7		257571	300537	3,62E+08	5,68E-02	1436
7	7 -- 8			300537	1,14E+09	5,48E-02	1291
8	8 -- 9			300537	2,02E+09	5,16E-02	1136
9	9 -- 10			300537	2,87E+09	4,79E-02	994
10	10 -- 11		253469	554007	2,92E+09	4,78E-02	987
11	11 -- 12			554007	4,41E+09	4,42E-02	862
12	12 -- 13			554007	6,02E+09	4,05E-02	739
13	13 -- 14			554007	7,60E+09	3,71E-02	629
14	14 -- 15		248770	802777	7,63E+09	3,70E-02	627
15	15 -- 16			802777	9,87E+09	3,35E-02	528
16	16 -- 17			802777	1,22E+10	3,02E-02	437
17	17 -- 18		76870	879647	1,36E+10	2,80E-02	383
18	18 -- 19			879647	1,45E+10	2,68E-02	356
19	19 -- 20			879647	1,70E+10	2,36E-02	284
20	20 -- 21			879647	1,95E+10	2,06E-02	221
21	21 -- 22			879647	2,20E+10	1,76E-02	166
22	22 -- 23			879647	2,46E+10	1,47E-02	120
23	23 -- 24			879647	2,71E+10	1,19E-02	81
24	24 -- 25			879647	2,96E+10	9,29E-03	51
25	25 -- 26			879647	3,21E+10	6,81E-03	29
26	26 -- 27			879647	3,46E+10	4,45E-03	13
27	27 -- 28			879647	3,70E+10	2,20E-03	3
28				879647	3,96E+10	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	9,21E-04	16
2	2 -- 3				1,30E+07	9,21E-04	16
3	3 -- 4				1,30E+07	7,94E-04	14
4	4 -- 5				1,30E+07	6,96E-04	12
5	5 -- 6				1,30E+07	6,33E-04	10
6	6 -- 7				4,11E+07	6,29E-04	9
7	7 -- 8				4,11E+07	5,23E-04	8
8	8 -- 9				4,11E+07	4,38E-04	7
9	9 -- 10				4,11E+07	3,77E-04	5
10	10 -- 11				6,93E+07	3,74E-04	5
11	11 -- 12				6,93E+07	3,07E-04	4
12	12 -- 13				6,93E+07	2,57E-04	4
13	13 -- 14				6,93E+07	2,23E-04	3
14	14 -- 15				9,76E+07	2,22E-04	3
15	15 -- 16				9,76E+07	1,84E-04	2
16	16 -- 17				9,76E+07	1,54E-04	2
17	17 -- 18				1,15E+08	1,37E-04	2
18	18 -- 19				1,15E+08	1,27E-04	1
19	19 -- 20				1,15E+08	1,04E-04	1
20	20 -- 21				1,15E+08	8,50E-05	1
21	21 -- 22				1,15E+08	6,85E-05	1
22	22 -- 23				1,15E+08	5,43E-05	0
23	23 -- 24				1,15E+08	4,18E-05	0
24	24 -- 25				1,15E+08	3,12E-05	0
25	25 -- 26				1,15E+08	2,20E-05	0
26	26 -- 27				1,15E+08	1,38E-05	0
27	27 -- 28				1,15E+08	6,61E-06	0
28					1,15E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS / SpLS -toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,78	0,36
Belasting geval 1a (ULS)	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3 (ULS)	Q_{ik} =	0,00	0,00
Belasting geval 1a (SpLS)	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 3 (SpLS)	Q_{ik} =	0,00	1,50

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	18,56	43,11	52,78
3	3 -- 4	25,73	43,76	114,55
4	4 -- 5	36,11	44,65	241,93
5	5 -- 6	48,09	45,63	372,83
6	6 -- 7	111,23	303,31	420,60
7	7 -- 8	124,77	304,28	1210,46
8	8 -- 9	141,55	305,44	2094,56
9	9 -- 10	159,79	306,67	2966,82
10	10 -- 11	224,45	560,20	3046,98
11	11 -- 12	245,21	561,44	4561,20
12	12 -- 13	281,37	562,84	6191,40
13	13 -- 14	313,79	564,28	7797,54
14	14 -- 15	379,84	813,08	7860,01
15	15 -- 16	414,08	814,55	10138,69
16	16 -- 17	453,89	816,11	12462,38
17	17 -- 18	513,14	894,01	13990,29
18	18 -- 19	528,31	894,58	14884,59
19	19 -- 20	576,20	896,22	17436,47
20	20 -- 21	626,86	897,88	19993,07
21	21 -- 22	680,27	899,57	22554,43
22	22 -- 23	771,90	901,25	25120,59
23	23 -- 24	832,31	902,96	27754,74
24	24 -- 25	893,39	904,56	30303,34
25	25 -- 26	957,17	906,09	32856,36
26	26 -- 27	1023,66	907,50	35413,53
27	27 -- 28	1092,84	908,68	37974,34
28		1201,65	909,90	40611,29

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven (geval 3 - SpLS)

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 708	52,78	18,56	19	53,1	1224,6	0,05
2	500 / 708	114,55	25,73	77	116,9	1673,3	0,07
3	500 / 708	241,93	36,11	95	247,7	2329,4	0,11
4	708 / 812	372,83	48,09	93	383,0	3094,0	0,13
5	812 / 1122	420,60	111,23	9	431,9	3506,7	0,13
6	812 / 1122	1210,46	124,77	81	1231,8	4378,8	0,29
7	812 / 1122	2094,56	141,55	86	2128,2	5465,8	0,40
8	812 / 1122	2966,82	159,79	79	3013,1	6651,5	0,46
9	1122/ 1224	3046,98	224,45	4	3094,2	7349,4	0,43
10	1122/ 1224	4561,20	245,21	70	4625,5	8705,9	0,54
11	1224/ 1328	6191,40	281,37	69	6275,0	11614,7	0,55
12	1328/ 1532	7797,54	313,79	62	7900,6	15052,5	0,53
13	1328/ 1532	7860,01	379,84	1	7963,5	15091,3	0,54
14	1328/ 1532	10138,69	414,08	55	10265,1	17347,8	0,60
15	1532/ 1737	12462,38	453,89	51	12611,9	21142,6	0,60
16	1532/ 1737	13990,29	513,14	30	14155,3	22942,4	0,63
17	1532/ 1737	14884,59	528,31	15	15057,6	23945,8	0,64
18	1737/ 2758	17436,47	576,20	40	17632,7	28624,5	0,62
19	1737/ 2758	19993,07	626,86	35	20211,5	31981,5	0,64
20	1737/ 2758	22554,43	680,27	30	22793,6	35524,8	0,65
21	1737/ 2758	25120,59	771,90	26	25379,7	39254,2	0,66
22	1737/ 2758	27754,74	832,31	22	28032,0	43268,3	0,66
23	1737/ 2758	30303,34	893,39	17	30595,6	47330,5	0,66
24	1737/ 2758	32856,36	957,17	13	33160,9	51575,0	0,65
25	1737/ 2758	35413,53	1023,66	9	35727,3	56001,8	0,65
26	1737/ 2758	37974,34	1092,84	5	38293,9	60610,8	0,64
27	1737/ 2758	40611,29	1201,65	2	40933,0	65540,7	0,64

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
520	18,0	28,91	0,81	355	355
604	18,0	33,55	0,81	355	355
708	18,0	39,33	0,81	355	355
812	18,0	45,10	0,81	355	355
823	20,0	41,13	0,81	355	355
916	20,0	45,79	0,81	355	355
1020	20,0	50,98	0,81	355	355
1122	20,0	56,09	0,81	355	355
1127	22,0	51,24	0,81	355	355
1224	22,0	55,64	0,81	355	355
1328	25,0	53,12	0,81	355	355
1430	28,0	51,07	0,81	355	355
1432	28,0	51,14	0,81	355	355
1532	28,0	54,72	0,81	355	355
1634	30,0	54,48	0,81	355	355
1701	30,0	56,69	0,81	355	355
1737	30,0	57,88	0,81	355	355
1839	32,0	57,46	0,81	355	355
1941	32,0	60,65	0,81	351	355
2043	32,0	63,84	0,81	338	355
2145	32,0	67,03	0,81	327	355
2250	32,0	70,31	0,81	317	355
2351	32,0	73,46	0,81	308	355
2452	32,0	76,62	0,81	300	355
2553	32,0	79,78	0,81	292	355
2654	32,0	82,94	0,81	285	355
2758	32,0	86,19	0,81	278	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 708	16,06	0,67	355	355	0,05
2	500 / 708	28,81	0,84	355	355	0,08
3	500 / 708	44,23	1,00	355	355	0,13
4	708 / 812	50,40	1,15	355	355	0,15
5	812 / 1122	44,32	2,22	355	355	0,13
6	812 / 1122	111,25	2,34	355	355	0,32
7	812 / 1122	153,95	2,38	355	355	0,44
8	812 / 1122	176,97	2,42	355	355	0,51
9	1122/ 1224	150,19	2,95	355	355	0,43
10	1122/ 1224	204,91	3,08	355	355	0,59
11	1224/ 1328	208,22	2,86	355	355	0,59
12	1328/ 1532	200,83	2,64	355	355	0,57
13	1328/ 1532	187,57	3,08	355	355	0,54
14	1328/ 1532	224,95	3,24	355	355	0,64
15	1532/ 1737	226,05	3,10	355	355	0,65
16	1532/ 1737	228,07	3,32	355	355	0,65
17	1532/ 1737	228,04	3,32	355	355	0,65
18	1737/ 2758	231,70	3,26	355	355	0,66
19	1737/ 2758	236,96	3,36	355	351	0,68
20	1737/ 2758	239,90	3,45	355	338	0,69
21	1737/ 2758	241,12	3,72	355	327	0,69
22	1737/ 2758	241,32	3,82	355	317	0,69
23	1737/ 2758	239,89	3,92	355	308	0,69
24	1737/ 2758	238,16	4,02	355	300	0,68
25	1737/ 2758	235,90	4,12	355	292	0,68
26	1737/ 2758	233,24	4,23	355	285	0,67
27	1737/ 2758	230,47	4,47	355	278	0,67

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

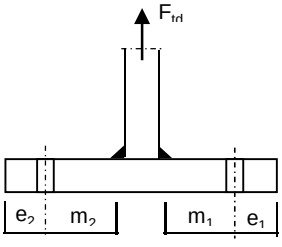
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1}./ 2)^2 + (d_{stc2}./ 2)^2]$

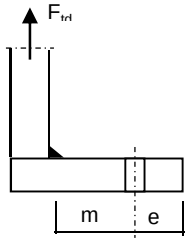
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld}./ 2)^2$$

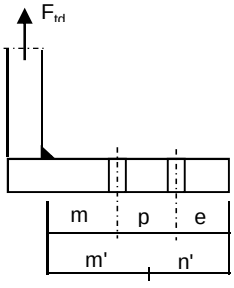
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$
$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		3058,00					
st.c binnenkant		2394,00					
2726	108	540,64	8,43	28	M 48 - 8,8	848,4	0,64
flenzen op 17,10 m hoogte.							
st.c buitenkant		1925,00					
st.c binnenkant		1735,00					
	88	645,81	10,24	22	M 48 - 10,9	1060,6	0,61
flenzen op 39,90 m hoogte.							
st.c buitenkant		1130,00					
1130,00	32	676,10	17,59	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,64

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2	m	e	n	m'	n'	l_{ef}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
voetplaat							
3058,00	2394,00	143,2	104,0	104,0			139,3
3058,00	2394,00	143,2	104,0	104,0			177,9
flenzen op 17,10 m hoogte.							
1925,00	1735,0	71,3	60,0	60,0	118,8	107,5	123,9
1925,00	1735,0	71,3	60,0	60,0	118,8	107,5	123,9
flenzen op 39,90 m hoogte.							
1130,00	1130,0	64,2	60,0	60,0			110,9
1130,00	1130,0	67,2	60,0	60,0			110,9

flens dikte	$M_{pl;d}$	bezwijk-	bezwijk-	bezwijk-	maatgev.	$F_{t,Ed}$	toetsing-
mm	Nmm	vorm 1	vorm 2	vorm 3	$F_{t,Rd}$	kN	regel
voetplaat							
80	7,47E+07	2085,10	1317,83	1696,90	1317,83	1081,29	0,82
80	9,54E+07	2663,42	1485,34	1696,90	1485,34	1081,29	0,73
flenzen op 17,10 m hoogte.							
120	1,23E+08	2882,65	1549,75	2121,12	1549,75	1291,63	0,83
120	1,23E+08	2882,65	1549,75	2121,12	1549,75	1291,63	0,83
flenzen op 39,90 m hoogte.							
80	5,95E+07	1853,04	991,28	1060,56	991,28	676,10	0,68
80	5,95E+07	1770,29	967,90	1060,56	967,90	676,10	0,70
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2758	0,82	1,629	0,18	7,39

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	758	1,000		1,000			
2	746	0,984	1 -- 2	0,992	133	377	894,6
3	697	0,920	2 -- 3	0,952	598		256,6
4	636	0,840	3 -- 4	0,880	865		298,2
5	577	0,762	4 -- 5	0,801	999		344,3
6	571	0,754	5 -- 6	0,758	122	3210	11106,7
7	519	0,685	6 -- 7	0,719	1128		433,8
8	464	0,612	7 -- 8	0,649	1399		482,4
9	412	0,544	8 -- 9	0,578	1520		533,3
10	410	0,540	9 -- 10	0,542	92	3326	22788,3
11	363	0,479	10 -- 11	0,510	1730		640,9
12	317	0,418	11 -- 12	0,449	2280	733	1039,1
13	274	0,362	12 -- 13	0,390	2702		947,9
14	273	0,361	13 -- 14	0,361	49	3445	69876,6
15	234	0,309	14 -- 15	0,335	2853		1019,1
16	197	0,260	15 -- 16	0,285	3318		1164,2
17	175	0,231	16 -- 17	0,246	2269	677	1592,3
18	164	0,216	17 -- 18	0,224	1264		1264,3
19	133	0,176	18 -- 19	0,196	3991		1400,5
20	105	0,139	19 -- 20	0,157	4221		1481,1
21	81	0,107	20 -- 21	0,123	4451		1561,7
22	60	0,079	21 -- 22	0,093	4681	2956	2679,4
23	41	0,054	22 -- 23	0,067	5034		1723,9
24	26	0,035	23 -- 24	0,045	5090		1805,1
25	15	0,020	24 -- 25	0,027	5315		1884,8
26	7	0,009	25 -- 26	0,014	5540		1964,6
27	2	0,002	26 -- 27	0,006	5765		2044,4
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	6163	2904	3126,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	895	0,992	0,570	0,56	501,90	0,57
2 -- 3	257	0,952	2,330	2,11	541,63	2,22
3 -- 4	298	0,880	2,900	2,24	669,14	2,55
4 -- 5	344	0,801	2,900	1,86	640,12	2,32
5 -- 6	11107	0,758	0,300	0,17	1912,15	0,23
6 -- 7	434	0,719	2,600	1,35	583,84	1,87
7 -- 8	482	0,649	2,900	1,22	588,80	1,88
8 -- 9	533	0,578	2,850	0,95	507,68	1,65
9 -- 10	22788	0,542	0,150	0,04	1004,40	0,08
10 -- 11	641	0,510	2,700	0,70	449,88	1,38
11 -- 12	1039	0,449	2,900	0,58	606,80	1,30
12 -- 13	948	0,390	2,850	0,43	410,49	1,11
13 -- 14	69877	0,361	0,050	0,01	455,57	0,02
14 -- 15	1019	0,335	2,800	0,31	319,87	0,94
15 -- 16	1164	0,285	2,850	0,23	268,99	0,81
16 -- 17	1592	0,246	1,850	0,11	177,96	0,45
17 -- 18	1264	0,224	1,000	0,05	63,19	0,22
18 -- 19	1400	0,196	2,850	0,11	152,98	0,56
19 -- 20	1481	0,157	2,850	0,07	104,52	0,45
20 -- 21	1562	0,123	2,850	0,04	67,36	0,35
21 -- 22	2679	0,093	2,850	0,02	65,78	0,26
22 -- 23	1724	0,067	2,920	0,01	22,28	0,19
23 -- 24	1805	0,045	2,820	0,01	10,14	0,13
24 -- 25	1885	0,027	2,820	0,00	3,98	0,08
25 -- 26	1965	0,014	2,820	0,00	1,14	0,04
26 -- 27	2044	0,006	2,820	0,00	0,18	0,02
27 -- 28	3127	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	63,00	13,21	10130,77	21,68

m_e = 10130,8 / 13,2 = 766,9 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2758	766,9	0,030	1,25	1,629	13,9

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 13,9

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 21,68 / (4 * π * 13,21) = 0,131 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * \nu(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,629 * 7,39 / $15*10^{-6}$ = 8,0E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 9,77 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,44 / 21,68 = 0,39

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,072 * 0,131 * 0,39 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,629 * 0,023 = 0,037 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		175655	175655	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			175655	1,00E+08	5,1E-02	971
3	3 -- 4			175655	5,09E+08	4,8E-02	854
4	4 -- 5			175655	1,02E+09	4,2E-02	722
5	5 -- 6			175655	1,53E+09	3,6E-02	608
6	6 -- 7			175655	1,58E+09	3,6E-02	597
7	7 -- 8			175655	2,04E+09	3,1E-02	510
8	8 -- 9			175655	2,55E+09	2,6E-02	426
9	9 -- 10			175655	3,05E+09	2,2E-02	357
10	10 -- 11			175655	3,07E+09	2,2E-02	354
11	11 -- 12			175655	3,55E+09	1,9E-02	299
12	12 -- 13			175655	4,06E+09	1,6E-02	248
13	13 -- 14			175655	4,56E+09	1,4E-02	205
14	14 -- 15			175655	4,57E+09	1,4E-02	205
15	15 -- 16			175655	5,06E+09	1,2E-02	169
16	16 -- 17			175655	5,56E+09	1,0E-02	137
17	17 -- 18			175655	5,88E+09	9,3E-03	119
18	18 -- 19			175655	6,06E+09	8,8E-03	109
19	19 -- 20			175655	6,56E+09	7,6E-03	86
20	20 -- 21			175655	7,06E+09	6,4E-03	66
21	21 -- 22			175655	7,56E+09	5,4E-03	49
22	22 -- 23			175655	8,06E+09	4,4E-03	35
23	23 -- 24			175655	8,58E+09	3,5E-03	24
24	24 -- 25			175655	9,07E+09	2,7E-03	15
25	25 -- 26			175655	9,57E+09	2,0E-03	8
26	26 -- 27			175655	1,01E+10	1,3E-03	4
27	27 -- 28			175655	1,06E+10	6,2E-04	1
28	28 -- 29			175655	1,11E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	520	18,0	3,4497E+06	29	0,0369	2,1
2	604	18,0	4,7134E+06	108	0,0369	8,0
3	708	18,0	6,5617E+06	155	0,0369	11,4
4	812	18,0	8,7155E+06	175	0,0369	12,9
5	823	20,0	9,8780E+06	160	0,0369	11,8
6	916	20,0	1,2335E+07	165	0,0369	12,2
7	1020	20,0	1,5397E+07	165	0,0369	12,2
8	1122	20,0	1,8737E+07	163	0,0369	12,0
9	1127	22,0	2,0703E+07	148	0,0369	10,9
10	1224	22,0	2,4524E+07	145	0,0369	10,7
11	1328	25,0	3,2717E+07	124	0,0369	9,1
12	1430	28,0	4,2401E+07	108	0,0369	7,9
13	1432	28,0	4,2511E+07	107	0,0369	7,9
14	1532	28,0	4,8867E+07	104	0,0369	7,6
15	1634	30,0	5,9557E+07	93	0,0369	6,9
16	1701	30,0	6,4626E+07	91	0,0369	6,7
17	1737	30,0	6,7453E+07	90	0,0369	6,6
18	1839	32,0	8,0632E+07	81	0,0369	6,0
19	1941	32,0	9,0089E+07	78	0,0369	5,8
20	2043	32,0	1,0007E+08	76	0,0369	5,6
21	2145	32,0	1,1058E+08	73	0,0369	5,4
22	2250	32,0	1,2188E+08	70	0,0369	5,2
23	2351	32,0	1,3333E+08	68	0,0369	5,0
24	2452	32,0	1,4528E+08	66	0,0369	4,9
25	2553	32,0	1,5775E+08	64	0,0369	4,7
26	2654	32,0	1,7073E+08	62	0,0369	4,6
27	2758	32,0	1,8462E+08	60	0,0369	4,4

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,82 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 7,39 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvindt

z_s = 58,113 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,19

$V_m(z)$ = 32,1 m/s

V_o = 32,1 * 20 / 100 = 6,41 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,82 * [7,39 / 6,41]^2 * \exp[-(7,39 / 6,41)^2]$ = 2,76E+08

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

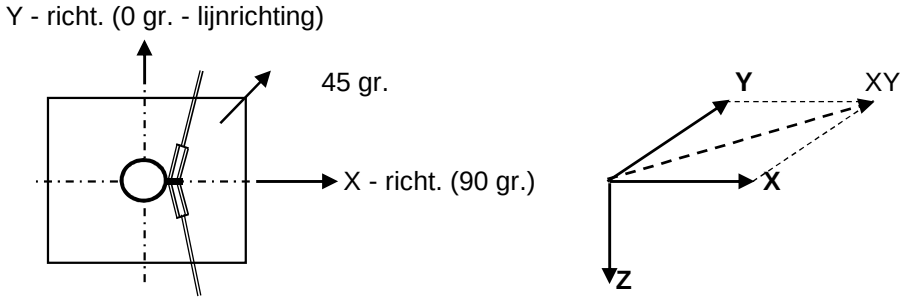
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ =	$\Delta\sigma_k$	0,55 $\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
Knoop		in MPa	in MPa	in MPa	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging < 1
3	Lasnaad	9,56	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
4	Lasnaad	13,73	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
5	Lasnaad	15,51	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	14,61	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
8	Lasnaad	14,63	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
9	Lasnaad	14,39	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	12,80	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
12	flenzen	10,97	35	19,25	1,000E+10	2,76E+08	0,03
13	Lasnaad	9,51	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
14							
15	Lasnaad	9,16	46	25,30	1,000E+10	2,76E+08	0,03
16	Lasnaad	8,26	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	7,95	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
19	Lasnaad	7,20	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
20	Lasnaad	6,93	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
21	Lasnaad	6,68	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
22	flenzen	6,45	35	19,25	1,000E+10	2,76E+08	0,03
23	Lasnaad	6,22	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
24	Lasnaad	6,02	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
25	Lasnaad	5,82	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
26	Lasnaad	5,64	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
27	Lasnaad	5,47	45	24,75	1,000E+10	2,76E+08	0,03
28	voetplaat	5,30	35	19,25	1,000E+10	2,76E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	XY - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_{xy} - reactie kNm	M_t - reactie kNm
Windrich. 90 graden					
1 - EG mast		978			
2 - Windbelasting mast	134			3924	
3 - BG 1a (ULS)	586	117		26723	1198
4 - BG 3 (ULS)	539	223		24552	1252
5 - BG 1a (SpLS)	772	74		34995	1078
6 - BG 3 (SpLS)	880	91		39728	1266
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	720	1096		30647	1198
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG4 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	576	1202		25655	1252
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,78 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	837	1053		36908	1078
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,36 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	910	**1069**		**40611**	**1266**

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS / SpLS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS / SpLS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment - XY	22172	kNm	40611	kNm	40611	kNm
Dwarskracht - XY	516	kN	910	kN	910	kN
Verticale kracht	912	kN	1069	kN	821	kN

Opmerking:
In SLS- toestand is de belastingcombinatie met geleiderbelasting 1a maatgevend.

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		3058,00					
st.c binnenkant		2394,00					
2726	108	540,64	8,43	28	M 48 - 8,8	848,45	0,64
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3058,00					
st.c binnenkant		2394,00					
2726	108	292,80	4,78	28	M 48 - 8,8	848,45	0,35

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 540,6 kN

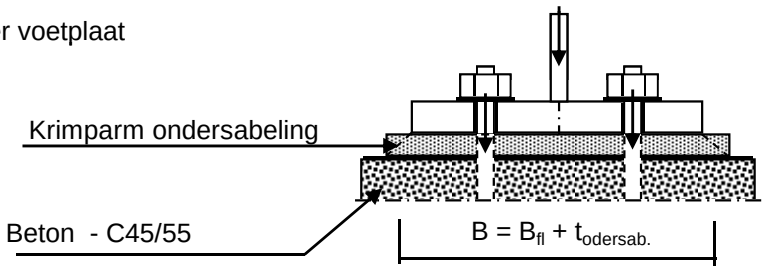
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 292,8 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 561,7 + 1,00 * 292,8 = 854,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

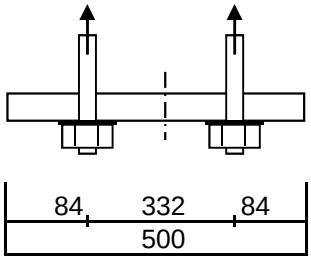
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	540,0	mm	D =	2726	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	108	
B =	580,0	mm			

A_{voetpl} = 580 * 2*π*D / n = 91984 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A =$ 18,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

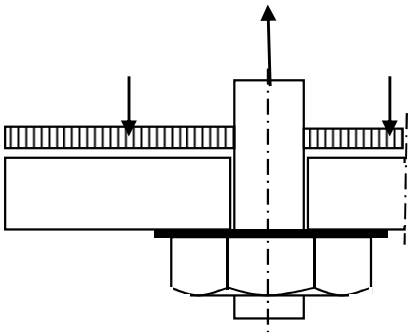


D = 2726 mm
n = 108

$A_{stortring}$ = 500 * $2*\pi*D / n$ = 79296 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 84 mm
L_{veld} = 332 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 48108 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2264 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 139769 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 139769 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2264 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 179719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 9223 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 139769 / 179718,8 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 276,1 N/mm^2

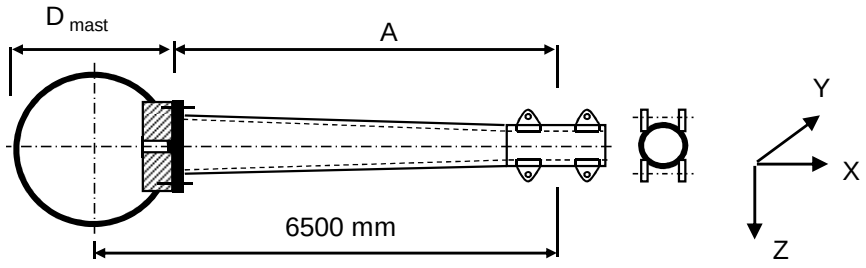
V_{Ed} / V_{Rd} = 2264 / 9223 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 50,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (276,1^2 + 3*50,3^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 290 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening crossbeam - hoogte 54,0m, 45,5m en 37m



A = 6089 mm

D_{mast} = 823 mm

Buisgegevens

Buis Ø450 * 16 - S355 (aansluiting mast) ; buis 219,1*12,5 -S355 - op uiteinde

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	21815	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	5163	kN
$W_y = W_z$ =	2,29E+06	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	541,0	kNm
W_x =	4,57E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	541,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	624,7	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	1490,4	kN

Bouten: 24 * M24 - 10.9

$F_{t,Rd}$ = 254,2 / 1,5 = 169,4 kN

$F_{v,Rd}$ = 141,2 / 1,5 = 94,1 kN

Steek bouten - Ø 542 mm

Flensdikte t_{flens} = 35 mm

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL, AL1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	14973	63018	4323	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	11697	64461	7745	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	7910	42587	4498	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8448	59141	7856	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	10500	49732	4414	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	9613	60662	7821	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	14,97	63,02	4,32	0,00	26,32	383,70
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**11,70**	**64,46**	**7,74**	**0,00**	**47,15**	**392,48**
BG 1a - (wind (45 gr))	7,91	42,59	4,50	0,00	27,38	259,30
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,45	59,14	7,86	0,00	47,83	360,09
BG 1a - (wind (-45 gr))	10,50	49,73	4,41	0,00	26,88	302,81
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	9,61	60,66	7,82	0,00	47,62	369,35

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B \quad ; \quad B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B \quad ; \qquad M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (- wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	47,15	/ 541	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		20,6	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	392,48	/ 541	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,z}$ =		171,7	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	11,70	/ 5163	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		0,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	7,74	/ 1490	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		0,7	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	64,46	/ 1490	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		5,9	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N =$ 173,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 173,5 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $\qquad 0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Buis 450*16 aan de flens
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Controle bouten:

$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =	395,3	kNm	
$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =	64,9	kN	
N_{Ed} =	11,7	kN	
$F_{t,Ed}$ =	122,04	kN	
$F_{v,Ed}$ =	2,71	kN	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,72	< 1,0	-- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,03	< 1,0	-- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,54	< 1,0	-- Voldoet

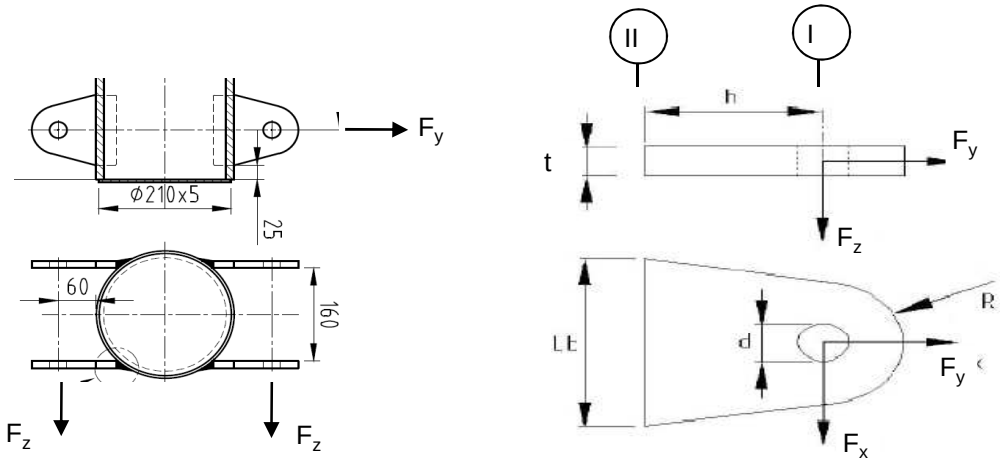
Controle flens:

t_{flens} =	35,00	mm
L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*π*m) =	70,9	mm
m =	39,2	mm
n =	30,0	mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ = 5142225 Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$ =	262,3	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$ =	147,7	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$ =	169,4	kN
	$F_{t,Rd,min}$ =	147,7	kN
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ =	0,83	< 1,0	-- Voldoet

9.1.1 - Berekening clip crossbeam (clip type 20,6)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	93	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	14,97	63,02	4,32
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**11,70**	**64,46**	**7,74**
BG 1a - (wind (45 gr))	7,91	42,59	4,50
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,45	59,14	7,86
BG 1a - (wind (-45 gr))	10,50	49,73	4,41
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	9,61	60,66	7,82

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip (4 clip per kant): **2,92** **16,12** **3,87**

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 16,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 24 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1440	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	341 kN
W_z =	2,88E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	6,8 kNm
W_x =	2,88E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	0,7 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	196,8 kN

N_{Ed} =	16,12	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,27	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,87	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,36	kNm
$V_{x,Ed}$ =	2,92	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	16,12	/	341	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,27	/	6,8	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		9,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,36	/	0,7	=	0,53	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		125,0	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,87	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		2,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	2,92	/	197	/	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		2,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 145,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 146 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

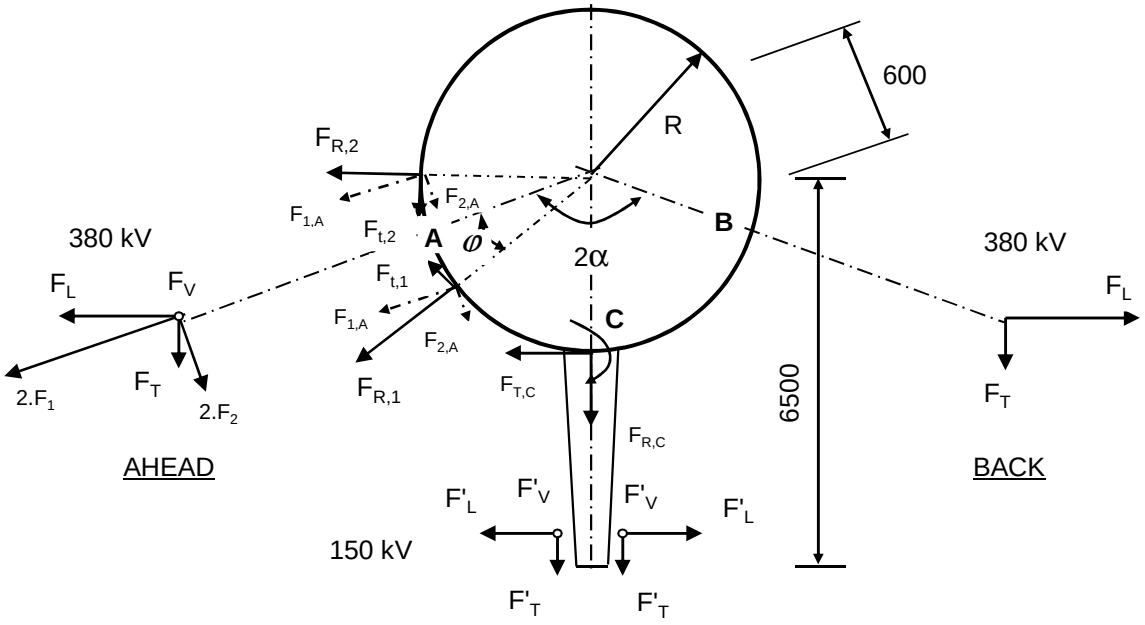
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2 - Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 / 150 kV

Schema



F_V en F'_V : Verticale kracht resp. 380kV en 150kV
F_T en F'_T : Transverse kracht resp. 380kV en 150kV
F_L en F'_L : Longitudinale kracht resp. 380kV en 150kV

2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

380 kV: Per bevevestigingsring

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

$F_{3;A} = F_{V,ah} / 4$; $F_{3;B} = F_{V,bh} / 4$;

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;A} + F_{T;2;A} \text{ I} * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = \text{I } F_{T;1;B} + F_{T;2;B} \text{ I} * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

$F_{T;C} = \Sigma F'_L / 2$ $M_{T;C} = F_{T;C} * (6500 - R)$

$F_{R;C} = \Sigma F'_T / 2$

$F_{V;C} = \Sigma F'_V / 2$ $M_{V;C} = 2 * F_{V;C} * (6500 - R)$

$F'_{R;C} = \pm M_{C;L} / (2 * z)$

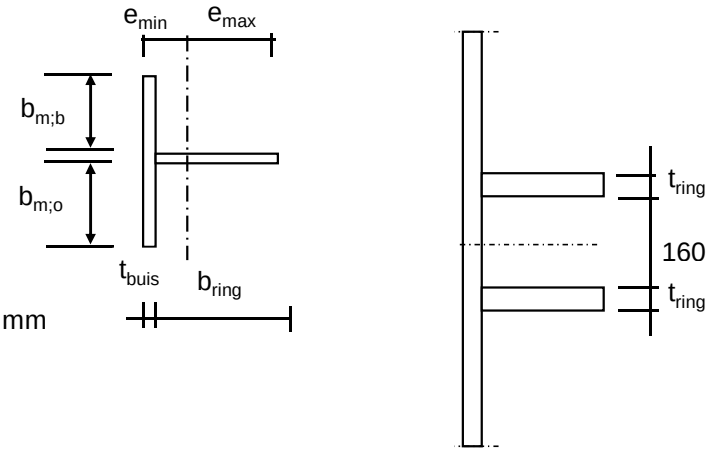
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

9.2.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 54,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	20	mm
$t_{buis;reken}$ =	20	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	280	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	210,9	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	13318	mm^2
e_{min} =	88,8	mm
e_{max} =	211,2	mm
I =	120659889	mm^4
W_{min} =	571420	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3152	kN
$M_{y;Rd}$ =	135	kNm
$M_{w;Rd}$ =	4676	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	956	kN

Belastingen - bevestiging op 54,0 meter hoogte

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL en AL1
Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
BG 1a - (wind (45 gr))	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Bundelbreuk-(90 gr)	17795	37362	185712	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	20965	37018	202705	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	18280	23778	152859	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	21391	26025	180420	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4323	14973	63018	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7745	11697	64461	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4498	7910	42587	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7856	8448	59141	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4449	9341	46428	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	5241	9254	50676	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4570	5945	38215	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	5348	6506	45105	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 823 mm

R = 411 mm

Mast 123: hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden

Mast 109: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (411+205)) = 29,1 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	59,9	52,4	62,4	54,9	102,7	191,9
BG 3 - (wind (90) + ijs)	59,2	55,0	60,1	56,0	176,4	196,2
BG 1a - (wind (45 gr))	39,2	36,3	48,0	43,3	103,0	129,7
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,0	51,3	55,4	52,8	177,3	180,0
Bundelbreuk-(90 gr)	43,2	39,3	0,0	0,0	102,7	141,3
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	46,6	43,2	0,0	0,0	120,1	154,3
Bundelbr.-(45 gr)	34,5	33,0	0,0	0,0	103,6	116,3
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	40,5	39,1	0,0	0,0	121,1	137,3

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

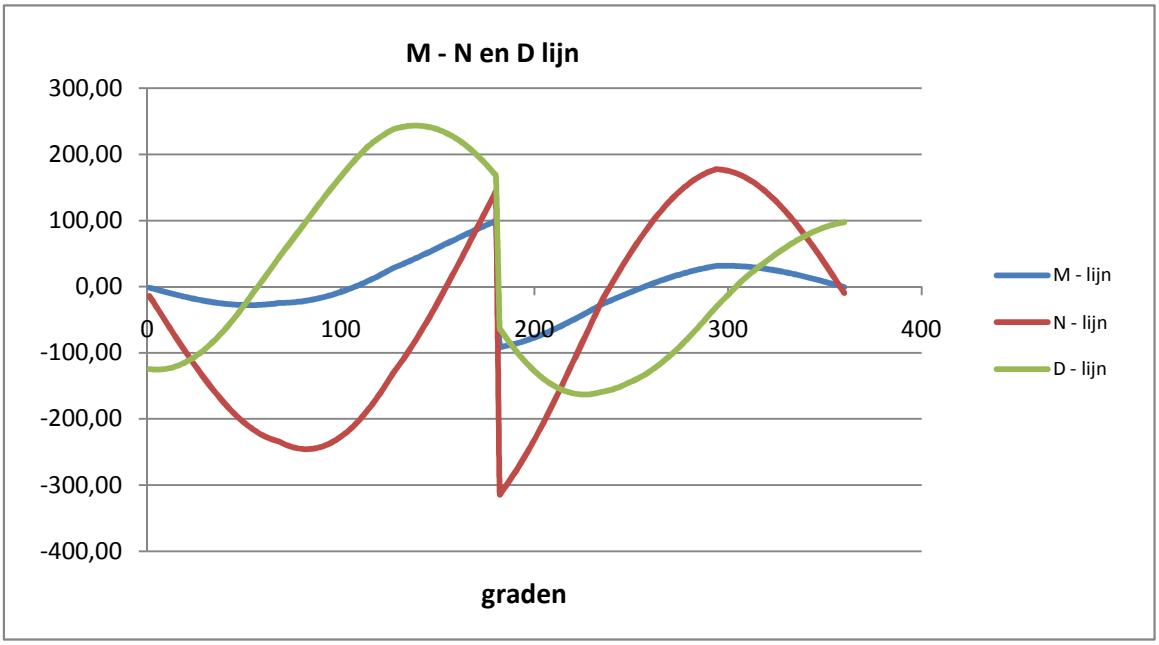
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,45	-14,18	-124,70	11,49	93,35
15,0	-12,94	-82,34	-119,30	9,19	74,60
30,0	-22,12	-145,03	-91,36	5,13	41,64
45,0	-27,25	-195,23	-43,68	0,33	2,70
60,0	-26,92	-226,98	15,70	3,53	28,71
75,0	-23,38	-243,53	75,29	7,59	61,62
90,0	-15,80	-241,12	133,67	14,32	116,32
105,0	-1,47	-212,12	187,61	20,24	164,41
120,0	18,77	-158,12	227,64	20,64	167,62
135,0	39,41	-92,88	243,34	20,54	166,82
150,0	59,94	-18,62	236,82	21,04	
165,0	80,99	64,46	210,25	18,05	
180,0	99,03	143,07	167,95	180,01	Flens crossbea
195,0	-80,97	-251,77	-116,15	17,71	
210,0	-63,26	-168,35	-151,59	22,44	
225,0	-40,82	-76,05	-163,19	22,01	178,73
240,0	-18,81	10,01	-154,95	17,89	145,27
255,0	-0,93	78,65	-134,87	15,70	127,54
270,0	14,78	132,86	-101,68	12,00	97,49
285,0	26,78	167,87	-56,88	4,70	38,14
300,0	31,48	174,51	-9,34	3,17	25,75
315,0	28,30	151,73	30,03	7,40	60,12
330,0	20,90	109,42	61,71	10,45	84,88
345,0	10,45	52,09	85,27	11,10	90,12
360,0	-0,64	-9,62	97,52	0,80	6,51

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

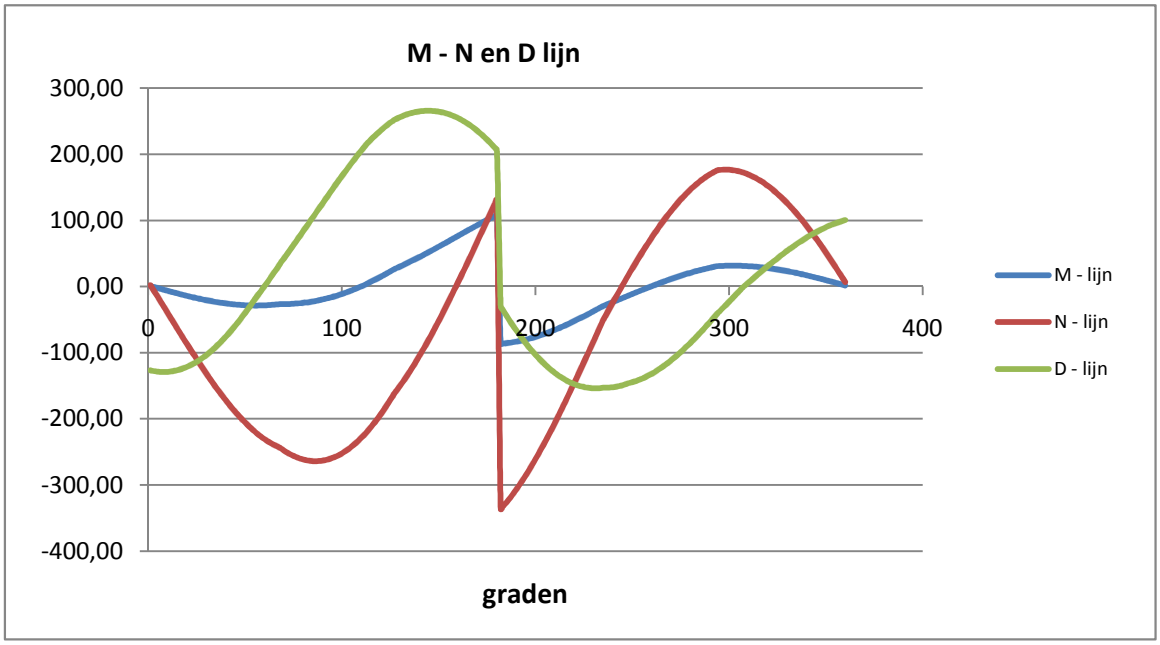
$S =$ 980000 mm^3

$I =$ 120659889 mm^4



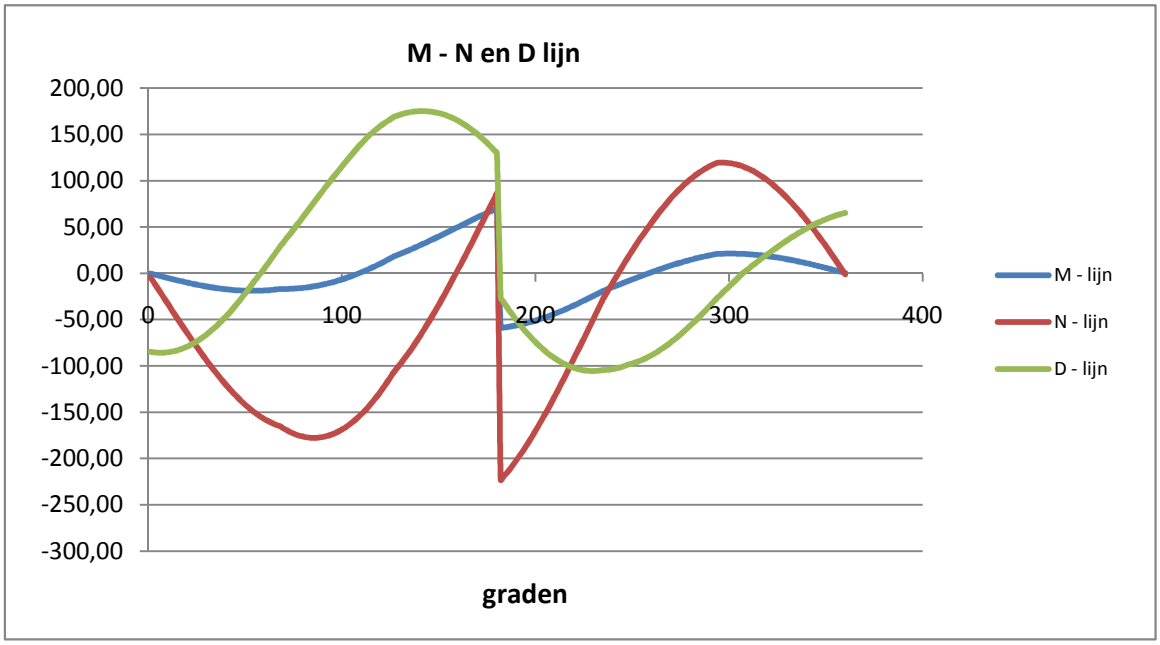
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	0,83	1,98	-126,62	11,97	97,22
15,0	-11,14	-68,77	-125,66	10,04	81,54
30,0	-21,18	-136,40	-101,07	6,22	50,51
45,0	-27,40	-193,36	-55,07	0,81	6,57
60,0	-28,21	-232,94	4,74	2,50	20,31
75,0	-25,71	-257,69	66,97	6,90	56,02
90,0	-18,81	-262,85	130,10	14,24	115,66
105,0	-4,57	-239,78	190,62	20,93	170,03
120,0	16,37	-189,26	238,34	22,34	181,48
135,0	38,71	-124,11	262,27	23,21	188,54
150,0	61,92	-46,39	263,77	24,49	
165,0	86,42	43,46	244,00	21,80	
180,0	108,22	131,05	206,18	187,47	Flens crossbea
195,0	-79,25	-280,46	-89,46	15,16	
210,0	-64,09	-200,38	-132,76	20,78	
225,0	-43,30	-108,01	-152,48	21,27	172,79
240,0	-22,03	-18,66	-151,76	18,00	146,23
255,0	-4,02	55,94	-137,94	16,46	133,67
270,0	12,43	117,89	-109,27	13,18	107,03
285,0	25,61	161,48	-66,89	5,92	48,09
300,0	31,53	176,25	-19,77	2,14	17,38
315,0	29,39	160,23	21,15	6,61	53,66
330,0	22,79	122,88	56,09	10,03	81,46
345,0	12,76	68,21	83,90	11,11	90,21
360,0	1,65	6,61	100,40	0,82	6,64



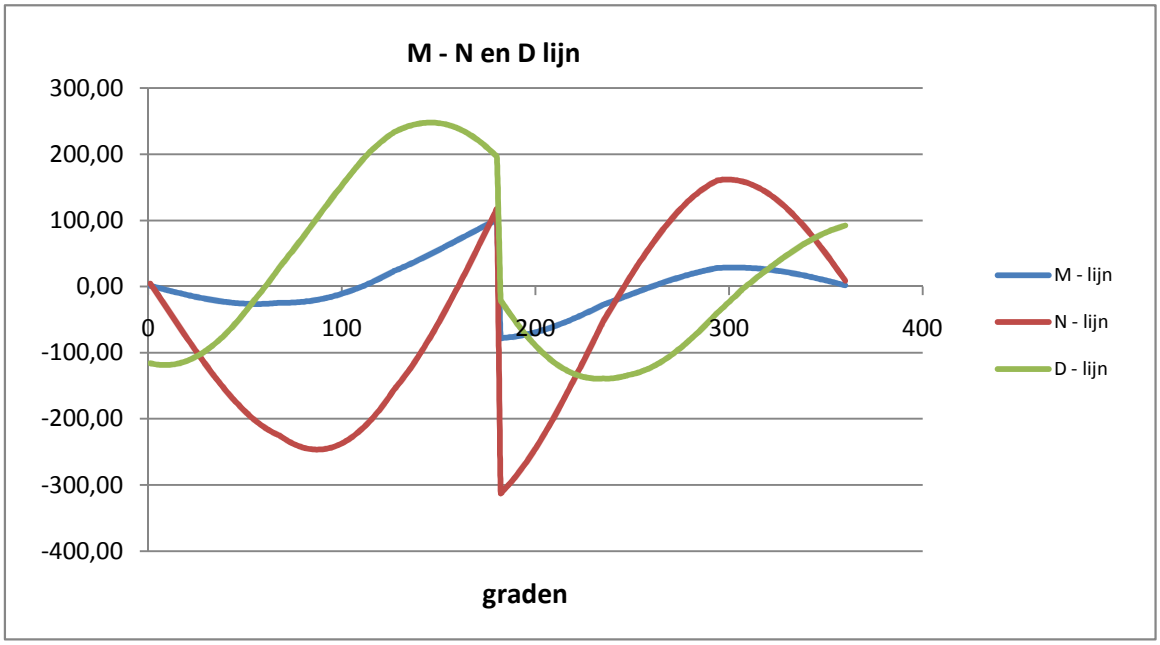
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-0,18	-4,18	-84,62	7,93	64,37
15,0	-8,11	-51,87	-82,39	6,47	52,55
30,0	-14,58	-96,76	-64,40	3,76	30,54
45,0	-18,34	-133,81	-32,31	0,02	0,14
60,0	-18,35	-158,60	8,64	1,94	15,72
75,0	-16,42	-173,81	50,31	4,62	37,53
90,0	-11,80	-176,29	91,67	9,54	77,52
105,0	-2,25	-159,66	130,77	14,00	113,72
120,0	11,75	-124,62	160,97	14,39	116,89
135,0	26,14	-81,11	174,47	14,59	118,47
150,0	40,73	-30,20	172,62	15,42	
165,0	56,15	28,61	156,89	13,69	
180,0	69,84	85,84	129,83	123,20	Flens crossbea
195,0	-53,36	-183,46	-65,46	10,67	
210,0	-42,69	-128,36	-93,27	14,27	
225,0	-28,41	-65,75	-105,01	14,44	117,26
240,0	-13,98	-5,89	-102,95	12,09	98,19
255,0	-1,89	43,41	-92,55	10,89	88,43
270,0	9,00	83,60	-72,73	8,56	69,53
285,0	17,56	111,00	-43,96	3,65	29,65
300,0	21,21	118,87	-12,20	1,74	14,13
315,0	19,47	106,13	14,68	4,70	38,16
330,0	14,77	79,26	37,09	6,91	56,09
345,0	7,87	41,14	54,86	7,50	60,92
360,0	0,37	-1,03	65,39	0,55	4,45



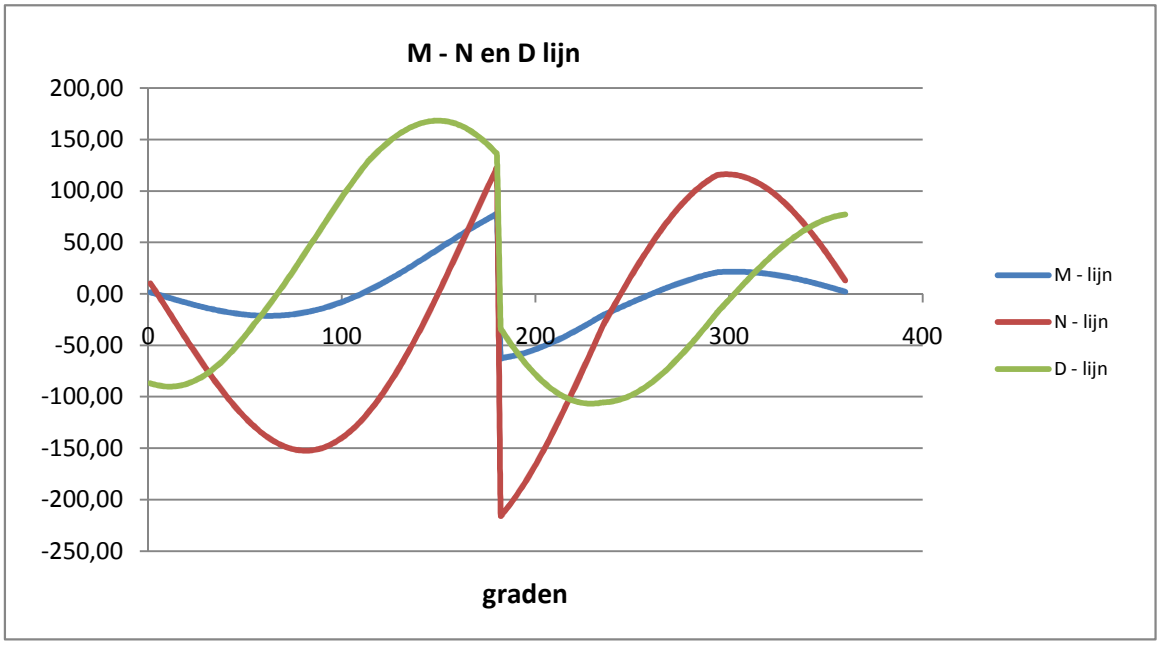
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	1,18	4,58	-115,88	11,04	89,68
15,0	-9,87	-60,77	-115,89	9,33	75,82
30,0	-19,20	-123,69	-94,06	5,87	47,68
45,0	-25,07	-177,17	-52,29	0,91	7,42
60,0	-25,98	-214,90	2,59	2,07	16,85
75,0	-23,91	-239,25	60,13	6,12	49,67
90,0	-17,79	-245,67	118,82	12,98	105,41
105,0	-4,81	-225,83	175,50	19,28	156,63
120,0	14,47	-180,29	220,65	20,75	168,54
135,0	35,22	-120,73	244,07	21,73	176,50
150,0	56,95	-48,96	246,91	23,08	
165,0	80,03	34,66	230,07	20,70	
180,0	100,74	116,71	196,31	172,73	Flens crossbea
195,0	-71,99	-262,32	-76,23	13,26	
210,0	-58,73	-189,84	-117,59	18,59	
225,0	-40,14	-105,44	-137,40	19,27	156,54
240,0	-20,87	-23,07	-138,30	16,53	134,22
255,0	-4,34	46,51	-126,94	15,24	123,79
270,0	10,90	104,85	-101,67	12,32	100,10
285,0	23,22	146,53	-63,40	5,67	46,04
300,0	28,89	161,66	-20,37	1,78	14,43
315,0	27,12	148,24	17,34	5,91	47,99
330,0	21,21	114,93	49,94	9,11	73,99
345,0	12,10	65,30	76,28	10,17	82,62
360,0	1,93	8,85	92,34	0,75	6,11



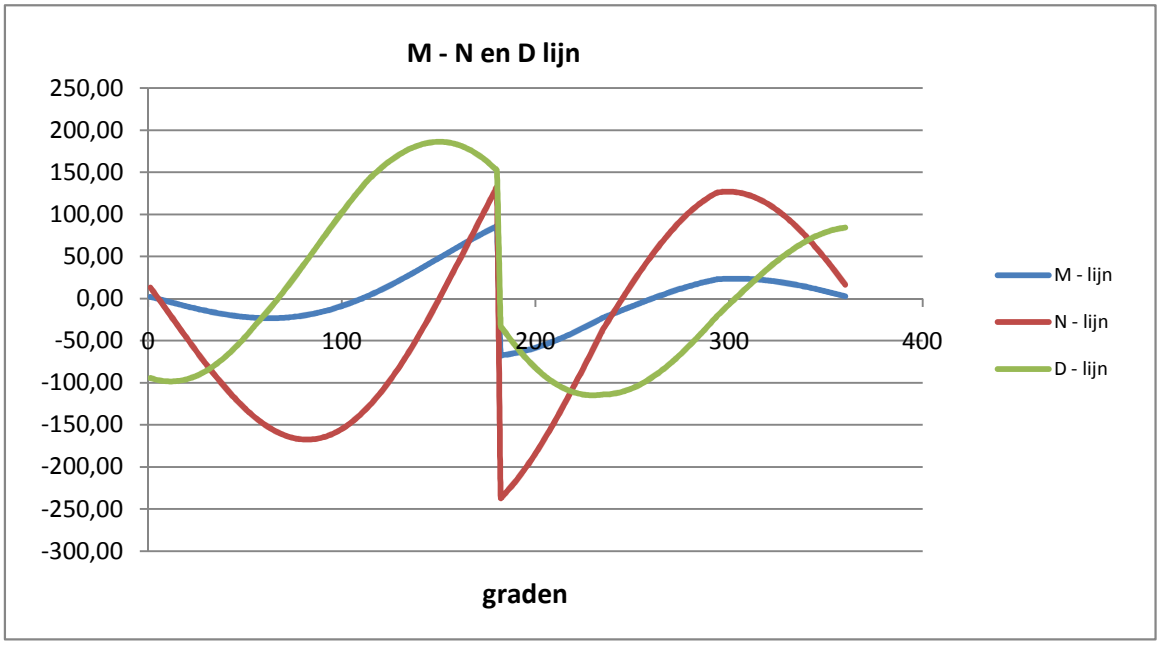
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	1,61	10,32	-86,68	8,27	67,20
15,0	-6,67	-33,47	-89,18	7,33	59,56
30,0	-14,00	-75,81	-76,45	5,21	42,32
45,0	-19,21	-112,15	-49,76	2,07	16,84
60,0	-21,28	-138,41	-14,09	1,80	14,60
75,0	-19,49	-151,36	25,72	6,03	48,96
90,0	-13,46	-148,94	68,70	10,19	82,75
105,0	-3,27	-130,50	110,09	13,83	112,34
120,0	10,56	-96,85	142,76	16,53	134,27
135,0	27,09	-50,30	162,27	17,93	145,60
150,0	45,02	5,55	168,28	17,76	
165,0	62,78	66,08	158,95	14,93	
180,0	77,71	122,10	135,90	134,12	Flens crossbea
195,0	-56,41	-178,81	-70,03	11,26	
210,0	-45,15	-126,92	-95,79	14,82	
225,0	-30,33	-67,22	-106,29	14,85	120,63
240,0	-15,48	-9,89	-103,95	12,36	100,39
255,0	-3,12	37,48	-91,34	11,32	91,96
270,0	8,20	77,25	-67,59	9,17	74,48
285,0	17,38	105,88	-36,14	4,25	34,52
300,0	21,63	116,20	-3,45	1,24	10,06
315,0	20,39	106,83	26,05	4,22	34,27
330,0	16,17	84,30	51,34	6,57	53,36
345,0	9,60	50,98	69,24	7,44	60,39
360,0	2,16	13,18	77,18	0,55	4,51



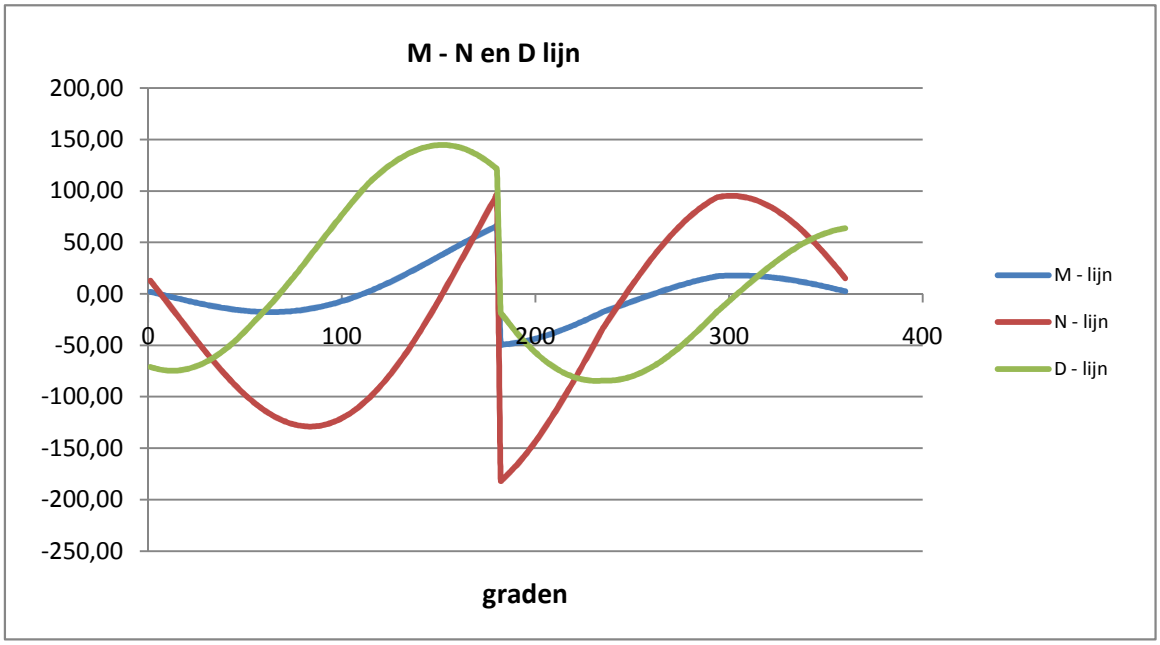
Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,00	13,03	-94,51	9,07	73,63
15,0	-7,06	-34,95	-97,77	8,08	65,66
30,0	-15,15	-81,60	-84,33	5,80	47,10
45,0	-20,94	-121,93	-55,51	2,39	19,39
60,0	-23,33	-151,39	-16,65	1,85	15,00
75,0	-21,48	-166,39	27,02	6,50	52,77
90,0	-14,99	-164,58	74,38	11,09	90,11
105,0	-3,89	-145,13	120,22	15,15	123,02
120,0	11,25	-108,87	156,67	18,18	147,67
135,0	29,43	-58,21	178,82	19,80	160,79
150,0	49,23	2,94	186,23	19,70	
165,0	68,93	69,54	176,80	16,66	
180,0	85,59	131,50	152,19	146,78	Flens crossbea
195,0	-61,19	-197,80	-73,23	11,95	
210,0	-49,24	-141,76	-102,20	15,92	
225,0	-33,32	-76,82	-114,57	16,08	130,58
240,0	-17,24	-14,07	-112,88	13,48	109,52
255,0	-3,76	38,21	-99,82	12,43	100,93
270,0	8,67	82,41	-74,43	10,13	82,29
285,0	18,80	114,57	-40,42	4,77	38,75
300,0	23,57	126,73	-4,85	1,24	10,06
315,0	22,33	117,28	27,43	4,51	36,63
330,0	17,82	93,29	55,29	7,11	57,76
345,0	10,71	57,31	75,23	8,10	65,80
360,0	2,61	16,15	84,31	0,61	4,92



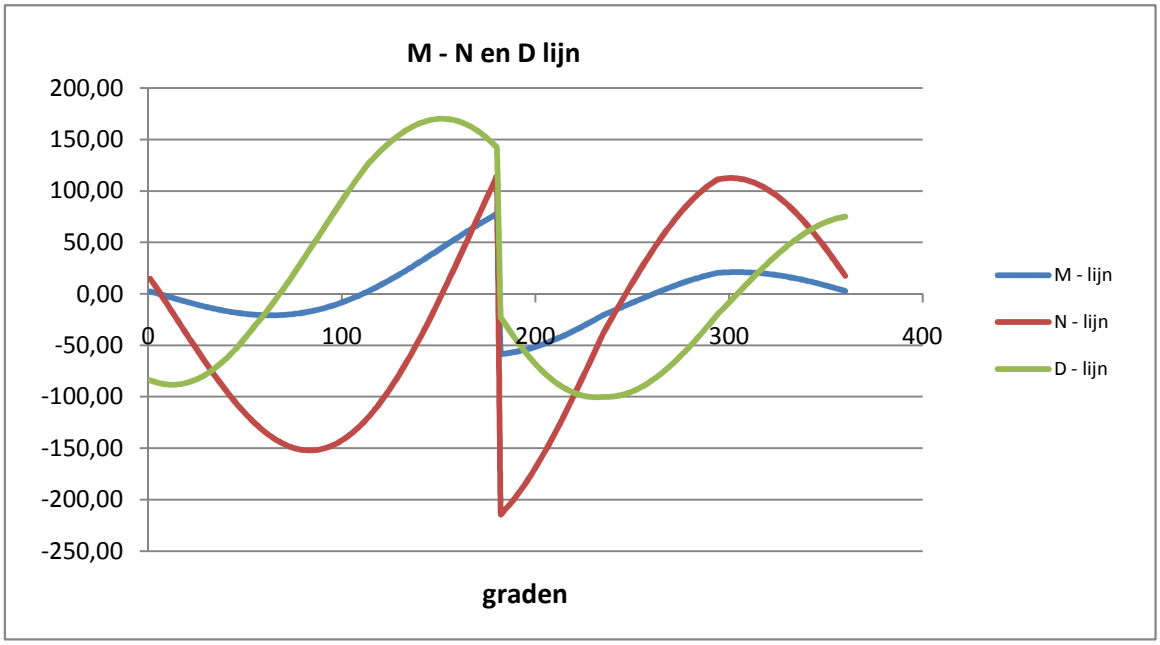
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 45 gr

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	1,93	12,79	-71,16	6,89	55,96
15,0	-4,96	-23,67	-74,46	6,22	50,55
30,0	-11,19	-59,57	-65,05	4,55	36,99
45,0	-15,74	-91,07	-43,79	2,01	16,30
60,0	-17,75	-114,62	-14,59	1,20	9,74
75,0	-16,55	-127,37	18,67	4,76	38,66
90,0	-11,79	-127,38	55,09	8,32	67,56
105,0	-3,47	-113,87	90,72	11,50	93,38
120,0	8,03	-87,30	119,50	13,93	113,15
135,0	21,96	-49,39	137,62	15,30	124,30
150,0	37,26	-2,99	144,62	15,38	
165,0	52,64	48,11	138,77	13,16	
180,0	65,80	96,15	121,11	111,31	Flens crossbea
195,0	-45,52	-153,55	-49,89	8,46	
210,0	-37,06	-112,21	-73,10	11,61	
225,0	-25,45	-63,57	-83,92	11,91	96,71
240,0	-13,55	-15,94	-84,07	10,14	82,35
255,0	-3,41	24,38	-75,42	9,47	76,88
270,0	6,06	58,98	-57,19	7,82	63,55
285,0	13,88	84,71	-32,11	3,81	30,94
300,0	17,69	95,36	-5,49	0,74	6,00
315,0	16,95	89,52	18,96	3,24	26,28
330,0	13,72	72,47	40,40	5,26	42,69
345,0	8,46	45,98	56,08	6,08	49,37
360,0	2,38	15,14	63,64	0,46	3,72



Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 45 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	2,22	14,71	-83,93	8,13	66,05
15,0	-5,91	-28,31	-87,78	7,34	59,58
30,0	-13,24	-70,62	-76,62	5,36	43,51
45,0	-18,60	-107,67	-51,51	2,34	19,04
60,0	-20,95	-135,32	-17,05	1,44	11,69
75,0	-19,51	-150,20	22,20	5,64	45,79
90,0	-13,87	-150,04	65,15	9,83	79,84
105,0	-4,04	-133,93	107,11	13,57	110,21
120,0	9,53	-102,45	140,96	16,43	133,41
135,0	25,96	-57,65	162,18	18,03	146,42
150,0	43,98	-2,89	170,28	18,10	
165,0	62,08	57,34	163,21	15,46	
180,0	77,55	113,91	142,25	131,33	Flens crossbea
195,0	-53,79	-180,70	-59,52	10,02	
210,0	-43,76	-131,85	-86,81	13,72	
225,0	-30,04	-74,46	-99,45	14,07	114,31
240,0	-15,97	-18,29	-99,46	11,99	97,40
255,0	-3,98	29,24	-89,08	11,18	90,84
270,0	7,21	69,98	-67,41	9,24	75,02
285,0	16,44	100,23	-37,69	4,48	36,39
300,0	20,92	112,64	-6,22	0,90	7,32
315,0	20,02	105,58	22,65	3,85	31,24
330,0	16,18	85,30	47,91	6,22	50,56
345,0	9,95	53,93	66,34	7,19	58,36
360,0	2,77	17,49	75,18	0,54	4,39



Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	336,7	kN	N_{Rd} =	3152	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	108,22	kNm	M_{Rd} =	135	kNm
$V_{Ed;max}$ =	265,7	kN	V_{Rd} =	956	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 336,70 / 3152 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 25,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 108,22 / 135,2 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 189,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 265,65 / 956 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 38,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 131,05

V_{Ed} = 206,18

$\sigma_b + \sigma_N$ = 189,4 + 9,8 = 199,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

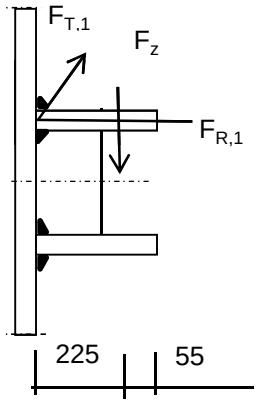
τ_z = 29,5 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_{N)}^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 206 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 59,21 kN

$F_{T,1,h}$ = 35,60 kN

F_z = 15,49 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 188,54 kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 225 = 450 mm

L_{las} = 264 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 15,9 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 13,50 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 71,52 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 65,99 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 81,9 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 220,2 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

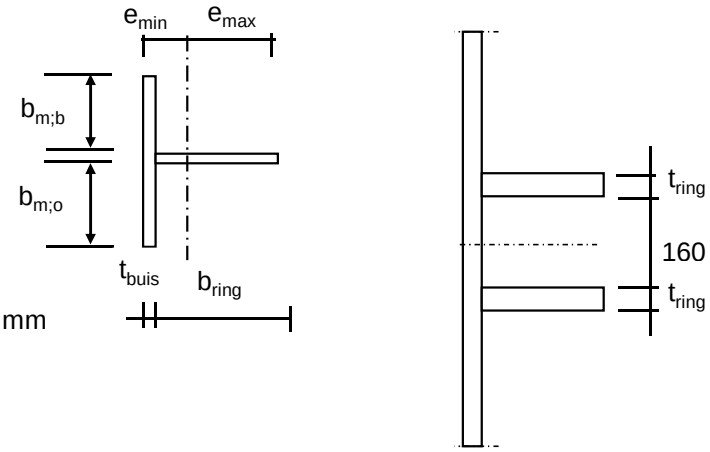
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 220,2 / 302,2 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 81,9 / 244,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 45,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	22	mm
$t_{buis;reken}$ =	22	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	232,0	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	13914	mm^2
e_{min} =	76,9	mm
e_{max} =	205,1	mm
I =	105771239	mm^4
W_{min} =	515633	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y;Rd}$ =	122	kNm
$M_{w;Rd}$ =	9799	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 54,0 meter hoogte aangehouden

Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
BG 1a - (wind (45 gr))	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Bundelbreuk-(90 gr)	17795	37362	185712	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	20965	37018	202705	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	18280	23778	152859	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	21391	26025	180420	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4323	14973	63018	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7745	11697	64461	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4498	7910	42587	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7856	8448	59141	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4449	9341	46428	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	5241	9254	50676	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4570	5945	38215	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	5348	6506	45105	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1127 mm

R = 564 mm

Mast 123: hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden

Mast 109: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (564+205)) = 23,0 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	62,2	56,2	64,8	58,8	100,3	187,1
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,9	58,5	62,8	59,5	172,2	191,3
BG 1a - (wind (45 gr))	41,0	38,6	50,0	46,3	100,5	126,4
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,6	54,3	58,0	56,0	172,9	175,5
Bundelbreuk-(90 gr)	45,0	41,9	0,0	0,0	100,2	137,8
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	48,7	46,0	0,0	0,0	117,2	150,4
Bundelbr.-(45 gr)	36,2	35,0	0,0	0,0	101,1	113,4
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	42,5	41,4	0,0	0,0	118,1	133,9

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

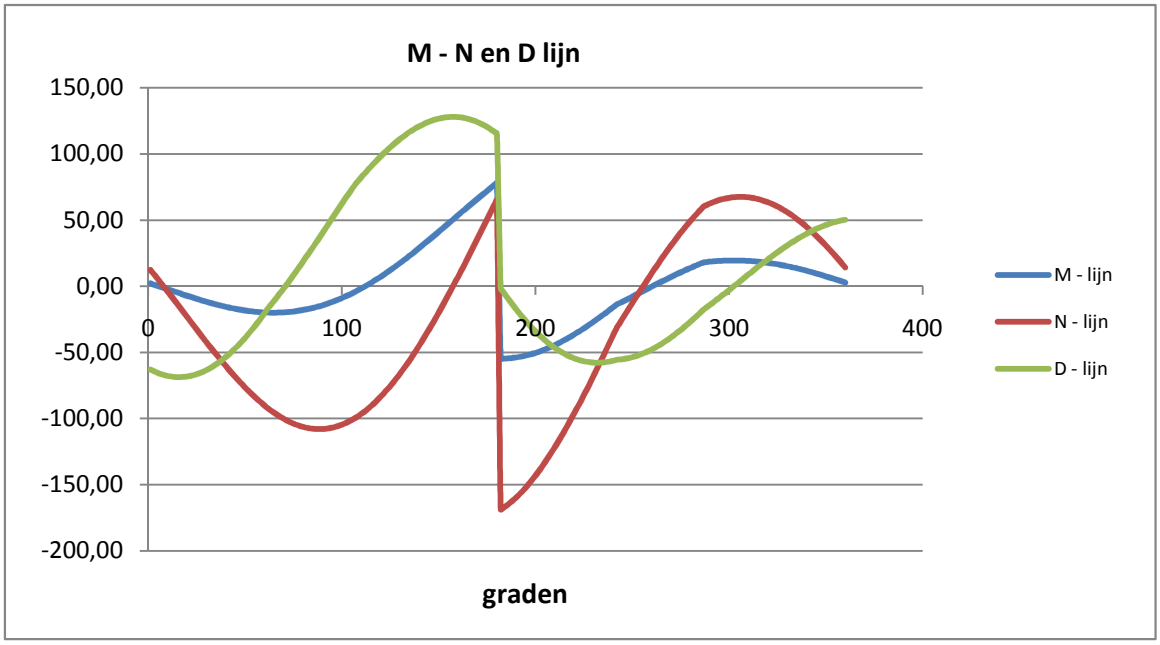
Maatgevend belastinggeval :BG 3 - 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d,langs}$ kN
0,0	-1,00	-4,11	-99,41	11,57	92,46
15,0	-12,57	-54,93	-100,34	9,46	75,55
30,0	-22,03	-104,27	-81,76	5,45	43,55
45,0	-27,48	-146,57	-45,25	0,17	1,37
60,0	-27,31	-176,72	5,54	6,36	50,81
75,0	-20,95	-191,65	57,68	5,59	44,64
90,0	-15,36	-201,92	106,02	13,32	106,41
105,0	-2,04	-191,07	152,85	20,01	159,89
120,0	17,97	-160,07	185,70	17,57	140,33
135,0	35,54	-124,84	200,20	22,33	178,42
150,0	57,87	-72,83	201,89	25,11	
165,0	82,98	-8,45	189,50	23,76	
180,0	106,74	57,77	164,94	185,27	Flens crossbea
195,0	-78,53	-238,78	-47,86	13,56	
210,0	-64,97	-182,16	-80,43	20,56	
225,0	-44,41	-113,06	-95,16	24,91	198,99
240,0	-19,51	-38,41	-92,21	17,96	143,49
255,0	-1,54	19,67	-81,24	16,62	132,75
270,0	15,07	69,34	-64,62	13,98	111,66
285,0	29,05	106,92	-37,87	1,92	15,34
300,0	30,97	114,84	-12,11	3,04	24,27
315,0	27,93	105,38	8,79	7,06	56,39
330,0	20,87	80,48	29,92	10,13	80,90
345,0	10,75	42,68	48,69	10,95	87,45
360,0	-0,20	-0,81	61,92	0,80	6,38

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 105771239 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	275,0	kN	N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	106,74	kNm	M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	202,9	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 275,01 / 3293 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 19,8 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 106,74 / 122,0 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 207,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 202,85 / 888 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 31,2 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 57,77

V_{Ed} = 164,94

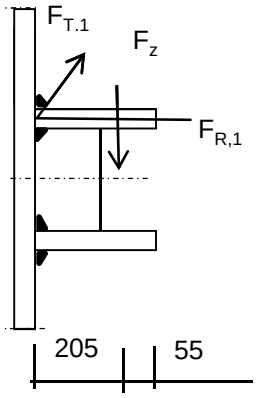
$\sigma_b + \sigma_N$ = 207,0 + 4,2 = 211,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 25,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 216 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	61,87	kN
$F_{T,1,h}$ =	29,50	kN
F_z =	15,49	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	198,99	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} =264 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,6 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 11,19 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 75,49 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 60,12 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 76,7 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 214,7 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

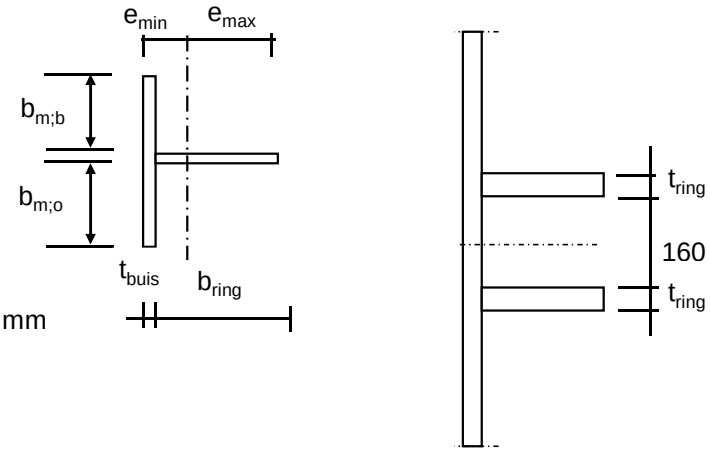
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 214,7 / 302,2 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 76,7 / 244,8 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	28	mm
$t_{buis;reken}$ =	28	mm
$t_{ring;nom}$ =	25	mm
$t_{ring;reken}$ =	25	mm
b_{ring} =	260	mm
Afstand tussen ringen =	160	mm



Mee werkende breedte :DIN 18801

$b_m = 0{,}138 * t * \lambda_a$

$\lambda_a = \pi * (E / f_y)^{0,5}$

Staal S355 ; f_y = 355,0 N/mm^2

E = 210000,0 N/mm^2

$b_{m;b}$ =	295,2	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	17707	mm^2
e_{min} =	66,9	mm
e_{max} =	221,1	mm
I =	122655070	mm^4
W_{min} =	554651	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y;Rd}$ =	131	kNm
$M_{w;Rd}$ =	20122	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 54,0 meter hoogte aangehouden

Geleiders 380 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
BG 1a - (wind (45 gr))	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Bundelbreuk-(90 gr)	17795	37362	185712	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	20965	37018	202705	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	18280	23778	152859	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	21391	26025	180420	0	0	0

Geleiders 150 kV

	Ahead			Back		
	F_V N	F_T N	F_L N	F_V N	F_T N	F_L N
BG 1a - (wind (90 gr))	4323	14973	63018	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7745	11697	64461	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4498	7910	42587	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7856	8448	59141	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4449	9341	46428	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	5241	9254	50676	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4570	5945	38215	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	5348	6506	45105	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1432 mm

R = 716 mm

Mast 123: hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden

Mast 109: hoek tussen lijnen 2. α = 180 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 167 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (716+205)) = 19,0 graden

	A		B		C	
	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;1}$ kN	$F_{R;2}$ kN	$F_{R;max}$ kN	M_T kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	63,3	58,3	65,9	61,0	97,9	182,3
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,2	60,4	64,2	61,4	167,9	186,4
BG 1a - (wind (45 gr))	41,8	39,9	51,0	47,9	98,1	123,2
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,0	55,9	59,4	57,7	168,6	171,0
Bundelbreuk-(90 gr)	45,9	43,3	0,0	0,0	97,8	134,3
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	49,7	47,5	0,0	0,0	114,3	146,6
Bundelbr.-(45 gr)	37,0	36,0	0,0	0,0	98,6	110,5
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,5	42,6	0,0	0,0	115,2	130,4

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

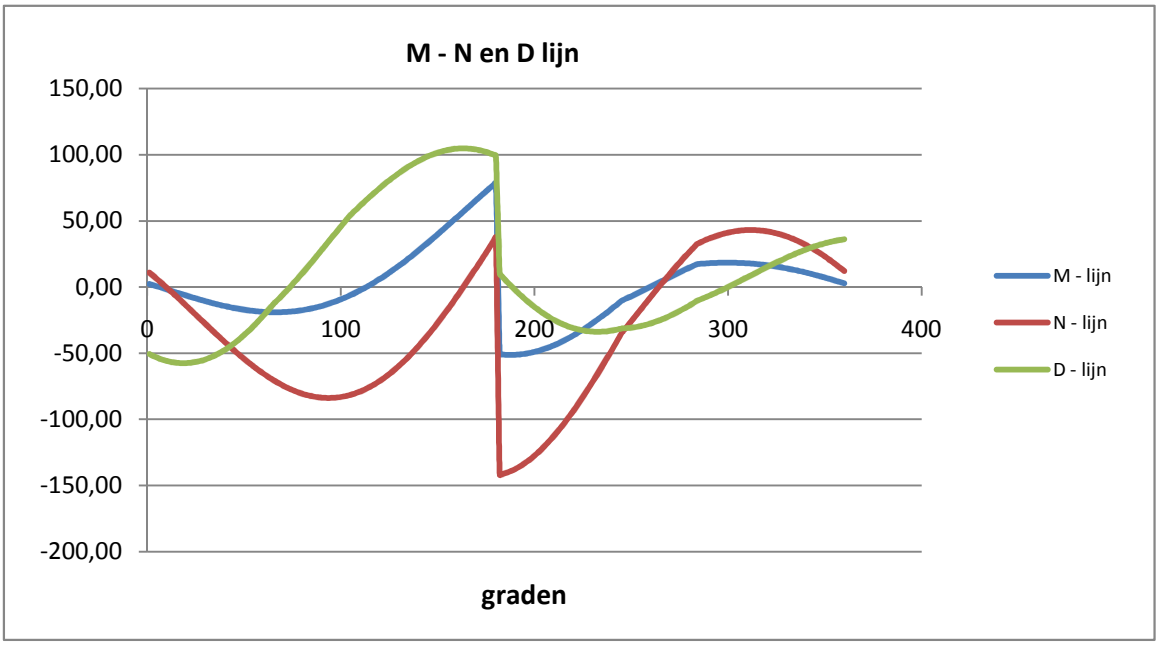
Maatgevend belastinggeval :BG 3 - 90 gr + ijs

φ in gr.	$M_{s;d}$ kNm	$T_{s;d}$ kN	$V_{s;d}$ kN	$\Delta M_{s;d}$ kN	$F_{s;d;langs}$ kN
0,0	-2,55	-7,45	-82,81	11,18	77,02
15,0	-13,73	-46,80	-84,77	8,89	72,17
30,0	-22,61	-85,59	-69,74	4,71	38,22
45,0	-27,32	-119,39	-38,93	1,11	9,05
60,0	-26,20	-144,04	4,64	8,13	66,04
75,0	-18,07	-156,10	50,63	5,84	47,40
90,0	-12,24	-166,97	91,33	12,42	100,91
105,0	0,19	-162,95	129,20	17,14	139,22
120,0	17,33	-145,74	153,58	15,45	125,49
135,0	32,78	-123,84	164,53	21,46	174,33
150,0	54,24	-86,50	166,41	25,66	
165,0	79,90	-36,77	158,26	25,60	
180,0	105,50	17,02	141,25	182,96	Flens crossbea
195,0	-77,46	-213,35	-23,88	12,02	
210,0	-65,44	-170,18	-50,29	20,32	
225,0	-45,11	-114,57	-62,23	25,92	210,50
240,0	-19,20	-52,15	-59,84	19,84	161,12
255,0	0,64	-1,03	-50,63	16,75	136,04
270,0	17,39	41,39	-39,81	13,24	107,57
285,0	30,64	73,22	-22,89	0,03	0,23
300,0	30,61	79,91	-9,08	3,90	31,66
315,0	26,71	74,15	2,37	7,49	60,81
330,0	19,22	56,33	15,82	10,21	82,91
345,0	9,01	28,18	29,48	10,78	87,56
360,0	-1,77	-4,91	40,79	0,78	6,33

$F_{s;d;langs} = \Delta M_{s;d} * S / I$

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 122655070 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	238,2	kN	N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	105,50	kNm	M_{Rd} =	131	kNm
$V_{Ed;max}$ =	166,9	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 238,24 / 4191 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 13,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 105,50 / 131,3 = 0,80 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 190,2 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 166,86 / 888 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 25,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 17,02

V_{Ed} = 141,25

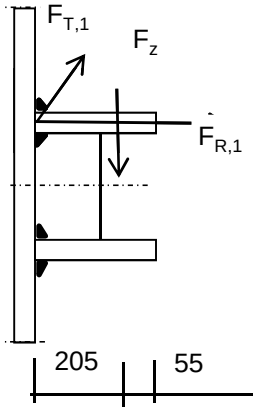
$\sigma_b + \sigma_N$ = 190,2 + 1,0 = 191,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 21,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 195 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	63,21	kN
$F_{T,1,h}$ =	25,38	kN
F_z =	15,49	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	146,42	kN

$L_{las} = b_{m;ring} = 0,138*t*\pi * (E/fy)^{0,5}$ = 264 mm

of

L_{las} = 2 * 205 = 410 mm

L_{las} = 264 mm - maatgevend

lasdikte a = 5 mm - hoeklas

t.g.v. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 17,0 N/mm^2

t.g.v. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 9,63 N/mm^2

t.g.v. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 55,54 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 60,12 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 77,1 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 191,1 N/mm^2

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_{M2} = 1{,}25$

$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

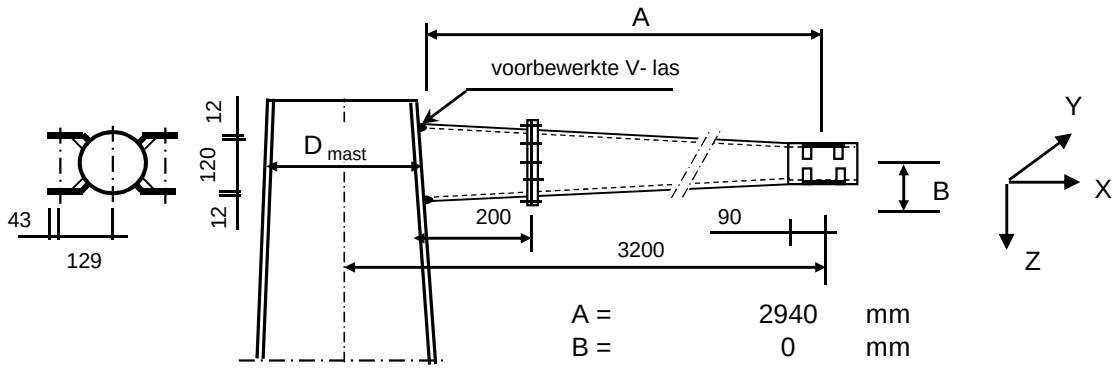
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 191,1 / 302,2 = 0,63 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 77,1 / 244,8 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	2940	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	520	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte :	62,43	m

Buisgegevens

Buis Ø330 * 10 - S355 (aansluiting mast) ; buis 168,3*8 -S355 - op uiteinde

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	10053	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2379	kN
$W_y = W_z$ =	7,81E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	184,8	kNm
W_x =	1,56E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	184,8	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	213,3	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	686,8	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL, AL1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	10132	40451	2234	10130	-41937	1840
BG 3 - (wind (90) + ijs)	12979	64084	9579	12921	-65131	6899
BG 1a - (wind (45 gr))	4989	24775	2324	6906	-31480	1739
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8902	58561	9694	10339	-60784	6698
BG 1a - bundelbr. (90gr)	6054	-27943	2295	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	9314	-41944	3906	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr)	3505	-20875	2375	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	5510	-32739	4031	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr	4421	-23176	2342	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	6881	-35697	3981	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	20,26	1,49	4,07	0,00	11,98	4,37
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25,90	1,05	16,48	0,00	48,44	3,08
BG 1a - (wind (45 gr))	11,90	6,70	4,06	0,00	11,94	19,71
BG 3 - (wind (45) + ijs)	19,24	2,22	16,39	0,00	48,19	6,54
BG 1a - bundelbr. (90gr)	6,05	27,94	2,29	0,00	6,75	82,15
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	**9,31**	**41,94**	**3,91**	**0,00**	**11,48**	**123,31**
BG 1a - bundelbr. (45gr)	3,51	20,88	2,38	0,00	6,98	61,37
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	5,51	32,74	4,03	0,00	11,85	96,25
BG 1a - bundelbr. (-45gr	4,42	23,18	2,34	0,00	6,89	68,13
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	6,88	35,70	3,98	0,00	11,70	104,94

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 11,48 / 185 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 14,7 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 123,31 / 185 = 0,67 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 158,0 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,31 / 2379 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,9 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 3,91 / 687 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,8 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 41,94 / 687 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 8,3 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 160 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 160 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 330*10 aan mast :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	520	18,0	28412	S355	355	3449713
1	330,0	10,0	10053	S355	355	780638

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,63

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 14,5

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,41 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14,11 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,009

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 1,00

$M_{ip,1,Rd}$ = 294,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 48,44 / 267,8 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 139,9 kNm

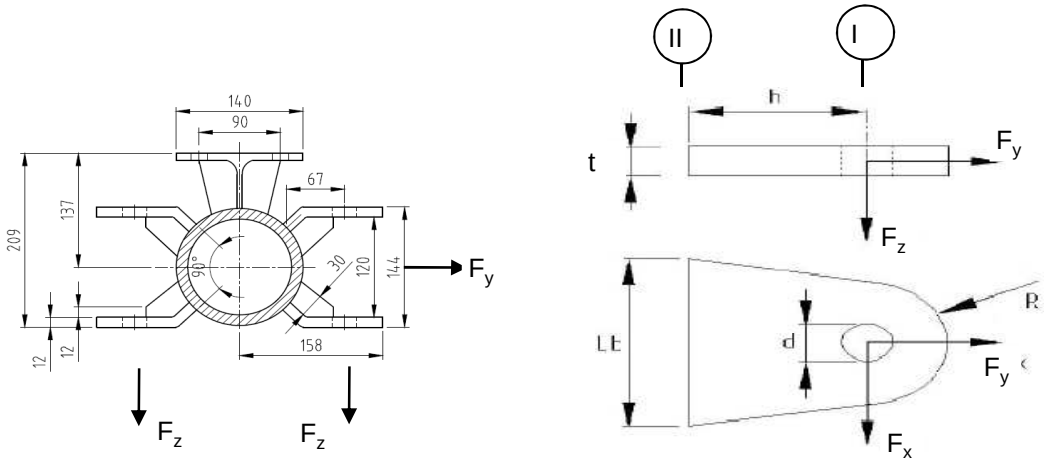
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 123,31 / 139,9 = 0,88 < 1,0 -- Voldoet

9.3.2 - Berekening clip bliksemdraad (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	12	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	65	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	10,13	40,45	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**12,98**	**64,08**	**9,58**
BG 1a - (wind (45 gr))	4,99	24,78	2,32
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,90	58,56	9,69

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

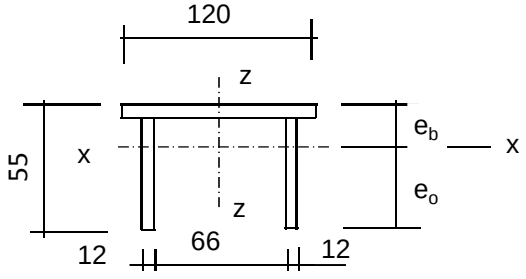
Per clip :	**6,49**	**32,04**	**9,58**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 32,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	47	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips



e_b =	17,5	mm
e_o =	37,5	mm
A =	2472	mm^2
A_{schot} =	1032	mm^3

I_x =	630925	mm^4	I_z =	3310056	mm^4
$W_{x,min}$ =	16816	mm^3	W_z =	55168	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	585	kN
$M_{x,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	4,0	kNm
$M_{z,Rd} = W_z * f_y$ =	10,5	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	141,0	kN
$V_{x,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	196,8	kN

N_{Ed} =	32,04	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,42	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,58	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,62	kNm
$V_{x,Ed}$ =	6,49	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	32,04	/	585	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		13,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,42	/	10,5	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		9,5	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,62	/	4,0	=	0,16	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		37,0	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,58	/	141	/	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		9,3	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	6,49	/	197	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		4,5	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 59,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 62 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		50,5	N/mm^2
τ_1 =		50,5	N/mm^2
τ_2 =	0	11,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	102,7	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	102,7	/	302,2	= 0,34	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	50,5	/	244,8	= 0,21	< 1,0 -- Voldoet

9.3.3 - Berekening deling van de steunarm

Deling op 0,2 meter afstand van de mast

Afstand tot geleidert = 2940 - 200 = 2740 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
9,31	41,94	3,91	0,00	10,70	114,92

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 115,4 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 42,1 kN

Verbinding met 12 bouten M24 - 10,9 $F_{t,Rd} =$ 254,2 kN

$F_{v,Rd} =$ 169,4 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 3,5 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 99,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 99,42 / 254 = 0,39 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 3,51 / 169 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,30 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 102,1 mm

m = 30,0 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 2416408 Nmm

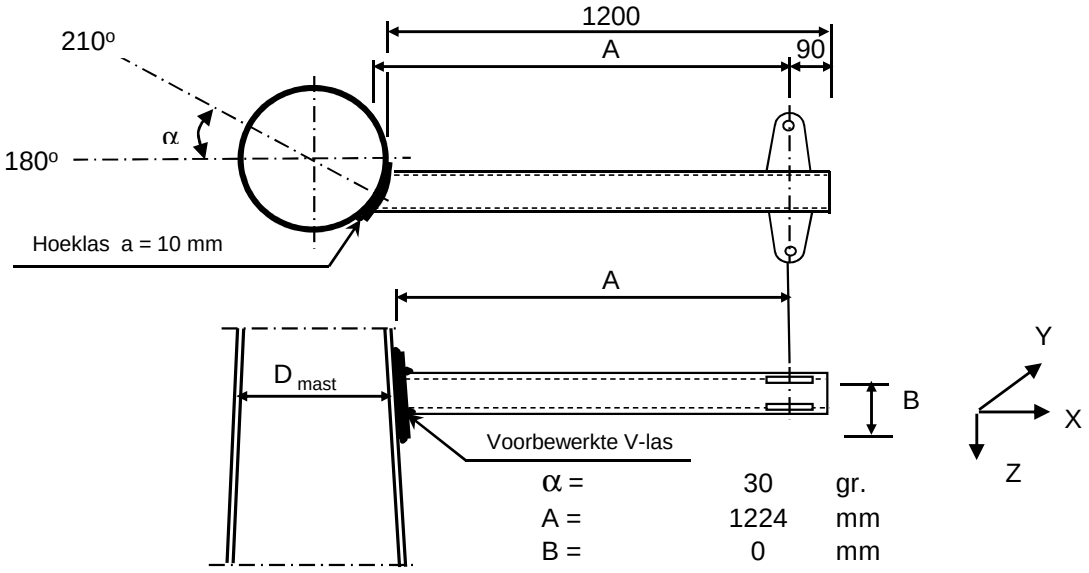
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	161,0	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	167,3	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	254,2	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 161,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,62 < 1,0 -- Voldoet

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1224	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1701	mm
t_{mast} =	30	mm
Hoogte :	29,5	m

Buisgegevens

Buis Ø273 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	6660	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1576	kN
$W_y = W_z$ =	4,29E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	101,5	kNm
W_x =	8,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	101,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	117,2	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	455,0	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AL, AL1

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (wind (90 gr))	15699	67388	4697	17025	-73854	3547
BG 3 - (wind (90) + ijs)	22237	122931	19470	23202	-126118	12544
BG 1a - (wind (45 gr))	8375	45886	4885	11851	-57141	3223
BG 3 - (wind (45) + ijs)	16563	116987	19608	19191	-120323	12135
BG 1a - bundelbr. (90gr).	9851	-49867	4834	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	15160	-75361	8099	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	6356	-41414	4958	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	9921	-64417	8285	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	7599	-43986	4913	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	11794	-67714	8219	0	0	0

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm
BG 1a - (wind (90 gr))	32,72	6,47	8,24	0,00	10,09	7,91
BG 3 - (wind (90) + ijs)	45,44	3,19	32,01	0,00	39,18	3,90
BG 1a - (wind (45 gr))	20,23	11,26	8,11	0,00	9,92	13,78
BG 3 - (wind (45) + ijs)	35,75	3,34	31,74	0,00	38,85	4,08
BG 1a - bundelbr. (90gr).	9,85	49,87	4,83	0,00	5,92	61,03
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	**15,16**	**75,36**	**8,10**	**0,00**	**9,91**	**92,24**
BG 1a - bundelbr. (45gr).	6,36	41,41	4,96	0,00	6,07	50,69
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	9,92	64,42	8,29	0,00	10,14	78,84
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	7,60	43,99	4,91	0,00	6,01	53,84
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	11,79	67,71	8,22	0,00	10,06	82,88

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 9,91 / 101 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 23,1 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 92,24 / 101 = 0,91 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 215,2 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 15,16 / 1576 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 2,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 8,10 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,4 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 75,36 / 455 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 22,6 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 219 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 222 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

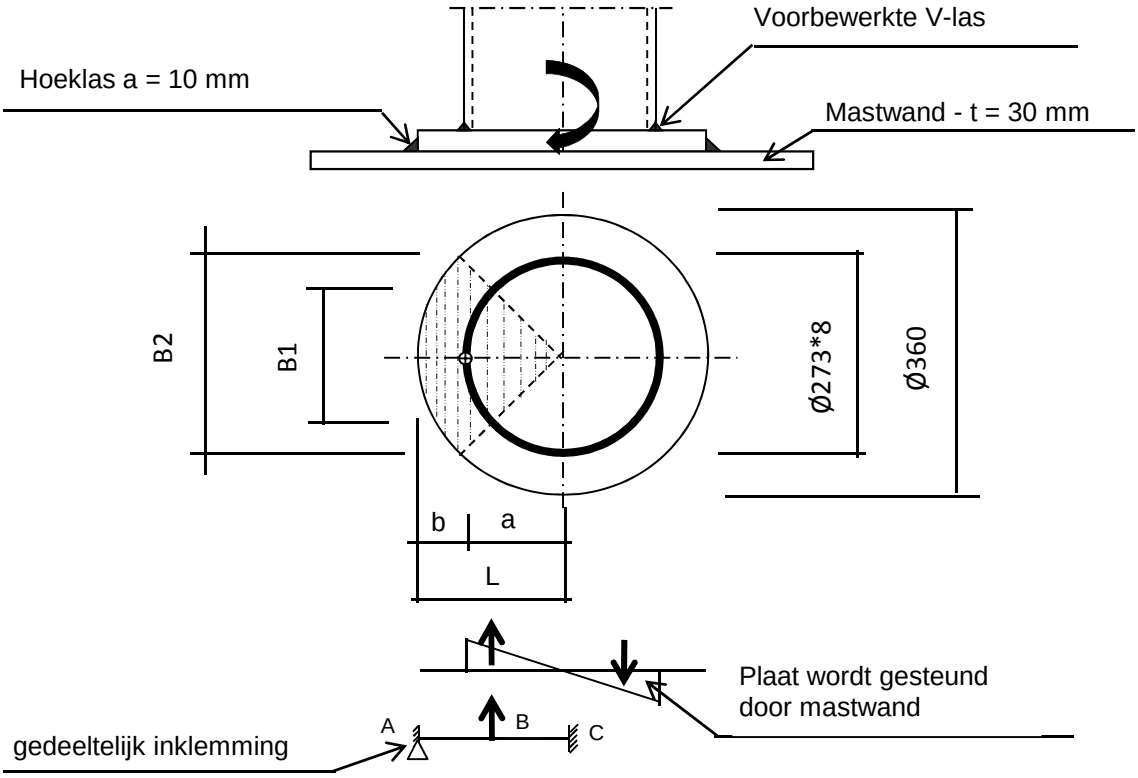
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 273*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 360 * 25 - S355

Buis Ø273 * 8 - S355 ; A = 6660 mm^2
W = 428697 mm^3
I = 58517143 mm^4
R = 137 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 92,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 307,5 kN

a = R_{buis} = 136,5
b = R_{pl} - a = 43,5

B1 = 193,0 mm ; Boog B1 = 214 mm
B2 = 254,6 mm ; Boog B2 = 283 mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 8,62 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 198,2 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 7,69 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,72 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 262,3 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 7,7 * 40,0% = 3,08 kNm

$M_{B;Ed} =$ 8,6 * 60,0% + 3,7 * 40,0% = 6,66 kNm

$R_{A;Ed} =$ 198,2 * 60,0% + 262,3 * 40,0% = 223,9 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 10,46 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 7,93 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 3,08 / 10,46 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 69,7 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 6,66 / 7,93 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 198,8 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 223,9 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 31,7 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 41,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 211,6 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 123,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 56,0 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	123,1	+	56,0	=		179,1	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	123,1	-	56,0	=		67,1	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		213,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	213,6	/	302,2	=	0,71	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	179,1	/	244,8	=	0,73	< 1,0	-- Voldoet

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1700,7	30,0	157458	S355	355	64626360
Plaat	360,0		101788	S355	355	4580442

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,21

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 28,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 511,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 13964,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,62 of n_p = -0,600

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,70

$M_{ip,1,Rd}$ = 293,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 531,3 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 39,18 / 293,4 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 175,0 kNm

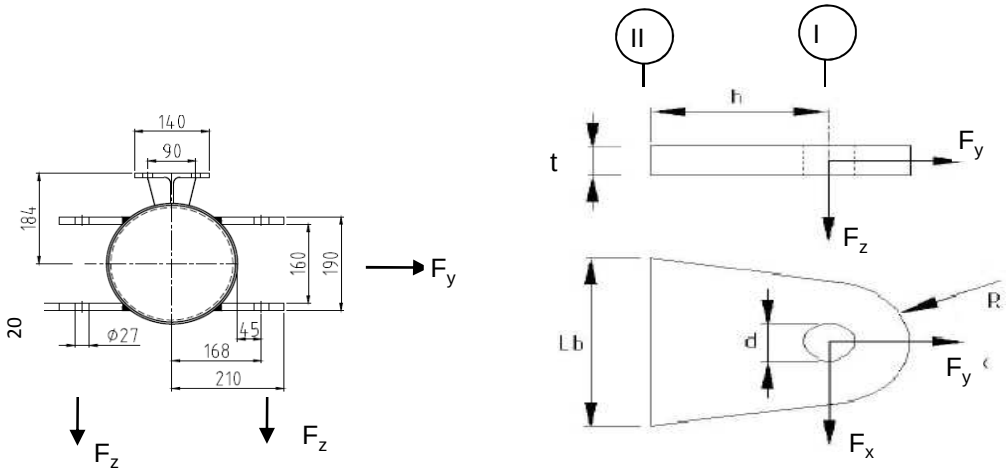
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 531,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 92,24 / 175,0 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

9.4,2 - Berekening clip "Retourstroomgeleider" (clip type 2)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	140	mm ;	d =	27	mm
h =	75	mm ;	a las =	voorbewerkte V-las	

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (wind (90 gr))	15,70	67,39	4,70
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**22,24**	**122,93**	**19,47**
BG 1a - (wind (45 gr))	8,38	45,89	4,88
BG 3 - (wind (45) + ijs)	16,56	116,99	19,61

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**11,12**	**61,47**	**19,47**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 62,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 55 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663 kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5 kNm
W_x =	9,33E+03	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	2,2 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	382,6 kN

N_{Ed} =	61,47	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,83	kNm
$V_{z,Ed}$ =	19,47	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,46	kNm
$V_{x,Ed}$ =	11,12	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	61,47	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		22,0	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,83	/	15,5	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		12,8	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,46	/	2,2	=	0,66	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		156,5	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	19,47	/	383	/	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		7,0	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	11,12	/	383	/	0,03	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		4,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 191,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 192 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

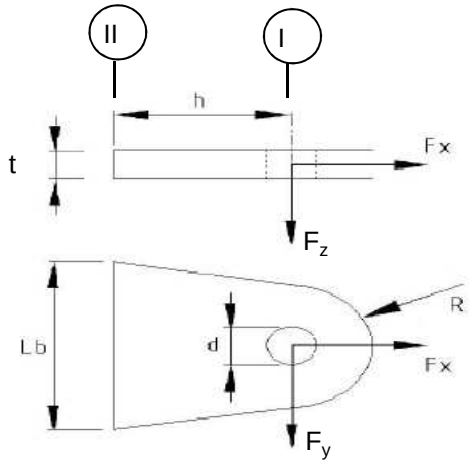
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 200 kN	141,42	141,42	0,00
of	0,00	200,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat (twee clips)

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 100,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 60 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips (twee clips)

A =	2200	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_z * f_y$ =	1,7	kNm
			$V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	70,71	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	3,889	kNm
$V_{y,Ed}$ =	70,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,71 / 521 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 32,1 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,89 / 10 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 96,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 70,71 / 301 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 32,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 32,1 + 96,4 } = 128,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 140 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 100,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 5,500 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 5,50 / 10 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 136,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 100,00 / 301 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 45,5 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 157 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2740	32,0	272246	S355	355	182188734
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1199,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 40583,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,64 of $n_p =$ -0,615

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,69

$N_{1,Rd} =$ 838,6 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 838,6 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 92,2 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 92,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

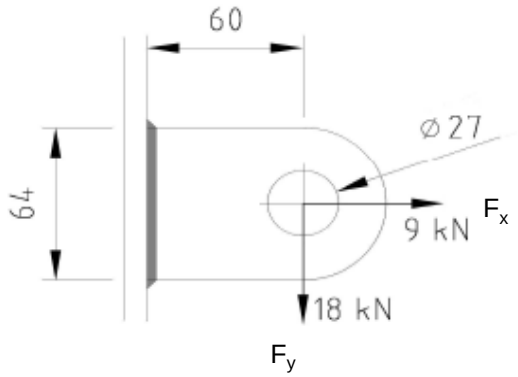
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8745 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
62,43 - 50,93 - 53,8 - 51,3 - 45,3 - 42,8 - 36,8 -34,3 m



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)
Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 =	0		28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.6.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 34.3 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1529	28,0	132004	S355	355	48632435
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0{,}25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,04 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,04

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 412,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 10113,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,59 of $n_p =$ -0,577

$k_p = 1{,}0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,72

$N_{1,Rd} =$ 670,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 670,8 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 42,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 42,9 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 7652 N/mm' ---> voldoet

Clip op 60,93 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	574	16,0	28058	S355	355	3809424
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,11 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,11

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 24,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 104,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,08 of $n_p =$ -0,075

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,97

$N_{1,Rd} =$ 303,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 303,4 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 19,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 19,4 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

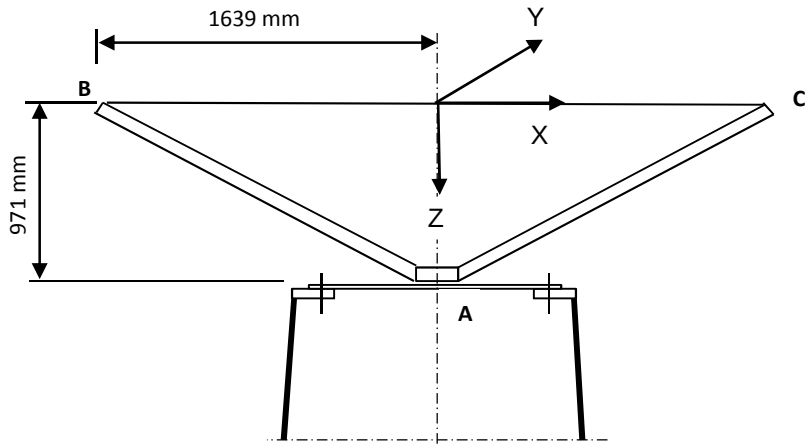
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4372 N/mm' ---> voldoet

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



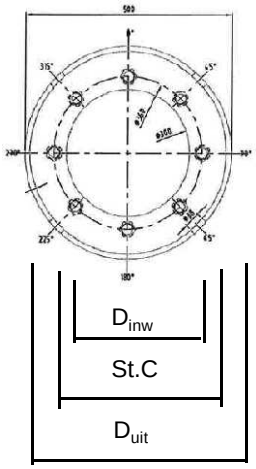
Buis rond 500 * 16

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed} = F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

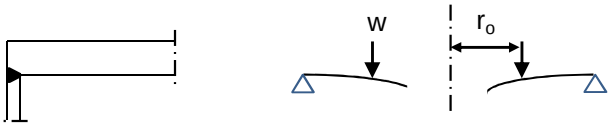
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

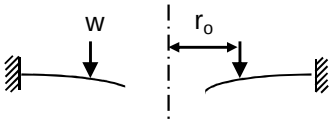
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 53,3%

Percentage vrij oplegging = 46,7%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 820 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 18720 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 19540 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 19540 / 35500 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 130,3 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 134 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 16 - S355 ;

A = 24328 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 8637 kN

$W_y = W_z$ = 2,85E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1012,7 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 8637 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,4 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1013 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 25,2 N/mm^2

σ_{max} = 26,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

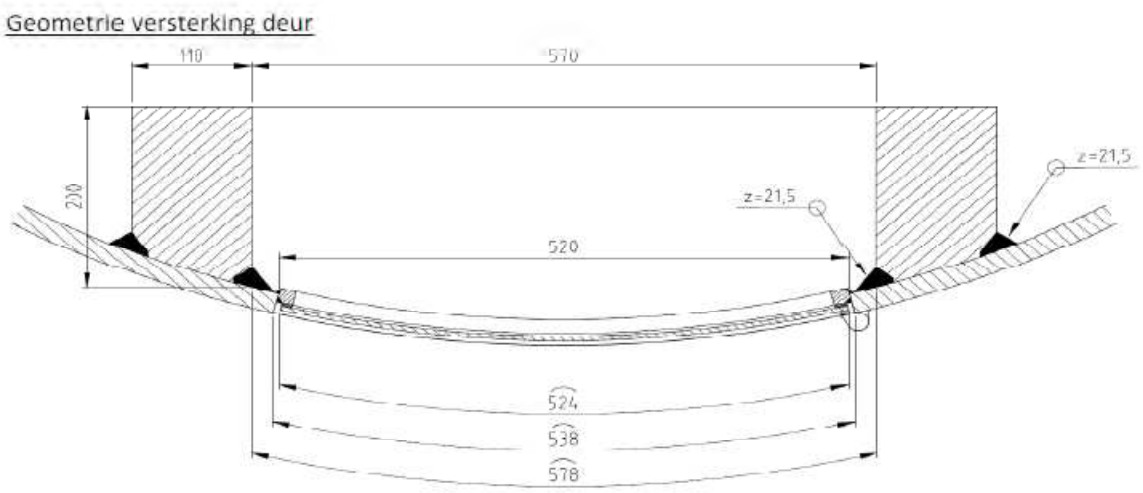
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

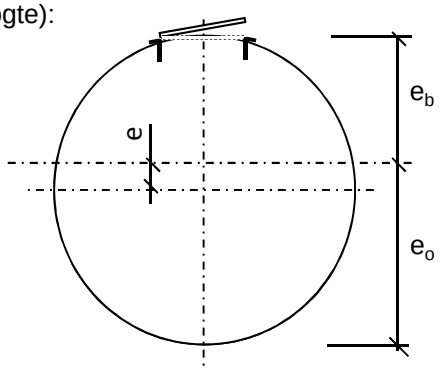
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter :	2714	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	269634	mm^2
$A_{versterking}$ =	40784	mm^2
$A_{verlies}$ =	16546	mm^2
A_{tot} =	293872	mm^2

e =	89,7	mm			
e_b =	1267,4	mm ;	e_o =	1446,7	mm

I_{tot} =	2,68E+11	mm^4
W_{min} =	1,85E+08	mm^3
W_{max} =	2,12E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	40903	kNm ;	N_{Ed} =	1200 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,1	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	220,6	N/mm^2

σ_{max} = 4,1 + 220,6 = 224,6 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AL, AL1 en AL2

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4995	4622	39634	2472	4634	-39673
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2408	2252	19132	1416	2252	-19150
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18431	17024	145797	9349	17036	-145944
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18431	16997	145796	9963	17014	-145943
	380C1F3 / 380C2F3	18432	16965	145795	10576	16987	-145941
	150C1F1 / 150C2F1	4608	4256	36449	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4608	4249	36449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4608	4241	36449	0	0	0
1b	Comp. gl	5072	5240	45788	2218	5228	-45669
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2449	2566	22385	1319	2558	-22318
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18776	19821	173170	8257	19759	-172638
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18776	19815	173170	8983	19755	-172638
	380C1F3 / 380C2F3	18776	19809	173171	9709	19749	-172638
	150C1F1 / 150C2F1	4694	4955	43292	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4694	4954	43293	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4694	4952	43293	0	0	0
3	Comp. gl	19637	13339	116079	11823	13422	-116740
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9721	6639	57599	6529	6674	-57926
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31529	26759	232761	16847	26818	-233306
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31529	26744	232762	17828	26806	-233307
	380C1F3 / 380C2F3	31529	26726	232763	18810	26791	-233308
	150C1F1 / 150C2F1	7882	6690	58190	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7882	6686	58190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7882	6681	58191	0	0	0
4	Comp. gl	5006	4641	40529	3479	5885	-51428
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2414	2248	19597	1987	2874	-25091
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18481	17145	149695	11318	19613	-171356
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18481	17139	149695	12039	19608	-171356
	380C1F3 / 380C2F3	18481	17133	149696	12760	19603	-171356
	150C1F1 / 150C2F1	4620	4286	37424	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4620	4285	37424	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4620	4283	37424	0	0	0
6	Comp. gl	5605	4953	43449	2827	4960	-43513
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2703	2392	20985	1609	2396	-21016
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	20680	18180	159484	10698	18208	-159734
	380C1F2 / 380C2F2	20680	18180	159484	11369	18208	-159734
	380C1F3 / 380C2F3	20680	18180	159484	12041	18208	-159734
	150C1F1 / 150C2F1	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5170	4545	39871	0	0	0
1a	Comp. gl	4885	8375	45886	3223	11851	-57141
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2324	4989	24775	1739	6906	-31480
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17990	31639	170349	11970	42532	-205556
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18032	30502	167490	12183	40900	-200512
	380C1F3 / 380C2F3	18082	29156	164217	12398	38979	-194635

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	4498	7910	42587	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4508	7625	41872	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4521	7289	41054	0	0	0
1b	Comp. gl	5065	5875	46029	2295	6377	-46589
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2442	3014	22644	1363	3293	-23076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18744	22291	174125	8532	23844	-175697
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18748	22113	173987	9204	23594	-175353
	380C1F3 / 380C2F3	18752	21901	173836	9879	23301	-174971
	150C1F1 / 150C2F1	4686	5573	43531	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4687	5528	43497	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4688	5475	43459	0	0	0
3	Comp. gl	19608	16563	116987	12135	19191	-120323
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9694	8902	58561	6698	10339	-60784
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31424	33793	236564	17728	38577	-244827
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31436	33281	236041	18542	37845	-243586
	380C1F3 / 380C2F3	31451	32671	235461	19365	36988	-242198
	150C1F1 / 150C2F1	7856	8448	59141	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7859	8320	59010	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7863	8168	58865	0	0	0
4	Comp. gl	5000	5275	40763	3525	6994	-51991
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2408	2695	19847	2013	3577	-25558
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18455	19614	150629	11501	23613	-173647
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18458	19436	150494	12185	23372	-173383
	380C1F3 / 380C2F3	18462	19225	150346	12872	23088	-173090
	150C1F1 / 150C2F1	4614	4903	37657	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4615	4859	37624	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4615	4806	37586	0	0	0
1a	Comp. gl	4697	15699	67388	3547	17025	-73854
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2234	10132	40451	1840	10130	-41937
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17290	59893	252074	13136	60808	-263276
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17340	56751	242669	13243	58139	-254819
	380C1F3 / 380C2F3	17406	52982	231392	13346	54978	-244789
	150C1F1 / 150C2F1	4323	14973	63018	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4335	14188	60667	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4352	13246	57848	0	0	0
1b	Comp. gl	5028	7022	47556	2404	7201	-48089
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2409	3853	24128	1420	3833	-24253
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18588	26754	180122	8920	26752	-180727
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18609	26239	179224	9520	26313	-179862
	380C1F3 / 380C2F3	18635	25629	178220	10126	25800	-178894
	150C1F1 / 150C2F1	4647	6689	45031	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4652	6560	44806	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4659	6407	44555	0	0	0
3	Comp. gl	19470	22237	122931	12544	23202	-126118
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9579	12979	64084	6899	12921	-65131

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	30978	46789	257842	18785	47078	-262139
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31034	45288	254801	19422	45798	-259257
	380C1F3 / 380C2F3	31101	43509	251349	20070	44299	-255989
	150C1F1 / 150C2F1	7745	11697	64461	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7759	11322	63700	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7775	10877	62837	0	0	0
4	Comp. gl	4969	6418	42250	3594	7759	-52976
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2381	3530	21290	2050	4071	-26338
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18328	24067	156522	11768	26396	-177571
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18346	23554	155639	12402	25978	-176889
	380C1F3 / 380C2F3	18366	22945	154652	13041	25488	-176130
	150C1F1 / 150C2F1	4582	6017	39130	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4587	5888	38910	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4592	5736	38663	0	0	0
1a	Comp. gl	4797	11050	53321	2915	8838	-47917
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2277	6906	30552	1627	4983	-25310
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17658	42000	198929	10879	31904	-173913
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17712	40090	193429	11230	30930	-171232
	380C1F3 / 380C2F3	17781	37816	186983	11587	29790	-168170
	150C1F1 / 150C2F1	4414	10500	49732	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4428	10023	48357	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4445	9454	46746	0	0	0
1b	Comp. gl	5054	6288	46446	2250	5920	-46016
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2432	3313	23062	1338	2997	-22612
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18698	23896	175766	8370	22224	-173783
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18708	23600	175413	9074	22075	-173648
	380C1F3 / 380C2F3	18719	23248	175022	9778	21900	-173498
	150C1F1 / 150C2F1	4675	5974	43941	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4677	5900	43853	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4680	5812	43755	0	0	0
3	Comp. gl	19566	18624	118620	11954	16922	-118071
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9657	10375	60139	6602	8885	-59025
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31282	38453	242646	17226	33855	-237802
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31311	37590	241358	18133	33424	-237291
0	380C1F3 / 380C2F3	31344	36567	239920	19044	32918	-236724
	150C1F1 / 150C2F1	7821	9613	60662	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7828	9397	60340	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7836	9142	59980	0	0	0
4	Comp. gl	4991	5687	41168	3498	6560	-51628
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2400	2993	20253	1998	3299	-25264
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18418	21217	152240	11393	22043	-172186
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18426	20921	151893	12099	21898	-172084
	380C1F3 / 380C2F3	18434	20569	151509	12805	21727	-171972
	150C1F1 / 150C2F1	4605	5304	38060	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4606	5230	37973	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F3 / 150C2F3	4609	5142	37877	0	0	0
1a	Comp. gl	3769	3702	31566	1778	3708	-31552
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1817	1806	15212	1037	1803	-15205
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13916	13716	116774	6718	13704	-116713
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13916	13688	116771	7208	13681	-116710
	380C1F3 / 380C2F3	13916	13656	116768	7698	13655	-116706
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3429	29194	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3422	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3414	29192	0	0	0
1b	Comp. gl	3843	4284	37396	1539	4263	-37203
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1856	2099	18286	945	2087	-18183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14252	16414	143287	5665	16316	-142434
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14252	16409	143287	6264	16312	-142434
	380C1F3 / 380C2F3	14252	16402	143288	6862	16306	-142434
	150C1F1 / 150C2F1	3563	4104	35822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3563	4102	35822	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3563	4101	35822	0	0	0
3	Comp. gl	18446	12759	110989	11002	12836	-111599
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9147	6359	55136	6104	6391	-55438
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27070	23984	208418	14023	24017	-208730
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27070	23969	208419	14900	24004	-208731
	380C1F3 / 380C2F3	27070	23951	208420	15778	23990	-208732
	150C1F1 / 150C2F1	6768	5996	52104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6768	5992	52105	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6768	5988	52105	0	0	0
4	Comp. gl	3779	3713	32388	2754	5043	-44040
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1822	1797	15635	1596	2465	-21504
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13962	13807	120414	8622	16455	-143655
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13962	13802	120414	9226	16451	-143655
	380C1F3 / 380C2F3	13962	13795	120415	9831	16446	-143655
	150C1F1 / 150C2F1	3491	3452	30104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3491	3450	30104	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3491	3449	30104	0	0	0
6	Comp. gl	3769	3598	31565	1777	3596	-31548
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1817	1734	15208	1036	1733	-15200
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	13917	13311	116772	6714	13303	-116703
	380C1F2 / 380C2F2	13917	13311	116772	7205	13303	-116703
	380C1F3 / 380C2F3	13917	13311	116772	7696	13303	-116703
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3328	29193	0	0	0
1a	Comp. gl	3641	7708	40034	2529	11411	-53282
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1727	4728	22490	1341	6738	-30005
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13406	29308	149924	9367	40913	-191370
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13447	28087	146321	9484	39200	-185615

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	380C1F3 / 380C2F3	13498	26637	142137	9599	37176	-178836
	150C1F1 / 150C2F1	3352	7327	37481	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3362	7022	36580	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3374	6659	35534	0	0	0
1b	Comp. gl	3832	4935	37779	1646	5464	-38582
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1846	2562	18683	1005	2862	-19297
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14206	18948	144803	6053	20577	-147044
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14211	18762	144595	6577	20309	-146543
	380C1F3 / 380C2F3	14218	18541	144365	7105	19996	-145984
	150C1F1 / 150C2F1	3551	4737	36201	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3553	4690	36149	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3554	4635	36091	0	0	0
3	Comp. gl	18414	15995	112008	11337	18644	-115534
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9117	8632	56198	6284	10084	-58553
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	26944	31133	213237	15054	36078	-222922
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26959	30606	212589	15739	35318	-221429
	380C1F3 / 380C2F3	26976	29981	211870	16433	34428	-219751
	150C1F1 / 150C2F1	6736	7783	53309	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6740	7652	53147	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6744	7495	52967	0	0	0
4	Comp. gl	3771	4362	32756	2812	6174	-44805
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1814	2258	16016	1629	3185	-22127
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13927	16337	121888	8860	20562	-146893
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13931	16152	121685	9417	20310	-146530
	380C1F3 / 380C2F3	13936	15932	121461	9978	20014	-146128
	150C1F1 / 150C2F1	3482	4084	30472	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3483	4038	30421	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3484	3983	30365	0	0	0
1a	Comp. gl	3491	15381	64611	2754	16752	-71470
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1663	10028	39542	1406	10031	-41069
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12856	58821	242692	10187	59802	-254471
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12889	55598	232575	10243	57069	-245448
	380C1F3 / 380C2F3	12934	51718	220325	10295	53822	-234670
	150C1F1 / 150C2F1	3214	14705	60673	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3222	13899	58144	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3234	12929	55081	0	0	0
1b	Comp. gl	3783	6159	39990	1784	6358	-40698
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1805	3468	20758	1073	3451	-20908
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13995	23714	153464	6556	23724	-154175
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14023	23157	152202	6991	23247	-152971
	380C1F3 / 380C2F3	14056	22500	150779	7433	22690	-151613
	150C1F1 / 150C2F1	3499	5929	38366	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3506	5789	38050	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3514	5625	37695	0	0	0
3	Comp. gl	18267	21726	118463	11766	22707	-121782

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8997	12756	62134	6492	12700	-63198
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	26448	44599	238649	16192	44926	-243289
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26507	43039	235100	16695	43595	-239951
	380C1F3 / 380C2F3	26579	41192	231043	17208	42034	-236142
	150C1F1 / 150C2F1	6612	11150	59662	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6627	10760	58775	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6645	10298	57761	0	0	0
4	Comp. gl	3731	5579	34890	2896	6973	-46084
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1781	3156	18016	1673	3705	-23123
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13762	21082	130347	9192	23499	-152170
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13784	20529	129113	9688	23056	-151265
	380C1F3 / 380C2F3	13810	19874	127722	10190	22537	-150250
	150C1F1 / 150C2F1	3441	5271	32587	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3446	5132	32278	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3452	4969	31930	0	0	0
1a	Comp. gl	3564	10555	48981	2274	8218	-42486
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1691	6731	29019	1257	4730	-23087
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13119	40301	184042	8451	29642	-154078
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13162	38293	177684	8663	28594	-150748
	380C1F3 / 380C2F3	13218	35892	170126	8878	27364	-146899
	150C1F1 / 150C2F1	3280	10075	46010	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3290	9573	44421	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3305	8973	42531	0	0	0
1b	Comp. gl	3817	5370	38398	1584	4977	-37741
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1832	2882	19288	971	2543	-18629
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14142	20643	147238	5828	18854	-144225
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14155	20328	146720	6395	18697	-144021
	380C1F3 / 380C2F3	14170	19955	146142	6963	18514	-143796
	150C1F1 / 150C2F1	3535	5161	36809	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3539	5082	36680	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3542	4989	36536	0	0	0
3	Comp. gl	18370	18073	113794	11144	16353	-113078
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9078	10120	57910	6183	8614	-56648
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	26780	35945	220661	14476	31185	-214388
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26812	35051	219103	15266	30740	-213759
0	380C1F3 / 380C2F3	26850	33992	217354	16061	30219	-213059
	150C1F1 / 150C2F1	6695	8986	55165	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6703	8763	54776	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6713	8498	54338	0	0	0
4	Comp. gl	3759	4796	33352	2778	5727	-44323
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1803	2576	16597	1610	2898	-21741
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13877	18026	124263	8720	18929	-144874
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13887	17713	123757	9305	18780	-144731
	380C1F3 / 380C2F3	13899	17341	123194	9891	18603	-144572
	150C1F1 / 150C2F1	3469	4507	31066	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (ultimate limit state) **APPENDIX:** AL

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	3472	4428	30939	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3475	4335	30799	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4995	4572	39634	2471	4580	-39671
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2408	2218	19129	1416	2219	-19147
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18432	16830	145795	9348	16843	-145938
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18432	16816	145796	9961	16832	-145939
	380C1F3 / 380C2F3	18432	16799	145796	10575	16818	-145939
	150C1F1 / 150C2F1	4608	4207	36449	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4608	4204	36449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4608	4200	36449	0	0	0
1b	Comp. gl	5072	5236	45788	2218	5224	-45669
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2449	2563	22385	1319	2555	-22319
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18776	19805	173171	8257	19743	-172639
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18776	19800	173171	8983	19740	-172639
	380C1F3 / 380C2F3	18776	19795	173172	9709	19735	-172640
	150C1F1 / 150C2F1	4694	4951	43293	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4694	4950	43293	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4694	4949	43293	0	0	0
3	Comp. gl	8339	7174	62185	4337	7196	-62322
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4080	3541	30550	2475	3547	-30616
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21501	20259	176140	10592	20258	-176153
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21501	20247	176141	11333	20249	-176154
	380C1F3 / 380C2F3	21501	20233	176141	12073	20237	-176154
	150C1F1 / 150C2F1	5375	5065	44035	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5375	5062	44035	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5375	5058	44035	0	0	0
4	Comp. gl	5006	4637	40530	3267	5641	-49330
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2414	2245	19597	1869	2751	-24034
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18481	17129	149696	10889	19115	-167130
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18481	17124	149697	11592	19112	-167131
	380C1F3 / 380C2F3	18481	17119	149697	12295	19108	-167131
	150C1F1 / 150C2F1	4620	4282	37424	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4620	4281	37424	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4620	4280	37424	0	0	0
6	Comp. gl	5605	4953	43449	2827	4960	-43513
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2703	2392	20985	1609	2396	-21016
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	20680	18180	159484	10698	18208	-159734
	380C1F2 / 380C2F2	20680	18180	159484	11369	18208	-159734
	380C1F3 / 380C2F3	20680	18180	159484	12041	18208	-159734
	150C1F1 / 150C2F1	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5170	4545	39871	0	0	0
1a	Comp. gl	4958	6356	41414	2807	7959	-45480
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2375	3505	20875	1582	4413	-23585
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18280	23778	152859	10501	28806	-165602
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18298	23253	151948	10908	28034	-163640
	380C1F3 / 380C2F3	18318	22631	150930	11323	27130	-161415
	150C1F1 / 150C2F1	4570	5945	38215	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Tranvverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Tranvverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4574	5813	37987	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4579	5658	37732	0	0	0
1b	Comp. gl	5067	5739	45932	2268	6125	-46244
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2445	2916	22544	1348	3129	-22799
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18755	21759	173742	8436	22950	-174546
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18758	21619	173656	9126	22756	-174326
	380C1F3 / 380C2F3	18761	21453	173562	9819	22528	-174083
	150C1F1 / 150C2F1	4689	5440	43435	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4689	5405	43414	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4690	5363	43391	0	0	0
3	Comp. gl	8285	9921	64417	4835	12326	-69755
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4031	5510	32739	2725	6861	-36285
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21391	26025	180420	11479	30037	-188660
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21405	25598	179849	12054	29416	-187350
	380C1F3 / 380C2F3	21420	25091	179214	12637	28689	-185878
	150C1F1 / 150C2F1	5348	6506	45105	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5351	6399	44962	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5355	6273	44803	0	0	0
4	Comp. gl	5002	5139	40669	3298	6520	-49706
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2410	2598	19751	1887	3306	-24350
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18464	19082	150254	11012	22275	-168616
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18466	18943	150170	11690	22087	-168440
	380C1F3 / 380C2F3	18468	18777	150078	12371	21864	-168246
	150C1F1 / 150C2F1	4616	4771	37563	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4617	4736	37542	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4617	4694	37519	0	0	0
1a	Comp. gl	4834	9851	49867	3098	10504	-52907
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2295	6054	27943	1696	6052	-28704
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17795	37362	185712	11526	37778	-191001
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17846	35792	181367	11791	36434	-186982
	380C1F3 / 380C2F3	17909	33927	176323	12059	34856	-182335
	150C1F1 / 150C2F1	4449	9341	46428	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4461	8948	45342	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4477	8482	44081	0	0	0
1b	Comp. gl	5043	6628	46909	2342	6758	-47219
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2422	3562	23513	1388	3542	-23576
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18651	25221	177586	8700	25189	-177805
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18666	24824	177001	9340	24852	-177239
	380C1F3 / 380C2F3	18683	24353	176351	9985	24458	-176607
	150C1F1 / 150C2F1	4663	6305	44397	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4666	6206	44250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4671	6088	44088	0	0	0
3	Comp. gl	8099	15160	75361	5286	16112	-79481
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3906	9314	41944	2907	9296	-43017
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20965	37018	202705	12449	37288	-206477
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21016	35741	199601	12870	36195	-203562

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Tranvverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Tranvverse [N]	Longitudinal [N]
	380C1F3 / 380C2F3	21077	34228	196051	13299	34915	-200233
	150C1F1 / 150C2F1	5241	9254	50676	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5254	8935	49900	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5269	8557	49013	0	0	0
4	Comp. gl	4982	6026	41619	3347	7119	-50382
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2392	3241	20691	1913	3693	-24892
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18379	22538	154029	11197	24444	-171247
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18392	22142	153454	11840	24119	-170787
	380C1F3 / 380C2F3	18405	21673	152815	12486	23739	-170275
	150C1F1 / 150C2F1	4595	5634	38507	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4598	5536	38364	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4601	5418	38204	0	0	0
1a	Comp. gl	4913	7599	43986	2629	6554	-42102
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2342	4421	23176	1500	3494	-21080
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18102	28621	162955	9887	23850	-154129
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18136	27717	160880	10398	23403	-153254
	380C1F3 / 380C2F3	18176	26649	158526	10915	22880	-152275
	150C1F1 / 150C2F1	4526	7155	40739	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4534	6929	40220	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4544	6662	39631	0	0	0
1b	Comp. gl	5060	6061	46194	2238	5770	-45880
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2438	3147	22812	1331	2900	-22500
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18725	23011	174777	8330	21690	-173333
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18732	22781	174552	9041	21573	-173248
	380C1F3 / 380C2F3	18739	22507	174305	9753	21436	-173154
	150C1F1 / 150C2F1	4681	5753	43694	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4683	5695	43638	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4685	5627	43576	0	0	0
3	Comp. gl	8219	11794	67714	4568	10222	-65396
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3981	6881	35697	2600	5491	-33052
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21250	29941	186949	10983	26047	-181165
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21278	29212	185580	11647	25686	-180611
0	380C1F3 / 380C2F3	21311	28350	184044	12317	25262	-179994
	150C1F1 / 150C2F1	5312	7485	46737	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5319	7303	46395	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5328	7087	46011	0	0	0
4	Comp. gl	4996	5460	40924	3279	6178	-49460
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2405	2828	20010	1876	3088	-24148
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18440	20333	151269	10939	21043	-167653
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18445	20103	151049	11632	20929	-167586
	380C1F3 / 380C2F3	18451	19829	150806	12325	20794	-167513
	150C1F1 / 150C2F1	4610	5083	37817	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4611	5026	37762	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4613	4957	37701	0	0	0
1a	Comp. gl	3769	3652	31563	1778	3654	-31546
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1817	1771	15207	1036	1769	-15199

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Tranvverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Tranvverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13916	13520	116761	6715	13510	-116695
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13916	13506	116761	7206	13498	-116694
	380C1F3 / 380C2F3	13916	13489	116761	7696	13485	-116694
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3380	29190	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3376	29190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3372	29190	0	0	0
1b	Comp. gl	3843	4279	37396	1539	4259	-37203
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1856	2096	18286	945	2084	-18183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14252	16398	143288	5665	16300	-142435
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14252	16394	143289	6263	16297	-142435
	380C1F3 / 380C2F3	14252	16389	143289	6862	16292	-142435
	150C1F1 / 150C2F1	3563	4100	35822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3563	4098	35822	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3563	4097	35822	0	0	0
3	Comp. gl	7128	6390	55305	3593	6405	-55382
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3496	3161	27210	2078	3163	-27246
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16998	17060	148077	7922	17031	-147844
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16998	17048	148078	8543	17022	-147844
	380C1F3 / 380C2F3	16998	17034	148078	9165	17010	-147844
	150C1F1 / 150C2F1	4249	4265	37019	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4249	4262	37019	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4249	4258	37020	0	0	0
4	Comp. gl	3779	3709	32388	2548	4783	-41805
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1822	1794	15635	1480	2334	-20379
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13962	13791	120415	8207	15920	-139104
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13962	13787	120416	8791	15917	-139104
	380C1F3 / 380C2F3	13962	13782	120416	9376	15913	-139104
	150C1F1 / 150C2F1	3491	3448	30104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3491	3447	30104	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3491	3445	30104	0	0	0
6	Comp. gl	3769	3598	31565	1777	3596	-31548
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1817	1734	15208	1036	1733	-15200
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	13917	13311	116772	6714	13303	-116703
	380C1F2 / 380C2F2	13917	13311	116772	7205	13303	-116703
	380C1F3 / 380C2F3	13917	13311	116772	7696	13303	-116703
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3328	29193	0	0	0
1a	Comp. gl	3721	5526	34140	2171	7271	-39447
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1776	3137	17651	1219	4122	-21035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13718	20828	126992	8083	26300	-143630
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13740	20262	125724	8343	25463	-141105
	380C1F3 / 380C2F3	13765	19593	124294	8608	24483	-138210
	150C1F1 / 150C2F1	3430	5207	31748	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3435	5066	31431	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3441	4898	31073	0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

		3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15			**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1b	Comp. gl	3836	4792	37632		1610	5194	-38080
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1849	2459	18535		985	2685	-18901
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14222	18393	144221		5921	19622	-145358
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14226	18248	144090		6469	19416	-145033
	380C1F3 / 380C2F3	14230	18076	143945		7021	19175	-144672
	150C1F1 / 150C2F1	3555	4598	36055		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3556	4562	36022		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3557	4519	35986		0	0	0
3	Comp. gl	7064	9199	58093		4152	11709	-64343
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3440	5185	29886		2350	6594	-33947
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16855	23024	154103		9018	27309	-164740
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16871	22573	153322		9442	26643	-163040
	380C1F3 / 380C2F3	16891	22039	152451		9873	25865	-161116
	150C1F1 / 150C2F1	4214	5756	38526		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4218	5643	38331		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4223	5510	38113		0	0	0
4	Comp. gl	3774	4221	32614		2588	5679	-42331
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1817	2156	15874		1503	2903	-20812
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13939	15784	121321		8369	19156	-141259
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13942	15639	121193		8922	18960	-141013
	380C1F3 / 380C2F3	13945	15468	121052		9477	18729	-140741
	150C1F1 / 150C2F1	3485	3946	30330		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3486	3910	30298		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3486	3867	30263		0	0	0
1a	Comp. gl	3594	9286	44917		2432	9993	-48434
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1704	5847	26130		1310	5852	-26952
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13230	35411	168621		9016	35906	-174598
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13274	33745	163430		9166	34481	-169865
	380C1F3 / 380C2F3	13330	31758	157314		9315	32802	-164327
	150C1F1 / 150C2F1	3308	8853	42155		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3319	8436	40858		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3333	7939	39329		0	0	0
1b	Comp. gl	3802	5734	39070		1707	5876	-39482
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1820	3152	19921		1036	3134	-19993
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14077	22060	149873		6277	22027	-150073
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14097	21634	149032		6760	21663	-149266
	380C1F3 / 380C2F3	14120	21131	148091		7249	21237	-148360
	150C1F1 / 150C2F1	3519	5515	37468		0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3524	5409	37258		0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3530	5283	37023		0	0	0
3	Comp. gl	6869	14643	70832		4592	15640	-75342
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3318	9119	40232		2517	9107	-41357
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16379	34727	182634		10032	35059	-186940
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16430	33370	178824		10311	33895	-183406
	380C1F3 / 380C2F3	16493	31759	174414		10594	32530	-179329
	150C1F1 / 150C2F1	4095	8682	45658		0	0	0

W4H400ZA+10 (Aftakmast mast 92) (r Appendix AL1

Loadcases for tower strength (Special limit state)

		3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15			**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2		4107	8342	44706	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		4123	7940	43603	0	0	0
4	Comp. gl		3747	5157	34001	2649	6304	-43231
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw		1793	2843	17207	1535	3308	-21521
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		13826	19437	126836	8605	21437	-144880
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2		13842	19013	126015	9113	21094	-144253
	380C1F3 / 380C2F3		13860	18512	125096	9626	20692	-143553
	150C1F1 / 150C2F1		3457	4859	31709	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3461	4753	31504	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3465	4628	31274	0	0	0
1a	Comp. gl		3670	6870	37598	1979	5746	-35011
Wind, 10 dgr	GW / opgw		1743	4124	20570	1139	3129	-17885
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		13519	26059	140505	7411	20922	-128450
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		13555	25084	137797	7774	20437	-127245
	380C1F3 / 380C2F3		13598	23930	134685	8141	19871	-125885
	150C1F1 / 150C2F1		3380	6515	35126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3389	6271	34449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3400	5982	33671	0	0	0
1b	Comp. gl		3826	5129	38027	1568	4819	-37538
Wind, -20 dgr	GW / opgw		1840	2705	18928	962	2440	-18464
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		14179	19705	145779	5771	18294	-143546
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		14188	19462	145445	6348	18172	-143417
	380C1F3 / 380C2F3		14198	19174	145074	6927	18030	-143274
	150C1F1 / 150C2F1		3545	4926	36445	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3547	4866	36361	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3550	4794	36269	0	0	0
3	Comp. gl		6991	11147	62044	3864	9513	-59184
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw		3387	6609	33320	2221	5167	-30212
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		16684	27186	162795	8429	23046	-154841
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		16717	26409	161002	8953	22662	-154090
0	380C1F3 / 380C2F3		16755	25490	158971	9483	22213	-153250
	150C1F1 / 150C2F1		4171	6796	40699	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		4179	6602	40250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		4189	6373	39743	0	0	0
4	Comp. gl		3766	4556	32994	2564	5327	-41996
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw		1810	2400	16251	1490	2677	-20541
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		13906	17092	122840	8273	17879	-139899
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		13913	16850	122514	8845	17761	-139803
	380C1F3 / 380C2F3		13921	16563	122152	9417	17623	-139698
	150C1F1 / 150C2F1		3477	4273	30710	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3478	4212	30628	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3480	4141	30538	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4995	4572	39634	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2408	2218	19129	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18432	16830	145795	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18432	16816	145796	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18432	16799	145796	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4608	4207	36449	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4608	4204	36449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4608	4200	36449	0	0	0
1b	Comp. gl	5072	5236	45788	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2449	2563	22385	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18776	19805	173171	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18776	19800	173171	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18776	19795	173172	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4694	4951	43293	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4694	4950	43293	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4694	4949	43293	0	0	0
3	Comp. gl	8339	7174	62185	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4080	3541	30550	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21501	20259	176140	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21501	20247	176141	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21501	20233	176141	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5375	5065	44035	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5375	5062	44035	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5375	5058	44035	0	0	0
4	Comp. gl	5006	4637	40530	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2414	2245	19597	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18481	17129	149696	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18481	17124	149697	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18481	17119	149697	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4620	4282	37424	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4620	4281	37424	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4620	4280	37424	0	0	0
6	Comp. gl	5605	4953	43449	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2703	2392	20985	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	20680	18180	159484	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	20680	18180	159484	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	20680	18180	159484	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5170	4545	39871	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5170	4545	39871	0	0	0
1a	Comp. gl	4958	6356	41414	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2375	3505	20875	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18280	23778	152859	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18298	23253	151948	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18318	22631	150930	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4570	5945	38215	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4574	5813	37987	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4579	5658	37732	0	0	0
1b	Comp. gl	5067	5739	45932	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2445	2916	22544	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18755	21759	173742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18758	21619	173656	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18761	21453	173562	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4689	5440	43435	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4689	5405	43414	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4690	5363	43391	0	0	0
3	Comp. gl	8285	9921	64417	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	4031	5510	32739	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21391	26025	180420	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21405	25598	179849	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	21420	25091	179214	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5348	6506	45105	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5351	6399	44962	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5355	6273	44803	0	0	0
4	Comp. gl	5002	5139	40669	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2410	2598	19751	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18464	19082	150254	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18466	18943	150170	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18468	18777	150078	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4616	4771	37563	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4617	4736	37542	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4617	4694	37519	0	0	0
1a	Comp. gl	4834	9851	49867	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2295	6054	27943	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17795	37362	185712	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17846	35792	181367	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17909	33927	176323	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4449	9341	46428	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4461	8948	45342	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4477	8482	44081	0	0	0
1b	Comp. gl	5043	6628	46909	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2422	3562	23513	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18651	25221	177586	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18666	24824	177001	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18683	24353	176351	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4663	6305	44397	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4666	6206	44250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4671	6088	44088	0	0	0
3	Comp. gl	8099	15160	75361	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3906	9314	41944	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20965	37018	202705	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21016	35741	199601	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertcal [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	380C1F3 / 380C2F3	21077	34228	196051	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5241	9254	50676	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5254	8935	49900	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5269	8557	49013	0	0	0
4	Comp. gl	4982	6026	41619	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2392	3241	20691	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18379	22538	154029	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18392	22142	153454	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18405	21673	152815	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4595	5634	38507	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4598	5536	38364	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4601	5418	38204	0	0	0
1a	Comp. gl	4913	7599	43986	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2342	4421	23176	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18102	28621	162955	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18136	27717	160880	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18176	26649	158526	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4526	7155	40739	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4534	6929	40220	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4544	6662	39631	0	0	0
1b	Comp. gl	5060	6061	46194	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2438	3147	22812	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18725	23011	174777	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18732	22781	174552	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18739	22507	174305	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4681	5753	43694	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4683	5695	43638	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4685	5627	43576	0	0	0
3	Comp. gl	8219	11794	67714	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3981	6881	35697	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	21250	29941	186949	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21278	29212	185580	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	21311	28350	184044	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	5312	7485	46737	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5319	7303	46395	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5328	7087	46011	0	0	0
4	Comp. gl	4996	5460	40924	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2405	2828	20010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18440	20333	151269	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18445	20103	151049	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	18451	19829	150806	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4610	5083	37817	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4611	5026	37762	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4613	4957	37701	0	0	0
1a	Comp. gl	3769	3652	31563	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1817	1771	15207	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13916	13520	116761	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13916	13506	116761	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13916	13489	116761	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3380	29190	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3376	29190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3372	29190	0	0	0
1b	Comp. gl	3843	4279	37396	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1856	2096	18286	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14252	16398	143288	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14252	16394	143289	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14252	16389	143289	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3563	4100	35822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3563	4098	35822	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3563	4097	35822	0	0	0
3	Comp. gl	7128	6390	55305	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3496	3161	27210	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16998	17060	148077	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16998	17048	148078	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16998	17034	148078	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4249	4265	37019	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4249	4262	37019	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4249	4258	37020	0	0	0
4	Comp. gl	3779	3709	32388	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1822	1794	15635	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13962	13791	120415	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13962	13787	120416	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13962	13782	120416	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3491	3448	30104	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3491	3447	30104	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3491	3445	30104	0	0	0
6	Comp. gl	3769	3598	31565	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1817	1734	15208	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	13917	13311	116772	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	13917	13311	116772	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13917	13311	116772	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3479	3328	29193	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3479	3328	29193	0	0	0
1a	Comp. gl	3721	5526	34140	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1776	3137	17651	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13718	20828	126992	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13740	20262	125724	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13765	19593	124294	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3430	5207	31748	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3435	5066	31431	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3441	4898	31073	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1b	Comp. gl	3836	4792	37632	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1849	2459	18535	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14222	18393	144221	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14226	18248	144090	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14230	18076	143945	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3555	4598	36055	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3556	4562	36022	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3557	4519	35986	0	0	0
3	Comp. gl	7064	9199	58093	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3440	5185	29886	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16855	23024	154103	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16871	22573	153322	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16891	22039	152451	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4214	5756	38526	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4218	5643	38331	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4223	5510	38113	0	0	0
4	Comp. gl	3774	4221	32614	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1817	2156	15874	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13939	15784	121321	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13942	15639	121193	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13945	15468	121052	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3485	3946	30330	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3486	3910	30298	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3486	3867	30263	0	0	0
1a	Comp. gl	3594	9286	44917	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1704	5847	26130	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13230	35411	168621	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13274	33745	163430	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13330	31758	157314	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3308	8853	42155	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3319	8436	40858	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3333	7939	39329	0	0	0
1b	Comp. gl	3802	5734	39070	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1820	3152	19921	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14077	22060	149873	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14097	21634	149032	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14120	21131	148091	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3519	5515	37468	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3524	5409	37258	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3530	5283	37023	0	0	0
3	Comp. gl	6869	14643	70832	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3318	9119	40232	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16379	34727	182634	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16430	33370	178824	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16493	31759	174414	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4095	8682	45658	0	0	0

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertcal [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertcal [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F2 / 150C2F2	4107	8342	44706	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4123	7940	43603	0	0	0
4	Comp. gl	3747	5157	34001	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1793	2843	17207	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13826	19437	126836	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13842	19013	126015	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13860	18512	125096	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3457	4859	31709	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3461	4753	31504	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3465	4628	31274	0	0	0
1a	Comp. gl	3670	6870	37598	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1743	4124	20570	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13519	26059	140505	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13555	25084	137797	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13598	23930	134685	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3380	6515	35126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3389	6271	34449	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3400	5982	33671	0	0	0
1b	Comp. gl	3826	5129	38027	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1840	2705	18928	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14179	19705	145779	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14188	19462	145445	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14198	19174	145074	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3545	4926	36445	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3547	4866	36361	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3550	4794	36269	0	0	0
3	Comp. gl	6991	11147	62044	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3387	6609	33320	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	16684	27186	162795	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16717	26409	161002	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	16755	25490	158971	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4171	6796	40699	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4179	6602	40250	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4189	6373	39743	0	0	0
4	Comp. gl	3766	4556	32994	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	1810	2400	16251	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13906	17092	122840	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13913	16850	122514	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13921	16563	122152	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3477	4273	30710	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3478	4212	30628	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3480	4141	30538	0	0	0

W4H400Z+10 TOWER **APPENDIX: AL2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4178	3982	34328	2006	3988	-34329
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2014	1934	16551	1162	1933	-16552
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15425	14715	126723	7582	14712	-126726
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15425	14697	126722	8114	14697	-126725
	380C1F3 / 380C2F3	15425	14675	126722	8647	14680	-126725
	150C1F1 / 150C2F1	3856	3679	31681	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3856	3674	31681	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3856	3669	31681	0	0	0
1b	Comp. gl	4254	4606	40283	1761	4588	-40116
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2054	2255	19696	1069	2244	-19606
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15764	17560	153574	6516	17475	-152831
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15764	17556	153574	7158	17472	-152831
	380C1F3 / 380C2F3	15764	17552	153575	7800	17468	-152832
	150C1F1 / 150C2F1	3941	4390	38394	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3941	4389	38394	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3941	4388	38394	0	0	0
3	Comp. gl	14006	10444	91000	7996	10496	-91411
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6923	5189	45088	4481	5210	-45291
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24251	22079	192372	12271	22096	-192534
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24251	22069	192373	13080	22088	-192535
	380C1F3 / 380C2F3	24251	22057	192374	13890	22078	-192535
	150C1F1 / 150C2F1	6063	5520	48093	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6063	5517	48093	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6063	5514	48093	0	0	0
4	Comp. gl	4189	4024	35180	2647	4904	-42888
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2020	1947	16994	1531	2389	-20878
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15472	14926	130471	8812	16662	-145700
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15472	14923	130471	9424	16659	-145700
	380C1F3 / 380C2F3	15472	14919	130471	10037	16655	-145701
	150C1F1 / 150C2F1	3868	3732	32618	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3868	3731	32618	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3868	3730	32618	0	0	0
1a	Comp. gl	4111	6425	37975	2517	8703	-45139
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1960	3717	19948	1392	4992	-24398
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15152	24234	141140	9362	31377	-163587
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15181	23494	139391	9605	30293	-160256
	380C1F3 / 380C2F3	15214	22619	137408	9853	29022	-156413
	150C1F1 / 150C2F1	3788	6058	35285	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3795	5873	34848	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3804	5655	34352	0	0	0
1b	Comp. gl	4249	5026	40414	1805	5342	-40629
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2050	2550	19839	1094	2725	-20033
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15746	19193	154091	6674	20160	-154537
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15748	19076	154014	7285	19997	-154342
	380C1F3 / 380C2F3	15750	18937	153930	7898	19806	-154125

W4H400Z+10 TOWER **APPENDIX: AL2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	3936	4798	38523	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3937	4769	38504	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3938	4734	38483	0	0	0
3	Comp. gl	13986	12598	91653	8213	14359	-93964
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6904	6701	45777	4599	7667	-47331
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24184	26753	194782	12837	29899	-199919
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24192	26413	194447	13538	29414	-199113
	380C1F3 / 380C2F3	24202	26009	194078	14245	28846	-198215
	150C1F1 / 150C2F1	6046	6688	48696	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6048	6603	48612	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6050	6502	48519	0	0	0
4	Comp. gl	4186	4444	35305	2674	5638	-43223
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2017	2241	17130	1547	2854	-21159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15458	16558	130973	8918	19305	-147026
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15460	16442	130898	9509	19146	-146871
	380C1F3 / 380C2F3	15462	16303	130816	10102	18960	-146699
	150C1F1 / 150C2F1	3864	4140	32743	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3865	4110	32724	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3865	4076	32704	0	0	0
1a	Comp. gl	3961	11289	52170	2806	12193	-56655
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1880	7187	30780	1488	7192	-31820
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14580	43060	195618	10399	43697	-203305
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14627	40932	189037	10531	41881	-197340
	380C1F3 / 380C2F3	14689	38387	181226	10661	39736	-190319
	150C1F1 / 150C2F1	3645	10765	48905	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3657	10233	47259	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3672	9597	45306	0	0	0
1b	Comp. gl	4228	5773	41283	1870	5876	-41494
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2030	3094	20700	1129	3074	-20723
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15653	22102	157513	6907	22046	-157435
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15666	21768	156993	7474	21762	-156931
	380C1F3 / 380C2F3	15681	21372	156415	8045	21430	-156371
	150C1F1 / 150C2F1	3913	5526	39378	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3917	5442	39248	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3920	5343	39104	0	0	0
3	Comp. gl	13888	16409	95890	8503	17063	-98105
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6822	9449	49740	4743	9414	-50458
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	23885	35381	208677	13559	35549	-211327
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23924	34381	206660	14134	34696	-209407
	380C1F3 / 380C2F3	23970	33198	204382	14718	33699	-207239
	150C1F1 / 150C2F1	5971	8845	52169	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5981	8595	51665	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5992	8300	51095	0	0	0
4	Comp. gl	4168	5188	36145	2716	6142	-43822
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2001	2782	17960	1570	3179	-21638
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15385	19460	134318	9078	21128	-149358

W4H400Z+10 TOWER **APPENDIX: AL2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15395	19127	133810	9639	20854	-148950
	380C1F3 / 380C2F3	15407	18732	133244	10202	20534	-148497
	150C1F1 / 150C2F1	3846	4865	33580	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3849	4782	33452	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3852	4683	33311	0	0	0
1a	Comp. gl	4048	8177	42664	2282	6718	-39198
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1921	4993	23785	1299	3710	-20277
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14904	31043	159350	8534	24379	-143241
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14947	29778	155755	8896	23745	-141586
	380C1F3 / 380C2F3	15000	28278	151593	9263	23005	-139711
	150C1F1 / 150C2F1	3726	7761	39838	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3737	7444	38939	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3750	7069	37898	0	0	0
1b	Comp. gl	4243	5296	40648	1779	5044	-40305
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2044	2744	20077	1079	2533	-19769
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15719	20243	155014	6580	19102	-153456
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15725	20050	154814	7210	19004	-153381
	380C1F3 / 380C2F3	15731	19820	154593	7840	18889	-153297
	150C1F1 / 150C2F1	3930	5061	38753	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3931	5012	38703	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3933	4955	38648	0	0	0
3	Comp. gl	13957	13979	92814	8087	12836	-92363
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6878	7691	46904	4531	6689	-46076
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24092	29843	198698	12510	26770	-195387
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24111	29270	197864	13273	26484	-195060
0	380C1F3 / 380C2F3	24132	28592	196936	14038	26148	-194698
	150C1F1 / 150C2F1	6023	7461	49674	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6028	7318	49466	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6033	7148	49234	0	0	0
4	Comp. gl	4181	4713	35531	2658	5352	-43005
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2012	2435	17359	1538	2671	-20981
Permanent loads γg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15437	17607	131874	8855	18272	-146171
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15441	17414	131679	9459	18176	-146112
	380C1F3 / 380C2F3	15446	17184	131463	10063	18064	-146047
	150C1F1 / 150C2F1	3859	4402	32969	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3860	4353	32920	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3862	4296	32866	0	0	0

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W4S400Z(+5)”

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	15 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	11 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-mast met nieuwe V-brace	21 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	27-1-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W4S400Z(+5)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

blz.

9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV 55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 62
9.1.3 Berekening clips 14,5 65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator 67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm 69
9.2 Berekening V-brace - 150 kV 70
9.2.1 Berekening uithouder V-brace - 150 kV 70
9.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 77
9.2.3 Berekening clips 14,5 80
9.2.4 Berekening clips 15– druk isolator 82
9.2.5 Berekening deling van de steunarm 84
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad 85
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 87
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 88
9.4 Berekening draagarm "Passieve Loop geleider" 90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 95
9.4.2 Berekening clip "Passieve Loop geleider" 96
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 98
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 100
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8 101
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting 103
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 105
9.8 Berekening clips voor 4,5m hijsbalk 108
9.8.1 Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m 109
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting 113
9.9 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk 115
9.9.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip 120
9.9.2 Controle capaciteit van de aansluiting 122
9.9.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip 123
9.9.4 Controle capaciteit van de aansluiting 127
9.10 Berekening versterking deur 130

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 - bijlage AA en AA2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4S400Z(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 13 november 2012.
Voor het masttype W4S400Z(+5) zijn de bijlage AA (berekening maststerkte) en bijlage AA2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 (380 kV) Rev 03, d.d. 27-11-2013, SEFAG 138 141-217 (150 kV), d.d. 14-01-2014 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 58,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,008 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten van 29,0 meter. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 13 november 2012.
Voor het masttype W4S400Z(+5) zijn de bijlage AA (berekening maststerkte) en bijlage AA2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state) en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS-toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype "W4S400Z (+5)"

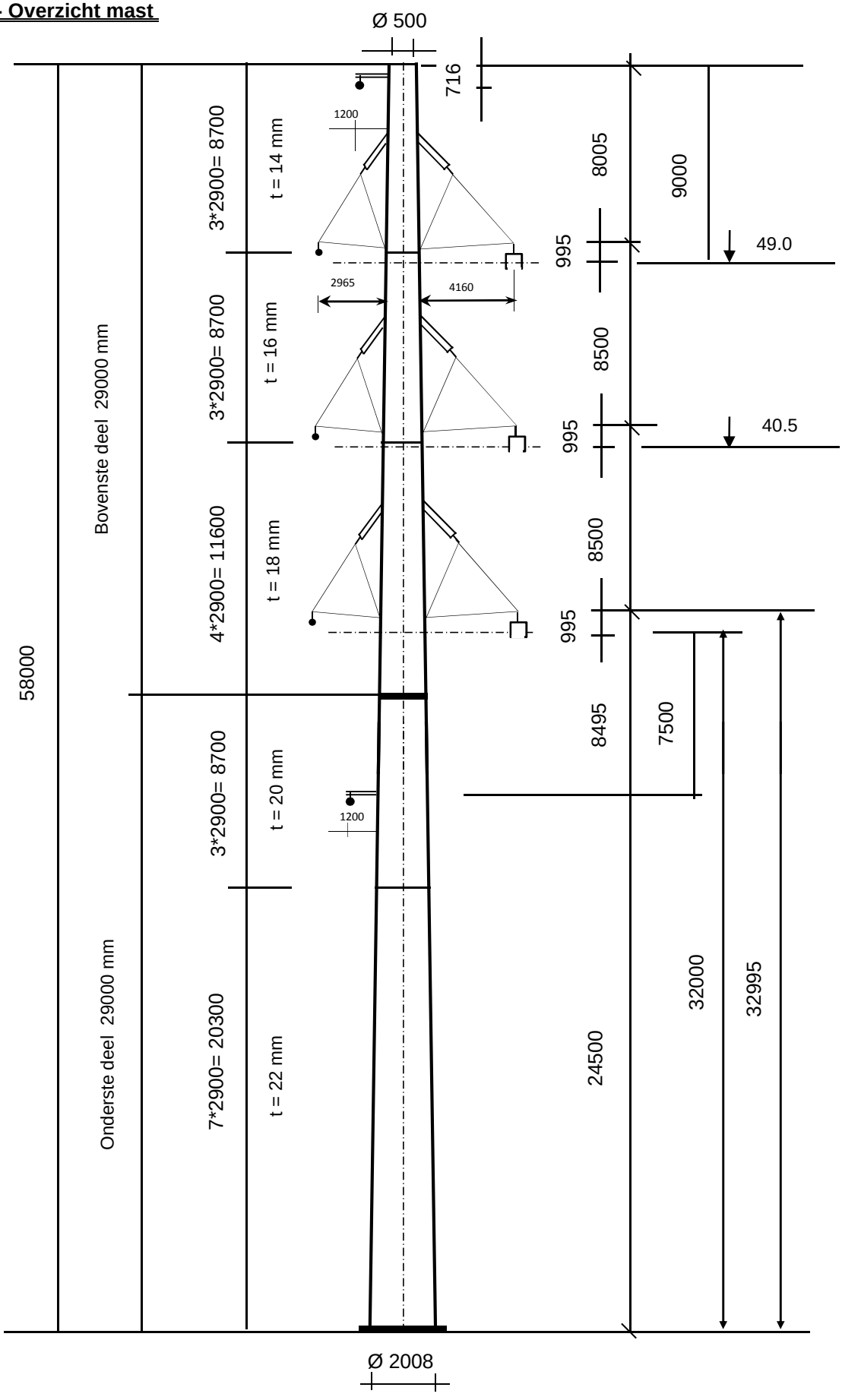
Berekening

W4S400Z +5

58,0 m - 2008 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4S400Z(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,254

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	716	519	500	n.v.t.	2	1	57,64
2	2184	575	519	n.v.t.	2	1	56,19
3	2900	651	575	n.v.t.	2	1	53,65
4	2205	708	651	n.v.t.	2	1	51,10
5	695	726	708	n.v.t.	2	1	49,65
6	2900	802	726	n.v.t.	2	1	47,85
7	2900	877	802	n.v.t.	2	1	44,95
8	2005	929	877	n.v.t.	2	1	42,50
9	895	952	929	n.v.t.	2	1	41,05
10	1450	990	952	n.v.t.	2	1	39,88
11	1450	1028	990	n.v.t.	2	1	38,43
12	1450	1066	1028	n.v.t.	2	1	36,98
13	1450	1103	1066	n.v.t.	2	1	35,53
14	1805	1150	1103	n.v.t.	2	1	33,90
15	1095	1179	1150	n.v.t.	2	1	32,45
16	2900	1254	1179	n.v.t.	2	1	30,45
17	2900	1329	1254	n.v.t.	2	1	27,55
18	1600	1371	1254	n.v.t.	2	1	25,30
19	1300	1405	1371	n.v.t.	2	1	23,85
20	2900	1480	1405	n.v.t.	2	1	21,75
21	2900	1556	1480	n.v.t.	2	1	18,85
22	2900	1631	1556	n.v.t.	2	1	15,95
23	2900	1706	1631	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	1782	1706	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	1857	1782	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	1933	1857	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	2008	1933	n.v.t.	2	1	1,45
	58000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	14,0	21785	171,01	6,69E+08	175,19	2,63E+06
2	547	14,0	23443	184,03	8,33E+08	188,51	3,05E+06
3	613	14,0	26350	206,85	1,18E+09	211,87	3,86E+06
4	679	14,0	29269	229,76	1,62E+09	235,33	4,77E+06
5	717	14,0	30927	242,78	1,91E+09	248,66	5,33E+06
6	764	16,0	37594	295,11	2,63E+09	264,48	6,88E+06
7	839	16,0	41384	324,86	3,51E+09	291,14	8,36E+06
8	903	16,0	44589	350,02	4,39E+09	313,68	9,72E+06
9	941	16,0	46484	364,90	4,97E+09	327,00	1,06E+07
10	971	18,0	53905	423,15	6,13E+09	337,08	1,26E+07
11	1009	18,0	56037	439,89	6,88E+09	350,41	1,36E+07
12	1047	18,0	58169	456,62	7,70E+09	363,74	1,47E+07
13	1084	18,0	60301	473,36	8,57E+09	377,07	1,58E+07
14	1127	18,0	62694	492,14	9,63E+09	392,02	1,71E+07
15	1164	18,0	64825	508,88	1,07E+10	405,35	1,83E+07
16	1216	18,0	67762	531,93	1,22E+10	423,71	2,00E+07
17	1292	20,0	79903	627,24	1,62E+10	449,67	2,50E+07
18	1313	20,0	81210	637,50	1,70E+10	457,02	2,58E+07
19	1388	20,0	85948	674,69	2,01E+10	483,68	2,90E+07
20	1443	20,0	89378	701,62	2,26E+10	502,98	3,14E+07
21	1518	22,0	103389	811,61	2,89E+10	528,94	3,81E+07
22	1593	22,0	108600	852,51	3,35E+10	555,59	4,21E+07
23	1669	22,0	113812	893,42	3,86E+10	582,25	4,62E+07
24	1744	22,0	119023	934,33	4,41E+10	608,90	5,06E+07
25	1820	22,0	124234	975,24	5,02E+10	635,56	5,52E+07
26	1895	22,0	129446	1016,15	5,68E+10	662,22	5,99E+07
27	1970	22,0	134657	1057,06	6,39E+10	688,87	6,49E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	58000	1 -- 2	1	716	2,18E+04	6,69E+08
2	57284	2 -- 3	2	2184	2,34E+04	8,33E+08
3	55100	3 -- 4	3	2900	2,63E+04	1,18E+09
4	52200	4 -- 5	4	2205	2,93E+04	1,62E+09
5	49995	5 -- 6	5	695	3,09E+04	1,91E+09
6	49300	6 -- 7	6	2900	3,76E+04	2,63E+09
7	46400	7 -- 8	7	2900	4,14E+04	3,51E+09
8	43500	8 -- 9	8	2005	4,46E+04	4,39E+09
9	41495	9 -- 10	9	895	4,65E+04	4,97E+09
10	40600	10 -- 11	10	1450	5,39E+04	6,13E+09
11	39150	11 -- 12	11	1450	5,60E+04	6,88E+09
12	37700	12 -- 13	12	1450	5,82E+04	7,70E+09
13	36250	13 -- 14	13	1450	6,03E+04	8,57E+09
14	34800	14 -- 15	14	1805	6,27E+04	9,63E+09
15	32995	15 -- 16	15	1095	6,48E+04	1,07E+10
16	31900	16 -- 17	16	2900	6,78E+04	1,22E+10
17	29000	17 -- 18	17	2900	7,99E+04	1,62E+10
18	26100	18 -- 19	18	1600	8,12E+04	1,70E+10
19	24500	19 -- 20	19	1300	8,59E+04	2,01E+10
20	23200	20 -- 21	20	2900	8,94E+04	2,26E+10
21	20300	21 -- 22	21	2900	1,03E+05	2,89E+10
22	17400	22 -- 23	22	2900	1,09E+05	3,35E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	1,14E+05	3,86E+10
24	11600	24 -- 25	24	2900	1,19E+05	4,41E+10
25	8700	25 -- 26	25	2900	1,24E+05	5,02E+10
26	5800	26 -- 27	26	2900	1,29E+05	5,68E+10
27	2900	27 -- 28	27	2900	1,35E+05	6,39E+10
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	57,64	0,21	1,19	32,02	0,18	1432
2	56,19	0,21	1,18	31,87	0,18	1423
3	53,65	0,21	1,17	31,61	0,18	1406
4	51,10	0,21	1,16	31,33	0,18	1389
5	49,65	0,21	1,15	31,17	0,18	1378
6	47,85	0,21	1,15	30,96	0,18	1365
7	44,95	0,21	1,13	30,61	0,18	1343
8	42,50	0,21	1,12	30,29	0,19	1323
9	41,05	0,21	1,11	30,10	0,19	1310
10	39,88	0,21	1,11	29,93	0,19	1300
11	38,43	0,21	1,10	29,72	0,19	1287
12	36,98	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
13	35,53	0,21	1,08	29,28	0,19	1260
14	33,90	0,21	1,07	29,01	0,19	1244
15	32,45	0,21	1,07	28,77	0,20	1229
16	30,45	0,21	1,05	28,41	0,20	1207
17	27,55	0,21	1,03	27,84	0,20	1173
18	25,30	0,21	1,01	27,36	0,21	1145
19	23,85	0,21	1,00	27,03	0,21	1125
20	21,75	0,21	0,98	26,51	0,21	1095
21	18,85	0,21	0,95	25,70	0,22	1048
22	15,95	0,21	0,92	24,75	0,23	995
23	13,05	0,21	0,87	23,62	0,24	933
24	10,15	0,21	0,82	22,20	0,25	857
25	7,25	0,21	0,75	20,30	0,28	759
26	4,35	0,21	0,64	17,41	0,32	620
27	1,45	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	400	0,40	0,00	4,46E-02	1499,47
2	2 -- 3	4347	3876	5,61	0,76	4,46E-02	1467,51
3	3 -- 4	6434		9,95	17,76	4,45E-02	1370,08
4	4 -- 5	5397	37569	53,96	55,95	4,41E-02	1241,42
5	5 -- 6	1792		59,35	180,88	4,34E-02	1144,81
6	6 -- 7	8993		61,15	222,75	4,30E-02	1114,79
7	7 -- 8	9856		70,14	413,11	4,14E-02	992,21
8	8 -- 9	7319		79,99	630,81	3,93E-02	875,03
9	9 -- 10	3400		87,31	798,53	3,78E-02	797,71
10	10 -- 11	6353		90,71	878,20	3,70E-02	764,23
11	11 -- 12	6596	37700	134,77	1014,34	3,60E-02	711,27
12	12 -- 13	6839		141,36	1214,53	3,49E-02	659,90
13	13 -- 14	7081		148,20	1424,46	3,37E-02	610,19
14	14 -- 15	9154		155,28	1644,49	3,24E-02	562,24
15	15 -- 16	5736	37885	202,32	1933,03	3,08E-02	505,08
16	16 -- 17	15861		208,06	2157,72	2,98E-02	471,85
17	17 -- 18	18625	6796	230,71	2784,08	2,70E-02	389,19
18	18 -- 19	10440		249,34	3480,16	2,44E-02	314,50
19	19 -- 20	8966	8190	267,97	3887,45	2,27E-02	276,81
20	20 -- 21	20782		276,94	4241,64	2,15E-02	248,08
21	21 -- 22	23972		297,72	5074,89	1,86E-02	189,83
22	22 -- 23	25158		321,69	5973,03	1,60E-02	139,54
23	23 -- 24	26344		346,85	6942,40	1,33E-02	96,93
24	24 -- 25	27531		373,19	7986,46	1,07E-02	62,06
25	25 -- 26	28717		400,72	9108,63	7,99E-03	34,93
26	26 -- 27	29903		429,44	10312,36	5,32E-03	15,56
27	27 -- 28	31090		459,34	11601,09	2,65E-03	3,92
28			17319	507,75	12978,27	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_i : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	40,0	1,499	2526,62	383,039
2	2 -- 3	434,7	387,6	1,468	11629,69	1709,679
3	3 -- 4	643,4		1,370	8240,97	1096,905
4	4 -- 5	539,7	3756,9	1,241	52069,18	6558,039
5	5 -- 6	179,2		1,145	1985,62	228,680
6	6 -- 7	899,3		1,115	9294,27	998,114
7	7 -- 8	985,6		0,992	9026,88	859,089
8	8 -- 9	731,9		0,875	6004,81	511,950
9	9 -- 10	340,0		0,798	2604,90	207,374
10	10 -- 11	635,3		0,764	4598,05	345,792
11	11 -- 12	659,6	3770,0	0,711	30741,50	2217,295
12	12 -- 13	683,9		0,660	4260,27	275,785
13	13 -- 14	708,1		0,610	4072,23	243,343
14	14 -- 15	915,4		0,562	4792,29	260,699
15	15 -- 16	573,6	3788,5	0,505	21520,38	1103,357
16	16 -- 17	1586,1		0,472	6698,77	293,981
17	17 -- 18	1862,5	679,6	0,389	9023,27	333,507
18	18 -- 19	1044,0		0,315	3027,99	91,258
19	19 -- 20	896,6	819,0	0,277	4532,43	124,511
20	20 -- 21	2078,2		0,248	4463,87	99,632
21	21 -- 22	2397,2		0,190	3872,79	65,015
22	22 -- 23	2515,8		0,140	2918,11	35,172
23	23 -- 24	2634,4		0,097	2054,46	16,648
24	24 -- 25	2753,1		0,062	1309,69	6,474
25	25 -- 26	2871,7		0,035	711,14	1,830
26	26 -- 27	2990,3		0,016	285,68	0,284
27	27 -- 28	3109,0		0,004	59,79	0,012
28			1731,9	0,000	0,00	0,000
				Som	212326	18067

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,55	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	783	0,989	0,716	0,70	548,88	0,71
2 -- 3	199	0,946	2,184	1,96	389,16	2,07
3 -- 4	1517	0,871	2,900	2,20	3336,71	2,53
4 -- 5	245	0,796	2,205	1,40	341,69	1,75
5 -- 6	258	0,753	0,695	0,39	101,71	0,52
6 -- 7	310	0,703	2,900	1,43	443,92	2,04
7 -- 8	340	0,623	2,900	1,12	382,09	1,81
8 -- 9	365	0,558	2,005	0,62	227,69	1,12
9 -- 10	380	0,521	0,895	0,24	92,23	0,47
10 -- 11	3038	0,492	1,450	0,35	1066,40	0,71
11 -- 12	455	0,457	1,450	0,30	137,89	0,66
12 -- 13	472	0,424	1,450	0,26	122,66	0,61
13 -- 14	488	0,391	1,450	0,22	108,23	0,57
14 -- 15	2606	0,356	1,805	0,23	595,81	0,64
15 -- 16	524	0,326	1,095	0,12	60,87	0,36
16 -- 17	781	0,287	2,900	0,24	186,77	0,83
17 -- 18	642	0,235	2,900	0,16	102,55	0,68
18 -- 19	1164	0,197	1,600	0,06	72,43	0,32
19 -- 20	690	0,175	1,300	0,04	27,47	0,23
20 -- 21	717	0,146	2,900	0,06	44,31	0,42
21 -- 22	827	0,110	2,900	0,03	28,92	0,32
22 -- 23	868	0,079	2,900	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	908	0,053	2,900	0,01	7,40	0,15
24 -- 25	949	0,032	2,900	0,00	2,88	0,09
25 -- 26	990	0,017	2,900	0,00	0,81	0,05
26 -- 27	1031	0,006	2,900	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	1669	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	58,00	12,18	8445,25	19,91

m_e = 8445,3 / 12,2 = 693,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,55	Hz
b =	1,25	m
h =	58,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,80	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	107,00	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,55

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,072	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,084	
$v_m(z_s)$ =	29,16	m/s
$v_m(z)$ =	32,05	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,82	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,27	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,48	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,22	
R^2 =	1,14	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,45	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,52

$c_s c_d$ = **1,18**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	47,9	1,63E+06	0,80	0,83	0,66
2	47,7	1,74E+06	0,80	0,83	0,66
3	47,4	1,94E+06	0,80	0,83	0,66
4	47,1	2,14E+06	0,80	0,83	0,66
5	47,0	2,25E+06	0,80	0,83	0,66
6	46,7	2,38E+06	0,80	0,83	0,66
7	46,3	2,59E+06	0,79	0,83	0,66
8	46,0	2,77E+06	0,79	0,83	0,66
9	45,8	2,87E+06	0,79	0,83	0,66
10	45,6	2,95E+06	0,79	0,83	0,66
11	45,4	3,05E+06	0,79	0,83	0,66
12	45,1	3,15E+06	0,79	0,83	0,65
13	44,9	3,25E+06	0,79	0,83	0,65
14	44,6	3,35E+06	0,79	0,83	0,65
15	44,3	3,44E+06	0,79	0,83	0,65
16	43,9	3,56E+06	0,79	0,83	0,65
17	43,3	3,73E+06	0,79	0,83	0,65
18	42,8	3,74E+06	0,79	0,83	0,65
19	42,4	3,93E+06	0,79	0,83	0,65
20	41,8	4,02E+06	0,79	0,83	0,65
21	41,0	4,14E+06	0,78	0,83	0,65
22	39,9	4,24E+06	0,78	0,83	0,65
23	38,6	4,30E+06	0,78	0,83	0,65
24	37,0	4,31E+06	0,78	0,83	0,64
25	34,9	4,23E+06	0,77	0,83	0,64
26	31,5	3,98E+06	0,77	0,83	0,63
27	30,9	4,06E+06	0,77	0,83	0,63

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	57,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 007 (13 - 11 - 2012) Appendix - AA en AA2		
1e traverse - 380C1F1	49,995	1			
1e traverse - 150C1F1	49,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,495	1			
2e traverse - 150C1F2	41,495	1			
3e traverse - 380C1F3	32,995	1			
3e traverse - 150C1F3	32,995	1			
Passieve run	24,500	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	57,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	49,995	4,479
1e traverse - 150C1F1	49,995	3,284
2e traverse - 380C1F2	41,495	4,595
2e traverse - 150C1F2	41,495	3,400
3e traverse - 380C1F3	32,995	4,712
3e traverse - 150C1F3	32,995	3,517
Passieve run	24,500	1,886

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	57,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	49,995	1			
1e traverse - 150C1F1	49,995	1			
2e traverse - 380C1F2	41,495	1			
2e traverse - 150C1F2	41,495	1			
3e traverse - 380C1F3	32,995	1			
3e traverse - 150C1F3	32,995	1			
Passieve run	24,500	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1224	107	1332	0,241	0,086	552	0,771
2	4019	328	4347	0,790	0,262	1762	0,807
3	5999	435	6434	1,174	0,348	2519	0,869
4	5066	331	5397	0,988	0,265	2047	0,928
5	1687	104	1792	0,328	0,083	668	0,961
6	8558	435	8993	1,458	0,348	2902	1,001
7	9421	435	9856	1,600	0,348	3078	1,061
8	7018	301	7319	1,189	0,241	2225	1,110
9	3266	134	3400	0,552	0,107	1018	1,137
10	6136	218	6353	0,923	0,174	1679	1,158
11	6378	218	6596	0,959	0,174	1716	1,183
12	6621	218	6839	0,994	0,174	1751	1,207
13	6864	218	7081	1,029	0,174	1784	1,230
14	8883	271	9154	1,330	0,217	2264	1,254
15	5572	164	5736	0,833	0,131	1395	1,274
16	15426	435	15861	2,302	0,348	3765	1,298
17	18190	435	18625	2,442	0,348	3852	1,328
18	10200	240	10440	1,367	0,192	2101	1,313
19	8771	195	8966	1,174	0,156	1761	1,354
20	20347	435	20782	2,718	0,348	3950	1,362
21	23537	435	23972	2,854	0,348	3951	1,362
22	24723	435	25158	2,989	0,348	3909	1,348
23	25909	435	26344	3,123	0,348	3810	1,314
24	27096	435	27531	3,253	0,348	3632	1,252
25	28282	435	28717	3,377	0,348	3330	1,148
26	29468	435	29903	3,489	0,348	2800	0,965
27	30655	435	31090	3,622	0,348	2795	0,964
	349316	8700	358016	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	67013

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2232	480	480	480	480
2	2 -- 3	2388	4607	4933	19749	6540
3	3 -- 4	2662				
4	4 -- 5	2937	44582	47528	79703	55247
5	5 -- 6	3093				
6	6 -- 7	3721				
7	7 -- 8	4078				
8	8 -- 9	4380				
9	9 -- 10	4559				
10	10 -- 11	5258				
11	11 -- 12	5459	44725	47580	79851	55286
12	12 -- 13	5659				
13	13 -- 14	5860				
14	14 -- 15	6086				
15	15 -- 16	6287	44934	47644	80037	55333
16	16 -- 17	6563				
17	17 -- 18	7707	8155	8155	8155	8155
18	18 -- 19	7830				
19	19 -- 20	8276	9716	10298	40169	13492
20	20 -- 21	8599				
21	21 -- 22	9919				
22	22 -- 23	10410				
23	23 -- 24	10901				
24	24 -- 25	11392				
25	25 -- 26	11883				
26	26 -- 27	12374				
27	27 -- 28	12865				
28			20782	20782	20782	20782

KEMA rapport - bijlage AA - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2428 / 1544 , t = 80 mm ; G = 1732 kg
Flenzen op 29,0m : 2 * rond 1150 / 940 , t = 80 mm ; G = 680 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	771				
2	2 -- 3	807	11116	3582	13309	3651
3	3 -- 4	869				
4	4 -- 5	928	80958	29493	57456	28687
5	5 -- 6	961				
6	6 -- 7	1001				
7	7 -- 8	1061				
8	8 -- 9	1110				
9	9 -- 10	1137				
10	10 -- 11	1158				
11	11 -- 12	1183	75817	28460	54644	27689
12	12 -- 13	1207				
13	13 -- 14	1230				
14	14 -- 15	1254				
15	15 -- 16	1274	69205	27138	51041	26413
16	16 -- 17	1298				
17	17 -- 18	1328				
18	18 -- 19	1313				
19	19 -- 20	1354	15859	5942	20456	6153
20	20 -- 21	1362				
21	21 -- 22	1362				
22	22 -- 23	1348				
23	23 -- 24	1314				
24	24 -- 25	1252				
25	25 -- 26	1148				
26	26 -- 27	965				
27	27 -- 28	964				
28						

KEMA rapport - bijlage AA2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1233				
2	2 -- 3	1291	16012	4779	18887	4934
3	3 -- 4	1390				
4	4 -- 5	1485	115682	38349	79703	37928
5	5 -- 6	1538				
6	6 -- 7	1601				
7	7 -- 8	1698				
8	8 -- 9	1776				
9	9 -- 10	1819				
10	10 -- 11	1853				
11	11 -- 12	1894	108116	36808	75547	36437
12	12 -- 13	1932				
13	13 -- 14	1968				
14	14 -- 15	2006				
15	15 -- 16	2038	98377	34836	70219	34530
16	16 -- 17	2077				
17	17 -- 18	2125				
18	18 -- 19	2101				
19	19 -- 20	2167	22618	7703	28664	8114
20	20 -- 21	2179				
21	21 -- 22	2180				
22	22 -- 23	2157				
23	23 -- 24	2102				
24	24 -- 25	2004				
25	25 -- 26	1837				
26	26 -- 27	1545				
27	27 -- 28	1542				
28						

KEMA rapport - bijlage AA - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	552		0	0,00E+00	6,84E-03	226
2	2 -- 3	1762		552	2,24E+05	6,84E-03	221
3	3 -- 4	2519		2314	3,50E+06	6,82E-03	206
4	4 -- 5	2047		4833	1,49E+07	6,72E-03	187
5	5 -- 6	668		6880	2,86E+07	6,59E-03	172
6	6 -- 7	2902		7548	3,39E+07	6,53E-03	167
7	7 -- 8	3078		10450	6,13E+07	6,29E-03	149
8	8 -- 9	2225		13528	9,74E+07	5,98E-03	131
9	9 -- 10	1018		15753	1,28E+08	5,74E-03	119
10	10 -- 11	1679		16771	1,43E+08	5,63E-03	114
11	11 -- 12	1716		18450	1,69E+08	5,45E-03	106
12	12 -- 13	1751		20166	1,98E+08	5,27E-03	98
13	13 -- 14	1784		21917	2,30E+08	5,07E-03	91
14	14 -- 15	2264		23701	2,64E+08	4,88E-03	84
15	15 -- 16	1395		25964	3,11E+08	4,62E-03	75
16	16 -- 17	3765		27359	3,41E+08	4,46E-03	70
17	17 -- 18	3852		31124	4,28E+08	4,03E-03	58
18	18 -- 19	2101		34976	5,27E+08	3,62E-03	47
19	19 -- 20	1761		37077	5,86E+08	3,37E-03	41
20	20 -- 21	3950		38837	6,37E+08	3,18E-03	37
21	21 -- 22	3951		42787	7,57E+08	2,76E-03	28
22	22 -- 23	3909		46738	8,90E+08	2,37E-03	21
23	23 -- 24	3810		50647	1,03E+09	1,97E-03	14
24	24 -- 25	3632		54458	1,19E+09	1,58E-03	9
25	25 -- 26	3330		58089	1,35E+09	1,18E-03	5
26	26 -- 27	2800		61419	1,53E+09	7,83E-04	2
27	27 -- 28	2795		64219	1,71E+09	3,90E-04	1
28				67013	1,90E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,07E-02	1587
2	2 -- 3		11116	11116	1,97E+05	5,07E-02	1550
3	3 -- 4			11116	2,55E+07	5,06E-02	1440
4	4 -- 5		80958	92074	6,54E+07	5,01E-02	1294
5	5 -- 6			92074	2,75E+08	4,90E-02	1184
6	6 -- 7			92074	3,41E+08	4,85E-02	1150
7	7 -- 8			92074	6,17E+08	4,60E-02	1013
8	8 -- 9			92074	8,94E+08	4,30E-02	884
9	9 -- 10			92074	1,09E+09	4,09E-02	799
10	10 -- 11			92074	1,17E+09	3,99E-02	763
11	11 -- 12		75817	167890	1,31E+09	3,85E-02	706
12	12 -- 13			167890	1,56E+09	3,71E-02	652
13	13 -- 14			167890	1,81E+09	3,56E-02	599
14	14 -- 15			167890	2,07E+09	3,40E-02	548
15	15 -- 16		69205	237095	2,38E+09	3,20E-02	489
16	16 -- 17			237095	2,65E+09	3,08E-02	454
17	17 -- 18			237095	3,35E+09	2,74E-02	370
18	18 -- 19			237095	4,06E+09	2,43E-02	295
19	19 -- 20		15859	252954	4,45E+09	2,23E-02	257
20	20 -- 21			252954	4,78E+09	2,09E-02	229
21	21 -- 22			252954	5,53E+09	1,78E-02	173
22	22 -- 23			252954	6,28E+09	1,50E-02	125
23	23 -- 24			252954	7,03E+09	1,22E-02	86
24	24 -- 25			252954	7,78E+09	9,57E-03	54
25	25 -- 26			252954	8,52E+09	7,03E-03	30
26	26 -- 27			252954	9,26E+09	4,58E-03	13
27	27 -- 28			252954	1,00E+10	2,24E-03	3
28	28 -- 29			252954	1,07E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,85E-02	582
2	2 -- 3		3582	3582	7,18E+04	1,85E-02	569
3	3 -- 4			3582	8,28E+06	1,84E-02	529
4	4 -- 5		29493	33075	2,14E+07	1,83E-02	475
5	5 -- 6			33075	9,67E+07	1,79E-02	436
6	6 -- 7			33075	1,20E+08	1,77E-02	423
7	7 -- 8			33075	2,20E+08	1,68E-02	373
8	8 -- 9			33075	3,19E+08	1,58E-02	326
9	9 -- 10			33075	3,88E+08	1,50E-02	295
10	10 -- 11			33075	4,19E+08	1,46E-02	282
11	11 -- 12		28460	61535	4,70E+08	1,41E-02	261
12	12 -- 13			61535	5,62E+08	1,36E-02	241
13	13 -- 14			61535	6,54E+08	1,31E-02	221
14	14 -- 15			61535	7,46E+08	1,25E-02	203
15	15 -- 16		27138	88673	8,61E+08	1,18E-02	181
16	16 -- 17			88673	9,61E+08	1,14E-02	168
17	17 -- 18			88673	1,22E+09	1,01E-02	137
18	18 -- 19			88673	1,49E+09	8,96E-03	109
19	19 -- 20		5942	94615	1,63E+09	8,26E-03	95
20	20 -- 21			94615	1,76E+09	7,74E-03	85
21	21 -- 22			94615	2,04E+09	6,58E-03	64
22	22 -- 23			94615	2,32E+09	5,54E-03	46
23	23 -- 24			94615	2,60E+09	4,53E-03	32
24	24 -- 25			94615	2,88E+09	3,55E-03	20
25	25 -- 26			94615	3,16E+09	2,61E-03	11
26	26 -- 27			94615	3,43E+09	1,70E-03	5
27	27 -- 28			94615	3,71E+09	8,31E-04	1
28				94615	3,98E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,97E-02	1223
2	2 -- 3		13309	13309	1,54E+05	3,97E-02	1194
3	3 -- 4			13309	3,01E+07	3,95E-02	1108
4	4 -- 5		57456	70765	7,46E+07	3,89E-02	994
5	5 -- 6			70765	2,36E+08	3,80E-02	909
6	6 -- 7			70765	2,86E+08	3,75E-02	883
7	7 -- 8			70765	4,99E+08	3,55E-02	777
8	8 -- 9			70765	7,12E+08	3,31E-02	677
9	9 -- 10			70765	8,59E+08	3,14E-02	612
10	10 -- 11			70765	9,25E+08	3,06E-02	584
11	11 -- 12		54644	125409	1,03E+09	2,95E-02	541
12	12 -- 13			125409	1,22E+09	2,84E-02	499
13	13 -- 14			125409	1,41E+09	2,72E-02	459
14	14 -- 15			125409	1,60E+09	2,60E-02	420
15	15 -- 16		51041	176450	1,83E+09	2,45E-02	374
16	16 -- 17			176450	2,03E+09	2,35E-02	348
17	17 -- 18			176450	2,56E+09	2,10E-02	283
18	18 -- 19			176450	3,08E+09	1,85E-02	226
19	19 -- 20		20456	196906	3,37E+09	1,71E-02	197
20	20 -- 21			196906	3,63E+09	1,60E-02	176
21	21 -- 22			196906	4,22E+09	1,36E-02	133
22	22 -- 23			196906	4,80E+09	1,15E-02	96
23	23 -- 24			196906	5,38E+09	9,38E-03	66
24	24 -- 25			196906	5,96E+09	7,36E-03	42
25	25 -- 26			196906	6,54E+09	5,40E-03	23
26	26 -- 27			196906	7,12E+09	3,52E-03	10
27	27 -- 28			196906	7,69E+09	1,72E-03	3
28				196906	8,26E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,81E-02	569
2	2 -- 3		3651	3651	7,02E+04	1,81E-02	556
3	3 -- 4			3651	8,42E+06	1,80E-02	517
4	4 -- 5		28687	32338	2,17E+07	1,79E-02	465
5	5 -- 6			32338	9,53E+07	1,75E-02	426
6	6 -- 7			32338	1,18E+08	1,73E-02	414
7	7 -- 8			32338	2,16E+08	1,64E-02	365
8	8 -- 9			32338	3,13E+08	1,54E-02	318
9	9 -- 10			32338	3,80E+08	1,46E-02	288
10	10 -- 11			32338	4,10E+08	1,43E-02	275
11	11 -- 12		27689	60028	4,60E+08	1,38E-02	255
12	12 -- 13			60028	5,50E+08	1,33E-02	235
13	13 -- 14			60028	6,39E+08	1,28E-02	216
14	14 -- 15			60028	7,29E+08	1,22E-02	198
15	15 -- 16		26413	86441	8,42E+08	1,15E-02	177
16	16 -- 17			86441	9,39E+08	1,11E-02	164
17	17 -- 18			86441	1,20E+09	9,89E-03	134
18	18 -- 19			86441	1,45E+09	8,76E-03	107
19	19 -- 20		6153	92593	1,60E+09	8,07E-03	93
20	20 -- 21			92593	1,72E+09	7,56E-03	83
21	21 -- 22			92593	1,99E+09	6,43E-03	63
22	22 -- 23			92593	2,27E+09	5,42E-03	45
23	23 -- 24			92593	2,54E+09	4,43E-03	31
24	24 -- 25			92593	2,81E+09	3,47E-03	20
25	25 -- 26			92593	3,09E+09	2,55E-03	11
26	26 -- 27			92593	3,36E+09	1,66E-03	5
27	27 -- 28			92593	3,63E+09	8,13E-04	1
28				92593	3,90E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,89E-03	113
2	2 -- 3				-5,66E+06	4,89E-03	110
3	3 -- 4				-5,66E+06	4,96E-03	99
4	4 -- 5				1,04E+08	5,03E-03	84
5	5 -- 6				1,04E+08	4,35E-03	74
6	6 -- 7				1,04E+08	4,17E-03	71
7	7 -- 8				1,04E+08	3,62E-03	60
8	8 -- 9				1,04E+08	3,21E-03	50
9	9 -- 10				1,04E+08	2,99E-03	44
10	10 -- 11				1,04E+08	2,90E-03	41
11	11 -- 12				2,17E+08	2,78E-03	37
12	12 -- 13				2,17E+08	2,56E-03	33
13	13 -- 14				2,17E+08	2,37E-03	29
14	14 -- 15				2,17E+08	2,19E-03	26
15	15 -- 16				3,33E+08	2,00E-03	22
16	16 -- 17				3,33E+08	1,83E-03	20
17	17 -- 18				3,33E+08	1,46E-03	16
18	18 -- 19				3,33E+08	1,17E-03	12
19	19 -- 20				3,18E+08	1,02E-03	10
20	20 -- 21				3,18E+08	9,24E-04	9
21	21 -- 22				3,18E+08	7,30E-04	6
22	22 -- 23				3,18E+08	5,78E-04	4
23	23 -- 24				3,18E+08	4,47E-04	3
24	24 -- 25				3,18E+08	3,33E-04	2
25	25 -- 26				3,18E+08	2,34E-04	1
26	26 -- 27				3,18E+08	1,46E-04	0
27	27 -- 28				3,18E+08	6,87E-05	0
28					3,18E+08	0,00E+00	0

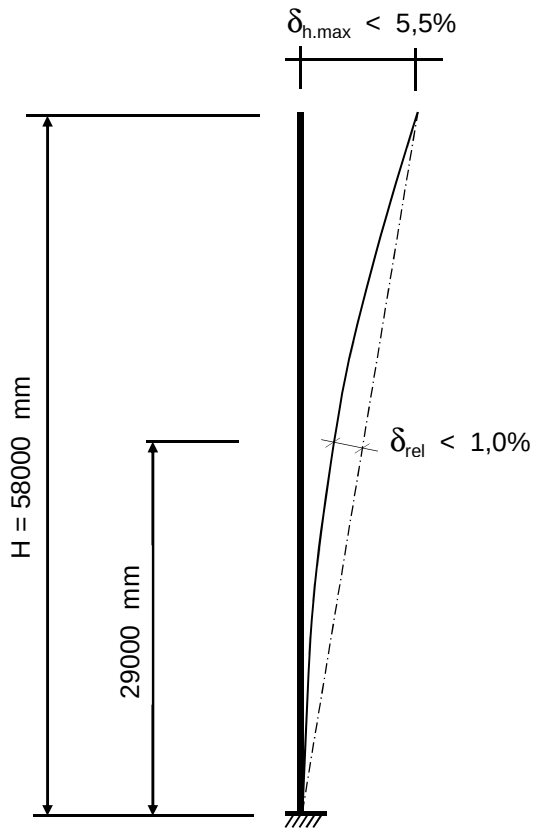
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	6,2E-02	1926
2	2 -- 3	6,2E-02	1881
3	3 -- 4	6,2E-02	1745
4	4 -- 5	6,2E-02	1565
5	5 -- 6	6,0E-02	1430
6	6 -- 7	5,9E-02	1389
7	7 -- 8	5,6E-02	1222
8	8 -- 9	5,2E-02	1064
9	9 -- 10	5,0E-02	962
10	10 -- 11	4,8E-02	918
11	11 -- 12	4,7E-02	849
12	12 -- 13	4,5E-02	783
13	13 -- 14	4,3E-02	719
14	14 -- 15	4,1E-02	658
15	15 -- 16	3,9E-02	586
16	16 -- 17	3,7E-02	545
17	17 -- 18	3,3E-02	443
18	18 -- 19	2,9E-02	353
19	19 -- 20	2,7E-02	308
20	20 -- 21	2,5E-02	275
21	21 -- 22	2,1E-02	207
22	22 -- 23	1,8E-02	150
23	23 -- 24	1,5E-02	103
24	24 -- 25	1,1E-02	65
25	25 -- 26	8,4E-03	36
26	26 -- 27	5,5E-03	16
27	27 -- 28	2,7E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1926 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 3,32 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 17 ; Hoogte = 29000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 443 mm
α = 1,90 graden

δ_{rel} = 520 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 0,90 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	828	480	0	0,00E+00	1,06E-02	351
2	2 -- 3	2644	6686	883	3,16E+05	1,06E-02	344
3	3 -- 4	3779	11902	3703	5,32E+06	1,06E-02	321
4	4 -- 5	3070	64204	7733	2,19E+07	1,04E-02	290
5	5 -- 6	1002	70680	11008	4,26E+07	1,02E-02	267
6	6 -- 7	4353	72830	12077	5,06E+07	1,01E-02	260
7	7 -- 8	4617	83622	16720	9,23E+07	9,75E-03	232
8	8 -- 9	3338	95449	21645	1,48E+08	9,28E-03	204
9	9 -- 10	1526	104232	25205	1,95E+08	8,91E-03	186
10	10 -- 11	2519	108312	26833	2,18E+08	8,73E-03	178
11	11 -- 12	2574	160661	29520	2,59E+08	8,46E-03	165
12	12 -- 13	2626	168576	32266	3,04E+08	8,18E-03	153
13	13 -- 14	2676	176782	35067	3,53E+08	7,89E-03	142
14	14 -- 15	3395	185280	37921	4,06E+08	7,58E-03	130
15	15 -- 16	2092	241198	41543	4,77E+08	7,19E-03	117
16	16 -- 17	5648	248082	43775	5,24E+08	6,94E-03	109
17	17 -- 18	5778	275270	49799	6,60E+08	6,27E-03	90
18	18 -- 19	3151	297620	55962	8,13E+08	5,64E-03	73
19	19 -- 20	2641	319865	59323	9,05E+08	5,26E-03	64
20	20 -- 21	5925	330624	62140	9,84E+08	4,97E-03	57
21	21 -- 22	5926	355562	68460	1,17E+09	4,31E-03	44
22	22 -- 23	5864	384328	74781	1,38E+09	3,70E-03	32
23	23 -- 24	5715	414517	81036	1,61E+09	3,09E-03	22
24	24 -- 25	5448	446130	87132	1,85E+09	2,47E-03	14
25	25 -- 26	4994	479167	92943	2,11E+09	1,85E-03	8
26	26 -- 27	4199	513628	98270	2,39E+09	1,23E-03	4
27	27 -- 28	4192	549511	102750	2,68E+09	6,12E-04	1
28			607601	107221	2,99E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	7,02E-02	2201
2	2 -- 3		16012	16012	0,00E+00	7,02E-02	2150
3	3 -- 4			16012	3,50E+07	7,00E-02	1997
4	4 -- 5		115682	131695	8,14E+07	6,93E-02	1795
5	5 -- 6			131695	3,72E+08	6,79E-02	1643
6	6 -- 7			131695	4,63E+08	6,71E-02	1596
7	7 -- 8			131695	8,45E+08	6,37E-02	1406
8	8 -- 9			131695	1,23E+09	5,96E-02	1227
9	9 -- 10			131695	1,49E+09	5,67E-02	1110
10	10 -- 11			131695	1,61E+09	5,53E-02	1060
11	11 -- 12		108116	239811	1,80E+09	5,34E-02	982
12	12 -- 13			239811	2,15E+09	5,14E-02	905
13	13 -- 14			239811	2,50E+09	4,93E-02	832
14	14 -- 15			239811	2,84E+09	4,72E-02	762
15	15 -- 16		98377	338188	3,28E+09	4,45E-02	680
16	16 -- 17			338188	3,65E+09	4,28E-02	632
17	17 -- 18			338188	4,63E+09	3,81E-02	514
18	18 -- 19			338188	5,61E+09	3,37E-02	410
19	19 -- 20		22618	360807	6,15E+09	3,11E-02	358
20	20 -- 21			360807	6,62E+09	2,91E-02	319
21	21 -- 22			360807	7,66E+09	2,47E-02	241
22	22 -- 23			360807	8,71E+09	2,08E-02	175
23	23 -- 24			360807	9,76E+09	1,70E-02	120
24	24 -- 25			360807	1,08E+10	1,33E-02	76
25	25 -- 26			360807	1,18E+10	9,80E-03	42
26	26 -- 27			360807	1,29E+10	6,39E-03	18
27	27 -- 28			360807	1,39E+10	3,13E-03	5
28				360807	1,50E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,33E-02	734
2	2 -- 3		4779	4779	0,00E+00	2,33E-02	718
3	3 -- 4			4779	1,04E+07	2,32E-02	667
4	4 -- 5		38349	43128	2,43E+07	2,30E-02	600
5	5 -- 6			43128	1,19E+08	2,25E-02	550
6	6 -- 7			43128	1,49E+08	2,23E-02	534
7	7 -- 8			43128	2,74E+08	2,12E-02	471
8	8 -- 9			43128	4,00E+08	1,98E-02	411
9	9 -- 10			43128	4,86E+08	1,89E-02	372
10	10 -- 11			43128	5,25E+08	1,85E-02	356
11	11 -- 12		36808	79936	5,87E+08	1,78E-02	329
12	12 -- 13			79936	7,03E+08	1,72E-02	304
13	13 -- 14			79936	8,19E+08	1,65E-02	279
14	14 -- 15			79936	9,35E+08	1,58E-02	256
15	15 -- 16		34836	114773	1,08E+09	1,49E-02	228
16	16 -- 17			114773	1,20E+09	1,43E-02	212
17	17 -- 18			114773	1,54E+09	1,28E-02	173
18	18 -- 19			114773	1,87E+09	1,13E-02	138
19	19 -- 20		7703	122476	2,05E+09	1,04E-02	121
20	20 -- 21			122476	2,21E+09	9,78E-03	107
21	21 -- 22			122476	2,57E+09	8,32E-03	81
22	22 -- 23			122476	2,92E+09	7,01E-03	59
23	23 -- 24			122476	3,28E+09	5,73E-03	40
24	24 -- 25			122476	3,63E+09	4,49E-03	25
25	25 -- 26			122476	3,99E+09	3,30E-03	14
26	26 -- 27			122476	4,34E+09	2,15E-03	6
27	27 -- 28			122476	4,70E+09	1,05E-03	2
28				122476	5,05E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,35E-02	1650
2	2 -- 3		18887	18887	0,00E+00	5,35E-02	1612
3	3 -- 4			18887	4,13E+07	5,33E-02	1495
4	4 -- 5		79703	98591	9,60E+07	5,25E-02	1341
5	5 -- 6			98591	3,13E+08	5,12E-02	1227
6	6 -- 7			98591	3,82E+08	5,06E-02	1191
7	7 -- 8			98591	6,68E+08	4,78E-02	1049
8	8 -- 9			98591	9,54E+08	4,46E-02	914
9	9 -- 10			98591	1,15E+09	4,23E-02	827
10	10 -- 11			98591	1,24E+09	4,13E-02	790
11	11 -- 12		75547	174137	1,38E+09	3,98E-02	731
12	12 -- 13			174137	1,64E+09	3,83E-02	674
13	13 -- 14			174137	1,89E+09	3,67E-02	620
14	14 -- 15			174137	2,14E+09	3,51E-02	568
15	15 -- 16		70219	244356	2,45E+09	3,30E-02	506
16	16 -- 17			244356	2,72E+09	3,18E-02	471
17	17 -- 18			244356	3,43E+09	2,83E-02	383
18	18 -- 19			244356	4,14E+09	2,51E-02	306
19	19 -- 20		28664	273020	4,53E+09	2,31E-02	267
20	20 -- 21			273020	4,89E+09	2,17E-02	238
21	21 -- 22			273020	5,68E+09	1,84E-02	180
22	22 -- 23			273020	6,47E+09	1,55E-02	130
23	23 -- 24			273020	7,26E+09	1,27E-02	89
24	24 -- 25			273020	8,05E+09	9,97E-03	57
25	25 -- 26			273020	8,84E+09	7,32E-03	31
26	26 -- 27			273020	9,64E+09	4,78E-03	14
27	27 -- 28			273020	1,04E+10	2,34E-03	3
28				273020	1,12E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,31E-02	730
2	2 -- 3		4934	4934	0,00E+00	2,31E-02	713
3	3 -- 4			4934	1,08E+07	2,31E-02	663
4	4 -- 5		37928	42862	2,51E+07	2,29E-02	596
5	5 -- 6			42862	1,20E+08	2,24E-02	546
6	6 -- 7			42862	1,49E+08	2,22E-02	531
7	7 -- 8			42862	2,74E+08	2,11E-02	468
8	8 -- 9			42862	3,98E+08	1,97E-02	409
9	9 -- 10			42862	4,84E+08	1,88E-02	370
10	10 -- 11			42862	5,22E+08	1,83E-02	353
11	11 -- 12		36437	79299	5,84E+08	1,77E-02	327
12	12 -- 13			79299	6,99E+08	1,71E-02	302
13	13 -- 14			79299	8,14E+08	1,64E-02	278
14	14 -- 15			79299	9,29E+08	1,57E-02	255
15	15 -- 16		34530	113829	1,07E+09	1,48E-02	227
16	16 -- 17			113829	1,20E+09	1,42E-02	211
17	17 -- 18			113829	1,53E+09	1,27E-02	172
18	18 -- 19			113829	1,86E+09	1,12E-02	137
19	19 -- 20		8114	121944	2,04E+09	1,04E-02	120
20	20 -- 21			121944	2,20E+09	9,72E-03	107
21	21 -- 22			121944	2,55E+09	8,27E-03	81
22	22 -- 23			121944	2,91E+09	6,97E-03	59
23	23 -- 24			121944	3,26E+09	5,70E-03	40
24	24 -- 25			121944	3,61E+09	4,47E-03	25
25	25 -- 26			121944	3,97E+09	3,28E-03	14
26	26 -- 27			121944	4,32E+09	2,14E-03	6
27	27 -- 28			121944	4,67E+09	1,05E-03	2
28				121944	5,03E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,80E-03	134
2	2 -- 3				-6,72E+06	5,80E-03	130
3	3 -- 4				-6,72E+06	5,89E-03	117
4	4 -- 5				1,24E+08	5,96E-03	100
5	5 -- 6				1,24E+08	5,16E-03	88
6	6 -- 7				1,24E+08	4,95E-03	84
7	7 -- 8				1,24E+08	4,30E-03	71
8	8 -- 9				1,24E+08	3,81E-03	59
9	9 -- 10				1,24E+08	3,54E-03	52
10	10 -- 11				1,24E+08	3,44E-03	49
11	11 -- 12				2,58E+08	3,30E-03	44
12	12 -- 13				2,58E+08	3,04E-03	39
13	13 -- 14				2,58E+08	2,81E-03	35
14	14 -- 15				2,58E+08	2,60E-03	31
15	15 -- 16				3,95E+08	2,37E-03	27
16	16 -- 17				3,95E+08	2,18E-03	24
17	17 -- 18				3,95E+08	1,73E-03	18
18	18 -- 19				3,95E+08	1,39E-03	14
19	19 -- 20				3,77E+08	1,21E-03	12
20	20 -- 21				3,77E+08	1,10E-03	10
21	21 -- 22				3,77E+08	8,66E-04	7
22	22 -- 23				3,77E+08	6,85E-04	5
23	23 -- 24				3,77E+08	5,30E-04	3
24	24 -- 25				3,77E+08	3,95E-04	2
25	25 -- 26				3,77E+08	2,77E-04	1
26	26 -- 27				3,77E+08	1,73E-04	0
27	27 -- 28				3,77E+08	8,15E-05	0
28					3,77E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)**	
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	21,83	19,14	28,73
3	3 -- 4	27,04	19,93	33,57
4	4 -- 5	114,47	139,43	306,59
5	5 -- 6	120,94	142,70	538,09
6	6 -- 7	123,09	143,77	637,64
7	7 -- 8	133,88	148,41	1061,32
8	8 -- 9	145,71	153,34	1498,86
9	9 -- 10	154,49	156,90	1809,87
10	10 -- 11	158,57	158,53	1951,03
11	11 -- 12	246,05	269,33	2316,84
12	12 -- 13	253,96	272,08	2709,36
13	13 -- 14	262,17	274,88	3105,91
14	14 -- 15	270,67	277,73	3506,55
15	15 -- 16	361,69	379,73	4148,89
16	16 -- 17	368,57	381,96	4565,92
17	17 -- 18	395,76	387,99	5682,35
18	18 -- 19	418,11	394,15	6816,45
19	19 -- 20	470,81	420,13	7431,46
20	20 -- 21	481,57	422,95	7979,46
21	21 -- 22	506,51	429,27	9215,17
22	22 -- 23	535,27	435,59	10469,21
23	23 -- 24	565,46	441,84	11741,48
24	24 -- 25	597,07	447,94	13031,66
25	25 -- 26	630,11	453,75	14339,11
26	26 -- 27	664,57	459,08	15662,71
27	27 -- 28	700,45	463,56	17000,53
28		758,54	468,03	18351,32

)** - Maatgevende belastingcombinatie voor alle staven

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 952	28,73	21,83	45	29,7	967,9	0,03
2	500 / 952	33,57	27,04	136	38,2	1201,1	0,03
3	500 / 952	306,59	114,47	180	331,9	1549,6	0,23
4	500 / 952	538,09	120,94	135	579,7	1844,3	0,33
5	500 / 952	637,64	123,09	41	684,3	1942,5	0,36
6	952 / 1103	1061,32	133,88	167	1130,4	2699,4	0,43
7	952 / 1103	1498,86	145,71	157	1590,8	3247,9	0,50
8	952 / 1103	1809,87	154,49	102	1917,6	3656,7	0,53
9	952 / 1103	1951,03	158,57	44	2065,7	3847,1	0,55
10	1103 / 1254	2316,84	246,05	69	2448,5	4657,9	0,54
11	1103 / 1254	2709,36	253,96	66	2857,9	5029,5	0,58
12	1103 / 1254	3105,91	262,17	64	3271,2	5415,4	0,62
13	1103 / 1254	3506,55	270,67	61	3688,3	5815,5	0,65
14	1103 / 1254	4148,89	361,69	72	4356,7	6333,5	0,70
15	1103 / 1254	4565,92	368,57	41	4789,0	6658,5	0,74
16	1103 / 1254	5682,35	395,76	102	5945,7	7558,6	0,80
17	1254/ 1480	6816,45	418,11	90	7117,5	9419,1	0,77
18	1254/ 1480	7431,46	470,81	45	7753,5	10031,6	0,79
19	1254/ 1480	7979,46	481,57	34	8317,7	10543,5	0,80
20	1254/ 1480	9215,17	506,51	67	9587,5	11731,3	0,83
21	1480/ 2008	10469,21	535,27	57	10872,0	14225,5	0,78
22	1480/ 2008	11741,48	565,46	47	12171,0	15668,8	0,79
23	1480/ 2008	13031,66	597,07	38	13483,8	17181,8	0,80
24	1480/ 2008	14339,11	630,11	29	14809,5	18764,6	0,80
25	1480/ 2008	15662,71	664,57	20	16146,6	20417,1	0,81
26	1480/ 2008	17000,53	700,45	12	17492,8	22139,4	0,81
27	1480/ 2008	18351,32	758,54	4	18846,6	23931,4	0,80

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	14,0	37,04	0,81	355	355
575	14,0	41,10	0,81	355	355
651	14,0	46,49	0,81	355	355
708	14,0	50,58	0,81	355	355
726	14,0	51,87	0,81	355	355
802	16,0	50,10	0,81	355	355
877	16,0	54,81	0,81	355	355
929	16,0	58,07	0,81	355	355
952	16,0	59,52	0,81	355	355
990	18,0	55,01	0,81	355	355
1028	18,0	57,10	0,81	355	355
1066	18,0	59,19	0,81	355	355
1103	18,0	61,29	0,81	348	355
1150	18,0	63,90	0,81	338	355
1179	18,0	65,48	0,81	333	355
1254	18,0	69,67	0,81	319	355
1329	20,0	66,47	0,81	329	355
1371	20,0	68,55	0,81	322	355
1405	20,0	70,24	0,81	317	355
1480	20,0	74,01	0,81	307	355
1556	22,0	70,71	0,81	316	355
1631	22,0	74,14	0,81	306	355
1706	22,0	77,56	0,81	297	355
1782	22,0	80,99	0,81	289	355
1857	22,0	84,42	0,81	282	355
1933	22,0	87,85	0,81	275	355
2008	22,0	91,27	0,81	269	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 952	11,31	1,00	355	355	0,03
2	500 / 952	12,55	1,15	355	355	0,04
3	500 / 952	86,01	4,34	355	355	0,25
4	500 / 952	121,49	4,13	355	355	0,35
5	500 / 952	128,32	3,98	355	355	0,37
6	952 / 1103	164,18	3,56	355	355	0,47
7	952 / 1103	190,32	3,52	355	355	0,55
8	952 / 1103	197,36	3,46	355	355	0,57
9	952 / 1103	195,49	3,41	355	355	0,56
10	1103 / 1254	194,13	4,56	355	355	0,56
11	1103 / 1254	209,54	4,53	355	355	0,60
12	1103 / 1254	222,44	4,51	355	355	0,64
13	1103 / 1254	233,25	4,49	355	348	0,67
14	1103 / 1254	254,73	5,77	355	338	0,73
15	1103 / 1254	261,76	5,69	355	333	0,75
16	1103 / 1254	297,23	5,84	355	319	0,86
17	1254/ 1480	284,51	5,23	355	329	0,82
18	1254/ 1480	299,97	5,80	355	322	0,86
19	1254/ 1480	287,07	5,60	355	317	0,83
20	1254/ 1480	305,81	5,67	355	307	0,88
21	1480/ 2008	285,26	5,18	355	316	0,82
22	1480/ 2008	289,23	5,21	355	306	0,83
23	1480/ 2008	291,58	5,25	355	297	0,84
24	1480/ 2008	292,65	5,29	355	289	0,84
25	1480/ 2008	292,72	5,35	355	282	0,84
26	1480/ 2008	291,96	5,41	355	275	0,84
27	1480/ 2008	290,56	5,63	355	269	0,84

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

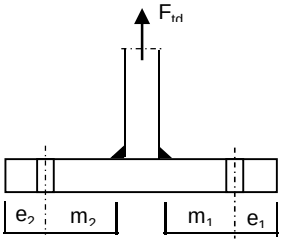
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1.} / 2)^2 + (d_{stc2.} / 2)^2]$

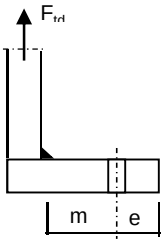
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld.} / 2)^2$$

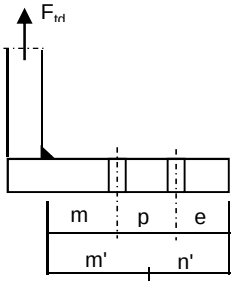
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$
$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2258,00					
st.c binnenkant		1714,00					
1986	64	565,67	7,31	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 29,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1060,00					
1060,00	28	751,68	13,86	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,71

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2258,00	1714,00	118,2	85,0	85,0			168,3
2258,00	1714,00	118,2	85,0	85,0			221,7
flenzen op 29,0 m hoogte.							
1060,00	1060,0	70,2	60,0	60,0			118,9
1060,00	1060,0	72,2	60,0	60,0			118,9

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	9,02E+07	3051,93	1597,46	1696,90	1597,46	1131,34	0,71
80	1,19E+08	4020,57	1879,20	1696,90	1696,90	1131,34	0,67
flenzen op 29,0 m hoogte.							
80	6,37E+07	1815,86	978,26	1060,56	978,26	751,68	0,77
80	6,37E+07	1765,57	963,46	1060,56	963,46	751,68	0,78
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 /1930	0,55	1,254	0,18	3,80

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	1499	1,000		1,000			
2	1468	0,979	1 -- 2	0,989	133	428	783,2
3	1370	0,914	2 -- 3	0,946	435		199,0
4	1241	0,828	3 -- 4	0,871	643	3757	1517,3
5	1145	0,763	4 -- 5	0,796	540		244,8
6	1115	0,743	5 -- 6	0,753	179		257,8
7	992	0,662	6 -- 7	0,703	899		310,1
8	875	0,584	7 -- 8	0,623	986		339,9
9	798	0,532	8 -- 9	0,558	732		365,0
10	764	0,510	9 -- 10	0,521	340		379,9
11	711	0,474	10 -- 11	0,492	635	3770	3038,1
12	660	0,440	11 -- 12	0,457	660		454,9
13	610	0,407	12 -- 13	0,424	684		471,6
14	562	0,375	13 -- 14	0,391	708		488,4
15	505	0,337	14 -- 15	0,356	915	3788	2606,0
16	472	0,315	15 -- 16	0,326	574		523,9
17	389	0,260	16 -- 17	0,287	1586	680	781,3
18	315	0,210	17 -- 18	0,235	1862		642,2
19	277	0,185	18 -- 19	0,197	1044	819	1164,4
20	248	0,165	19 -- 20	0,175	897		689,7
21	190	0,127	20 -- 21	0,146	2078		716,6
22	140	0,093	21 -- 22	0,110	2397		826,6
23	97	0,065	22 -- 23	0,079	2516		867,5
24	62	0,041	23 -- 24	0,053	2634		908,4
25	35	0,023	24 -- 25	0,032	2753		949,3
26	16	0,010	25 -- 26	0,017	2872		990,2
27	4	0,003	26 -- 27	0,006	2990		1031,1
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3109	1732	1669,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	783	0,989	0,716	0,70	548,88	0,71
2 -- 3	199	0,946	2,184	1,96	389,16	2,07
3 -- 4	1517	0,871	2,900	2,20	3336,71	2,53
4 -- 5	245	0,796	2,205	1,40	341,69	1,75
5 -- 6	258	0,753	0,695	0,39	101,71	0,52
6 -- 7	310	0,703	2,900	1,43	443,92	2,04
7 -- 8	340	0,623	2,900	1,12	382,09	1,81
8 -- 9	365	0,558	2,005	0,62	227,69	1,12
9 -- 10	380	0,521	0,895	0,24	92,23	0,47
10 -- 11	3038	0,492	1,450	0,35	1066,40	0,71
11 -- 12	455	0,457	1,450	0,30	137,89	0,66
12 -- 13	472	0,424	1,450	0,26	122,66	0,61
13 -- 14	488	0,391	1,450	0,22	108,23	0,57
14 -- 15	2606	0,356	1,805	0,23	595,81	0,64
15 -- 16	524	0,326	1,095	0,12	60,87	0,36
16 -- 17	781	0,287	2,900	0,24	186,77	0,83
17 -- 18	642	0,235	2,900	0,16	102,55	0,68
18 -- 19	1164	0,197	1,600	0,06	72,43	0,32
19 -- 20	690	0,175	1,300	0,04	27,47	0,23
20 -- 21	717	0,146	2,900	0,06	44,31	0,42
21 -- 22	827	0,110	2,900	0,03	28,92	0,32
22 -- 23	868	0,079	2,900	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	908	0,053	2,900	0,01	7,40	0,15
24 -- 25	949	0,032	2,900	0,00	2,88	0,09
25 -- 26	990	0,017	2,900	0,00	0,81	0,05
26 -- 27	1031	0,006	2,900	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	1669	0,001	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	58,00	12,18	8445,25	19,91

m_e = 8445,3 / 12,2 = 693,6 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 /1930	693,6	0,030	1,25	1,254	21,2

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 21,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 19,91 / (4 * π * 12,18) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;
ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,254 * 3,80 / $15*10^{-6}$ = 3,2E+05

C_{lat} = 0,64

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 7,52 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,67 / 19,91 = 0,34

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,047 * 0,130 * 0,34 * 0,64369² = 0,041

$y_{F;max}$ = 1,254 * 0,041 = 0,051 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		74669	74669	0,00E+00	4,5E-02	1000
2	2 -- 3			74669	5,35E+07	4,5E-02	967
3	3 -- 4			74669	2,17E+08	4,4E-02	870
4	4 -- 5			74669	4,33E+08	4,0E-02	748
5	5 -- 6			74669	5,98E+08	3,7E-02	664
6	6 -- 7			74669	6,50E+08	3,5E-02	639
7	7 -- 8			74669	8,66E+08	3,1E-02	541
8	8 -- 9			74669	1,08E+09	2,8E-02	455
9	9 -- 10			74669	1,23E+09	2,5E-02	402
10	10 -- 11			74669	1,30E+09	2,4E-02	380
11	11 -- 12			74669	1,41E+09	2,3E-02	347
12	12 -- 13			74669	1,52E+09	2,1E-02	315
13	13 -- 14			74669	1,62E+09	2,0E-02	285
14	14 -- 15			74669	1,73E+09	1,8E-02	258
15	15 -- 16			74669	1,87E+09	1,7E-02	226
16	16 -- 17			74669	1,95E+09	1,6E-02	209
17	17 -- 18			74669	2,17E+09	1,3E-02	166
18	18 -- 19			74669	2,38E+09	1,1E-02	130
19	19 -- 20			74669	2,50E+09	1,0E-02	113
20	20 -- 21			74669	2,60E+09	9,6E-03	100
21	21 -- 22			74669	2,82E+09	7,9E-03	74
22	22 -- 23			74669	3,03E+09	6,5E-03	53
23	23 -- 24			74669	3,25E+09	5,2E-03	36
24	24 -- 25			74669	3,46E+09	4,0E-03	23
25	25 -- 26			74669	3,68E+09	2,9E-03	12
26	26 -- 27			74669	3,90E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			74669	4,11E+09	9,1E-04	1
28	28 -- 29			74669	4,33E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	519	14,0	2726398	20	0,0513	2,0
2	575	14,0	3383259	64	0,0513	6,6
3	651	14,0	4365052	99	0,0513	10,2
4	708	14,0	5195221	115	0,0513	11,8
5	726	14,0	5471865	119	0,0513	12,2
6	802	16,0	7603905	114	0,0513	11,7
7	877	16,0	9148917	118	0,0513	12,1
8	929	16,0	10300648	120	0,0513	12,3
9	952	16,0	10836810	120	0,0513	12,3
10	990	18,0	13120943	107	0,0513	11,0
11	1028	18,0	14167651	107	0,0513	11,0
12	1066	18,0	15254545	106	0,0513	10,9
13	1103	18,0	16381624	106	0,0513	10,9
14	1150	18,0	17840792	105	0,0513	10,7
15	1179	18,0	18756340	104	0,0513	10,7
16	1254	18,0	21291799	102	0,0513	10,4
17	1329	20,0	26532766	90	0,0513	9,2
18	1371	20,0	28258144	89	0,0513	9,1
19	1405	20,0	29700046	87	0,0513	9,0
20	1480	20,0	33045930	85	0,0513	8,7
21	1556	22,0	40071933	76	0,0513	7,8
22	1631	22,0	44137519	74	0,0513	7,6
23	1706	22,0	48399569	72	0,0513	7,3
24	1782	22,0	52858084	70	0,0513	7,1
25	1857	22,0	57513063	68	0,0513	7,0
26	1933	22,0	62364506	66	0,0513	6,8
27	2008	22,0	67412414	64	0,0513	6,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,55 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,80 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 54,238 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,17

$V_m(z)$ = 31,7 m/s

V_o = 31,7 * 20 / 100 = 6,33 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,55 * [3,80 / 6,33]^2 * \exp[-(3,80 / 6,33)^2]$ = 1,32E+08 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

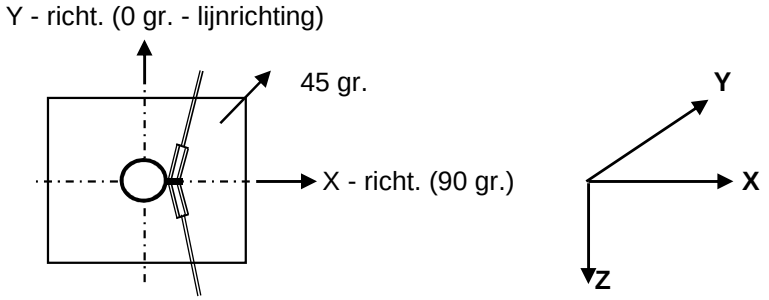
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma_k$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	aantal	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		span.wissl.	< 1
3	Lasnaad	7,88	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
4	Lasnaad	12,22	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
5							
6	Lasnaad	14,62	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
7	Lasnaad	14,03	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
8	Lasnaad	14,57	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
9							
10	Lasnaad	14,76	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
11							
12	Lasnaad	13,18	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
13							
14	Lasnaad	13,02	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
15							
16	Lasnaad	12,80	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
17	flenzen	12,52	35	19,25	1,000E+10	1,32E+08	0,01
18	Lasnaad	11,06	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
19							
20	Lasnaad	10,77	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
21	Lasnaad	10,49	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
22	Lasnaad	9,32	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
23	Lasnaad	9,06	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
24	Lasnaad	8,82	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
25	Lasnaad	8,58	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
26	Lasnaad	8,35	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
27	Lasnaad	8,12	45	24,75	1,000E+10	1,32E+08	0,01
28	voetplaat	7,91	35	19,25	1,000E+10	1,32E+08	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			459			
2 - Windbelasting mast	107				2985	
3 - Belasting geval 1a	361		149		15366	
4 - Belasting geval 1b	122		158		5456	
5 - Belasting geval 3	273		300		11833	
6 - Belasting geval 4	122		186		5489	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	468		**608**		**18351**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	143		617		6016	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	303		759		12672	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	142		645		6049	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	12687	kNm	18351	kNm	18351	kNm
Dwarskracht	320	kN	468	kN	468	kN
Verticale kracht	508	kN	608	kN	457	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2258,00					
st.c binnenkant		1714,00					
1986	64	565,67	7,31	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2258,00					
st.c binnenkant		1714,00					
1986	64	391,32	5,00	28	M 48 - 8,8	848,45	0,46

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 565,7 kN

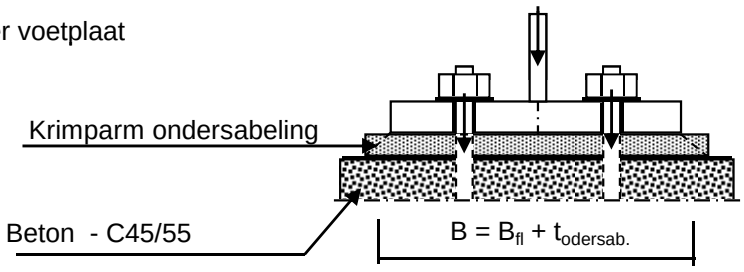
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 391,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 587,0 + 1,00 * 391,3 = 978,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

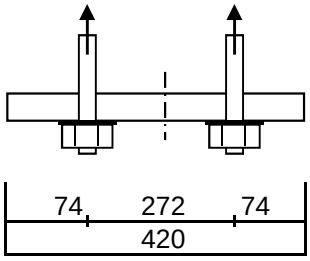
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	442,0	mm	D =	1986	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	64	
B =	482,0	mm			

A_{voetpl} = 482 * 2*π*D / n = 93978 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

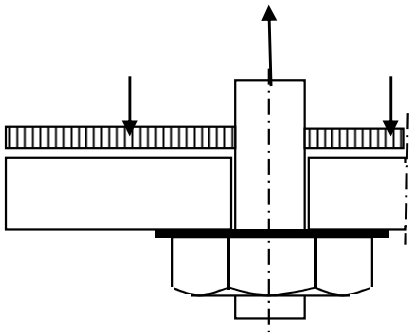


D = 1986 mm
n = 64

$A_{stortring}$ = 420 * $2*\pi*D / n$ = 81890 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 74 mm
L_{veld} = 272 mm

t = 35 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 37827 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1879 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 89938 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 89938 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1879 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 108719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 7174 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 89938 / 108718,8 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 293,7 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1879 / 7174 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 53,7 N/mm^2

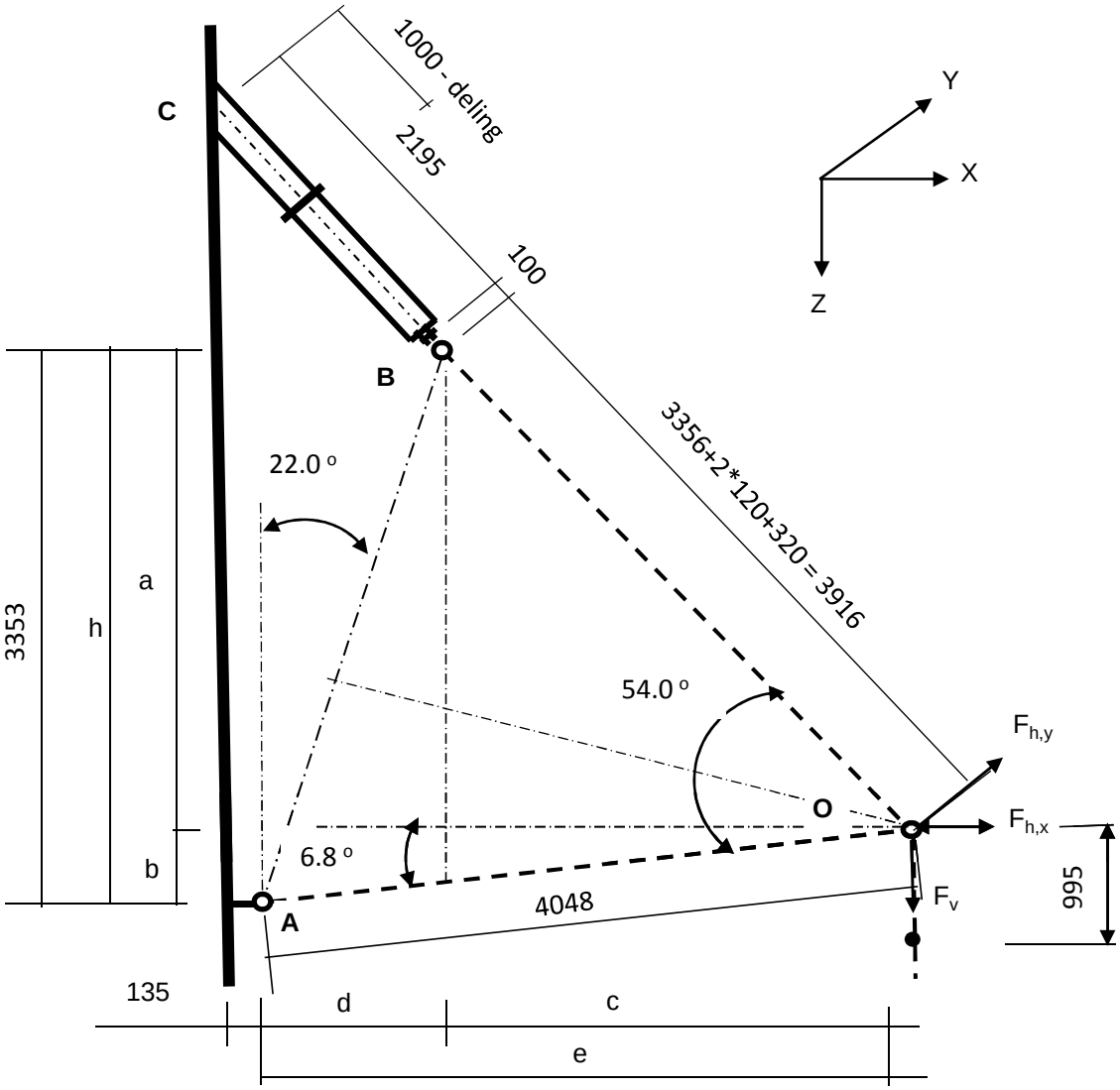
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (293,7^2 + 3*53,7^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 308 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	46273	258559	17833	46273	-258559	17833
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	31881	265134	31881	31881	-265134	31881
BG 1a - (+wind (45 gr))	28035	192197	18290	28035	-192197	18290
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	21964	246866	32206	21964	-246866	32206

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	35666	±	92546	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63762	±	63763	0
BG 1a - (wind (45 gr))	36581	±	56070	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	64411	±	43928	0

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	53,6	0,00	-6,4	38,9	0,00	42,1
BG 1a - (-wind (90 gr))	-113,1	0,00	13,5	20,5	0,00	22,2
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,2	0,00	-0,5	59,5	0,00	64,3
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-110,6	0,00	13,2	46,8	0,00	50,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	20,0	0,00	-2,4	36,1	0,00	39,0
BG 1a - (-wind (45 gr))	-81,0	0,00	9,7	24,9	0,00	26,9
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-14,2	0,00	1,7	58,1	0,00	62,7
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-93,3	0,00	11,1	49,3	0,00	53,3

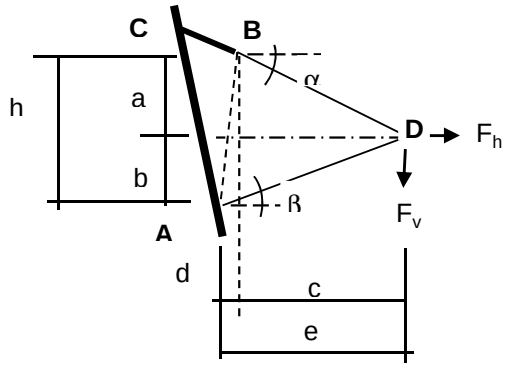
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

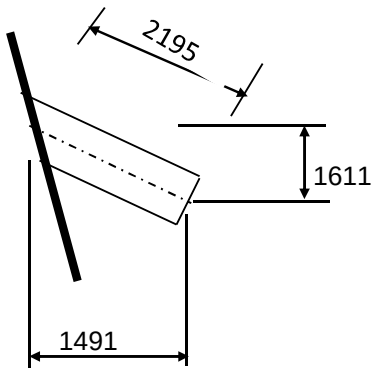
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,95	0,00	42,06	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,54	0,00	22,18	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	59,51	0,00	64,27	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	46,83	0,00	50,57	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	36,08	0,00	38,96	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	24,93	0,00	26,92	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	58,08	0,00	62,72	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	49,35	0,00	53,29	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	29721	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



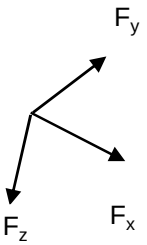


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	29,72	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-2,97	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-1,56	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	62,97	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	28,16	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	62,97	kN
$F_{z,Ed}$ =	9,97	kN
$F_{x,Ed}$ =	26,34	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
26,34	62,97	9,97	93,90	21,89	138,21

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

$N_{Ed} = \{ 59{,}5^2 + 64{,}3^2 \}^{0,5} = 87{,}59$ kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 87,59 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,2 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm²
N_{Ed} =	53,10	kN ;	σ_N =	4,3	N/mm²
			σ_{max} =	4,3	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	26,34	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,2	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	21,89	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		23,9	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	138,21	/	217	=	0,64	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		150,8	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	93,90	/	251	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		51,2	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 62,97 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 9,97 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,6 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 23,9^2 + 152,9^2 \}^{0,5} = 154,8$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 179 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

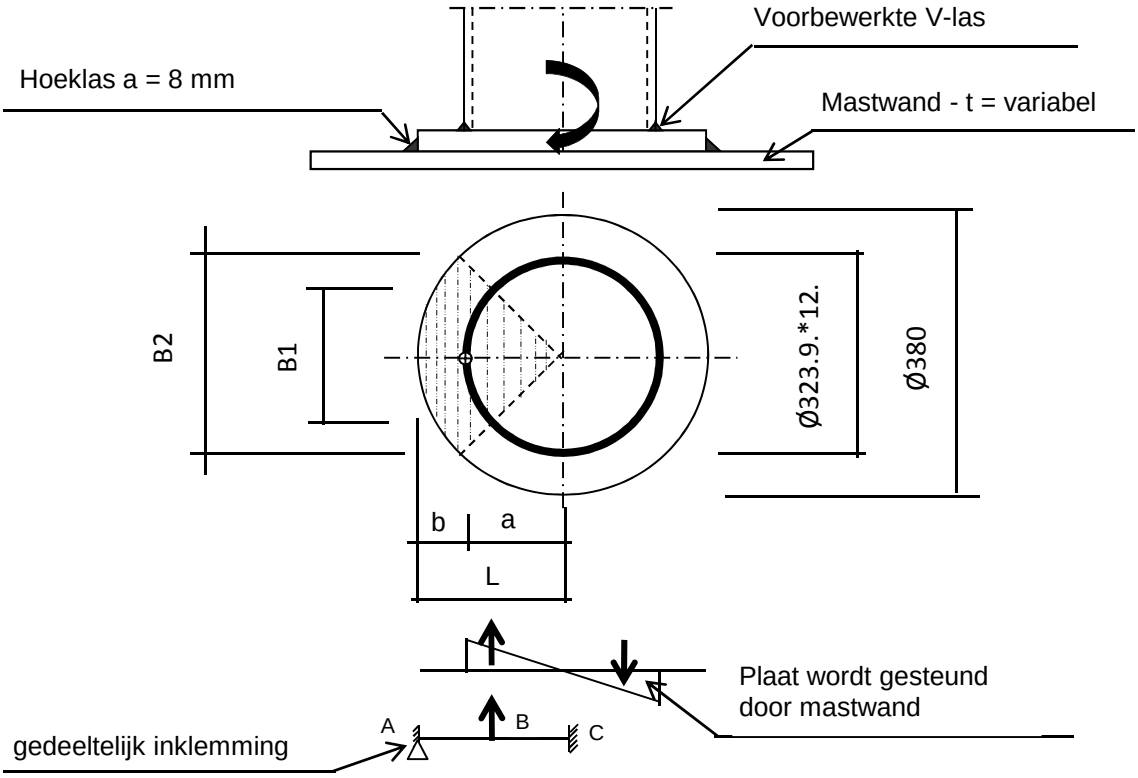
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 139,9 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 398,3 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 = 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 8,72 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 310,7 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,12 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,40 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 374,8 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,1 * 32,0% = 2,60 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,7 * 68,0% + 2,4 * 32,0% = 6,69 kNm

$R_{A;Ed}$ = 310,7 * 68,0% + 374,8 * 32,0% = 331,3 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,60 / 11,04 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 55,7 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,69 / 9,41 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 168,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 331,3 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 44,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 52,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 191,1 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 123,1 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 98,1 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 123,1 + 98,1 = 221,2 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 123,1 - 98,1 = 25,0 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 225,4 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 225,4 / 302,2 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 221,2 / 244,8 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 54,552 m hoogte (380 kV op 49,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	14,0	25318	S355	355	3559144
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,64

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 70,75 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 44,49 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,027

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 468,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 632,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,89 / 468,1 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 184,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 184,3 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 859,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 184,3 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 46,052 m hoogte (380 kv op 40,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	16,0	39943	S355	355	7781668
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,47

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 139,80 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1112,94 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,41 of n_p = -0,393

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,83

$M_{ip,1,Rd}$ = 407,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 722,3 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,89 / 407,9 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 155,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,2 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 981,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,2 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 37,552 m hoogte (380 kV op 32,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1032	18,0	57320	S355	355	14276612
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,37

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 258,07 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2749,58 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,530

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,74

$M_{ip,1,Rd}$ = 387,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,89 / 387,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 155,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,9 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

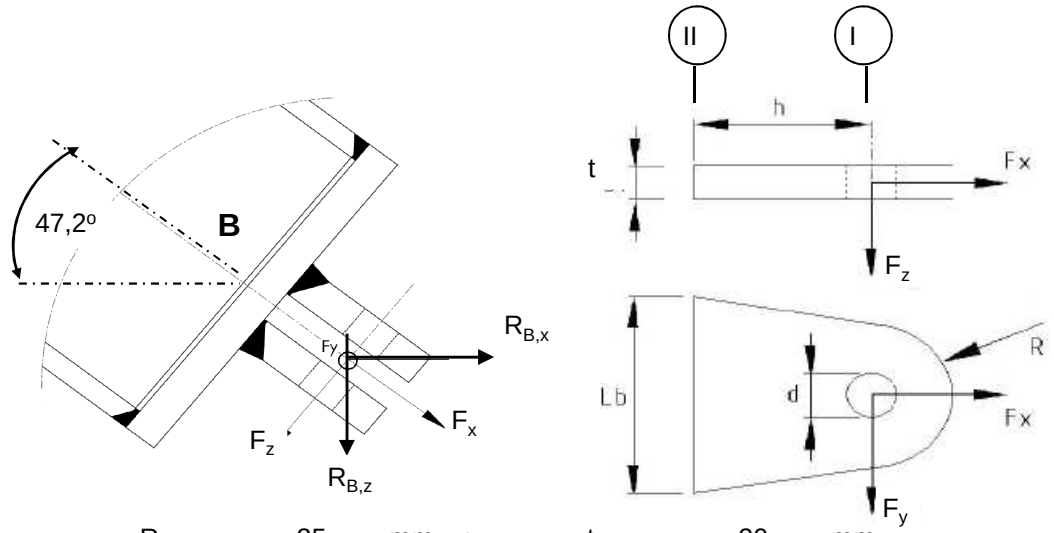
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 138,21 / 155,9 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,95	0,00	42,06	57,32	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,54	0,00	22,18	30,23	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	59,51	0,00	64,27	87,59	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	46,83	0,00	50,57	68,93	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	36,08	0,00	38,96	53,10	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	24,93	0,00	26,92	36,69	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	58,08	0,00	62,72	85,49	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	49,35	0,00	53,29	72,63	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	62,97	28,16	26,34	62,97	9,972

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 43,8 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 48 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	13,17	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,399	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,97	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,259	kNm
$V_{y,Ed}$ =	31,48	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,17	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,3	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,26	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,4	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,40	/	3,2	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		29,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	9,97	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,5	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	31,48	/	547	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		7,9	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 42,7 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 45 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

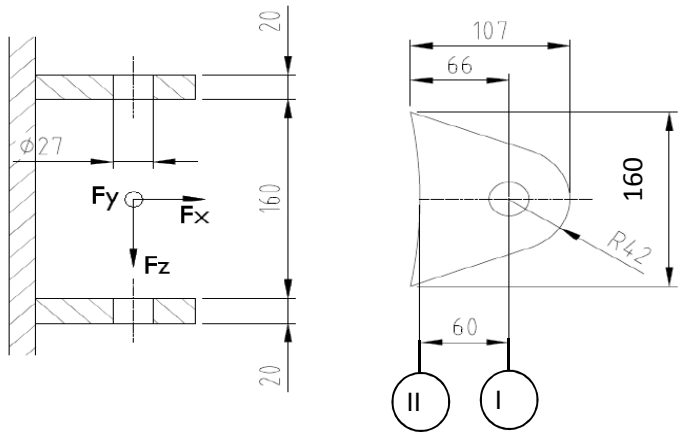
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	53,60	0,00	-6,39	53,60	0,00	6,39
BG 1a - (-wind (90 gr))	-113,09	0,00	13,48	113,09	0,00	13,48
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,25	0,00	-0,51	4,25	0,00	0,51
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-110,59	0,00	13,19	110,59	0,00	13,19
BG 1a - (+wind (45 gr))	19,99	0,00	-2,38	19,99	0,00	2,38
BG 1a - (-wind (45 gr))	-81,00	0,00	9,66	81,00	0,00	9,66
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-14,15	0,00	1,69	14,15	0,00	1,69
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-93,27	0,00	11,12	93,27	0,00	11,12
BG bundelbreuk	0,00	-2,97	-1,56	0,00	2,97	1,56

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 56,5 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 50 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	56,54	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,809	kNm
$V_{z,Ed}$ =	13,48	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,54	/	757	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		17,7	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,81	/	2,5	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		75,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	13,48	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		4,2	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 93,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 28,3 + 34,7 = 62,9 kN

σ_1 =					55,6	N/mm^2
τ_1 =					55,6	N/mm^2
τ_2 =	0					
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			111,3	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	111,3	/	302,2	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	55,6	/	244,8	=	0,23	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2195 - 1000 = 1195 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
26,34	62,97	9,97	51,12	11,92	75,24

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 76,2 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 63,8 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 40,7 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 101,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 100,96 / 203 = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 40,74 / 136 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,66 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

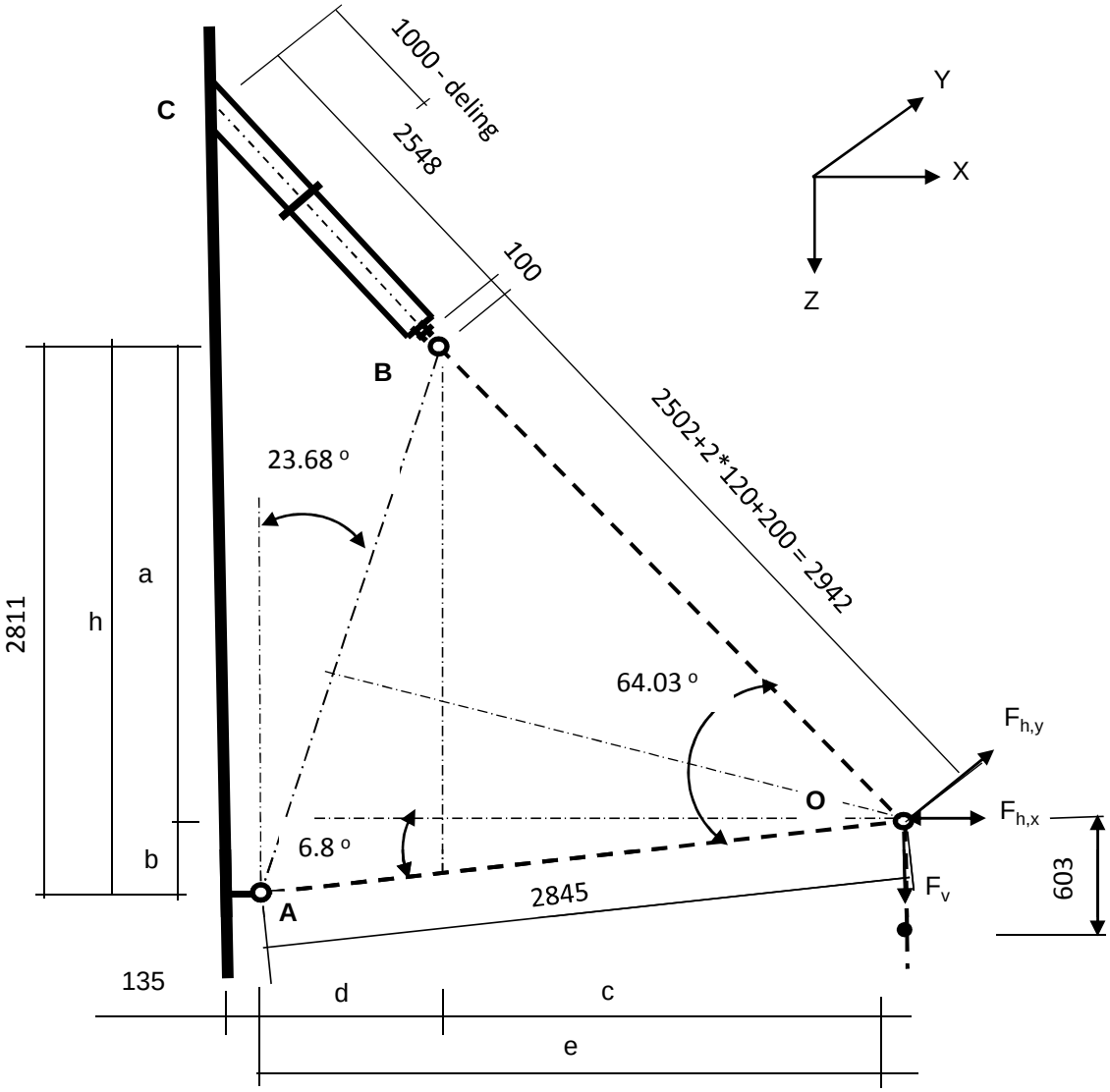
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	264,6	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	169,4	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,60 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening V-brace - 150 kV

9.2.1 - Berekening uithouder V-brace - 150 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 138 141-217 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	11568	64640	4458	11568	-64640	4458
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	7970	66284	7970	7970	-66284	7970
BG 1a - (+wind (45 gr))	7009	48049	4573	7009	-48049	4573
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5491	61716	8051	5491	-61716	8051

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	8916	±	23136	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	15941	±	15941	0
BG 1a - (wind (45 gr))	9145	±	14017	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	16103	±	10982	0

a =	2474	mm	b =	337	mm
h =	2811	mm	c =	1592	mm
d =	1233	mm	e =	2825	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,2	0,00	-1,9	7,0	0,00	10,8
BG 1a - (-wind (90 gr))	-26,8	0,00	3,2	3,7	0,00	5,7
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,3	0,00	-0,6	10,7	0,00	16,6
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-24,3	0,00	2,9	8,4	0,00	13,0
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,6	0,00	-0,9	6,5	0,00	10,0
BG 1a - (-wind (45 gr))	-18,5	0,00	2,2	4,5	0,00	6,9
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	0,6	0,00	-0,1	10,4	0,00	16,2
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-19,8	0,00	2,4	8,8	0,00	13,7

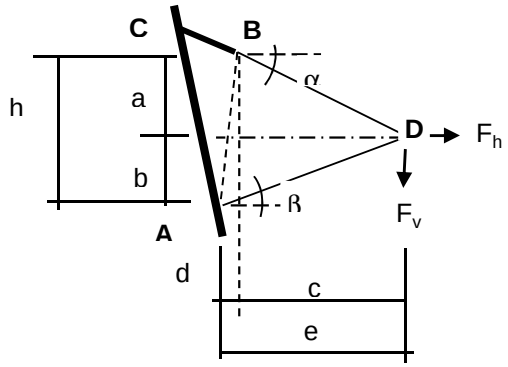
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

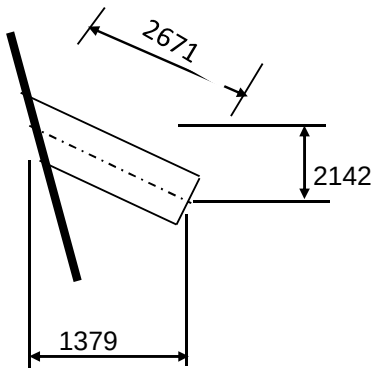
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,98	0,00	10,84	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,68	0,00	5,72	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	10,67	0,00	16,57	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	8,39	0,00	13,04	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,47	0,00	10,05	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	4,47	0,00	6,94	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,41	0,00	16,17	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	8,84	0,00	13,74	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	7430	24000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



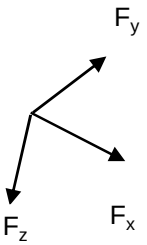


a =	1626	mm	b =	1443	mm
h =	3069	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	24,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	7,43	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	3,71	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	1,44	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	20,29	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	8,87	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	20,29	kN
$F_{z,Ed}$ =	1,40	kN
$F_{x,Ed}$ =	8,76	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
8,76	20,29	1,40	27,98	3,57	51,70

Buis Ø219,1 * 10 - S355 ;

A =	6569	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	1555	kN
$W_y = W_z$ =	3,28E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	77,7	kNm
W_x =	6,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	77,7	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	89,8	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	448,8	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $10{,}7^2$ + $16{,}6^2$ }^{0,5} = 19,71 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 19,71 / 1555 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 3,0 N/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm^2
N_{Ed} =	11,95	kN ;	σ_N =	1,8	N/mm^2
			σ_{max} =	1,8	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	8,76	/ 1555	= 0,01	< 1,0 -- Voldoet	
		σ_N =	1,3	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,57	/ 78	= 0,05	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,y}$ =	10,9	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	51,70	/ 78	= 0,66	< 1,0 -- Voldoet	
		$\sigma_{b,z}$ =	157,4	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	27,98	/ 90	= 0,31	< 1,0 -- Voldoet	
		τ_w =	42,6	N/mm^2	

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 20,29 / 449 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 6,2 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 1,40 / 449 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,4 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 10,9^2 + 158,7^2 \}^{0,5} = 159,1$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 176 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

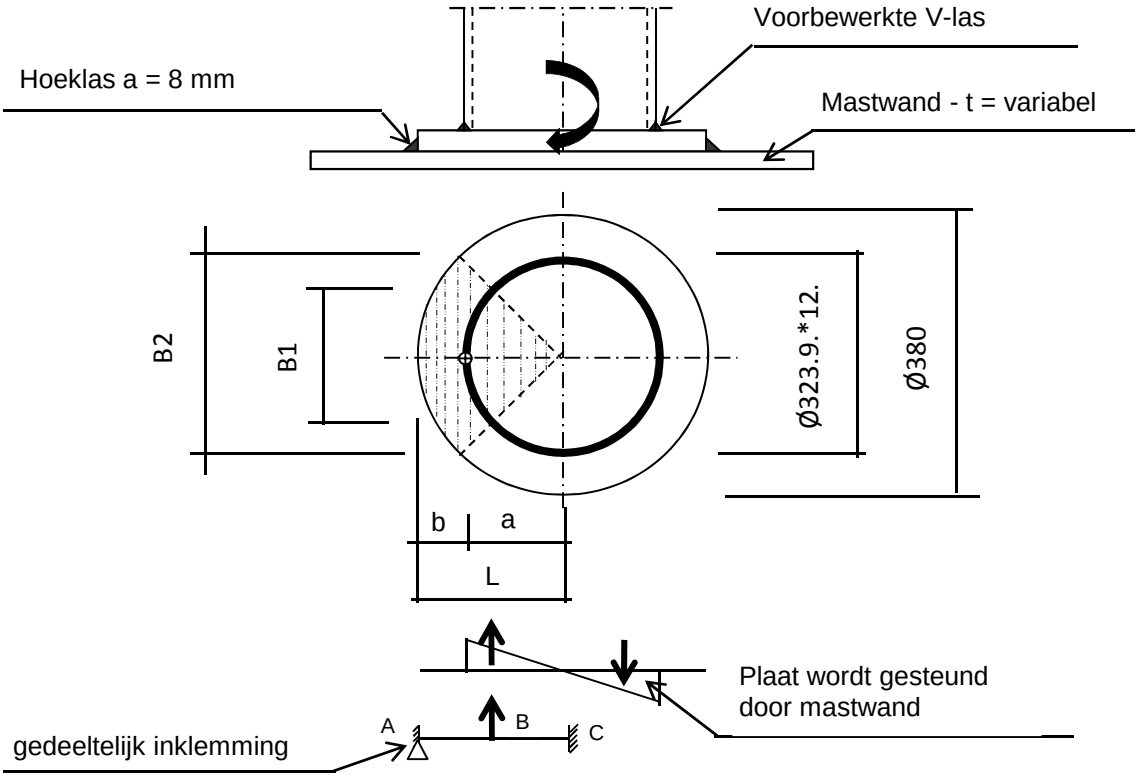
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 300 * 25 - S355

Buis Ø219,1 * 10 - S355 ;

A =	6569	mm^2
W =	328475	mm^3
I =	35984390	mm^4
R =	110	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 51,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 221,1 kN

a = R_{buis} = 109,6

b = R_{pl} - a = 40,5

B1 =	154,9	mm ;	Boog B1 =	172	mm
B2 =	212,1	mm ;	Boog B2 =	236	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 — 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 5,41 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 133,9 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 4,77 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,57 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 181,6 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 4,8 * 32,0% = 1,53 kNm

$M_{B;Ed}$ = 5,4 * 68,0% + 2,6 * 32,0% = 4,51 kNm

$R_{A;Ed}$ = 133,9 * 68,0% + 181,6 * 32,0% = 149,1 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 8,71 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 6,36 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 1,53 / 8,71 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 41,5 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 4,51 / 6,36 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 167,6 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 149,1 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 25,3 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 34,7 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 178,0 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 91,6 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 55,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 91,6 + 55,9 = 147,6 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 91,6 - 55,9 = 35,7 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 160,0 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 160,0 / 302,2 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 147,6 / 244,8 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 54,552 m hoogte (150 kV op 49,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	12,0	21777	S355	355	3082111
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,51

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 24,6

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 70,75 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = -12,31 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,00 of n_p = 0,020

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 233,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 337,6 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,57 / 233,2 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 87,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 87,6 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 459,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 87,6 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 46,052 m hoogte (150 kv op 40,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	16,0	39943	S355	355	7781668
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,37

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 139,80 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 756,74 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,28 of n_p = -0,264

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,89

$M_{ip,1,Rd}$ = 274,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 450,2 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,57 / 274,5 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 117,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 117,1 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 612,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 117,1 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 37,552 m hoogte (150 kV op 32,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1032	18,0	57320	S355	355	14276612
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,29

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 258,07 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2219,03 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,45 of n_p = -0,425

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,80

$M_{ip,1,Rd}$ = 262,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 506,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,57 / 262,0 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 122,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 122,6 = 0,42 < 1,0 -- Voldoet

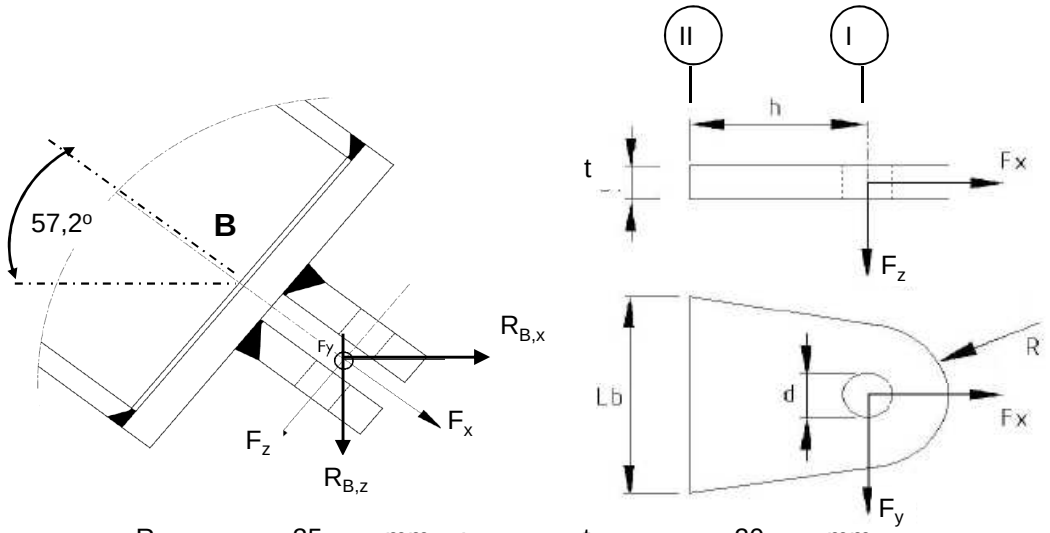
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 688,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 51,70 / 122,6 = 0,42 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 219,1*10



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,98	0,00	10,84	12,90	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,68	0,00	5,72	6,80	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	10,67	0,00	16,57	19,71	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	8,39	0,00	13,04	15,51	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,47	0,00	10,05	11,95	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	4,47	0,00	6,94	8,25	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,41	0,00	16,17	19,23	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	8,84	0,00	13,74	16,34	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	20,29	8,87	8,76	20,29	1,401

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 9,9 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 11 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / 3^{0,5} =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	4,38	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,056	kNm
$V_{z,Ed}$ =	1,40	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,406	kNm
$V_{y,Ed}$ =	10,14	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	4,38	/	947	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,1	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,41	/	32	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		3,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,06	/	3,2	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		4,2	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	1,40	/	547	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,14	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		2,5	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 8,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

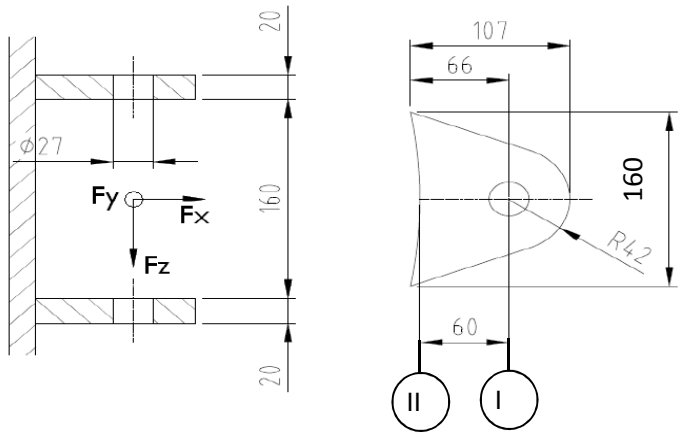
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,16	0,00	-1,93	16,16	0,00	1,93
BG 1a - (-wind (90 gr))	-26,82	0,00	3,20	26,82	0,00	3,20
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,27	0,00	-0,63	5,27	0,00	0,63
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-24,33	0,00	2,90	24,33	0,00	2,90
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,55	0,00	-0,90	7,55	0,00	0,90
BG 1a - (-wind (45 gr))	-18,49	0,00	2,20	18,49	0,00	2,20
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	0,57	0,00	-0,07	0,57	0,00	0,07
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-19,83	0,00	2,36	19,83	0,00	2,36
BG bundelbreuk	0,00	3,71	1,44	0,00	3,71	1,44

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 13,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 12 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	13,41	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,192	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,20	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,41	/	757	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,19	/	2,5	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		18,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	3,20	/	437	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		1,0	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 22,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 22 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 6,7 + 8,2 = 14,9 kN

σ_1 =					13,2	N/mm^2
τ_1 =					13,2	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			26,4	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	26,4	/	302,2	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	13,2	/	244,8	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet

9.2.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2548 - 1000 = 1548 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
8,76	20,29	1,40	17,00	2,17	31,41

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 31,5 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 20,3 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	290	mm
uitwendige diameter flens :	350	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 22,9 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 73,8 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 73,83 / 203 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 22,93 / 136 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,43 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 151,8 mm

m = 29,8 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3593633 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$ 241,2 kN

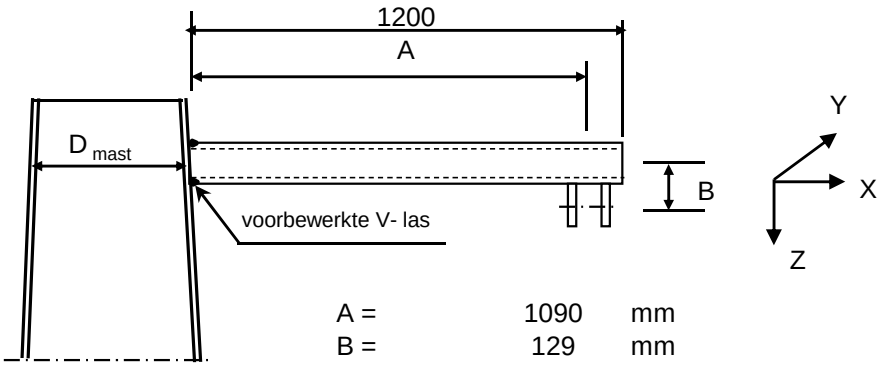
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 162,1 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 203,3 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 162,1 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,46 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	506	mm
t_{mast} =	14	mm
Hoogte:	57,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra} = 236,7$ N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	8006	41910	2304	8006	-41910	2304
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	9444	67863	9874	9444	-67863	9874
BG 1a - (+wind (45 gr))	4744	29248	2359	4744	-29248	2359
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6316	62972	9963	6316	-62972	9963

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,01	0,00	4,61	0,00	7,09	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	18,89	0,00	19,75	0,00	31,08	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,49	0,00	4,72	0,00	5,28	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	12,63	0,00	19,93	0,00	21,72	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	31,08	/	36	=	0,85	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		201,6	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	18,89	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,7	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	19,75	/	275	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		9,8	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 201,6 + 4,7 = 206,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 207 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,6	14,0	21622	S355	355	2585992
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 18,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 21,83 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 28,73 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,028

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 53,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 54,2 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 31,08 / 53,0 = 0,59 < 1,0 -- Voldoet

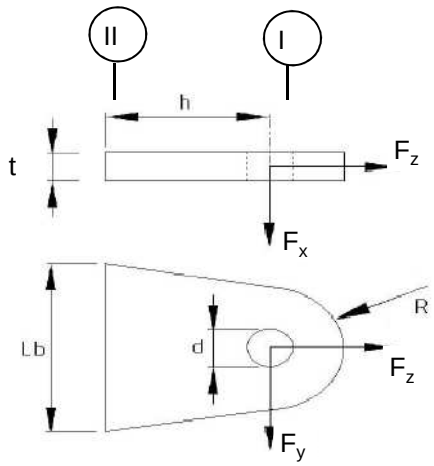
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 28,6 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	78	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,01	0,00	4,61
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	18,89	0,00	19,75
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,49	0,00	4,72
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	12,63	0,00	19,93

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 10,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 9 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	9,87	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,737	kNm
$V_{x,Ed}$ =	9,44	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,87	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,1	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,74	/	1,9	=	0,39	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		92,1	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	9,44	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,9	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 96 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

a = 5 mm

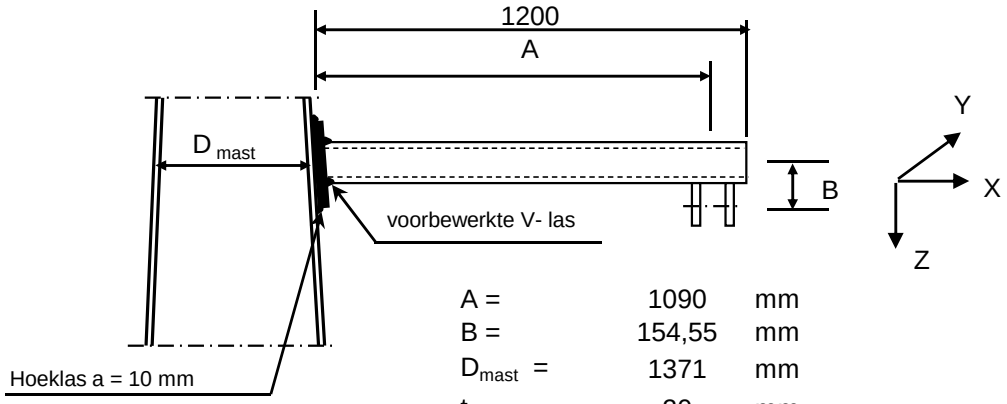
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,9 + 31,6 = 36,5 kN

σ_1 =			43,0	N/mm^2
τ_1 =			43,0	N/mm^2
τ_2 = 0				
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		86,0	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	86,0	/	302,2	=	0,28	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	43,0	/	244,8	=	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.4 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1371	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	24,5	m

Buisgegevens

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AA

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	11309	66072	4858	11309	-66072	4858
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	14332	128955	20084	14332	-128955	20084
BG 1a - (+wind (45 gr))	6913	50148	4981	6913	-50148	4981
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10195	124390	20178	10195	-124390	20178

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	22,62	0,00	9,72	0,00	14,09	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	28,66	0,00	40,17	0,00	48,21	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	13,83	0,00	9,96	0,00	13,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	20,39	0,00	40,36	0,00	47,14	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	48,21	/	64	=	0,75	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		178,5	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	28,66	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	40,17	/	362	=	0,11	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		15,1	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 178,5 + 5,4 = 183,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 186 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

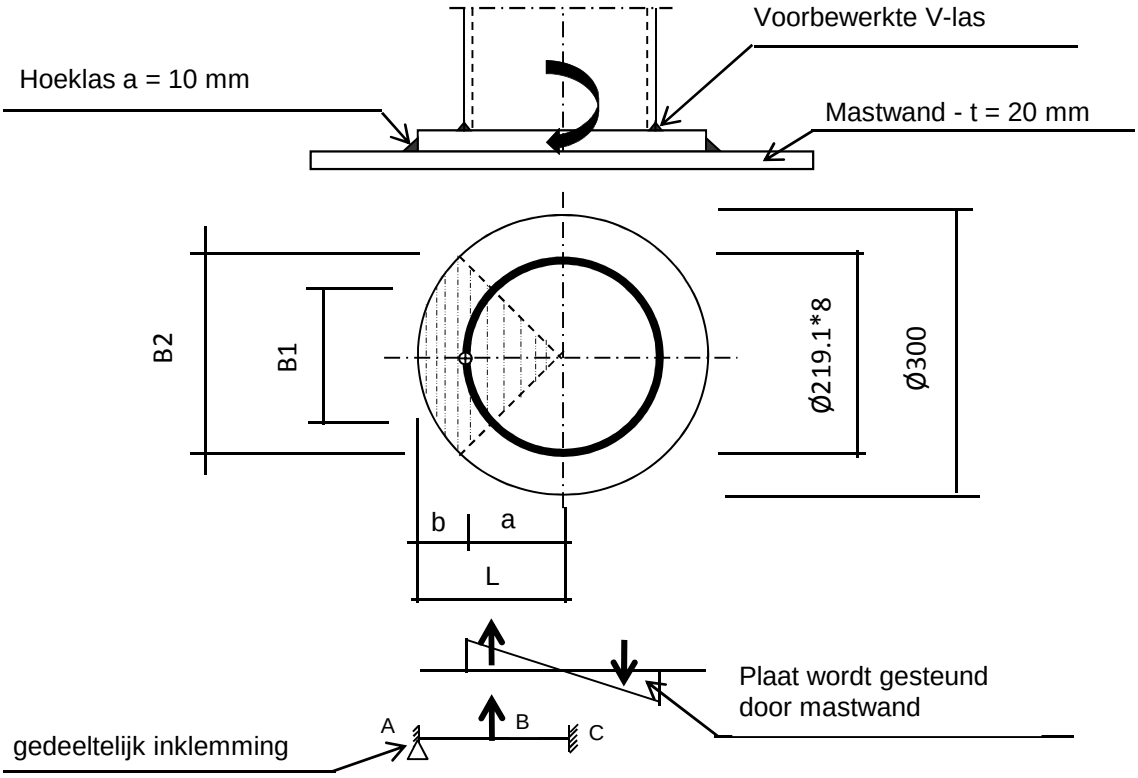
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 20 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 48,2 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 202,0 kN

a = R_{buis} = 109,6
b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm
B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 50,0%
Percentage vrij oplegging = 50,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 4,95 kNm
$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 122,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,36 kNm
$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,35 kNm
$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 165,9 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 50,0% + 4,4 * 50,0% = 2,18 kNm
$M_{B;Ed}$ = 4,9 * 50,0% + 2,4 * 50,0% = 3,65 kNm
$R_{A;Ed}$ = 122,3 * 50,0% + 165,9 * 50,0% = 144,1 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 5,58 kNm
$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 4,07 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,18 / 5,58 = 0,39 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,A} =$ 92,5 N/mm^2
$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 3,65 / 4,07 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,B} =$ 212,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 144,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 30,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 41,9 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 224,1 N/mm^2
< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 130,8 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 43,2 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	130,8	+	43,2	=		174,1	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	130,8	-	43,2	=		87,6	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		230,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	230,9	/	302,2	=	0,76	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	174,1	/	244,8	=	0,71	< 1,0	-- Voldoet

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1371,0	20,0	84886	S355	355	28258144
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,22

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 34,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 470,81 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 7431,46 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,76 of n_p = -0,725

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,60

$M_{ip,1,Rd}$ = 106,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 48,21 / 106,1 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

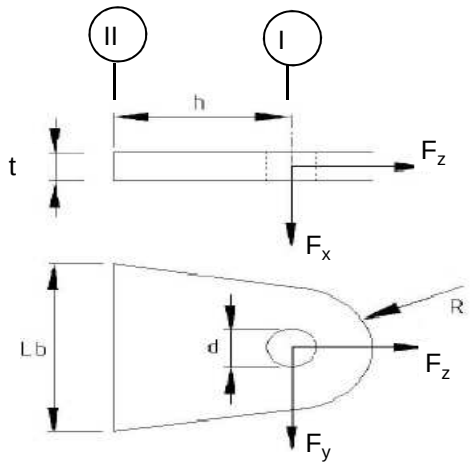
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 56,1 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.4.2 - Berekening clip draagarm Passieve Loop geleider (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	22,62	0,00	9,72
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	28,66	0,00	40,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	13,83	0,00	9,96
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	20,39	0,00	40,36

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 20,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	18	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	20,08	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,889	kNm
$V_{z,Ed}$ =	14,33	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	20,08	/	568	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		8,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,89	/	1,9	=	0,47	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		111,1	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	14,33	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		6,0	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 120 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

a = 5 mm

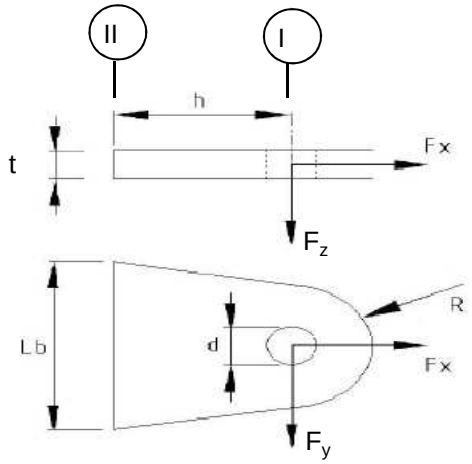
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 10,0 + 38,1 = 48,1 kN

σ_1 =		56,7	N/mm^2
τ_1 =		56,7	N/mm^2
τ_2 =	0		
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	113,4	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	113,4	/	302,2	=	0,38	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	56,7	/	244,8	=	0,23	< 1,0 -- Voldoet

9.5 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 42,43 / 521 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 19,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 2,33 / 10 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 57,9 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 42,43 / 301 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 19,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 3,30 / 10 = 0,35 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 81,8 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 60,00 / 301 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 27,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1995,0	22,0	136364	S355	355	66528068
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,06 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,06

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 758,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 18351,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,79 of $n_p =$ -0,761

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,57

$N_{1,Rd} =$ 333,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 333,1 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 36,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 36,6 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

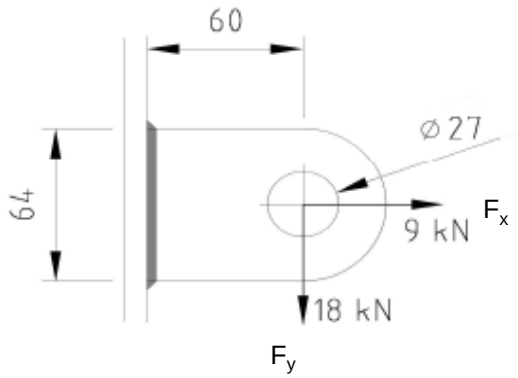
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max} = (F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.6.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 30,987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1202,3	18,0	66973	S355	355	19537236
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 382,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 5124,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,75 of $n_p =$ -0,723

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,60

$N_{1,Rd} =$ 234,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 234,1 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 15,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 15,0 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 50,487 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695,3	14,0	29967	S355	355	5003721
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 117,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 422,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,25 of $n_p =$ -0,227

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,91

$N_{1,Rd} =$ 215,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 215,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 13,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 13,8 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

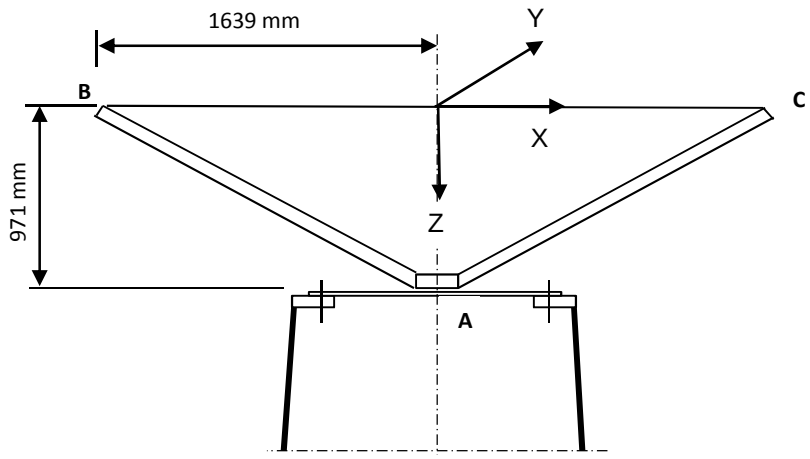
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



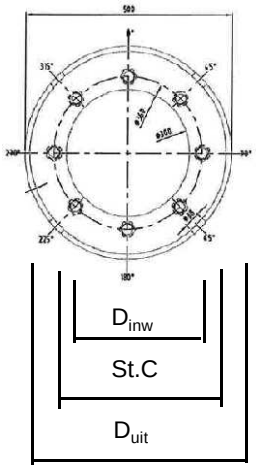
Buis rond 500 * 14

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed} = F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

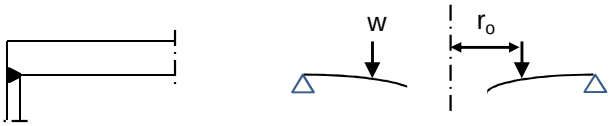
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

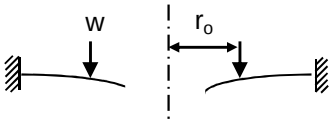
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 46,7%

Percentage vrij oplegging = 53,3%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 717 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 16380 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 17097 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 17097 / 35500 = 0,48 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 114,0 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 118 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 21375 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 7588 kN

$W_y = W_z$ = 2,53E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 896,9 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 7588 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,6 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 897 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 28,5 N/mm^2

σ_{max} = 30,1 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

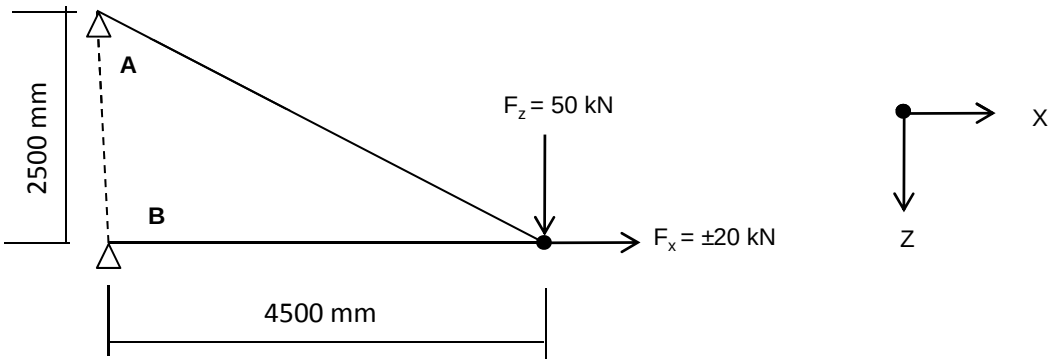
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

Hijsbalk 4,5m op 57,335 / 54,835

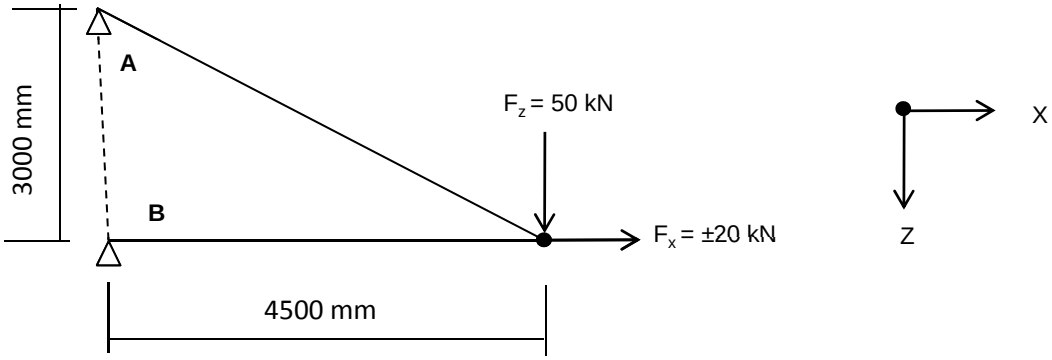


$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	70,00 kN

of

$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	110,00 kN

Hijsbalk 4,5m op 49,335 / 46,335 en 40,835 / 37,835



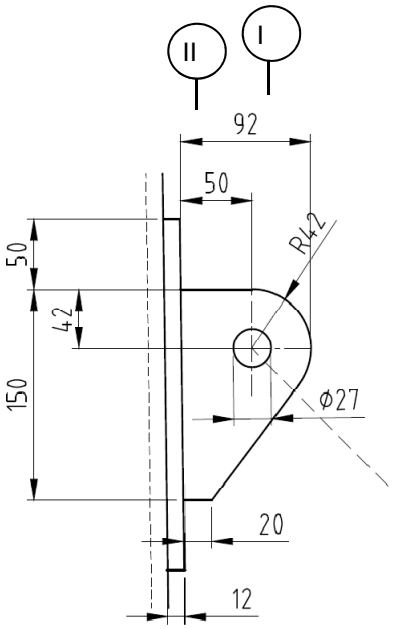
$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	55,00 kN

of

$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	95,00 kN

9.8.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m

A - Clip op 57,335m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	150	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^{\ 2} + F_{x,Ed}^{\ 2})^{0,5}$ = 103,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	90	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	90,00	kN
$V_{z,Ed}$ =	50,00	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 5,47 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	710	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		30,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	5,47	/	18	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		72,9	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	50,00	/	410	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		16,7	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 30,0 + 72,9 } = 102,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 107 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

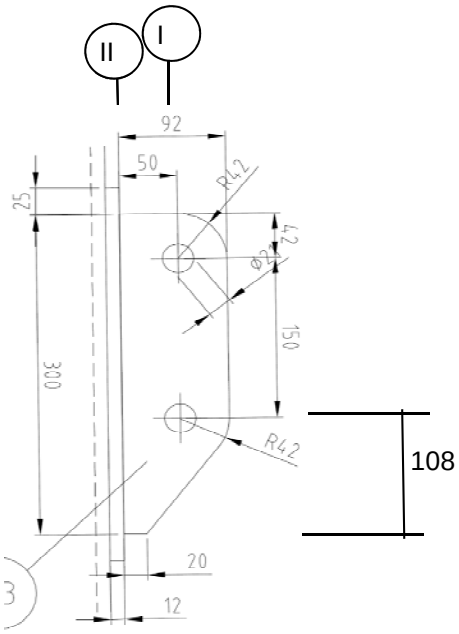
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					145,6	N/mm^2
τ_1 =					145,6	N/mm^2
τ_2 = 0					33,3	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			296,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	296,8	/	302,2	=	0,98	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	145,6	/	244,8	=	0,59	< 1,0 -- Voldoet

A - Clip op 49,335m en 40,835m



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	300	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
75,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 90,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	79	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	4,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	819,8	kN

N_{Ed} =	75,00	kN
$V_{z,Ed}$ =	50,00	kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 5,65 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	75,00	/	1420	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		12,5	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	5,65	/	71	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		18,8	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	50,00	/	820	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		8,3	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 12,5 + 18,8 } = 31,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 34 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					44,3	N/mm^2
τ_1 =					44,3	N/mm^2
τ_2 = 0					16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	93,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	93,2	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	44,3	/	244,8	=	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +57,335 / 54,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	517	14,0	22136	S355	355	2711906
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,29 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,29

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 21,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 28,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,03 of $n_p =$ -0,027

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 246,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 90,00 / 246,2 = 0,37 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 36,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,47 / 36,9 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 90,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,470 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2059 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +49,335 / 46,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	725	14,0	31284	S355	355	5457761
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,41 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,41

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 123,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 637,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,34 of $n_p =$ -0,318

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,86

$N_{1,Rd} =$ 220,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 220,9 = 0,34 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 66,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 66,3 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,650 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +40,835 / 37,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	946	16,0	46761	S355	355	10694713
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,32 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,32

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 158,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1951,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,52 of $n_p =$ -0,504

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 248,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 248,7 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 74,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 74,6 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

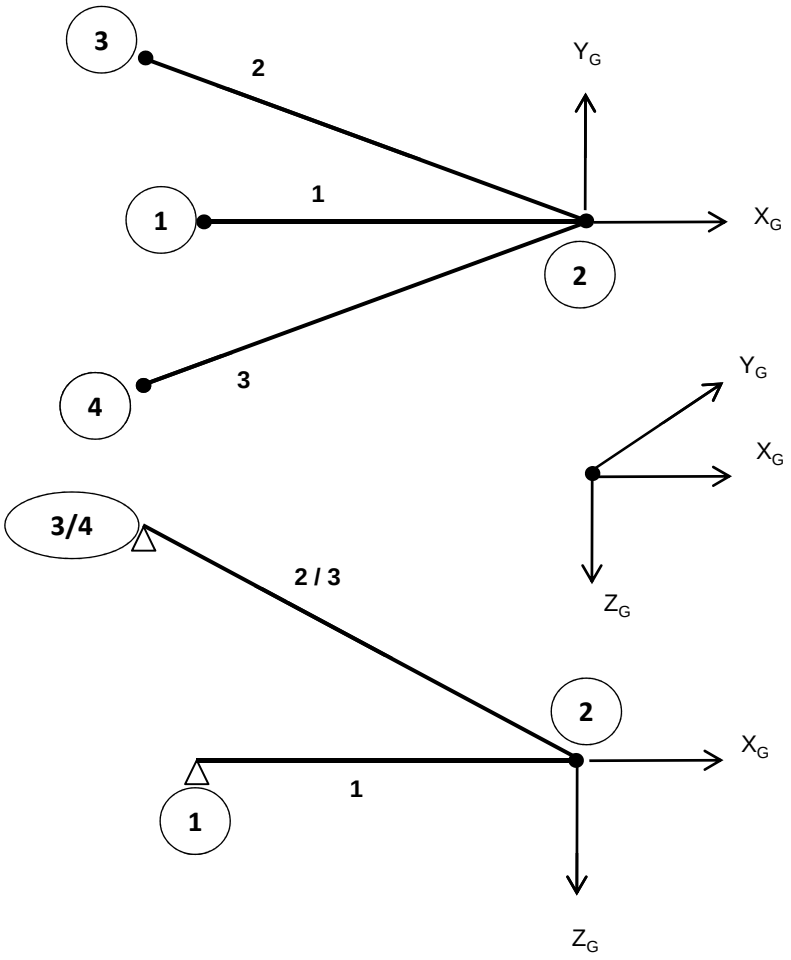
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4372 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i-	SCHARNIERCODE	-j-	SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1	NxDyDz MxMyMz	2	NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2	NxDyDz Mx- -	3	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2	NxDyDz Mx- -	4	NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Omschrijving
7	alle staven	factor =	1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF	KNP	P1	P2	A	Richt.	Omschrijving
9	2	t/m 2	50.00			Z	Knooplast
9	2	t/m 2	20.00			X	Knooplast
9	2	t/m 2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0982E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0188E-05	8.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

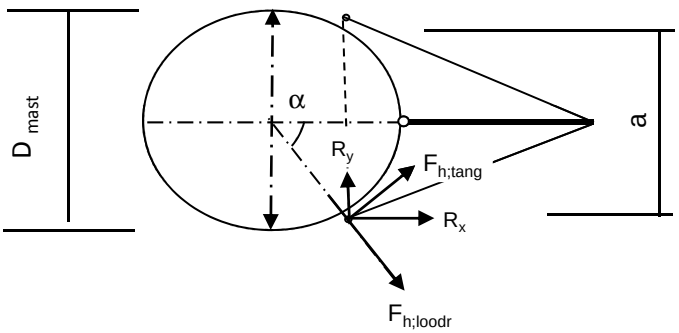
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	49330	725	14	55,18	0,00	-0,20
3	50487	695	14	50,84	-11,50	34,00
4	50487	695	14	-126,02	-28,50	-84,87
1	40830	946	16	55,18	0,00	-0,20
3	41987	916	16	50,84	-11,50	34,00
4	41987	916	16	-126,02	-28,50	-84,87
1	32330	1167	18	55,18	0,00	-0,20
3	33487	1137	18	50,84	-11,50	34,00
4	33487	1137	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * Cos\alpha + R_y * Sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * Sin\alpha + R_y * Cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	49330	725		0,00	55,18	0,00	0,20
3	50487	695	704	62,3	33,83	39,65	34,00
4	50487	695	704	62,3	33,41	124,81	84,87
1	40830	946		0,00	55,18	0,00	0,20
3	41987	916	854	57,2	37,23	36,48	34,00
4	41987	916	854	57,2	44,38	121,34	84,87
1	32330	1167		0,00	55,18	0,00	0,20
3	33487	1137	960	50,9	41,00	32,19	34,00
4	33487	1137	960	50,9	57,39	115,75	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 49,330 en 40,830m hoogte
Clip type 16,3 - 32,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 50,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,40 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 41,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 22,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 60,67 kN

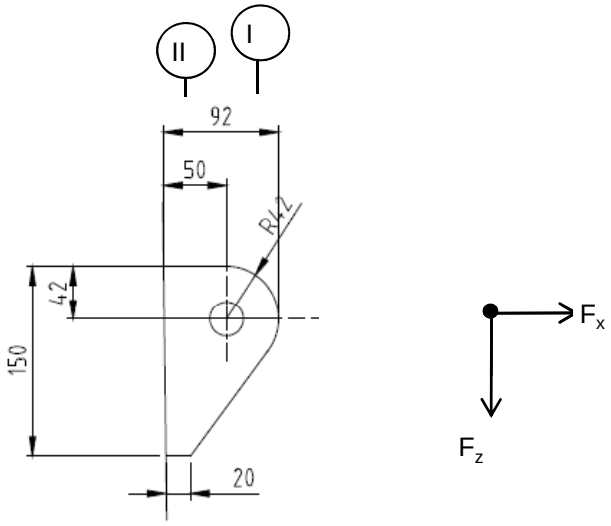
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 33,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 28,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 57,88 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 50,487m, 41,987m en 33,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.9.1 - Berekening clip type 9,3 - 49,330 en 40,830m hoogte

en clip type16,3 op 32,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	48	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.9.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +32,330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1167	18,0	64998	S355	355	18394077
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 365,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4401,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,69 of $n_p =$ -0,658

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,65

$N_{1,Rd} =$ 257,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 257,3 = 0,21 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 38,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 38,6 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

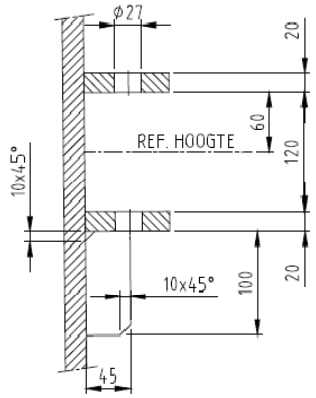
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

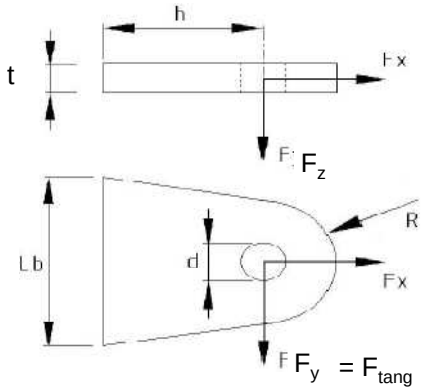
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.9.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 50,487m, 41,987 en 33,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 50,487m, 41,987 en 33,487 m hoogte.





R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	140	mm	;	d =	27	mm
h =	45	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	50,487m kN	41,987m kN	33,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	16,70	22,19	28,70
$F_{y,Ed}$ =	62,40	60,67	57,88

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	382,6	kN

Clip op 50,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN			

Clip op 41,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN			

Clip op 33,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN			

	50,487m hoogte spanning in N/mm^2	41,987m hoogte spanning in N/mm^2	33,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	6,0	7,9	10,2
$\sigma_{b,z}$ =	43,0	41,8	41,8
τ_y =	22,3	21,7	20,7
$\sigma_{b,max}$ =	48,9	49,7	52,0
σ_{vlg} =	62,3	62,3	63,2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

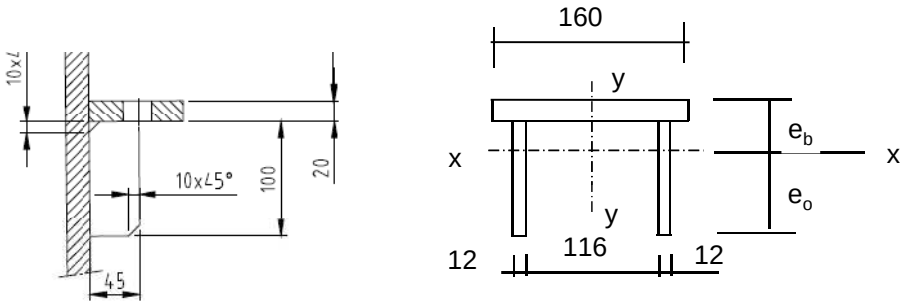
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			73,6	N/mm^2
τ_1 =			73,6	N/mm^2
τ_2 =	0		104,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	232,7	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 232,7 / 302,2 = 0,77 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 73,6 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 50,487m, 41,987 en 33,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	50,487m kN	41,987m kN	33,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	16,70	22,19	28,70
$F_{y,Ed}$ =	62,40	60,67	57,88
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 50,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,249	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 41,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,390	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 33,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,557	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	50,487m hoogte spanning in N/mm^2	41,987m hoogte spanning in N/mm^2	33,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	3,0	4,0	5,1
$\sigma_{b,z}$ =	13,4	13,0	12,4
$\sigma_{b,y}$ =	42,7	44,2	45,9
τ_y =	19,5	19,0	18,1
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	59,1	61,1	63,4
σ_{vlg} =	91,6	92,6	93,5

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a =	5	mm	t =	20	mm
			t_1 =	12	mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		89,6	N/mm^2
τ_1 =		89,6	N/mm^2
τ_2 = 0		42,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	193,8	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	193,8	/	302,2	= 0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	89,6	/	244,8	= 0,37	< 1,0 -- Voldoet

9.9.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +50,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695	14,0	29967	S355	355	5003721
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,20

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 117,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 545,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,32 of n_p = -0,296

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,87

$N_{1,Rd}$ = 195,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,70 / 195,1 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 13,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 13,7 = 0,21 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 979,0 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 3826 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +41,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	916	16,0	45256	S355	355	10011705
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,15

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 150,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1730,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,50 of n_p = -0,478

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$N_{1,Rd}$ = 210,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 22,19 / 210,3 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 14,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,73 / 14,7 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 22,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,73 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 994,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4372 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +33,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1137	18,0	63297	S355	355	17436884
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,12

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 316,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3871,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,64 of n_p = -0,611

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,69

$N_{1,Rd}$ = 226,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 28,70 / 226,2 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 15,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,60 / 15,8 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

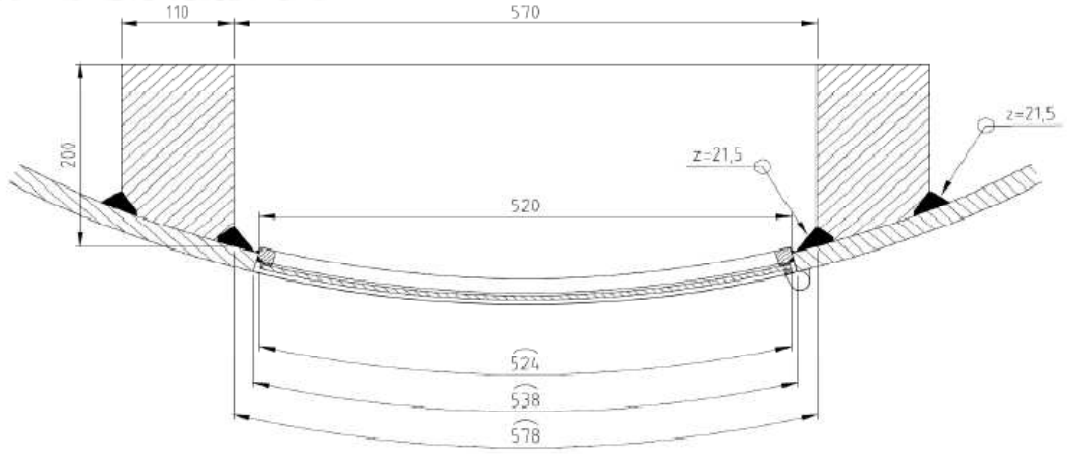
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 28,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,60 kNm

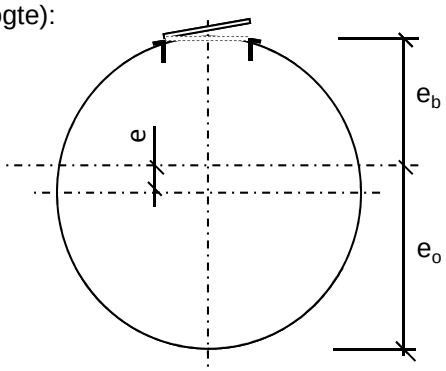
$\sigma_{max.}t_i$ = 1002,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

9.10 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 1976 mm
dikte t ; 22 mm

A_{buis} = 135061 mm^2
$A_{versterking}$ = 39441 mm^2
$A_{verlies}$ = 11447 mm^2

A_{tot} = 163055 mm^2

e = 128,8 mm
e_b = 859,3 mm ; e_o = 1116,9 mm

I_{tot} = 7,73E+10 mm^4
W_{min} = 6,92E+07 mm^3
W_{max} = 8,99E+07 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} = 18847 kNm ; N_{Ed} = 759 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 4,7 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 272,5 N/mm^2

σ_{max} = 4,7 + 272,5 = 277,1 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 - bijlage AA en AA2

W4S400Z+5 TOWER APPENDIX: AA

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	5122	1770	40154	5122	1770	-40154
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2470	859	19377	2470	859	-19377
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18903	6524	147783	18903	6524	-147783
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18903	6518	147783	18903	6518	-147783
	380C1F3 / 380C2F3	18903	6511	147783	18903	6511	-147783
	150C1F1 / 150C2F1	4726	1631	36946	4726	1631	-36946
	150C1F2 / 150C2F2	4726	1630	36946	4726	1630	-36946
	150C1F3 / 150C2F3	4726	1628	36946	4726	1628	-36946
1b	Comp. gl	5181	1972	45077	5181	1972	-45077
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2501	962	21970	2501	962	-21970
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19168	7427	169771	19168	7427	-169771
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19168	7426	169771	19168	7426	-169771
	380C1F3 / 380C2F3	19168	7424	169771	19168	7424	-169771
	150C1F1 / 150C2F1	4792	1857	42443	4792	1857	-42443
	150C1F2 / 150C2F2	4792	1856	42443	4792	1856	-42443
	150C1F3 / 150C2F3	4792	1856	42443	4792	1856	-42443
3	Comp. gl	20222	5365	122498	20222	5365	-122498
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	10011	2666	60775	10011	2666	-60775
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	32379	10460	238677	32379	10460	-238677
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32379	10457	238677	32379	10457	-238677
	380C1F3 / 380C2F3	32379	10453	238677	32379	10453	-238677
	150C1F1 / 150C2F1	8095	2615	59669	8095	2615	-59669
	150C1F2 / 150C2F2	8095	2614	59669	8095	2614	-59669
	150C1F3 / 150C2F3	8095	2613	59669	8095	2613	-59669
4	Comp. gl	6767	2243	51307	6767	2243	-51307
Construction/maintenanc	GW / opgw	3293	1094	25008	3293	1094	-25008
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22212	7511	171693	22212	7511	-171693
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22212	7509	171693	22212	7509	-171693
	380C1F3 / 380C2F3	22212	7508	171693	22212	7508	-171693
	150C1F1 / 150C2F1	5553	1878	42923	5553	1878	-42923
	150C1F2 / 150C2F2	5553	1877	42923	5553	1877	-42923
	150C1F3 / 150C2F3	5553	1877	42923	5553	1877	-42923
6	Comp. gl	5751	1931	44221	5751	1931	-44221
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2773	932	21353	2773	932	-21353
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	21221	7092	162441	21221	7092	-162441
	380C1F2 / 380C2F2	21221	7092	162441	21221	7092	-162441
	380C1F3 / 380C2F3	21221	7092	162441	21221	7092	-162441
	150C1F1 / 150C2F1	5305	1773	40610	5305	1773	-40610
	150C1F2 / 150C2F2	5305	1773	40610	5305	1773	-40610
	150C1F3 / 150C2F3	5305	1773	40610	5305	1773	-40610
1a	Comp. gl	4981	6913	50148	4981	6913	-50148
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2359	4744	29248	2359	4744	-29248
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18290	28035	192197	18290	28035	-192197
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18347	26365	186705	18347	26365	-186705
	380C1F3 / 380C2F3	18422	24221	179939	18422	24221	-179939
	150C1F1 / 150C2F1	4573	7009	48049	4573	7009	-48049
	150C1F2 / 150C2F2	4587	6591	46676	4587	6591	-46676
	150C1F3 / 150C2F3	4606	6055	44985	4606	6055	-44985

1b	Comp. gl	5171	2981	45544	5171	2981	-45544
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2489	1726	22530	2489	1726	-22530
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19118	11675	171945	19118	11675	-171945
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19125	11345	171617	19125	11345	-171617
	380C1F3 / 380C2F3	19134	10923	171236	19134	10923	-171236
	150C1F1 / 150C2F1	4780	2919	42986	4780	2919	-42986
	150C1F2 / 150C2F2	4781	2836	42904	4781	2836	-42904
	150C1F3 / 150C2F3	4783	2731	42809	4783	2731	-42809
3	Comp. gl	20178	10195	124390	20178	10195	-124390
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9963	6316	62972	9963	6316	-62972
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	32206	21964	246866	32206	21964	-246866
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32229	21069	245667	32229	21069	-245667
	380C1F3 / 380C2F3	32258	19924	244257	32258	19924	-244257
	150C1F1 / 150C2F1	8051	5491	61716	8051	5491	-61716
	150C1F2 / 150C2F2	8057	5267	61417	8057	5267	-61417
	150C1F3 / 150C2F3	8064	4981	61064	8064	4981	-61064
4	Comp. gl	6761	3220	51609	6761	3220	-51609
Construction/maintenanc	GW / opgw	3285	1831	25373	3285	1831	-25373
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22177	11627	173368	22177	11627	-173368
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22182	11308	173113	22182	11308	-173113
	380C1F3 / 380C2F3	22188	10900	172815	22188	10900	-172815
	150C1F1 / 150C2F1	5544	2907	43342	5544	2907	-43342
	150C1F2 / 150C2F2	5545	2827	43278	5545	2827	-43278
	150C1F3 / 150C2F3	5547	2725	43204	5547	2725	-43204
1a	Comp. gl	4858	11309	66072	4858	11309	-66072
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2304	8006	41910	2304	8006	-41910
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17833	46273	258559	17833	46273	-258559
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17890	43247	247150	17890	43247	-247150
	380C1F3 / 380C2F3	17973	39351	232576	17973	39351	-232576
	150C1F1 / 150C2F1	4458	11568	64640	4458	11568	-64640
	150C1F2 / 150C2F2	4473	10812	61787	4473	10812	-61787
	150C1F3 / 150C2F3	4493	9838	58144	4493	9838	-58144
1b	Comp. gl	5149	3852	46679	5149	3852	-46679
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2466	2390	23812	2466	2390	-23812
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19011	15340	177159	19011	15340	-177159
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19032	14723	176092	19032	14723	-176092
	380C1F3 / 380C2F3	19058	13935	174834	19058	13935	-174834
	150C1F1 / 150C2F1	4753	3835	44290	4753	3835	-44290
	150C1F2 / 150C2F2	4758	3681	44023	4758	3681	-44023
	150C1F3 / 150C2F3	4764	3484	43708	4764	3484	-43708
3	Comp. gl	20084	14332	128955	20084	14332	-128955
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9874	9444	67863	9874	9444	-67863
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	31881	31881	265134	31881	31881	-265134
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31940	30219	261510	31940	30219	-261510
	380C1F3 / 380C2F3	32015	28087	257166	32015	28087	-257166
	150C1F1 / 150C2F1	7970	7970	66284	7970	7970	-66284
	150C1F2 / 150C2F2	7985	7555	65377	7985	7555	-65377
	150C1F3 / 150C2F3	8004	7022	64291	8004	7022	-64291
4	Comp. gl	6746	4057	52376	6746	4057	-52376
Construction/maintenanc	GW / opgw	3270	2467	26251	3270	2467	-26251
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22099	15171	177487	22099	15171	-177487
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22114	14575	176638	22114	14575	-176638
	380C1F3 / 380C2F3	22133	13812	175640	22133	13812	-175640
	150C1F1 / 150C2F1	5525	3793	44372	5525	3793	-44372
	150C1F2 / 150C2F2	5529	3644	44159	5529	3644	-44159
	150C1F3 / 150C2F3	5533	3453	43910	5533	3453	-43910
1a	Comp. gl	5011	6067	47521	5011	6067	-47521
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2377	4111	26910	2377	4111	-26910
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	18412	24513	180840	18412	24513	-180840

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18462	23111	176582	18462	23111	-176582
	380C1F3 / 380C2F3	18528	21312	171391	18528	21312	-171391
	150C1F1 / 150C2F1	4603	6128	45210	4603	6128	-45210
	150C1F2 / 150C2F2	4616	5778	44145	4616	5778	-44145
	150C1F3 / 150C2F3	4632	5328	42848	4632	5328	-42848
1b	Comp. gl	5174	2816	45401	5174	2816	-45401
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2493	1601	22363	2493	1601	-22363
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19133	10981	171285	19133	10981	-171285
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19138	10705	171055	19138	10705	-171055
	380C1F3 / 380C2F3	19144	10352	170786	19144	10352	-170786
	150C1F1 / 150C2F1	4783	2745	42821	4783	2745	-42821
	150C1F2 / 150C2F2	4784	2676	42764	4784	2676	-42764
	150C1F3 / 150C2F3	4786	2588	42697	4786	2588	-42697
3	Comp. gl	20190	9409	123811	20190	9409	-123811
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9976	5720	62320	9976	5720	-62320
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	32254	20080	244441	32254	20080	-244441
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32272	19333	243586	32272	19333	-243586
	380C1F3 / 380C2F3	32292	18376	242584	32292	18376	-242584
	150C1F1 / 150C2F1	8064	5020	61110	8064	5020	-61110
	150C1F2 / 150C2F2	8068	4833	60896	8068	4833	-60896
	150C1F3 / 150C2F3	8073	4594	60646	8073	4594	-60646
4	Comp. gl	6762	3061	51515	6762	3061	-51515
Construction/maintenanc	GW / opgw	3288	1710	25262	3288	1710	-25262
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	22187	10956	172854	22187	10956	-172854
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22191	10689	172675	22191	10689	-172675
	380C1F3 / 380C2F3	22195	10348	172466	22195	10348	-172466
	150C1F1 / 150C2F1	5547	2739	43213	5547	2739	-43213
	150C1F2 / 150C2F2	5548	2672	43169	5548	2672	-43169
	150C1F3 / 150C2F3	5549	2587	43117	5549	2587	-43117
1a	Comp. gl	3859	1397	31599	3859	1397	-31599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1861	678	15226	1861	678	-15226
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14250	5174	116855	14250	5174	-116855
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14250	5169	116855	14250	5169	-116855
	380C1F3 / 380C2F3	14250	5161	116856	14250	5161	-116856
	150C1F1 / 150C2F1	3562	1293	29214	3562	1293	-29214
	150C1F2 / 150C2F2	3562	1292	29214	3562	1292	-29214
	150C1F3 / 150C2F3	3562	1290	29214	3562	1290	-29214
1b	Comp. gl	3914	1578	36072	3914	1578	-36072
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1889	770	17575	1889	770	-17575
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14497	6007	137241	14497	6007	-137241
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14497	6006	137241	14497	6006	-137241
	380C1F3 / 380C2F3	14497	6004	137241	14497	6004	-137241
	150C1F1 / 150C2F1	3624	1502	34310	3624	1502	-34310
	150C1F2 / 150C2F2	3624	1501	34310	3624	1501	-34310
	150C1F3 / 150C2F3	3624	1501	34310	3624	1501	-34310
3	Comp. gl	18993	5122	116923	18993	5122	-116923
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9418	2548	58077	9418	2548	-58077
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27778	9305	212205	27778	9305	-212205
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27778	9302	212205	27778	9302	-212205
	380C1F3 / 380C2F3	27778	9298	212205	27778	9298	-212205
	150C1F1 / 150C2F1	6944	2326	53051	6944	2326	-53051
	150C1F2 / 150C2F2	6944	2325	53051	6944	2325	-53051
	150C1F3 / 150C2F3	6944	2324	53051	6944	2324	-53051
4	Comp. gl	5512	1897	43378	5512	1897	-43378
Construction/maintenanc	GW / opgw	2687	926	21162	2687	926	-21162
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17573	6216	142035	17573	6216	-142035
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17573	6215	142035	17573	6215	-142035
	380C1F3 / 380C2F3	17573	6213	142035	17573	6213	-142035
	150C1F1 / 150C2F1	4393	1554	35509	4393	1554	-35509

	150C1F2 / 150C2F2	4393	1554	35509	4393	1554	-35509
	150C1F3 / 150C2F3	4393	1553	35509	4393	1553	-35509
6	Comp. gl	3859	1380	31600	3859	1380	-31600
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1861	665	15226	1861	665	-15226
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	14250	5102	116857	14250	5102	-116857
	380C1F2 / 380C2F2	14250	5102	116857	14250	5102	-116857
	380C1F3 / 380C2F3	14250	5102	116857	14250	5102	-116857
	150C1F1 / 150C2F1	3562	1276	29214	3562	1276	-29214
	150C1F2 / 150C2F2	3562	1276	29214	3562	1276	-29214
	150C1F3 / 150C2F3	3562	1276	29214	3562	1276	-29214
1a	Comp. gl	3706	6647	44599	3706	6647	-44599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1753	4635	27323	1753	4635	-27323
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13599	27124	173862	13599	27124	-173862
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13647	25428	167340	13647	25428	-167340
	380C1F3 / 380C2F3	13714	23248	159166	13714	23248	-159166
	150C1F1 / 150C2F1	3400	6781	43466	3400	6781	-43466
	150C1F2 / 150C2F2	3412	6357	41835	3412	6357	-41835
	150C1F3 / 150C2F3	3428	5812	39791	3428	5812	-39791
1b	Comp. gl	3900	2609	36764	3900	2609	-36764
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1874	1552	18389	1874	1552	-18389
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14427	10354	140467	14427	10354	-140467
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14437	10015	139991	14437	10015	-139991
	380C1F3 / 380C2F3	14449	9582	139433	14449	9582	-139433
	150C1F1 / 150C2F1	3607	2589	35117	3607	2589	-35117
	150C1F2 / 150C2F2	3609	2504	34998	3609	2504	-34998
	150C1F3 / 150C2F3	3612	2395	34858	3612	2395	-34858
3	Comp. gl	18945	9969	118995	18945	9969	-118995
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9366	6211	60465	9366	6211	-60465
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27573	20938	222258	27573	20938	-222258
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27601	20032	220807	27601	20032	-220807
	380C1F3 / 380C2F3	27634	18872	219095	27634	18872	-219095
	150C1F1 / 150C2F1	6893	5235	55565	6893	5235	-55565
	150C1F2 / 150C2F2	6900	5008	55202	6900	5008	-55202
	150C1F3 / 150C2F3	6908	4718	54774	6908	4718	-54774
4	Comp. gl	5503	2884	43784	5503	2884	-43784
Construction/maintenanc	GW / opgw	2678	1672	21643	2678	1672	-21643
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17527	10391	144361	17527	10391	-144361
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17534	10067	144013	17534	10067	-144013
	380C1F3 / 380C2F3	17542	9651	143605	17542	9651	-143605
	150C1F1 / 150C2F1	4382	2598	36090	4382	2598	-36090
	150C1F2 / 150C2F2	4383	2517	36003	4383	2517	-36003
	150C1F3 / 150C2F3	4385	2413	35901	4385	2413	-35901
1a	Comp. gl	3610	11100	62695	3610	11100	-62695
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1715	7924	40888	1715	7924	-40888
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13259	45567	247926	13259	45567	-247926
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13297	42514	235608	13297	42514	-235608
	380C1F3 / 380C2F3	13355	38581	219684	13355	38581	-219684
	150C1F1 / 150C2F1	3315	11392	61981	3315	11392	-61981
	150C1F2 / 150C2F2	3324	10629	58902	3324	10629	-58902
	150C1F3 / 150C2F3	3339	9645	54921	3339	9645	-54921
1b	Comp. gl	3871	3504	38381	3871	3504	-38381
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1846	2234	20148	1846	2234	-20148
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14288	14125	147865	14288	14125	-147865
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14314	13491	146376	14314	13491	-146376
	380C1F3 / 380C2F3	14347	12680	144605	14347	12680	-144605
	150C1F1 / 150C2F1	3572	3531	36966	3572	3531	-36966
	150C1F2 / 150C2F2	3579	3373	36594	3579	3373	-36594
	150C1F3 / 150C2F3	3587	3170	36151	3587	3170	-36151
3	Comp. gl	18846	14124	123934	18846	14124	-123934

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9275	9352	65698	9275	9352	-65698
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27217	30976	243880	27217	30976	-243880
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27280	29295	239654	27280	29295	-239654
	380C1F3 / 380C2F3	27360	27139	234551	27360	27139	-234551
	150C1F1 / 150C2F1	6804	7744	60970	6804	7744	-60970
	150C1F2 / 150C2F2	6820	7324	59914	6820	7324	-59914
	150C1F3 / 150C2F3	6840	6785	58638	6840	6785	-58638
4	Comp. gl	5485	3735	44785	5485	3735	-44785
Construction/maintenanc	GW / opgw	2659	2319	22764	2659	2319	-22764
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17430	14007	149890	17430	14007	-149890
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17449	13398	148762	17449	13398	-148762
	380C1F3 / 380C2F3	17472	12620	147430	17472	12620	-147430
	150C1F1 / 150C2F1	4357	3502	37472	4357	3502	-37472
	150C1F2 / 150C2F2	4362	3350	37190	4362	3350	-37190
	150C1F3 / 150C2F3	4368	3155	36857	4368	3155	-36857
1a	Comp. gl	3733	5786	41388	3733	5786	-41388
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1766	3994	24677	1766	3994	-24677
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13704	23546	160264	13704	23546	-160264
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13751	22118	155043	13751	22118	-155043
	380C1F3 / 380C2F3	13814	20285	148570	13814	20285	-148570
	150C1F1 / 150C2F1	3426	5886	40066	3426	5886	-40066
	150C1F2 / 150C2F2	3438	5529	38761	3438	5529	-38761
	150C1F3 / 150C2F3	3453	5071	37143	3453	5071	-37143
1b	Comp. gl	3904	2440	36556	3904	2440	-36556
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1878	1423	18151	1878	1423	-18151
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14447	9641	139506	14447	9641	-139506
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14454	9358	139168	14454	9358	-139168
	380C1F3 / 380C2F3	14462	8996	138773	14462	8996	-138773
	150C1F1 / 150C2F1	3612	2410	34876	3612	2410	-34876
	150C1F2 / 150C2F2	3614	2339	34792	3614	2339	-34792
	150C1F3 / 150C2F3	3616	2249	34693	3616	2249	-34693
3	Comp. gl	18959	9180	118364	18959	9180	-118364
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9381	5613	59760	9381	5613	-59760
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	27629	19030	219318	27629	19030	-219318
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27650	18273	218276	27650	18273	-218276
	380C1F3 / 380C2F3	27674	17303	217052	27674	17303	-217052
	150C1F1 / 150C2F1	6907	4758	54830	6907	4758	-54830
	150C1F2 / 150C2F2	6912	4568	54569	6912	4568	-54569
	150C1F3 / 150C2F3	6918	4326	54263	6918	4326	-54263
4	Comp. gl	5506	2723	43659	5506	2723	-43659
Construction/maintenanc	GW / opgw	2681	1550	21499	2681	1550	-21499
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	17541	9708	143658	17541	9708	-143658
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17545	9437	143412	17545	9437	-143412
	380C1F3 / 380C2F3	17551	9090	143126	17551	9090	-143126
	150C1F1 / 150C2F1	4385	2427	35915	4385	2427	-35915
	150C1F2 / 150C2F2	4386	2359	35853	4386	2359	-35853
	150C1F3 / 150C2F3	4388	2272	35781	4388	2272	-35781

W4S400Z+5 TOWER APPENDIX: AA2

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4281	1519	34520	4281	1519	-34520
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2064	735	16643	2064	735	-16643
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15804	5612	127432	15804	5612	-127432
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15804	5608	127432	15804	5608	-127432
	380C1F3 / 380C2F3	15804	5603	127432	15804	5603	-127432
	150C1F1 / 150C2F1	3951	1403	31858	3951	1403	-31858
	150C1F2 / 150C2F2	3951	1402	31858	3951	1402	-31858
	150C1F3 / 150C2F3	3951	1401	31858	3951	1401	-31858
1b	Comp. gl	4337	1712	39161	4337	1712	-39161
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2094	835	19082	2094	835	-19082
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16058	6490	148420	16058	6490	-148420
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16058	6489	148420	16058	6489	-148420
	380C1F3 / 380C2F3	16058	6488	148420	16058	6488	-148420
	150C1F1 / 150C2F1	4015	1623	37105	4015	1623	-37105
	150C1F2 / 150C2F2	4015	1622	37105	4015	1622	-37105
	150C1F3 / 150C2F3	4015	1622	37105	4015	1622	-37105
3	Comp. gl	14411	4161	95055	14411	4161	-95055
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7123	2064	47087	7123	2064	-47087
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24868	8531	194794	24868	8531	-194794
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24868	8529	194794	24868	8529	-194794
	380C1F3 / 380C2F3	24868	8527	194794	24868	8527	-194794
	150C1F1 / 150C2F1	6217	2133	48698	6217	2133	-48698
	150C1F2 / 150C2F2	6217	2132	48698	6217	2132	-48698
	150C1F3 / 150C2F3	6217	2132	48698	6217	2132	-48698
4	Comp. gl	5385	1860	42552	5385	1860	-42552
Construction/maintenanc	GW / opgw	2616	905	20697	2616	905	-20697
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	18030	6342	145038	18030	6342	-145038
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18030	6341	145038	18030	6341	-145038
	380C1F3 / 380C2F3	18030	6340	145038	18030	6340	-145038
	150C1F1 / 150C2F1	4507	1586	36260	4507	1586	-36260
	150C1F2 / 150C2F2	4507	1585	36260	4507	1585	-36260
	150C1F3 / 150C2F3	4507	1585	36260	4507	1585	-36260
1a	Comp. gl	4193	4957	40431	4193	4957	-40431
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1989	3341	22741	1989	3341	-22741
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15410	20023	154097	15410	20023	-154097
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15452	18896	150625	15452	18896	-150625
	380C1F3 / 380C2F3	15505	17453	146405	15505	17453	-146405
	150C1F1 / 150C2F1	3853	5006	38524	3853	5006	-38524
	150C1F2 / 150C2F2	3863	4724	37656	3863	4724	-37656
	150C1F3 / 150C2F3	3876	4363	36601	3876	4363	-36601
1b	Comp. gl	4332	2389	39420	4332	2389	-39420
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2087	1347	19397	2087	1347	-19397
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16030	9341	149636	16030	9341	-149636
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16034	9120	149451	16034	9120	-149451
	380C1F3 / 380C2F3	16039	8837	149235	16039	8837	-149235
	150C1F1 / 150C2F1	4007	2335	37409	4007	2335	-37409
	150C1F2 / 150C2F2	4008	2280	37363	4008	2280	-37363
	150C1F3 / 150C2F3	4010	2209	37309	4010	2209	-37309

3	Comp. gl	14380	7426	96390	14380	7426	-96390
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7090	4533	48641	7090	4533	-48641
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24759	16283	200001	24759	16283	-200001
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24774	15680	199233	24774	15680	-199233
	380C1F3 / 380C2F3	24792	14908	198331	24792	14908	-198331
	150C1F1 / 150C2F1	6190	4071	50000	6190	4071	-50000
	150C1F2 / 150C2F2	6194	3920	49808	6194	3920	-49808
	150C1F3 / 150C2F3	6198	3727	49583	6198	3727	-49583
4	Comp. gl	5381	2515	42730	5381	2515	-42730
Construction/maintenanc	GW / opgw	2612	1399	20915	2612	1399	-20915
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	18010	9102	146005	18010	9102	-146005
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18012	8889	145856	18012	8889	-145856
	380C1F3 / 380C2F3	18016	8615	145683	18016	8615	-145683
	150C1F1 / 150C2F1	4502	2276	36501	4502	2276	-36501
	150C1F2 / 150C2F2	4503	2222	36464	4503	2222	-36464
	150C1F3 / 150C2F3	4504	2154	36421	4504	2154	-36421
1a	Comp. gl	4095	7929	50856	4095	7929	-50856
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1938	5558	31528	1938	5558	-31528
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15028	32383	198484	15028	32383	-198484
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15080	30327	190602	15080	30327	-190602
	380C1F3 / 380C2F3	15154	27682	180662	15154	27682	-180662
	150C1F1 / 150C2F1	3757	8096	49621	3757	8096	-49621
	150C1F2 / 150C2F2	3770	7582	47650	3770	7582	-47650
	150C1F3 / 150C2F3	3788	6920	45165	3788	6920	-45165
1b	Comp. gl	4319	2971	40066	4319	2971	-40066
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2073	1791	20141	2073	1791	-20141
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15967	11797	152623	15967	11797	-152623
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15980	11384	152007	15980	11384	-152007
	380C1F3 / 380C2F3	15995	10855	151283	15995	10855	-151283
	150C1F1 / 150C2F1	3992	2949	38156	3992	2949	-38156
	150C1F2 / 150C2F2	3995	2846	38002	3995	2846	-38002
	150C1F3 / 150C2F3	3999	2714	37821	3999	2714	-37821
3	Comp. gl	14316	10228	99620	14316	10228	-99620
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7027	6655	52133	7027	6655	-52133
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24544	22983	211899	24544	22983	-211899
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24584	21857	209512	24584	21857	-209512
	380C1F3 / 380C2F3	24634	20416	206669	24634	20416	-206669
	150C1F1 / 150C2F1	6136	5746	52975	6136	5746	-52975
	150C1F2 / 150C2F2	6146	5464	52378	6146	5464	-52378
	150C1F3 / 150C2F3	6159	5104	51667	6159	5104	-51667
4	Comp. gl	5372	3076	43190	5372	3076	-43190
Construction/maintenanc	GW / opgw	2603	1825	21446	2603	1825	-21446
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	17964	11475	148428	17964	11475	-148428
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17973	11076	147926	17973	11076	-147926
	380C1F3 / 380C2F3	17984	10565	147337	17984	10565	-147337
	150C1F1 / 150C2F1	4491	2869	37107	4491	2869	-37107
	150C1F2 / 150C2F2	4493	2769	36981	4493	2769	-36981
	150C1F3 / 150C2F3	4496	2641	36834	4496	2641	-36834
1a	Comp. gl	4214	4389	38815	4214	4389	-38815
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2003	2913	21209	2003	2913	-21209
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	15498	17649	146963	15498	17649	-146963
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15533	16706	144336	15533	16706	-144336
	380C1F3 / 380C2F3	15578	15498	141173	15578	15498	-141173
	150C1F1 / 150C2F1	3875	4412	36741	3875	4412	-36741
	150C1F2 / 150C2F2	3883	4176	36084	3883	4176	-36084
	150C1F3 / 150C2F3	3894	3874	35293	3894	3874	-35293
1b	Comp. gl	4333	2278	39340	4333	2278	-39340
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2089	1263	19302	2089	1263	-19302
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16038	8876	149263	16038	8876	-149263

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16041	8691	149133	16041	8691	-149133
	380C1F3 / 380C2F3	16044	8455	148982	16044	8455	-148982
	150C1F1 / 150C2F1	4010	2219	37316	4010	2219	-37316
	150C1F2 / 150C2F2	4010	2173	37283	4010	2173	-37283
	150C1F3 / 150C2F3	4011	2114	37246	4011	2114	-37246
3	Comp. gl	14389	6894	95982	14389	6894	-95982
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7099	4129	48179	7099	4129	-48179
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	24790	15013	198449	24790	15013	-198449
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24801	14509	197903	24801	14509	-197903
0	380C1F3 / 380C2F3	24814	13865	197265	24814	13865	-197265
	150C1F1 / 150C2F1	6197	3753	49612	6197	3753	-49612
	150C1F2 / 150C2F2	6200	3627	49476	6200	3627	-49476
	150C1F3 / 150C2F3	6203	3466	49316	6203	3466	-49316
4	Comp. gl	5382	2409	42674	5382	2409	-42674
Construction/maintenanc	GW / opgw	2613	1319	20848	2613	1319	-20848
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	18015	8653	145705	18015	8653	-145705
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18017	8474	145601	18017	8474	-145601
	380C1F3 / 380C2F3	18020	8245	145480	18020	8245	-145480
	150C1F1 / 150C2F1	4504	2163	36426	4504	2163	-36426
	150C1F2 / 150C2F2	4504	2119	36400	4504	2119	-36400
	150C1F3 / 150C2F3	4505	2061	36370	4505	2061	-36370

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W4S400Z(+14)”

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01 – Fundatiebel. SLS toestaand gewijzigd	6 - 12 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
02-Detailberekening toegevoegd	11 - 04 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
03-mast met nieuwe V-brace	24 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	27-1-14

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Toegepaste normen	4
1.3 Randvoorwaarden	4
1.4 Constructie onderdelen	4
1.5 Toegepaste materiaal	5
1.6 Belastingen	6
2.0 Berekening masttype “W4S400Z(+14)”	7
2.1 Overzicht mast	8
2.2 Mast gegevens	9
2.3 Computerschema	11
3.0 Berekening Belastingen	12
3.1 Berekening stuwdruk	12
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	14
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	16
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	17
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	18
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	19
3.7 Berekende belastingen	20
4.0 Resultaat berekeningen	23
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	23
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	29
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	30
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	31
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	37
4.6 Toetsing doorsnede	38
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	41
6.0 Controleberekening vortex shedding	44
7.0 Fundatie belastingen	52
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	53
9.0 Detailberekening	55
9.1 Berekening V-brace - 380 kV	55

blz.

9.1.1 Berekening uithouder V-brace - 380 kV 55
9.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 62
9.1.3 Berekening clips 14,5 65
9.1.4 Berekening clips 15 – druk isolator 67
9.1.5 Berekening deling van de steunarm 69
9.2 Berekening V-brace - 150 kV 70
9.2.1 Berekening uithouder V-brace - 150 kV 70
9.2.2 Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast 77
9.2.3 Berekening clips 14,5 80
9.2.4 Berekening clips 15– druk isolator 82
9.2.5 Berekening deling van de steunarm 84
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad 85
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 87
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 88
9.4 Berekening draagarm "Passieve Loop geleider" 90
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 95
9.4.2 Berekening clip "Passieve Loop geleider" 96
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 98
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 100
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8 101
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting 103
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 105
9.8 Berekening clips voor 4,5m hijsbalk 108
9.8.1 Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m 109
9.8.2 Controle capaciteit van de aansluiting 113
9.9 Berekening clips voor 1,5m hijsbalk 116
9.9.1 Berekening clip positie 9.3 en 16.3 – onderste clip 120
9.9.2 Controle capaciteit van de aansluiting 122
9.9.3 Berekening clip positie 16.3 – bovenste clip 123
9.9.4 Controle capaciteit van de aansluiting 127
9.10 Berekening versterking deur 130

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V8.0 - bijlage AB en AB2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4S400Z(+14) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring , tracé Vijfhuizen – Bleiswijk gepresenteerd.

1.2 – Toegepaste normen.

De berekening is gebaseerd op de volgende normen:

- NEN-EN 50341-1 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene eisen – Gemeenschappelijke specificaties, uitgave november 2001.
- NEN-EN 50341-3 – Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten, uitgave november 2001 en correctieblad mei 2006.
- NEN-EN 1990 - Grondslagen van het constructief ontwerp, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1991 – Algemene belastingen, uitgave december 2007 (+NB)
- NEN-EN 1991-1-4 - Algemene belastingen – Windbelasting, uitgave december 2007.
- NEN-EN 1993-1-1 - Ontwerp en berekenen van staalconstructies, uitgave december 2007(+NB).
- NEN-EN 1993-1-8 - Ontwerp en berekenen van verbindingen, uitgave december 2007 (+NB).
- NEN-EN 1993-3-1 – Torens, maten en schoorstenen, uitgave juli 2007.
- NEN 2063 – Op vermoeiing belaste constructies- Het berekenen van gelaste verbindingen in ongelegeerd en zwakgelegeerd staal t/m S355.

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V8.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 23 november 2012.
Voor het masttype W4S400Z(+14) zijn de bijlage AB (berekening maststerkte) en bijlage AB2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

De afmeting van de nieuwe V-brace is conform tekening SEFAG 180 480-099 (380 kV) Rev 03, d.d. 27-11-2013, SEFAG 138 141-217 (150 kV), d.d. 14-01-2014 en tekening KEMA 74104749-40-005, V-brace study R380N, d.d. 14-01-2014.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in ontwerp levensduurklasse 3, gevolgklasse CC3 en referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

In de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS- toestand) dient voldaan te worden aan de volgende randvoorwaarden:

- De maximale horizontale uitbuiging mag niet groter zijn dan 5,5% van de hoogte van de mast.
- De relatieve verplaatsing van mast mag niet groter zijn dan 1% van de hoogte van de mast.

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 67,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,242 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 20,60 meter en 2* 23,20 meter lang. Deze segmenten worden door middel van een binnenflensaansluiting aan elkaar verbonden.
De mast is voorzien van een klimvoorziening aan de binnenkant van de mast.

B - Fundatie.

De berekening van de fundatie en draagkracht van de grond valt buiten deze berekening. Aan de hand van locatiegegevens en grondmechanisch onderzoek dient de fundatie van de mast alsnog te worden berekend.

1.5 – Toegepaste materialen.

A - Mastconstructie.

De materiaalkwaliteit is S355 ($f_{y;d}$ = 355 N/mm^2, $f_{t;d}$ = 510 N/mm^2), tenzij anders vermeld.

B - Bouten en moeren.

De toegepaste bouten zijn kwaliteit 10.9. De ankers zijn kwaliteit 8.8.
Alle bouten en moeren zijn thermisch verzinkt, ISO-passend en gerolde draad.

C - Lassen in de primaire constructie.

Alle lassen zijn voorbewerkte ½ V las met een tegen las, klasse K35 of een voorbewerkte X las klasse K45. De lasdetails worden door de fabrikant opgegeven.

1.6 - Belastingen.

A – Geleiders (bliksemdraad, fasedraden en passieve lijn) en isolatoren,

De belastingopgave is volgens KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V8.0 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 23 november 2012.
Voor het masttype W4S400Z(+14) zijn de bijlage AB (berekening maststerkte) en bijlage AB2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

In de bovengenoemde bijlagen zijn de krachten inclusief de belastingfactoren volgens NEN-EN 50341-3-15 paragraaf 4.2, tabel 4.2.11/NL.1 voor de ULS- toestand (Ultimate limit state), en tabel 4.2.11/NL.4 voor de SLS- toestand (Serviceability limit state) aangegeven.

B – Mastlichaam

Het gewicht van de mast is een centrisch en gelijkmatig verdeelde belasting. Deze wordt gecombineerd met het gewicht van de geleiders en isolatoren. De belastingfactoren voor het eigengewicht zijn volgens NEN-EN 50341-3-15 en NEN-EN 1993-3-1, γ_g = 1,2 voor de ULS-toestand en γ_g = 1,0 voor de SLS- toestand.

De windbelasting van het mastlichaam is een horizontaal verdeelde belasting over de hele hoogte. Gezien het feit dat het windoppervlak van het mastlichaam in alle richtingen gelijk is, wordt deze eenmaal berekend en gecombineerd met de belasting van de geleiders in de verschillende windrichtingen. De belastingfactoren voor de windbelasting van het mastlichaam zijn volgens NEN-EN 1993-3-1, γ_q = 1,6 voor de ULS- toestand en γ_q = 1,0 voor de SLS-toestand.

2.0 - Berekening masttype “W4S400Z(+14)”

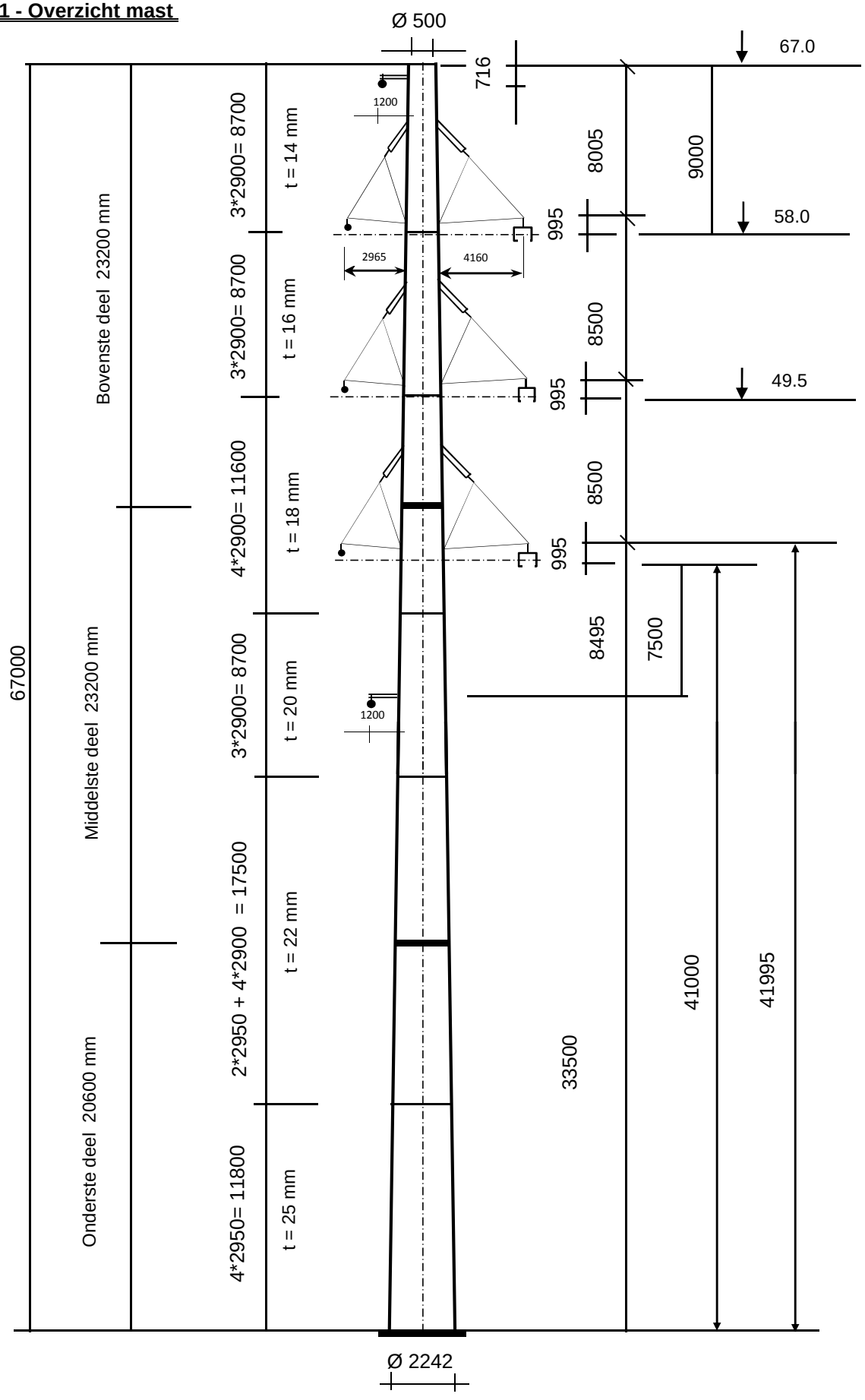
Berekening

W4S400Z+14

67,0 m - 2242 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4S400Z(+14)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32

gem. breedte (m)	1,179

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	716	519	500	n.v.t.	2	1	66,64
2	2184	575	519	n.v.t.	2	1	65,19
3	2900	651	575	n.v.t.	2	1	62,65
4	2205	708	651	n.v.t.	2	1	60,10
5	695	726	708	n.v.t.	2	1	58,65
6	2900	802	726	n.v.t.	2	1	56,85
7	2900	877	802	n.v.t.	2	1	53,95
8	2005	929	877	n.v.t.	2	1	51,50
9	895	952	929	n.v.t.	2	1	50,05
10	2900	1028	952	n.v.t.	2	1	48,15
11	2900	1103	1028	n.v.t.	2	1	45,25
12	1805	1150	1103	n.v.t.	2	1	42,90
13	1095	1179	1150	n.v.t.	2	1	41,45
14	1450	1216	1179	n.v.t.	2	1	40,18
15	1450	1254	1216	n.v.t.	2	1	38,73
16	1450	1292	1254	n.v.t.	2	1	37,28
17	1450	1329	1292	n.v.t.	2	1	35,83
18	1600	1371	1329	n.v.t.	2	1	34,30
19	1300	1405	1371	n.v.t.	2	1	32,85
20	2900	1480	1405	n.v.t.	2	1	30,75
21	2900	1556	1480	n.v.t.	2	1	27,85
22	2900	1631	1556	n.v.t.	2	1	24,95
23	2900	1706	1631	n.v.t.	2	1	22,05
24	1450	1744	1706	n.v.t.	2	1	19,88
25	1450	1782	1744	n.v.t.	2	1	18,43
26	1475	1820	1782	n.v.t.	2	1	16,96
27	1475	1859	1820	n.v.t.	2	1	15,49
28	2950	1935	1859	n.v.t.	2	1	13,28
29	2950	2012	1935	n.v.t.	2	1	10,33
30	2950	2089	2012	n.v.t.	2	1	7,38
31	2950	2165	2089	n.v.t.	2	1	4,43
32	2950	2242	2165	n.v.t.	2	1	1,48
	67000				33	32	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D_{gem} (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	14,0	21785	171,01	6,69E+08	175,19	2,63E+06
2	547	14,0	23443	184,03	8,33E+08	188,51	3,05E+06
3	613	14,0	26350	206,85	1,18E+09	211,87	3,86E+06
4	679	14,0	29269	229,76	1,62E+09	235,33	4,77E+06
5	717	14,0	30927	242,78	1,91E+09	248,66	5,33E+06
6	764	16,0	37594	295,11	2,63E+09	264,48	6,88E+06
7	839	16,0	41384	324,86	3,51E+09	291,14	8,36E+06
8	903	16,0	44589	350,02	4,39E+09	313,68	9,72E+06
9	941	16,0	46484	364,90	4,97E+09	327,00	1,06E+07
10	990	18,0	54971	431,52	6,50E+09	343,75	1,31E+07
11	1066	18,0	59235	464,99	8,13E+09	370,40	1,53E+07
12	1127	18,0	62694	492,14	9,63E+09	392,02	1,71E+07
13	1164	18,0	64825	508,88	1,07E+10	405,35	1,83E+07
14	1197	18,0	66696	523,57	1,16E+10	417,05	1,94E+07
15	1235	18,0	68828	540,30	1,27E+10	430,37	2,06E+07
16	1273	20,0	78719	617,94	1,54E+10	443,01	2,43E+07
17	1311	20,0	81088	636,54	1,69E+10	456,33	2,58E+07
18	1350	20,0	83579	656,09	1,85E+10	470,35	2,74E+07
19	1388	20,0	85948	674,69	2,01E+10	483,68	2,90E+07
20	1443	20,0	89378	701,62	2,26E+10	502,98	3,14E+07
21	1518	22,0	103389	811,61	2,89E+10	528,94	3,81E+07
22	1593	22,0	108600	852,51	3,35E+10	555,59	4,21E+07
23	1669	22,0	113812	893,42	3,86E+10	582,25	4,62E+07
24	1725	22,0	117720	924,10	4,27E+10	602,24	4,95E+07
25	1763	22,0	120326	944,56	4,56E+10	615,57	5,17E+07
26	1801	22,0	122954	965,19	4,86E+10	629,01	5,40E+07
27	1839	22,0	125604	986,00	5,19E+10	642,57	5,64E+07
28	1897	22,0	129580	1017,21	5,69E+10	662,91	6,00E+07
29	1974	25,0	153039	1201,35	7,26E+10	688,97	7,36E+07
30	2050	25,0	159063	1248,64	8,16E+10	716,09	7,96E+07
31	2127	25,0	165087	1295,93	9,12E+10	743,20	8,57E+07
32	2204	25,0	171111	1343,22	1,02E+11	770,32	9,22E+07

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355
Volumieke massa	kg/m^3	7850

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	67000	1 -- 2	1	716	2,18E+04	6,69E+08
2	66284	2 -- 3	2	2184	2,34E+04	8,33E+08
3	64100	3 -- 4	3	2900	2,63E+04	1,18E+09
4	61200	4 -- 5	4	2205	2,93E+04	1,62E+09
5	58995	5 -- 6	5	695	3,09E+04	1,91E+09
6	58300	6 -- 7	6	2900	3,76E+04	2,63E+09
7	55400	7 -- 8	7	2900	4,14E+04	3,51E+09
8	52500	8 -- 9	8	2005	4,46E+04	4,39E+09
9	50495	9 -- 10	9	895	4,65E+04	4,97E+09
10	49600	10 -- 11	10	2900	5,50E+04	6,50E+09
11	46700	11 -- 12	11	2900	5,92E+04	8,13E+09
12	43800	12 -- 13	12	1805	6,27E+04	9,63E+09
13	41995	13 -- 14	13	1095	6,48E+04	1,07E+10
14	40900	14 -- 15	14	1450	6,67E+04	1,16E+10
15	39450	15 -- 16	15	1450	6,88E+04	1,27E+10
16	38000	16 -- 17	16	1450	7,87E+04	1,54E+10
17	36550	17 -- 18	17	1450	8,11E+04	1,69E+10
18	35100	18 -- 19	18	1600	8,36E+04	1,85E+10
19	33500	19 -- 20	19	1300	8,59E+04	2,01E+10
20	32200	20 -- 21	20	2900	8,94E+04	2,26E+10
21	29300	21 -- 22	21	2900	1,03E+05	2,89E+10
22	26400	22 -- 23	22	2900	1,09E+05	3,35E+10
23	23500	23 -- 24	23	2900	1,14E+05	3,86E+10
24	20600	24 -- 25	24	1450	1,18E+05	4,27E+10
25	19150	25 -- 26	25	1450	1,20E+05	4,56E+10
26	17700	26 -- 27	26	1475	1,23E+05	4,86E+10
27	16225	27 -- 28	27	1475	1,26E+05	5,19E+10
28	14750	28 -- 29	28	2950	1,30E+05	5,69E+10
29	11800	29 -- 30	29	2950	1,53E+05	7,26E+10
30	8850	30 -- 31	30	2950	1,59E+05	8,16E+10
31	5900	31 -- 32	31	2950	1,65E+05	9,12E+10
32	2950	32 -- 33	32	2950	1,71E+05	1,02E+11
33	0					

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

Volumieke massa van lucht; ρ = 1,25 kg/m^3

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$

$c_r(z) = c_r(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0{,}19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

Extreme stuwdruk $q_p(z) = (1 + 7*I_v(z)) * ½ * \rho * V_m^2(z)$

$I_v(z) = k_I / \{ c_o(z) * \ln(z / z_0) \}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$; k_I = 1,0

$I_v(z) = I_v(z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	66,64	0,21	1,22	32,84	0,17	1486
2	65,19	0,21	1,21	32,71	0,17	1478
3	62,65	0,21	1,20	32,49	0,17	1463
4	60,10	0,21	1,19	32,25	0,18	1448
5	58,65	0,21	1,19	32,11	0,18	1439
6	56,85	0,21	1,18	31,94	0,18	1427
7	53,95	0,21	1,17	31,64	0,18	1408
8	51,50	0,21	1,16	31,38	0,18	1391
9	50,05	0,21	1,16	31,22	0,18	1381
10	48,15	0,21	1,15	31,00	0,18	1367
11	45,25	0,21	1,14	30,65	0,18	1345
12	42,90	0,21	1,12	30,35	0,19	1326
13	41,45	0,21	1,12	30,15	0,19	1314
14	40,18	0,21	1,11	29,97	0,19	1303
15	38,73	0,21	1,10	29,77	0,19	1290
16	37,28	0,21	1,09	29,55	0,19	1277
17	35,83	0,21	1,09	29,33	0,19	1263
18	34,30	0,21	1,08	29,08	0,19	1248
19	32,85	0,21	1,07	28,84	0,20	1233
20	30,75	0,21	1,05	28,46	0,20	1210
21	27,85	0,21	1,03	27,90	0,20	1177
22	24,95	0,21	1,01	27,28	0,21	1140
23	22,05	0,21	0,98	26,58	0,21	1099
24	19,88	0,21	0,96	26,00	0,22	1065
25	18,43	0,21	0,95	25,57	0,22	1041
26	16,96	0,21	0,93	25,10	0,23	1015
27	15,49	0,21	0,91	24,59	0,23	986
28	13,28	0,21	0,88	23,72	0,24	938
29	10,33	0,21	0,83	22,29	0,25	862
30	7,38	0,21	0,76	20,39	0,28	764
31	4,43	0,21	0,65	17,50	0,32	624
32	1,48	0,21	0,63	16,93	0,33	598

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

Verplaatsing van de mast t.g.v e.g mast en toplast

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	400	0,40	0,00	5,25E-02	2005,47
2	2 -- 3	4347	4159	5,89	0,76	5,25E-02	1967,91
3	3 -- 4	6434		10,24	18,37	5,23E-02	1853,43
4	4 -- 5	5397		16,67	57,39	5,19E-02	1702,13
5	5 -- 6	1792	41092	63,16	100,10	5,14E-02	1588,14
6	6 -- 7	8993		64,95	144,62	5,12E-02	1552,48
7	7 -- 8	9856		73,94	346,02	4,99E-02	1405,57
8	8 -- 9	7319		83,80	574,74	4,81E-02	1263,17
9	9 -- 10	3400	41416	132,54	750,10	4,67E-02	1168,05
10	10 -- 11	12949		135,94	870,24	4,60E-02	1126,57
11	11 -- 12	13920		148,88	1283,23	4,37E-02	996,28
12	12 -- 13	9154	4269	167,07	1735,18	4,12E-02	873,05
13	13 -- 14	5736	41848	218,08	2045,01	3,95E-02	800,24
14	14 -- 15	7809		223,81	2286,94	3,84E-02	757,60
15	15 -- 16	8052		231,62	2617,13	3,69E-02	702,94
16	16 -- 17	9178		239,67	2958,82	3,54E-02	650,44
17	17 -- 18	9447		248,85	3313,00	3,40E-02	600,05
18	18 -- 19	10738		258,30	3680,68	3,26E-02	551,71
19	19 -- 20	8966	8979	278,01	4102,55	3,10E-02	500,79
20	20 -- 21	20782		286,98	4469,79	2,97E-02	461,33
21	21 -- 22	23972		307,76	5332,17	2,67E-02	379,45
22	22 -- 23	25158		331,73	6259,44	2,39E-02	305,93
23	23 -- 24	26344		356,89	7257,94	2,12E-02	240,46
24	24 -- 25	13617	9664	392,90	8331,13	1,84E-02	183,08
25	25 -- 26	13914		406,52	8910,71	1,70E-02	157,45
26	26 -- 27	14458		420,43	9510,24	1,56E-02	133,84
27	27 -- 28	14765		434,89	10141,04	1,42E-02	111,91
28	28 -- 29	30450		449,65	10793,39	1,27E-02	92,06
29	29 -- 30	35882		480,10	12164,78	9,91E-03	58,57
30	30 -- 31	37277		515,99	13634,01	7,42E-03	32,95
31	31 -- 32	38672		553,26	15211,15	4,93E-03	14,66
32	32 -- 33	40067		591,94	16900,32	2,46E-03	3,69
33			12630	644,63	18705,63	0,00E+00	0,00

Voor de berekening van de eigenfrequentie is de Rayleigh-Ritz methode toegepast.
Bij benadering kan eigenfrequentie bepaald worden door alle massa's m_i van het dynamische model dezelfde versnelling g in de richting van de beweging te geven en vervolgen eigen-trillingsvorm te berekenen onder invloed van krachten $F_i = m_i * g$

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

δ_t : de verplaatsing van het punt (i) in meter

g = 9,81 m/s^2 - versnelling van de zwaartekracht

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	40,0	2,005	3382,62	686,545
2	2 -- 3	434,7	415,9	1,968	16175,68	3197,344
3	3 -- 4	643,4		1,853	11220,08	2033,314
4	4 -- 5	539,7		1,702	8710,00	1460,666
5	5 -- 6	179,2	4109,2	1,588	66779,37	10805,910
6	6 -- 7	899,3		1,552	13048,39	1967,266
7	7 -- 8	985,6		1,406	12901,63	1754,898
8	8 -- 9	731,9		1,263	8727,64	1081,490
9	9 -- 10	340,0	4141,6	1,168	51284,19	6098,193
10	10 -- 11	1294,9		1,127	13483,42	1458,886
11	11 -- 12	1392,0		0,996	12763,15	1216,032
12	12 -- 13	915,4	426,9	0,873	11169,56	966,163
13	13 -- 14	573,6	4184,8	0,800	37235,83	3027,962
14	14 -- 15	780,9		0,758	5594,47	416,459
15	15 -- 16	805,2		0,703	5345,08	368,701
16	16 -- 17	917,8		0,650	5629,24	358,780
17	17 -- 18	944,7		0,600	5337,12	313,306
18	18 -- 19	1073,8		0,552	5543,27	297,366
19	19 -- 20	896,6	897,9	0,501	8642,24	432,670
20	20 -- 21	2078,2		0,461	8570,56	367,277
21	21 -- 22	2397,2		0,379	8058,74	281,514
22	22 -- 23	2515,8		0,306	6742,47	187,770
23	23 -- 24	2634,4		0,240	5472,89	118,143
24	24 -- 25	1361,7	966,4	0,183	4010,09	71,866
25	25 -- 26	1391,4		0,157	1987,95	29,514
26	26 -- 27	1445,8		0,134	1742,73	21,828
27	27 -- 28	1476,5		0,112	1477,13	15,356
28	28 -- 29	3045,0		0,092	2249,78	17,273
29	29 -- 30	3588,2		0,059	1610,76	7,513
30	30 -- 31	3727,7		0,033	870,56	2,113
31	31 -- 32	3867,2		0,015	348,21	0,326
32	32 -- 33	4006,7		0,004	72,57	0,014
33			1263,0	0,000	0,00	0,000
				Som	346187	39062

$$n_{1,x} = 1 / 2\pi * \{ g * \Sigma m_i * \delta_i / \Sigma m_i * \delta_i^2 \}^{0,5}$$

$n_{1,x}$	=	0,47	Hz

Meewerkende massa

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	823	0,991	0,716	0,70	578,06	0,71
2 -- 3	199	0,953	2,184	1,98	394,55	2,08
3 -- 4	222	0,886	2,900	2,28	505,56	2,57
4 -- 5	2108	0,820	2,205	1,48	3128,36	1,81
5 -- 6	258	0,783	0,695	0,43	109,84	0,54
6 -- 7	310	0,737	2,900	1,58	489,14	2,14
7 -- 8	340	0,665	2,900	1,28	436,33	1,93
8 -- 9	2431	0,606	2,005	0,74	1790,60	1,22
9 -- 10	380	0,572	0,895	0,29	111,28	0,51
10 -- 11	447	0,529	2,900	0,81	362,73	1,53
11 -- 12	627	0,466	2,900	0,63	395,08	1,35
12 -- 13	2826	0,417	1,805	0,31	887,64	0,75
13 -- 14	524	0,388	1,095	0,17	86,54	0,43
14 -- 15	539	0,364	1,450	0,19	103,55	0,53
15 -- 16	555	0,337	1,450	0,17	91,67	0,49
16 -- 17	633	0,312	1,450	0,14	89,21	0,45
17 -- 18	652	0,287	1,450	0,12	77,90	0,42
18 -- 19	1232	0,262	1,600	0,11	135,76	0,42
19 -- 20	690	0,240	1,300	0,07	51,59	0,31
20 -- 21	717	0,210	2,900	0,13	91,32	0,61
21 -- 22	827	0,171	2,900	0,08	70,00	0,50
22 -- 23	868	0,136	2,900	0,05	46,69	0,40
23 -- 24	1242	0,106	2,900	0,03	40,15	0,31
24 -- 25	939	0,085	1,450	0,01	9,81	0,12
25 -- 26	960	0,073	1,450	0,01	7,34	0,11
26 -- 27	980	0,061	1,475	0,01	5,43	0,09
27 -- 28	1001	0,051	1,475	0,00	3,82	0,08
28 -- 29	1032	0,038	2,950	0,00	4,29	0,11
29 -- 30	1216	0,023	2,950	0,00	1,87	0,07
30 -- 31	1264	0,012	2,950	0,00	0,53	0,04
31 -- 32	1311	0,005	2,950	0,00	0,08	0,01
32 -- 33	1786	0,001	2,950	0,00	0,00	0,00
		Σ	67,00	13,82	10106,71	22,62

m_e = 10106,7 / 13,8 = 731,3 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

$c_s c_d = 1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * (B^2 + R^2)^{0,5} / (1 + 7 * I_v(z_s))$

$n = n_{1,x}$ =	0,47	Hz
b =	1,18	m
h =	67,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	40,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	116,50	

$B^2 = 1 / \{1+1,5*[(b/L(z_s))^2 + (h/L(z_s))^2 + (b*h / L(z_s).L(z_s))^2]^{0,5}\}$

B^2 = 0,54

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,077	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,089	
$v_m(z_s)$ =	29,98	m/s
$v_m(z)$ =	32,87	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,68	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,21	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,18	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

$K_s(n) = 1 / \{ 1 + [(G_y.\phi_y)_2 + G_z.\phi_z)^2 + (2.G_y.\phi_y.G_z.\phi_z/\pi)^2]^{0,5} \}$

$K_s(n)$ =	0,23	
R^2 =	1,16	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,39	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,49

$c_s c_d$ = **1,17**

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

$C_f = C_{f,0} * \psi_\lambda$ doorsnede : Cirkelvormige doorsnede

$R_e = b * v(z_e) / \nu$; $v(z_e) = \{ 2 * q_p / \rho \}^{0,5}$

b is de diameter

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$C_{f,0} = 1,2 + [(0,18 * \log(10*k/b)) / (1 + 0,4*\log(R_e / 10^6))]$

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	48,8	1,66E+06	0,80	0,85	0,68
2	48,6	1,77E+06	0,80	0,85	0,68
3	48,4	1,98E+06	0,80	0,85	0,68
4	48,1	2,18E+06	0,80	0,85	0,68
5	48,0	2,29E+06	0,80	0,85	0,68
6	47,8	2,43E+06	0,80	0,85	0,68
7	47,5	2,66E+06	0,80	0,85	0,68
8	47,2	2,84E+06	0,80	0,85	0,68
9	47,0	2,95E+06	0,80	0,85	0,67
10	46,8	3,09E+06	0,79	0,85	0,67
11	46,4	3,30E+06	0,79	0,85	0,67
12	46,1	3,46E+06	0,79	0,85	0,67
13	45,8	3,56E+06	0,79	0,85	0,67
14	45,7	3,64E+06	0,79	0,85	0,67
15	45,4	3,74E+06	0,79	0,85	0,67
16	45,2	3,84E+06	0,79	0,85	0,67
17	45,0	3,93E+06	0,79	0,85	0,67
18	44,7	4,02E+06	0,79	0,85	0,67
19	44,4	4,11E+06	0,79	0,85	0,67
20	44,0	4,23E+06	0,79	0,85	0,67
21	43,4	4,39E+06	0,79	0,85	0,67
22	42,7	4,54E+06	0,79	0,85	0,67
23	41,9	4,67E+06	0,79	0,85	0,67
24	41,3	4,75E+06	0,78	0,85	0,67
25	40,8	4,80E+06	0,78	0,85	0,67
26	40,3	4,84E+06	0,78	0,85	0,66
27	39,7	4,87E+06	0,78	0,85	0,66
28	38,7	4,90E+06	0,78	0,85	0,66
29	37,1	4,89E+06	0,78	0,85	0,66
30	35,0	4,78E+06	0,77	0,85	0,66
31	31,6	4,48E+06	0,77	0,85	0,65
32	30,9	4,54E+06	0,77	0,85	0,65

3.5 - Gewicht, windoppervlak en windlast per staaf .

Gewicht (verticale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	gewicht / ophanging N	gewicht bevestiging N	totaal gewicht N
Bliksem	66,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V8.0 (23 - 11 - 2012) Appendix - AB en AB2		
1e traverse - 380C1F1	58,995	1			
1e traverse - 150C1F1	58,995	1			
2e traverse - 380C1F2	50,495	1			
2e traverse - 150C1F2	50,495	1			
3e traverse - 380C1F3	41,995	1			
3e traverse - 150C1F3	41,995	1			
Passieve run	33,500	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	66,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	58,995	4,514
1e traverse - 150C1F1	58,995	3,319
2e traverse - 380C1F2	50,495	4,625
2e traverse - 150C1F2	50,495	3,430
3e traverse - 380C1F3	41,995	4,735
3e traverse - 150C1F3	41,995	3,540
Passieve run	33,500	1,886

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	66,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	58,995	1			
2e traverse - 380C1F2	50,495	1			
3e traverse - 380C1F3	41,995	1			
Passieve run	33,500	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

$F_{wind} = q_p(z) * C_s C_d * A$

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1224	107	1332	0,248	0,086	580	0,811
2	4019	328	4347	0,812	0,262	1856	0,850
3	5999	435	6434	1,207	0,348	2660	0,917
4	5066	331	5397	1,016	0,265	2167	0,983
5	1687	104	1792	0,338	0,083	708	1,019
6	8558	435	8993	1,500	0,348	3083	1,063
7	9421	435	9856	1,646	0,348	3282	1,132
8	7018	301	7319	1,223	0,241	2380	1,187
9	3266	134	3400	0,568	0,107	1091	1,219
10	12514	435	12949	1,936	0,348	3651	1,259
11	13485	435	13920	2,081	0,348	3819	1,317
12	8883	271	9154	1,369	0,217	2457	1,361
13	5572	164	5736	0,858	0,131	1519	1,387
14	7592	218	7809	1,167	0,174	2042	1,409
15	7834	218	8052	1,203	0,174	2077	1,432
16	8960	218	9178	1,239	0,174	2109	1,454
17	9230	218	9447	1,275	0,174	2139	1,475
18	10498	240	10738	1,449	0,192	2393	1,496
19	8771	195	8966	1,209	0,156	1967	1,513
20	20347	435	20782	2,801	0,348	4455	1,536
21	23537	435	23972	2,943	0,348	4527	1,561
22	24723	435	25158	3,085	0,348	4574	1,577
23	25909	435	26344	3,226	0,348	4591	1,583
24	13400	218	13617	1,665	0,174	2290	1,579
25	13696	218	13914	1,700	0,174	2280	1,572
26	14237	221	14458	1,765	0,177	2303	1,561
27	14543	221	14765	1,800	0,177	2278	1,545
28	30008	443	30450	3,706	0,354	4451	1,509
29	35440	443	35882	3,843	0,354	4229	1,433
30	36835	443	37277	3,974	0,354	3866	1,310
31	38230	443	38672	4,090	0,354	3244	1,100
32	39625	443	40067	4,230	0,354	3204	1,086
	470126	10050	480176	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast} =$	69277

Gewicht ladder = 15 kg / m'
Windoppervlak ladder = 0,12 m^2 / m'

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2232	480	480	480	480
2	2 -- 3	2388	4867	5793	21977	7584
3	3 -- 4	2662				
4	4 -- 5	2937				
5	5 -- 6	3093	47897	56352	90767	64414
6	6 -- 7	3721				
7	7 -- 8	4078				
8	8 -- 9	4380				
9	9 -- 10	4559	48248	56492	91156	64518
10	10 -- 11	5358				
11	11 -- 12	5760				
12	12 -- 13	6086	5123	5123	5123	5123
13	13 -- 14	6287	48728	56655	91620	64637
14	14 -- 15	6463				
15	15 -- 16	6664				
16	16 -- 17	7595				
17	17 -- 18	7818				
18	18 -- 19	8053				
19	19 -- 20	8276	10463	12187	45092	15718
20	20 -- 21	8599				
21	21 -- 22	9919				
22	22 -- 23	10410				
23	23 -- 24	10901				
24	24 -- 25	11269	11597	11597	11597	11597
25	25 -- 26	11515				
26	26 -- 27	11762				
27	27 -- 28	12012				
28	28 -- 29	12386				
29	29 -- 30	14596				
30	30 -- 31	15164				
31	31 -- 32	15731				
32	32 -- 33	16299				
33			15156	15156	15156	15156

KEMA rapport - bijlage AB - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

Berekende gewichten voor voetplaat, flenzen en ringen

Voetplaat : rond 2602 / 1832 , t = 60 mm ; G = 1263 kg
Flenzen op 20,6m : 2 * rond 1706 / 1390 , t = 80 mm ; G = 966 kg
Flenzen op 43,8m : 2 * rond 1103 / 800 , t = 60 mm ; G = 627 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg

2 - Horizontale belasting (Serviceability limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	811				
2	2 -- 3	850	7547	1508	7753	1508
3	3 -- 4	917				
4	4 -- 5	983				
5	5 -- 6	1019	53080	10605	29641	10611
6	6 -- 7	1063				
7	7 -- 8	1132				
8	8 -- 9	1187				
9	9 -- 10	1219	49504	9891	27645	9896
10	10 -- 11	1259				
11	11 -- 12	1317				
12	12 -- 13	1361				
13	13 -- 14	1387	45148	9021	25214	9026
14	14 -- 15	1409				
15	15 -- 16	1432				
16	16 -- 17	1454				
17	17 -- 18	1475				
18	18 -- 19	1496				
19	19 -- 20	1513	10808	2160	11081	2161
20	20 -- 21	1536				
21	21 -- 22	1561				
22	22 -- 23	1577				
23	23 -- 24	1583				
24	24 -- 25	1579				
25	25 -- 26	1572				
26	26 -- 27	1561				
27	27 -- 28	1545				
28	28 -- 29	1509				
29	29 -- 30	1433				
30	30 -- 31	1310				
31	31 -- 32	1100				
32	32 -- 33	1086				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AB2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1297				
2	2 -- 3	1360	11326	2262	11638	2263
3	3 -- 4	1467				
4	4 -- 5	1572				
5	5 -- 6	1630	79655	15910	44479	15919
6	6 -- 7	1701				
7	7 -- 8	1811				
8	8 -- 9	1899				
9	9 -- 10	1950	74287	14839	41484	14847
10	10 -- 11	2014				
11	11 -- 12	2107				
12	12 -- 13	2178				
13	13 -- 14	2219	67749	13534	37835	13542
14	14 -- 15	2254				
15	15 -- 16	2291				
16	16 -- 17	2327				
17	17 -- 18	2360				
18	18 -- 19	2393				
19	19 -- 20	2421	16218	3240	16634	3242
20	20 -- 21	2458				
21	21 -- 22	2498				
22	22 -- 23	2524				
23	23 -- 24	2533				
24	24 -- 25	2527				
25	25 -- 26	2516				
26	26 -- 27	2498				
27	27 -- 28	2472				
28	28 -- 29	2414				
29	29 -- 30	2294				
30	30 -- 31	2097				
31	31 -- 32	1759				
32	32 -- 33	1738				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AB - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

4.1 - Berekenen verplaatsingen in SLS-toestand (Servieability limit state)

A - Wind belasting mastlichaam (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	580		0	0,00E+00	8,45E-03	314
2	2 -- 3	1856		580	2,42E+05	8,45E-03	308
3	3 -- 4	2660		2436	3,72E+06	8,44E-03	290
4	4 -- 5	2167		5096	1,50E+07	8,34E-03	265
5	5 -- 6	708		7263	2,98E+07	8,20E-03	247
6	6 -- 7	3083		7971	3,54E+07	8,14E-03	241
7	7 -- 8	3282		11054	6,47E+07	7,89E-03	218
8	8 -- 9	2380		14336	1,03E+08	7,56E-03	196
9	9 -- 10	1091		16716	1,36E+08	7,30E-03	181
10	10 -- 11	3651		17806	1,53E+08	7,18E-03	174
11	11 -- 12	3819		21457	2,12E+08	6,80E-03	154
12	12 -- 13	2457		25276	2,83E+08	6,38E-03	135
13	13 -- 14	1519		27733	3,34E+08	6,11E-03	124
14	14 -- 15	2042		29252	3,66E+08	5,94E-03	117
15	15 -- 16	2077		31294	4,12E+08	5,71E-03	109
16	16 -- 17	2109		33371	4,61E+08	5,47E-03	100
17	17 -- 18	2139		35480	5,12E+08	5,25E-03	93
18	18 -- 19	2393		37619	5,67E+08	5,03E-03	85
19	19 -- 20	1967		40012	6,32E+08	4,79E-03	77
20	20 -- 21	4455		41979	6,87E+08	4,58E-03	71
21	21 -- 22	4527		46434	8,19E+08	4,13E-03	59
22	22 -- 23	4574		50960	9,63E+08	3,70E-03	47
23	23 -- 24	4591		55534	1,12E+09	3,27E-03	37
24	24 -- 25	2290		60125	1,29E+09	2,84E-03	28
25	25 -- 26	2280		62416	1,38E+09	2,63E-03	24
26	26 -- 27	2303		64696	1,48E+09	2,41E-03	21
27	27 -- 28	2278		66999	1,58E+09	2,19E-03	17
28	28 -- 29	4451		69277	1,68E+09	1,97E-03	14
29	29 -- 30	4229		73728	1,89E+09	1,53E-03	9
30	30 -- 31	3866		77957	2,12E+09	1,14E-03	5
31	31 -- 32	3244		81823	2,35E+09	7,59E-04	2
32	32 -- 33	3204		85066	2,60E+09	3,77E-04	1
33		0		88271	2,86E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,49E-02	1244
2	2 -- 3		7547	7547	1,42E+05	3,49E-02	1219
3	3 -- 4			7547	1,74E+07	3,48E-02	1143
4	4 -- 5			7547	4,09E+07	3,45E-02	1042
5	5 -- 6		53080	60626	6,21E+07	3,41E-02	966
6	6 -- 7			60626	1,06E+08	3,40E-02	943
7	7 -- 8			60626	2,88E+08	3,30E-02	845
8	8 -- 9			60626	4,72E+08	3,15E-02	752
9	9 -- 10		49504	110130	6,01E+08	3,03E-02	690
10	10 -- 11			110130	7,03E+08	2,98E-02	663
11	11 -- 12			110130	1,03E+09	2,79E-02	579
12	12 -- 13			110130	1,37E+09	2,59E-02	501
13	13 -- 14		45148	155278	1,58E+09	2,46E-02	455
14	14 -- 15			155278	1,75E+09	2,38E-02	429
15	15 -- 16			155278	1,98E+09	2,27E-02	395
16	16 -- 17			155278	2,22E+09	2,15E-02	363
17	17 -- 18			155278	2,45E+09	2,05E-02	332
18	18 -- 19			155278	2,68E+09	1,95E-02	303
19	19 -- 20		10808	166085	2,94E+09	1,83E-02	273
20	20 -- 21			166085	3,16E+09	1,74E-02	250
21	21 -- 22			166085	3,66E+09	1,53E-02	203
22	22 -- 23			166085	4,15E+09	1,34E-02	161
23	23 -- 24			166085	4,65E+09	1,16E-02	125
24	24 -- 25			166085	5,14E+09	9,87E-03	93
25	25 -- 26			166085	5,39E+09	9,02E-03	80
26	26 -- 27			166085	5,63E+09	8,18E-03	67
27	27 -- 28			166085	5,88E+09	7,35E-03	56
28	28 -- 29			166085	6,13E+09	6,54E-03	46
29	29 -- 30			166085	6,63E+09	4,97E-03	29
30	30 -- 31			166085	7,12E+09	3,64E-03	16
31	31 -- 32			166085	7,62E+09	2,37E-03	7
32	32 -- 33			166085	8,11E+09	1,16E-03	2
33				166085	8,60E+09	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,97E-03	248
2	2 -- 3		1508	1508	2,83E+04	6,97E-03	243
3	3 -- 4			1508	3,47E+06	6,95E-03	228
4	4 -- 5			1508	8,17E+06	6,88E-03	208
5	5 -- 6		10605	12112	1,24E+07	6,82E-03	193
6	6 -- 7			12112	2,11E+07	6,79E-03	188
7	7 -- 8			12112	5,76E+07	6,59E-03	169
8	8 -- 9			12112	9,43E+07	6,29E-03	150
9	9 -- 10		9891	22003	1,20E+08	6,06E-03	138
10	10 -- 11			22003	1,41E+08	5,95E-03	132
11	11 -- 12			22003	2,07E+08	5,58E-03	116
12	12 -- 13			22003	2,73E+08	5,18E-03	100
13	13 -- 14		9021	31024	3,15E+08	4,92E-03	91
14	14 -- 15			31024	3,50E+08	4,75E-03	86
15	15 -- 16			31024	3,96E+08	4,53E-03	79
16	16 -- 17			31024	4,43E+08	4,30E-03	73
17	17 -- 18			31024	4,89E+08	4,10E-03	66
18	18 -- 19			31024	5,36E+08	3,89E-03	61
19	19 -- 20		2160	33184	5,87E+08	3,66E-03	55
20	20 -- 21			33184	6,31E+08	3,47E-03	50
21	21 -- 22			33184	7,30E+08	3,05E-03	40
22	22 -- 23			33184	8,29E+08	2,68E-03	32
23	23 -- 24			33184	9,28E+08	2,32E-03	25
24	24 -- 25			33184	1,03E+09	1,97E-03	19
25	25 -- 26			33184	1,08E+09	1,80E-03	16
26	26 -- 27			33184	1,13E+09	1,63E-03	13
27	27 -- 28			33184	1,17E+09	1,47E-03	11
28	28 -- 29			33184	1,22E+09	1,31E-03	9
29	29 -- 30			33184	1,32E+09	9,92E-04	6
30	30 -- 31			33184	1,42E+09	7,27E-04	3
31	31 -- 32			33184	1,52E+09	4,73E-04	1
32	32 -- 33			33184	1,62E+09	2,31E-04	0
33				33184	1,72E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,19E-02	760
2	2 -- 3		7753	7753	8,90E+04	2,19E-02	745
3	3 -- 4			7753	1,75E+07	2,18E-02	697
4	4 -- 5			7753	4,10E+07	2,14E-02	634
5	5 -- 6		29641	37394	6,09E+07	2,11E-02	587
6	6 -- 7			37394	8,78E+07	2,10E-02	573
7	7 -- 8			37394	2,01E+08	2,02E-02	513
8	8 -- 9			37394	3,14E+08	1,92E-02	455
9	9 -- 10		27645	65039	3,93E+08	1,85E-02	418
10	10 -- 11			65039	4,54E+08	1,81E-02	401
11	11 -- 12			65039	6,50E+08	1,69E-02	350
12	12 -- 13			65039	8,46E+08	1,57E-02	303
13	13 -- 14		25214	90253	9,69E+08	1,49E-02	275
14	14 -- 15			90253	1,07E+09	1,44E-02	259
15	15 -- 16			90253	1,21E+09	1,37E-02	239
16	16 -- 17			90253	1,34E+09	1,30E-02	220
17	17 -- 18			90253	1,48E+09	1,24E-02	201
18	18 -- 19			90253	1,61E+09	1,17E-02	184
19	19 -- 20		11081	101335	1,76E+09	1,11E-02	165
20	20 -- 21			101335	1,90E+09	1,05E-02	151
21	21 -- 22			101335	2,20E+09	9,24E-03	123
22	22 -- 23			101335	2,50E+09	8,12E-03	97
23	23 -- 24			101335	2,80E+09	7,03E-03	75
24	24 -- 25			101335	3,10E+09	5,97E-03	57
25	25 -- 26			101335	3,25E+09	5,46E-03	48
26	26 -- 27			101335	3,40E+09	4,96E-03	41
27	27 -- 28			101335	3,56E+09	4,45E-03	34
28	28 -- 29			101335	3,71E+09	3,96E-03	28
29	29 -- 30			101335	4,01E+09	3,01E-03	17
30	30 -- 31			101335	4,32E+09	2,20E-03	10
31	31 -- 32			101335	4,62E+09	1,44E-03	4
32	32 -- 33			101335	4,92E+09	7,01E-04	1
33				101335	5,22E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4 (incl. 2e orde effect)

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	6,97E-03	249
2	2 -- 3		1508	1508	2,84E+04	6,97E-03	244
3	3 -- 4			1508	3,47E+06	6,95E-03	228
4	4 -- 5			1508	8,17E+06	6,89E-03	208
5	5 -- 6		10611	12119	1,24E+07	6,82E-03	193
6	6 -- 7			12119	2,11E+07	6,79E-03	188
7	7 -- 8			12119	5,77E+07	6,59E-03	169
8	8 -- 9			12119	9,43E+07	6,30E-03	150
9	9 -- 10		9896	22015	1,20E+08	6,06E-03	138
10	10 -- 11			22015	1,41E+08	5,95E-03	133
11	11 -- 12			22015	2,07E+08	5,59E-03	116
12	12 -- 13			22015	2,73E+08	5,18E-03	100
13	13 -- 14		9026	31041	3,15E+08	4,92E-03	91
14	14 -- 15			31041	3,50E+08	4,76E-03	86
15	15 -- 16			31041	3,97E+08	4,53E-03	79
16	16 -- 17			31041	4,43E+08	4,31E-03	73
17	17 -- 18			31041	4,90E+08	4,10E-03	66
18	18 -- 19			31041	5,36E+08	3,89E-03	61
19	19 -- 20		2161	33202	5,87E+08	3,66E-03	55
20	20 -- 21			33202	6,32E+08	3,47E-03	50
21	21 -- 22			33202	7,31E+08	3,06E-03	41
22	22 -- 23			33202	8,30E+08	2,68E-03	32
23	23 -- 24			33202	9,29E+08	2,32E-03	25
24	24 -- 25			33202	1,03E+09	1,97E-03	19
25	25 -- 26			33202	1,08E+09	1,80E-03	16
26	26 -- 27			33202	1,13E+09	1,64E-03	13
27	27 -- 28			33202	1,18E+09	1,47E-03	11
28	28 -- 29			33202	1,23E+09	1,31E-03	9
29	29 -- 30			33202	1,33E+09	9,93E-04	6
30	30 -- 31			33202	1,42E+09	7,27E-04	3
31	31 -- 32			33202	1,52E+09	4,73E-04	1
32	32 -- 33			33202	1,62E+09	2,31E-04	0
33				33202	1,72E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,01E-03	134
2	2 -- 3				6,07E+06	5,01E-03	130
3	3 -- 4				6,07E+06	5,09E-03	119
4	4 -- 5				6,07E+06	5,16E-03	104
5	5 -- 6				1,15E+08	5,20E-03	93
6	6 -- 7				1,15E+08	5,00E-03	89
7	7 -- 8				1,15E+08	4,40E-03	75
8	8 -- 9				1,15E+08	3,94E-03	63
9	9 -- 10				2,40E+08	3,69E-03	56
10	10 -- 11				2,40E+08	3,49E-03	52
11	11 -- 12				2,40E+08	2,98E-03	43
12	12 -- 13				2,40E+08	2,57E-03	35
13	13 -- 14				3,69E+08	2,36E-03	31
14	14 -- 15				3,69E+08	2,18E-03	28
15	15 -- 16				3,69E+08	1,96E-03	25
16	16 -- 17				3,69E+08	1,76E-03	22
17	17 -- 18				3,69E+08	1,59E-03	20
18	18 -- 19				3,69E+08	1,44E-03	18
19	19 -- 20				3,52E+08	1,29E-03	16
20	20 -- 21				3,52E+08	1,18E-03	14
21	21 -- 22				3,52E+08	9,66E-04	11
22	22 -- 23				3,52E+08	7,98E-04	8
23	23 -- 24				3,52E+08	6,53E-04	6
24	24 -- 25				3,52E+08	5,27E-04	5
25	25 -- 26				3,52E+08	4,70E-04	4
26	26 -- 27				3,52E+08	4,17E-04	3
27	27 -- 28				3,52E+08	3,66E-04	3
28	28 -- 29				3,52E+08	3,18E-04	2
29	29 -- 30				3,52E+08	2,32E-04	1
30	30 -- 31				3,52E+08	1,63E-04	1
31	31 -- 32				3,52E+08	1,03E-04	0
32	32 -- 33				3,52E+08	4,87E-05	0
33					3,52E+08	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

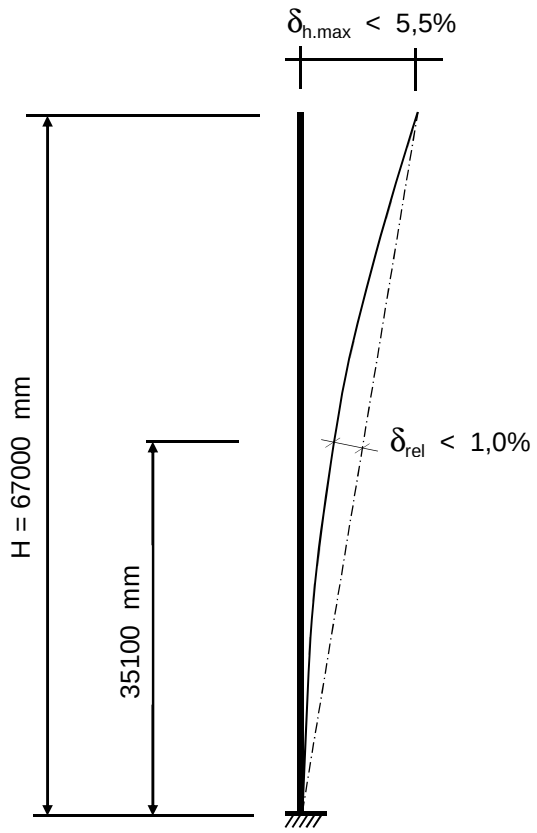
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,00	0,30
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,00	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,00
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	hoekver. φ radian	verpl. δ_{hor} mm
1	1 -- 2	4,8E-02	1691
2	2 -- 3	4,8E-02	1657
3	3 -- 4	4,8E-02	1551
4	4 -- 5	4,8E-02	1411
5	5 -- 6	4,8E-02	1306
6	6 -- 7	4,7E-02	1273
7	7 -- 8	4,5E-02	1139
8	8 -- 9	4,3E-02	1011
9	9 -- 10	4,1E-02	926
10	10 -- 11	4,0E-02	890
11	11 -- 12	3,8E-02	776
12	12 -- 13	3,5E-02	671
13	13 -- 14	3,3E-02	609
14	14 -- 15	3,2E-02	574
15	15 -- 16	3,0E-02	529
16	16 -- 17	2,9E-02	486
17	17 -- 18	2,7E-02	445
18	18 -- 19	2,6E-02	407
19	19 -- 20	2,4E-02	366
20	20 -- 21	2,3E-02	335
21	21 -- 22	2,0E-02	272
22	22 -- 23	1,8E-02	217
23	23 -- 24	1,6E-02	168
24	24 -- 25	1,3E-02	126
25	25 -- 26	1,2E-02	108
26	26 -- 27	1,1E-02	91
27	27 -- 28	9,9E-03	76
28	28 -- 29	8,8E-03	62
29	29 -- 30	6,7E-03	39
30	30 -- 31	4,9E-03	22
31	31 -- 32	3,2E-03	9
32	32 -- 33	1,6E-03	2
33		0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1691 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 2,52 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

max. relatieve verplaatsing mast, t.p.v knoop x :

δ_{rel} = [{δ_{hor} * (hoogte knoop x) / (totale hoogte)} - $\delta_{knoop\ x}$] * Cosα

Knoop 18 ; Hoogte = 35100 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 407 mm
α = 1,45 graden

δ_{rel} = 479 mm ----> δ_h *100 / 67000

Percentage uitbuig. = 0,72 % voldoet , max verpl. < 1 %

De maximale verplaatsing voldoet aan stijfheidseisen volgen NEN -EN 50341-3 (november 2001) .

4.4 - Berekening krachten in ULS-toestand - (Ultimate limit state)

A - Wind belasting mastlichaam

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	normaalkr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	871	480	0	0,00E+00	1,30E-02	486
2	2 -- 3	2784	6945	929	3,32E+05	1,30E-02	477
3	3 -- 4	3990	12161	3898	5,60E+06	1,30E-02	448
4	4 -- 5	3250	19882	8154	2,31E+07	1,28E-02	411
5	5 -- 6	1062	74255	11621	4,49E+07	1,26E-02	383
6	6 -- 7	4624	76404	12754	5,34E+07	1,25E-02	374
7	7 -- 8	4922	87196	17686	9,75E+07	1,22E-02	338
8	8 -- 9	3570	99023	22937	1,56E+08	1,17E-02	303
9	9 -- 10	1636	156054	26745	2,06E+08	1,13E-02	280
10	10 -- 11	5476	160134	28490	2,31E+08	1,11E-02	270
11	11 -- 12	5729	175673	34331	3,22E+08	1,05E-02	239
12	12 -- 13	3685	197500	40442	4,30E+08	9,86E-03	209
13	13 -- 14	2278	257213	44373	5,07E+08	9,44E-03	192
14	14 -- 15	3064	264097	46803	5,57E+08	9,18E-03	182
15	15 -- 16	3115	273468	50071	6,27E+08	8,83E-03	169
16	16 -- 17	3163	283130	53394	7,02E+08	8,47E-03	156
17	17 -- 18	3209	294144	56768	7,82E+08	8,14E-03	144
18	18 -- 19	3589	305480	60190	8,67E+08	7,80E-03	133
19	19 -- 20	2951	328829	64019	9,66E+08	7,42E-03	120
20	20 -- 21	6682	339588	67166	1,05E+09	7,11E-03	111
21	21 -- 22	6790	364526	74294	1,26E+09	6,41E-03	91
22	22 -- 23	6861	393292	81537	1,48E+09	5,75E-03	74
23	23 -- 24	6887	423482	88855	1,73E+09	5,09E-03	58
24	24 -- 25	3435	466692	96201	2,00E+09	4,43E-03	44
25	25 -- 26	3420	483032	99865	2,14E+09	4,09E-03	38
26	26 -- 27	3454	499729	103513	2,29E+09	3,76E-03	32
27	27 -- 28	3418	517078	107198	2,44E+09	3,42E-03	27
28	28 -- 29	6677	534796	110843	2,60E+09	3,07E-03	22
29	29 -- 30	6343	571336	117965	2,94E+09	2,39E-03	14
30	30 -- 31	5799	614395	124731	3,30E+09	1,79E-03	8
31	31 -- 32	4865	659127	130916	3,68E+09	1,19E-03	4
32	32 -- 33	4806	705534	136106	4,07E+09	5,91E-04	1
33		0	768771	141233	4,48E+09	0,00E+00	0

B - Horizontale belasting - belastinggeval 1a

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,05E-02	1804
2	2 -- 3		11326	11326	0,00E+00	5,05E-02	1768
3	3 -- 4			11326	2,47E+07	5,03E-02	1658
4	4 -- 5			11326	5,76E+07	4,98E-02	1512
5	5 -- 6		79655	90980	8,26E+07	4,94E-02	1403
6	6 -- 7			90980	1,46E+08	4,92E-02	1369
7	7 -- 8			90980	4,10E+08	4,77E-02	1228
8	8 -- 9			90980	6,73E+08	4,56E-02	1092
9	9 -- 10		74287	165267	8,56E+08	4,39E-02	1002
10	10 -- 11			165267	1,00E+09	4,31E-02	963
11	11 -- 12			165267	1,48E+09	4,05E-02	842
12	12 -- 13			165267	1,96E+09	3,76E-02	728
13	13 -- 14		67749	233016	2,26E+09	3,57E-02	662
14	14 -- 15			233016	2,52E+09	3,45E-02	624
15	15 -- 16			233016	2,85E+09	3,29E-02	575
16	16 -- 17			233016	3,19E+09	3,13E-02	528
17	17 -- 18			233016	3,53E+09	2,98E-02	484
18	18 -- 19			233016	3,87E+09	2,83E-02	442
19	19 -- 20		16218	249234	4,24E+09	2,66E-02	398
20	20 -- 21			249234	4,56E+09	2,52E-02	364
21	21 -- 22			249234	5,29E+09	2,22E-02	295
22	22 -- 23			249234	6,01E+09	1,95E-02	235
23	23 -- 24			249234	6,73E+09	1,69E-02	182
24	24 -- 25			249234	7,46E+09	1,44E-02	136
25	25 -- 26			249234	7,82E+09	1,31E-02	116
26	26 -- 27			249234	8,18E+09	1,19E-02	98
27	27 -- 28			249234	8,55E+09	1,07E-02	81
28	28 -- 29			249234	8,91E+09	9,54E-03	66
29	29 -- 30			249234	9,65E+09	7,25E-03	42
30	30 -- 31			249234	1,04E+10	5,31E-03	23
31	31 -- 32			249234	1,11E+10	3,46E-03	10
32	32 -- 33			249234	1,19E+10	1,69E-03	3
33				249234	1,26E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,01E-02	360
2	2 -- 3		2262	2262	0,00E+00	1,01E-02	353
3	3 -- 4			2262	4,94E+06	1,01E-02	331
4	4 -- 5			2262	1,15E+07	9,96E-03	302
5	5 -- 6		15910	18172	1,65E+07	9,87E-03	280
6	6 -- 7			18172	2,91E+07	9,83E-03	273
7	7 -- 8			18172	8,18E+07	9,53E-03	245
8	8 -- 9			18172	1,35E+08	9,11E-03	218
9	9 -- 10		14839	33010	1,71E+08	8,78E-03	200
10	10 -- 11			33010	2,00E+08	8,62E-03	192
11	11 -- 12			33010	2,96E+08	8,09E-03	168
12	12 -- 13			33010	3,92E+08	7,50E-03	145
13	13 -- 14		13534	46544	4,52E+08	7,13E-03	132
14	14 -- 15			46544	5,02E+08	6,89E-03	125
15	15 -- 16			46544	5,70E+08	6,58E-03	115
16	16 -- 17			46544	6,37E+08	6,25E-03	106
17	17 -- 18			46544	7,05E+08	5,95E-03	97
18	18 -- 19			46544	7,72E+08	5,65E-03	88
19	19 -- 20		3240	49784	8,47E+08	5,31E-03	79
20	20 -- 21			49784	9,12E+08	5,04E-03	73
21	21 -- 22			49784	1,06E+09	4,44E-03	59
22	22 -- 23			49784	1,20E+09	3,90E-03	47
23	23 -- 24			49784	1,34E+09	3,38E-03	36
24	24 -- 25			49784	1,49E+09	2,87E-03	27
25	25 -- 26			49784	1,56E+09	2,62E-03	23
26	26 -- 27			49784	1,63E+09	2,38E-03	20
27	27 -- 28			49784	1,71E+09	2,14E-03	16
28	28 -- 29			49784	1,78E+09	1,91E-03	13
29	29 -- 30			49784	1,93E+09	1,45E-03	8
30	30 -- 31			49784	2,07E+09	1,06E-03	5
31	31 -- 32			49784	2,22E+09	6,91E-04	2
32	32 -- 33			49784	2,37E+09	3,38E-04	1
33				49784	2,51E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,17E-02	1103
2	2 -- 3		11638	11638	0,00E+00	3,17E-02	1080
3	3 -- 4			11638	2,54E+07	3,15E-02	1011
4	4 -- 5			11638	5,92E+07	3,10E-02	920
5	5 -- 6		44479	56117	8,48E+07	3,06E-02	852
6	6 -- 7			56117	1,24E+08	3,04E-02	831
7	7 -- 8			56117	2,87E+08	2,93E-02	744
8	8 -- 9			56117	4,49E+08	2,79E-02	661
9	9 -- 10		41484	97601	5,62E+08	2,68E-02	607
10	10 -- 11			97601	6,49E+08	2,62E-02	583
11	11 -- 12			97601	9,32E+08	2,46E-02	509
12	12 -- 13			97601	1,22E+09	2,27E-02	440
13	13 -- 14		37835	135436	1,39E+09	2,16E-02	400
14	14 -- 15			135436	1,54E+09	2,09E-02	377
15	15 -- 16			135436	1,74E+09	1,99E-02	348
16	16 -- 17			135436	1,93E+09	1,89E-02	319
17	17 -- 18			135436	2,13E+09	1,80E-02	293
18	18 -- 19			135436	2,33E+09	1,71E-02	267
19	19 -- 20		16634	152069	2,54E+09	1,61E-02	241
20	20 -- 21			152069	2,74E+09	1,53E-02	220
21	21 -- 22			152069	3,18E+09	1,34E-02	179
22	22 -- 23			152069	3,62E+09	1,18E-02	142
23	23 -- 24			152069	4,06E+09	1,02E-02	110
24	24 -- 25			152069	4,50E+09	8,70E-03	83
25	25 -- 26			152069	4,72E+09	7,96E-03	70
26	26 -- 27			152069	4,94E+09	7,22E-03	59
27	27 -- 28			152069	5,17E+09	6,49E-03	49
28	28 -- 29			152069	5,39E+09	5,78E-03	40
29	29 -- 30			152069	5,84E+09	4,39E-03	25
30	30 -- 31			152069	6,29E+09	3,22E-03	14
31	31 -- 32			152069	6,74E+09	2,10E-03	6
32	32 -- 33			152069	7,19E+09	1,03E-03	2
33				152069	7,64E+09	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	1,01E-02	361
2	2 -- 3		2263	2263	0,00E+00	1,01E-02	353
3	3 -- 4			2263	4,94E+06	1,01E-02	331
4	4 -- 5			2263	1,15E+07	9,96E-03	302
5	5 -- 6		15919	18182	1,65E+07	9,87E-03	280
6	6 -- 7			18182	2,91E+07	9,83E-03	274
7	7 -- 8			18182	8,19E+07	9,54E-03	245
8	8 -- 9			18182	1,35E+08	9,11E-03	218
9	9 -- 10		14847	33030	1,71E+08	8,78E-03	200
10	10 -- 11			33030	2,01E+08	8,62E-03	193
11	11 -- 12			33030	2,96E+08	8,09E-03	168
12	12 -- 13			33030	3,92E+08	7,51E-03	146
13	13 -- 14		13542	46571	4,52E+08	7,13E-03	132
14	14 -- 15			46571	5,03E+08	6,90E-03	125
15	15 -- 16			46571	5,70E+08	6,58E-03	115
16	16 -- 17			46571	6,38E+08	6,25E-03	106
17	17 -- 18			46571	7,05E+08	5,95E-03	97
18	18 -- 19			46571	7,73E+08	5,65E-03	88
19	19 -- 20		3242	49813	8,47E+08	5,32E-03	80
20	20 -- 21			49813	9,12E+08	5,04E-03	73
21	21 -- 22			49813	1,06E+09	4,44E-03	59
22	22 -- 23			49813	1,20E+09	3,90E-03	47
23	23 -- 24			49813	1,35E+09	3,38E-03	36
24	24 -- 25			49813	1,49E+09	2,87E-03	27
25	25 -- 26			49813	1,56E+09	2,63E-03	23
26	26 -- 27			49813	1,63E+09	2,38E-03	20
27	27 -- 28			49813	1,71E+09	2,14E-03	16
28	28 -- 29			49813	1,78E+09	1,91E-03	13
29	29 -- 30			49813	1,93E+09	1,45E-03	8
30	30 -- 31			49813	2,08E+09	1,06E-03	5
31	31 -- 32			49813	2,22E+09	6,92E-04	2
32	32 -- 33			49813	2,37E+09	3,38E-04	1
33				49813	2,52E+09	0,00E+00	0

F - Excentriciteit moment t.g.v. eigengewicht draden

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,84E-03	156
2	2 -- 3				7,10E+06	5,84E-03	151
3	3 -- 4				7,10E+06	5,93E-03	138
4	4 -- 5				7,10E+06	6,01E-03	121
5	5 -- 6				1,34E+08	6,06E-03	108
6	6 -- 7				1,34E+08	5,83E-03	104
7	7 -- 8				1,34E+08	5,12E-03	88
8	8 -- 9				1,34E+08	4,59E-03	74
9	9 -- 10				2,79E+08	4,30E-03	65
10	10 -- 11				2,79E+08	4,06E-03	61
11	11 -- 12				2,79E+08	3,47E-03	50
12	12 -- 13				2,79E+08	2,99E-03	41
13	13 -- 14				4,30E+08	2,74E-03	36
14	14 -- 15				4,30E+08	2,53E-03	33
15	15 -- 16				4,30E+08	2,28E-03	29
16	16 -- 17				4,30E+08	2,05E-03	26
17	17 -- 18				4,30E+08	1,85E-03	23
18	18 -- 19				4,30E+08	1,68E-03	21
19	19 -- 20				4,10E+08	1,50E-03	18
20	20 -- 21				4,10E+08	1,38E-03	16
21	21 -- 22				4,10E+08	1,12E-03	13
22	22 -- 23				4,10E+08	9,29E-04	10
23	23 -- 24				4,10E+08	7,60E-04	7
24	24 -- 25				4,10E+08	6,14E-04	5
25	25 -- 26				4,10E+08	5,48E-04	4
26	26 -- 27				4,10E+08	4,85E-04	4
27	27 -- 28				4,10E+08	4,26E-04	3
28	28 -- 29				4,10E+08	3,71E-04	2
29	29 -- 30				4,10E+08	2,70E-04	1
30	30 -- 31				4,10E+08	1,90E-04	1
31	31 -- 32				4,10E+08	1,20E-04	0
32	32 -- 33				4,10E+08	5,67E-05	0
33					4,10E+08	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

		)*	)**
Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,20	1,20
Eigengewicht mast	G_k =	1,20	1,20
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	1,60	0,45
Belasting geval 1a	Q_{wk} =	1,50	0,00
Belasting geval 1b	Q_{wk} =	0,00	0,00
Belasting geval 3	Q_{ik} =	0,00	1,50
Belasting geval 4	Q_{pk} =	0,00	0,00

knoop nummer	staaf i--j	normaal kr. kN	dwars kr. kN	moment kNm
1	1 -- 2	0,48	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,95	12,25	31,98
3	3 -- 4	12,16	15,22	23,24
4	4 -- 5	19,88	19,48	73,56
5	5 -- 6	74,25	102,60	332,91
6	6 -- 7	76,40	103,73	374,29
7	7 -- 8	87,20	108,67	641,19
8	8 -- 9	99,02	113,92	963,93
9	9 -- 10	156,05	192,01	1341,56
10	10 -- 11	160,13	193,76	1514,19
11	11 -- 12	175,67	199,60	2084,56
12	12 -- 13	197,50	205,71	2672,26
13	13 -- 14	257,21	277,39	3197,19
14	14 -- 15	264,10	279,82	3502,27
15	15 -- 16	273,47	283,09	3910,37
16	16 -- 17	283,13	286,41	4323,26
17	17 -- 18	294,14	289,78	4741,00
18	18 -- 19	305,48	293,21	5163,67
19	19 -- 20	328,83	313,25	5616,13
20	20 -- 21	339,59	316,40	6025,40
21	21 -- 22	364,53	323,53	6953,30
22	22 -- 23	393,29	330,77	7902,03
23	23 -- 24	423,48	338,09	8871,88
24	24 -- 25	466,69	345,43	9862,98
25	25 -- 26	483,03	349,10	10366,52
26	26 -- 27	499,73	352,75	10875,36
27	27 -- 28	517,08	356,43	11398,38
28	28 -- 29	534,80	360,08	11926,80
29	29 -- 30	571,34	367,20	12999,53
30	30 -- 31	614,39	373,96	14092,75
31	31 -- 32	659,13	380,15	15205,07
32	32 -- 33	705,53	385,34	16334,17
33		768,77	390,47	17478,48

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 32

4.6 - Toetsing van de doorsnede

Elasticiteitsmodulus E-	N/mm^2	210000	
Vloeigrens f_y	N/mm^2	355	Voor wanddikte t < 40
Vloeigrens f_y	N/mm^2	335	Voor wanddikte t >= 40

A- Controle buigspanning

Toetsingregel :

$$N_{Ed} / N_{Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} <= 1$$

waarin: $M_{y,Ed} = M_{1;y,Ed} + \Sigma N_{Ed,i} * \delta_{rel.i}$

$M_{1;y,Ed}$ = buigende moment uit komputer

$N_{Ed,i}$ = normaal kracht uit komputer uitvoer ter plaatse knoop i

$\delta_{rel,i}$ = maximale horizontale verplaatsing t.p.v. knoop i = $\delta_{i,max} - \delta_{j,max}$

$M_{y;el,Rd} = W_{y;el} * f_y$; $N_{Rd} = A * f_y$

staaf nummer	profiel $D_{voet} - D_{top}$ mm	moment $M_{1;y,Ed}$ kNm	drukkracht $N_{c,Rd}$ kN	rel.verpl. $\delta_{rel.}$ mm	$M_{y,Ed}$ in kNm	$M_{y;el,Rd}$ in kNm	toetsings-regel
1	500 / 726	31,98	6,95	35	32,2	967,9	0,03
2	500 / 726	23,24	12,16	106	24,8	1201,1	0,02
3	500 / 726	73,56	19,88	140	77,9	1549,6	0,05
4	500 / 726	332,91	74,25	105	345,0	1844,3	0,19
5	500 / 726	374,29	76,40	33	388,9	1942,5	0,21
6	726 / 952	641,19	87,20	134	667,5	2699,4	0,25
7	726 / 952	963,93	99,02	128	1003,0	3247,9	0,32
8	726 / 952	1341,56	156,05	85	1393,8	3656,7	0,39
9	726 / 952	1514,19	160,13	37	1572,3	3847,1	0,42
10	952 / 1254	2084,56	175,67	114	2162,6	5029,5	0,44
11	952 / 1254	2672,26	197,50	105	2771,1	5815,5	0,49
12	952 / 1254	3197,19	257,21	61	3311,8	6333,5	0,53
13	952 / 1254	3502,27	264,10	36	3626,3	6658,5	0,56
14	952 / 1254	3910,37	273,47	45	4046,7	7101,4	0,58
15	952 / 1254	4323,26	283,13	43	4471,8	7558,6	0,60
16	1254/ 1480	4741,00	294,14	41	4901,5	8880,7	0,56
17	1254/ 1480	5163,67	305,48	39	5335,9	9419,1	0,58
18	1254/ 1480	5616,13	328,83	40	5801,7	10031,6	0,59
19	1254/ 1480	6025,40	339,59	31	6221,4	10543,5	0,60
20	1254/ 1480	6953,30	364,53	63	7172,3	11731,3	0,62
21	1480/ 1935	7902,03	393,29	56	8142,9	14225,5	0,58
22	1480/ 1935	8871,88	423,48	49	9133,4	15668,8	0,59
23	1480/ 1935	9862,98	466,69	42	10144,0	17181,8	0,60
24	1480/ 1935	10366,52	483,03	18	10656,4	17964,5	0,60
25	1480/ 1935	10875,36	499,73	17	11173,6	18764,6	0,61
26	1480/ 1935	11398,38	517,08	15	11704,6	19596,4	0,61
27	1480/ 1935	11926,80	534,80	14	12240,4	20446,2	0,61
28	1480/ 1935	12999,53	571,34	23	13326,3	22200,0	0,61
29	1935/ 2242	14092,75	614,39	17	14430,1	27179,9	0,54
30	1935/ 2242	15205,07	659,13	12	15550,4	29332,1	0,54
31	1935/ 2242	16334,17	705,53	7	16684,5	31566,3	0,54
32	1935/ 2242	17478,48	768,77	2	17830,6	33882,5	0,54

B- Controle plooistabiliteit

Toetsing regel :volgens NEN -EN 50341-3 (NEN 1060).

$$(\sigma_{N;Ed} / \sigma_{N;plooi}) + (\sigma_{MEd} / \sigma_{M;plooi}) <= 1$$

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ N/mm^2

Indien $90 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,3 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

Plooispanning t.g.v moment

Indien $d / t < 157,5 * a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_{y;d}$

Indien $157,5 * a_y^2 < d / t < 315\ a_y^2$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = 0,6 * f_{y;d} + 14805 / (d/t)$

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
519	14,0	37,04	0,81	355	355
575	14,0	41,10	0,81	355	355
651	14,0	46,49	0,81	355	355
708	14,0	50,58	0,81	355	355
726	14,0	51,87	0,81	355	355
802	16,0	50,10	0,81	355	355
877	16,0	54,81	0,81	355	355
929	16,0	58,07	0,81	355	355
952	16,0	59,53	0,81	355	355
1028	18,0	57,10	0,81	355	355
1103	18,0	61,29	0,81	348	355
1150	18,0	63,90	0,81	338	355
1179	18,0	65,48	0,81	333	355
1216	18,0	67,57	0,81	326	355
1254	18,0	69,67	0,81	319	355
1292	20,0	64,59	0,81	336	355
1329	20,0	66,47	0,81	329	355
1371	20,0	68,55	0,81	322	355
1405	20,0	70,24	0,81	317	355
1480	20,0	74,01	0,81	307	355
1556	22,0	70,71	0,81	316	355
1631	22,0	74,14	0,81	306	355
1706	22,0	77,56	0,81	297	355
1744	22,0	79,28	0,81	293	355
1782	22,0	80,99	0,81	289	355
1820	22,0	82,73	0,81	285	355
1859	22,0	84,48	0,81	282	355
1935	22,0	87,96	0,81	275	355
2012	25,0	80,48	0,81	290	355
2089	25,0	83,54	0,81	284	355
2165	25,0	86,61	0,81	277	355
2242	25,0	89,68	0,81	272	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 726	12,27	0,32	355	355	0,04
2	500 / 726	8,13	0,52	355	355	0,02
3	500 / 726	20,18	0,75	355	355	0,06
4	500 / 726	72,32	2,54	355	355	0,21
5	500 / 726	72,93	2,47	355	355	0,21
6	726 / 952	96,95	2,32	355	355	0,28
7	726 / 952	119,99	2,39	355	355	0,34
8	726 / 952	143,45	3,50	355	355	0,41
9	726 / 952	148,79	3,44	355	355	0,43
10	952 / 1254	164,82	3,20	355	355	0,47
11	952 / 1254	181,66	3,33	355	348	0,52
12	952 / 1254	193,64	4,10	355	338	0,56
13	952 / 1254	198,20	4,07	355	333	0,57
14	952 / 1254	208,86	4,10	355	326	0,60
15	952 / 1254	216,63	4,11	355	319	0,62
16	1254/ 1480	201,92	3,74	355	336	0,58
17	1254/ 1480	207,07	3,77	355	329	0,59
18	1254/ 1480	211,83	3,93	355	322	0,61
19	1254/ 1480	214,72	3,95	355	317	0,62
20	1254/ 1480	228,78	4,08	355	307	0,66
21	1480/ 1935	213,65	3,80	355	316	0,61
22	1480/ 1935	217,05	3,90	355	306	0,62
23	1480/ 1935	219,36	4,10	355	297	0,63
24	1480/ 1935	215,30	4,10	355	293	0,62
25	1480/ 1935	216,02	4,15	355	289	0,62
26	1480/ 1935	216,66	4,21	355	285	0,63
27	1480/ 1935	217,06	4,26	355	282	0,63
28	1480/ 1935	221,96	4,41	355	275	0,64
29	1935/ 2242	196,01	4,01	355	290	0,57
30	1935/ 2242	195,44	4,14	355	284	0,57
31	1935/ 2242	194,59	4,27	355	277	0,56
32	1935/ 2242	193,49	4,49	355	272	0,56

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

bouten	A_s in mm²	f_{ub} in N/mm²	$F_{t,Rd}$ in kN	$F_{v,Rd}$ in kN
M 48 - 8,8	1473	800	848,45	565,63
M 48 - 10,9	1473	1000	1060,56	589,20
M 45 - 8,8	1306	800	752,26	501,50
M 45 - 10,9	1306	1000	940,32	522,40
M 42 - 8.8	1121	800	645,64	430,43
M 42 - 10,9	1121	1000	807,05	448,36
M 39 - 8.8	976	800	562,04	374,70
M 39 - 10,9	976	1000	702,55	390,31
M 39 - 12,9	976	1200	843,07	468,37
M 36 - 8.8	817	800	470,59	313,73
M 36 - 10,9	817	1000	588,24	326,80
M 33 - 8.8	694	800	399,49	266,33
M 33 - 10,9	694	1000	499,36	277,42
M 30 - 8.8	561	800	322,90	215,27
M 30 - 10,9	561	1000	403,62	224,24

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

$$F_{Ed} = M_{y,Ed} * a / I_p - N_{Ed} / n$$

Waarin :

$M_{y,Ed}$ = max. moment t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

N_{Ed} = max. normaal kracht t.p.v aansluiting t.g.v rekenbelasting

a = max. afstand bout tot zwaartepunt boutenpatroon = diameter stc. / 2

n = aantal bouten en $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

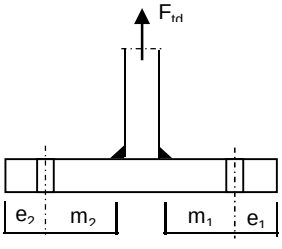
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

Flensverbinding met twee boutrij : $I_p = (n / 4) * [(d_{stc1.} / 2)^2 + (d_{stc2.} / 2)^2]$

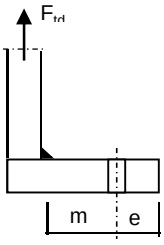
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

$$I_p = (n / 2) * (d_{stc.gemiddeld.} / 2)^2$$

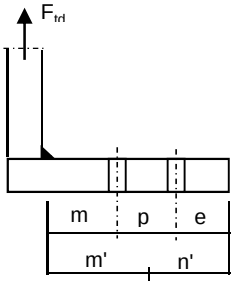
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat : $m = \max.(m_1;m_2)$
$e = \max.(e_1;e_2)$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 4 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (2 * M_{pl} + n * 2 * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = 2 * F_{t;u;d}$

2 - Flens met 1 rij bouten :
m, n en e zoals bij voetplaat

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t;u;d}) / (m + n)$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t;u;d}$

3 - Flens met 2 rij bouten :
$m' = m + p / 2$
$n' = n + p / 3$
$n = \min.(1{,}25*m;e)$

Bezwijkvorm 1 : $F_{tEd} = M_{pl} * (1+n'/n) / m'$
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Ed} = (M_{pl} + n' * F_{t;u;d}) / (m' + n')$
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Ed} = 2 * F_{t;u;d}$

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1{,}25*e ; 2*\pi*m)$

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2442					
st.c binnenkant		1992					
2217	64	480,73	6,10	33	M 48 - 8,8	848,4	0,57
flenzen op 20,60 m hoogte.							
st.c buitenkant		1510,00					
1510,00	36	712,79	9,60	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,67
flenzen op 43,40 m hoogte.							
st.c buitenkant		920,00					
920,00	24	475,88	8,57	12	M 48 - 10,9	1060,6	0,45

Dikte voetplaat en flenzen - conform NEN - EN 1993-1-8,

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2442,00	1992,00	93,2	80,0	80,0			195,6
2442,00	1992,00	93,2	80,0	80,0			239,7
flenzen op 19,80 m hoogte.							
1510,00	1510,0	69,4	60,0	60,0			131,8
1510,00	1510,0	69,4	60,0	60,0			131,8
flenzen op 43,40 m hoogte.							
920,00	920,0	66,8	60,0	60,0			120,4
920,00	920,0	66,8	60,0	60,0			120,4

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	5,90E+07	2530,26	1464,55	1696,90	1464,55	961,46	0,66
60	7,23E+07	3101,86	1618,35	1696,90	1618,35	961,46	0,59
flenzen op 19,80 m hoogte.							
80	7,06E+07	2035,10	1037,49	1060,56	1037,49	712,79	0,69
80	7,06E+07	2035,10	1037,49	1060,56	1037,49	712,79	0,69
flenzen op 43,40 m hoogte.							
60	3,63E+07	1086,90	788,12	1060,56	788,12	475,88	0,60
60	3,63E+07	1086,90	788,12	1060,56	788,12	475,88	0,60
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

Alle lassen: voorbewerkt 1/2 V- las met een tegenlas (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

B - Buizen

Alle lassen: voorbewerkt X- las
Bij gelijke wanddikte (K50 , lasdetail 102 van NEN 2063).
Bij dikte overgang asymmetrisch (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).

Bouten

Alle bouten: Voorspanning 70% van de trekkracht met betrekking tot de capaciteit van de bout in de uiterste grenstoestand

6.0 - Controle berekening vortex shedding

Belasting loodrecht op windrichting (respons door wervelvorming) - Eurocode 1

De respons is bepaald volgens Eurocode 1, Deel 1 - 4 ,bijlage E

De kritische windsnelheid $v_{crit,1} = b * n_{i,y} / St$

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt voor cirkelvormige cilinders is de referentiebreedte de uitwendige diameter.

St is de Strouhal getal conform E.1.3.2 ; voor cirkelcilinders St = 0,18

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2242	0,47	1,179	0,18	3,10

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

$$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$$

ρ is de dichtheid van lucht: $\rho = 1,25$ kg/m^3

b is de referentiebreedte van de doorsnede waarbij resonantie met de wervelvorming optreedt

$$b = d_{w;gem}$$

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

Opmerking:
In Eurocode 1, Tabel F.2 is geen waarde gegeven voor de constructieve demping voor een hoogspanningsmast met een enkel buisprofiel. In de tabel wordt alleen de benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen (met of zonder isolatie) aangegeven. In de NEN 1060 (Bovengrondse hoogspanningslijnen – voorloper van NEN-EN 50341) art. 9.2.6.5 wordt het logaritmisch decrement beschreven als $\delta = 2.\pi.D$. D is de dempingsmaat bij responsie loodrecht op de windrichting en is gelijk aan 0.005. Dit resulteert $\delta = 2.\pi.0.005 = 0.0314$. Deze formule is ook aangegeven in de DIN 4133 (Schornsteine aus Stahl) en als benaderde waarde van de constructieve demping van een stalen schoorsteen met 2 of 3 koppelingen is 0.025 en 0.03 aangegeven.
Daarom wordt in deze berekening voor de constructieve demping 0.03 aangehouden.

$m_{i;e}$ is de equivalente massa m_e per lengte eenheid, in kg/m, gewogen naar de trillingsvorm :

$$m_e = \frac{\int_0^{l} m(s) * \phi^2_i(s)\, ds}{\int_0^{l} \phi^2_i(s)\, ds}$$

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	2005	1,000		1,000			
2	1968	0,981	1 -- 2	0,991	133	456	822,7
3	1853	0,924	2 -- 3	0,953	435		199,0
4	1702	0,849	3 -- 4	0,886	643		221,8
5	1588	0,792	4 -- 5	0,820	540	4109	2108,3
6	1552	0,774	5 -- 6	0,783	179		257,8
7	1406	0,701	6 -- 7	0,737	899		310,1
8	1263	0,630	7 -- 8	0,665	986		339,9
9	1168	0,582	8 -- 9	0,606	732	4142	2430,7
10	1127	0,562	9 -- 10	0,572	340		379,9
11	996	0,497	10 -- 11	0,529	1295		446,5
12	873	0,435	11 -- 12	0,466	1392	427	627,2
13	800	0,399	12 -- 13	0,417	915	4185	2825,6
14	758	0,378	13 -- 14	0,388	574		523,9
15	703	0,351	14 -- 15	0,364	781		538,6
16	650	0,324	15 -- 16	0,337	805		555,3
17	600	0,299	16 -- 17	0,312	918		632,9
18	552	0,275	17 -- 18	0,287	945		651,5
19	501	0,250	18 -- 19	0,262	1074	898	1232,3
20	461	0,230	19 -- 20	0,240	897		689,7
21	379	0,189	20 -- 21	0,210	2078		716,6
22	306	0,153	21 -- 22	0,171	2397		826,6
23	240	0,120	22 -- 23	0,136	2516		867,5
24	183	0,091	23 -- 24	0,106	2634	966	1241,7
25	157	0,079	24 -- 25	0,085	1362		939,1
26	134	0,067	25 -- 26	0,073	1391		959,6
27	112	0,056	26 -- 27	0,061	1446		980,2
28	92	0,046	27 -- 28	0,051	1476		1001,0
29	59	0,029	28 -- 29	0,038	3045		1032,2
30	33	0,016	29 -- 30	0,023	3588		1216,4
31	15	0,007	30 -- 31	0,012	3728		1263,6
32	4	0,002	31 -- 32	0,005	3867		1310,9
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	4007	1263	1786,3

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	823	0,991	0,716	0,70	578,06	0,71
2 -- 3	199	0,953	2,184	1,98	394,55	2,08
3 -- 4	222	0,886	2,900	2,28	505,56	2,57
4 -- 5	2108	0,820	2,205	1,48	3128,36	1,81
5 -- 6	258	0,783	0,695	0,43	109,84	0,54
6 -- 7	310	0,737	2,900	1,58	489,14	2,14
7 -- 8	340	0,665	2,900	1,28	436,33	1,93
8 -- 9	2431	0,606	2,005	0,74	1790,60	1,22
9 -- 10	380	0,572	0,895	0,29	111,28	0,51
10 -- 11	447	0,529	2,900	0,81	362,73	1,53
11 -- 12	627	0,466	2,900	0,63	395,08	1,35
12 -- 13	2826	0,417	1,805	0,31	887,64	0,75
13 -- 14	524	0,388	1,095	0,17	86,54	0,43
14 -- 15	539	0,364	1,450	0,19	103,55	0,53
15 -- 16	555	0,337	1,450	0,17	91,67	0,49
16 -- 17	633	0,312	1,450	0,14	89,21	0,45
17 -- 18	652	0,287	1,450	0,12	77,90	0,42
18 -- 19	1232	0,262	1,600	0,11	135,76	0,42
19 -- 20	690	0,240	1,300	0,07	51,59	0,31
20 -- 21	717	0,210	2,900	0,13	91,32	0,61
21 -- 22	827	0,171	2,900	0,08	70,00	0,50
22 -- 23	868	0,136	2,900	0,05	46,69	0,40
23 -- 24	1242	0,106	2,900	0,03	40,15	0,31
24 -- 25	939	0,085	1,450	0,01	9,81	0,12
25 -- 26	960	0,073	1,450	0,01	7,34	0,11
26 -- 27	980	0,061	1,475	0,01	5,43	0,09
27 -- 28	1001	0,051	1,475	0,00	3,82	0,08
28 -- 29	1032	0,038	2,950	0,00	4,29	0,11
29 -- 30	1216	0,023	2,950	0,00	1,87	0,07
30 -- 31	1264	0,012	2,950	0,00	0,53	0,04
31 -- 32	1311	0,005	2,950	0,00	0,08	0,01
32 -- 33	1786	0,001	2,950	0,00	0,00	0,00
		Σ	67,00	13,82	10106,71	22,62

m_e = 10106,7 / 13,8 = 731,3 kg/m

$Sc = 2 * \delta_s * m_{i;e} / \rho * b^2$

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2242	731,3	0,030	1,25	1,179	25,2

Berekening van verplaatsingen

de grootste $y_{f;max}$ verplaatsing kan berekend worden met:

$y_{F;max} / b = (1/St^2) * (1/Sc) * K * K_w * C_{lat}$

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 25,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds}{4.\pi.\sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \phi^2_i(s) \, ds}$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

K = 22,62 / (4 * π * 13,82) = 0,130 (tabel E.5)

C_{lat} is de laterale krachtcoëfficiënt gegeven in E.1.5/2.5

C_{lat} : $R_e (V_{crit}) < 3*10^5$; $C_{lat} = 0,7$

$5*10^5 < R_e (V_{crit}) < 5*10^6$; $C_{lat} = 0,2$

$R_e (V_{crit}) > 7*10^7$; $C_{lat} = 0,3$

$R_e (V_{crit}) = b * v(crit) / \nu$;

ν is de kinematische viscositeit van de lucht $\nu = 15*10^{-6}$ m^2/s

$R_e (V_{crit})$ = 1,179 * 3,10 / $15*10^{-6}$ = 2,4E+05

C_{lat} = 0,70

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^{m} \int_{L_j} |\phi_i(s)| \, ds}{\sum_{j=1}^{n} \int_{\ell_i} |\phi_i(s)| \, ds} \leq 0,6$$

Voor i = 1 (eerste trillingsvorm) is m = n = 1

Lj / b = 6
Lj = 7,08 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,41 / 22,62 = 0,28

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,040 * 0,130 * 0,28 * 0,7 = 0,032

$y_{F;max}$ = 1,179 * 0,032 = 0,037 m

$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$

De factor C_{rd} volgt uit de spanning door een opgelegde verplaatsing volgens de eerste eigentrilling.

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		66147	66147	0,00E+00	4,2E-02	1000
2	2 -- 3			66147	4,74E+07	4,2E-02	970
3	3 -- 4			66147	1,92E+08	4,0E-02	880
4	4 -- 5			66147	3,84E+08	3,7E-02	767
5	5 -- 6			66147	5,30E+08	3,4E-02	688
6	6 -- 7			66147	5,75E+08	3,3E-02	664
7	7 -- 8			66147	7,67E+08	3,0E-02	573
8	8 -- 9			66147	9,59E+08	2,6E-02	492
9	9 -- 10			66147	1,09E+09	2,4E-02	441
10	10 -- 11			66147	1,15E+09	2,3E-02	420
11	11 -- 12			66147	1,34E+09	2,0E-02	357
12	12 -- 13			66147	1,53E+09	1,8E-02	301
13	13 -- 14			66147	1,65E+09	1,7E-02	270
14	14 -- 15			66147	1,73E+09	1,6E-02	252
15	15 -- 16			66147	1,82E+09	1,5E-02	230
16	16 -- 17			66147	1,92E+09	1,4E-02	210
17	17 -- 18			66147	2,01E+09	1,3E-02	190
18	18 -- 19			66147	2,11E+09	1,2E-02	172
19	19 -- 20			66147	2,22E+09	1,1E-02	154
20	20 -- 21			66147	2,30E+09	1,0E-02	140
21	21 -- 22			66147	2,49E+09	8,9E-03	112
22	22 -- 23			66147	2,69E+09	7,7E-03	88
23	23 -- 24			66147	2,88E+09	6,5E-03	68
24	24 -- 25			66147	3,07E+09	5,4E-03	50
25	25 -- 26			66147	3,17E+09	4,9E-03	43
26	26 -- 27			66147	3,26E+09	4,5E-03	36
27	27 -- 28			66147	3,36E+09	4,0E-03	30
28	28 -- 29			66147	3,46E+09	3,5E-03	24
29	29 -- 30			66147	3,65E+09	2,6E-03	15
30	30 -- 31			66147	3,85E+09	1,9E-03	8
31	31 -- 32			66147	4,04E+09	1,2E-03	4
32	32 -- 33			66147	4,24E+09	6,0E-04	1
33				66147	4,43E+09	0,0E+00	0

Wissel spanning

$$\Delta\sigma_{dyn} = 2 * C_{rd} * y_{F;max}$$

staaf nummer	profiel D (mm)	profiel t (mm)	$W_{y;el}$ mm^3	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd}) N/mm^2	$y_{F;max}$ m	$\Delta\sigma_{dyn}$ MPa
1	519	14,0	2726398	17	0,0372	1,3
2	575	14,0	3383259	57	0,0372	4,2
3	651	14,0	4365052	88	0,0372	6,5
4	708	14,0	5195221	102	0,0372	7,6
5	726	14,0	5471865	105	0,0372	7,8
6	802	16,0	7603905	101	0,0372	7,5
7	877	16,0	9148917	105	0,0372	7,8
8	929	16,0	10300648	106	0,0372	7,9
9	952	16,0	10836810	106	0,0372	7,9
10	1028	18,0	14167651	95	0,0372	7,1
11	1103	18,0	16381624	94	0,0372	7,0
12	1150	18,0	17840792	93	0,0372	6,9
13	1179	18,0	18756340	92	0,0372	6,9
14	1216	18,0	20003977	91	0,0372	6,8
15	1254	18,0	21291799	90	0,0372	6,7
16	1292	20,0	25016102	81	0,0372	6,0
17	1329	20,0	26532766	80	0,0372	5,9
18	1371	20,0	28258144	78	0,0372	5,8
19	1405	20,0	29700046	78	0,0372	5,8
20	1480	20,0	33045930	75	0,0372	5,6
21	1556	22,0	40071933	67	0,0372	5,0
22	1631	22,0	44137519	65	0,0372	4,9
23	1706	22,0	48399569	63	0,0372	4,7
24	1744	22,0	50604269	63	0,0372	4,7
25	1782	22,0	52858084	62	0,0372	4,6
26	1820	22,0	55201152	61	0,0372	4,5
27	1859	22,0	57595044	60	0,0372	4,5
28	1935	22,0	62535301	58	0,0372	4,3
29	2012	25,0	76563236	50	0,0372	3,7
30	2089	25,0	82625654	49	0,0372	3,6
31	2165	25,0	88919092	48	0,0372	3,5
32	2242	25,0	95443550	46	0,0372	3,5

Bepaling van het aantal spanningscycli

Het aantal spanningswisseling N veroorzaakt door trilling door wervelvorming wordt berekend met:

$$N = 2 * T * n_{i;y} * \varepsilon_o * [V_{crit} / V_o]^2 * \exp[-(V_{crit} / V_o)^2] >= 10^4$$

$n_y = n_{1;y}$ = 0,47 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

T is levensduur in seconden = $3,2 * 10^7$ maal de vervachte levensduur in jaren

$V_{crit,1}$ = 3,10 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

V_o is wortel(2) maal de modus van de Weibull waarschijnlijkheidsverdeling van de windsnelheid in m/s
V_o = 20% van de karakteristieke gemiddelde windsnelheid op hoogte waar wervelvorming plaatsvind

z_s = 63,46225 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

Basiswindsnelheid $V_{b,0}$ = 27 m/s

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0
Seizoensfactor C_{season} = 1,0
Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

z_0 = 0,200 m

Gemiddelde windsnelheid $V_m(z) = (V_{b,0} * C_{dir} * C_{season}) * c_r(z)$

$c_r(z) = k_r * \ln\{ z / z_0\}$ voor $z_{min} \le z \le z_{max}$
$c_r(z) = c_r (z_{min})$ voor $z \le z_{min}$

$k_r = 0,19 \ln\{ z_0 / z_{0,II}\}^{0,07}$ $z_{0;II}$ = 0,05 m

$k_r = 0,19 \ln\{ 0,200 / 0,05\}^{0,07}$ = 0,21

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,21

$V_m(z)$ = 32,6 m/s

V_o = 32,6 * 20 / 100 = 6,51 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,47 * [3,10 / 6,50]^2 * \exp[-(3,10 / 6,50)^2]$ = 8,23E+07 aantal/per

Vermoeiingsschade t.g.v. dwarstrilling

De vermoeiingsschade vindt plaats door het belastingspectrum te toetsen aan de bij het detail behorende $\Delta\sigma$-N lijn conform NEN 2063.

$\Delta\sigma < 0{,}55\,\Delta\sigma_k$ ------> $N = \infty$

$0{,}55\,\Delta\sigma_k < \Delta\sigma < \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^5 = N_k.\Delta\sigma^5{}_k$

$\Delta\sigma > \Delta\sigma_k$ ------> $N.\Delta\sigma^3 = N_k.\Delta\sigma^3{}_k$

$N_k = 10^7$

$\Delta\sigma_i$ is het i^e spanningsniveau

$\Delta\sigma_k$ is het spanningsinterval behorende bij 10^7 wisselingen op de $\Delta\sigma_i$-N lijn.

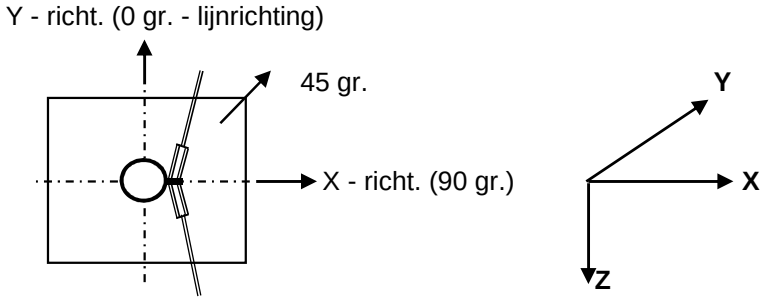
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$k =	45	MPa	Voorbewerkt X- las (K45 , lasdetail 112 van NEN 2063).
$\Delta\sigma$k =	35	MPa	Voorbewerkt 1/2V- las (K35 , lasdetail 301 van NEN 2063).

Plaats van trilling		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma_k$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl. per jaar	D beschadiging < 1
Knoop							
3	Lasnaad	5,07	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
4	Lasnaad	7,85	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
5							
6	Lasnaad	9,40	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
7	Lasnaad	9,02	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
8	Lasnaad	9,37	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
9							
10	Lasnaad	9,49	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
11	Lasnaad	8,47	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
12	flenzen	8,37	35	19,25	1,000E+10	8,23E+07	0,01
13							
14	Lasnaad	8,23	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
15							
16	Lasnaad	8,05	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
17							
18	Lasnaad	7,11	35	19,25	1,000E+10	8,23E+07	0,01
19							
20	Lasnaad	6,93	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
21	Lasnaad	6,74	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
22	Lasnaad	5,99	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
23	Lasnaad	5,83	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
24	flenzen	5,67	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
25							
26	Lasnaad	5,51	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
27							
28	Lasnaad	5,36	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
29	Lasnaad	5,22	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
30	Lasnaad	4,49	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
31	Lasnaad	4,37	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
32	Lasnaad	4,26	45	24,75	1,000E+10	8,23E+07	0,01
33	voetplaat	4,15	35	19,25	1,000E+10	8,23E+07	0,01

7.0 - Fundatie belastingen

Fundatie belastingen in ULS-toestand - (Ultimate limit state)



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			609			
2 - Windbelasting mast	141				4479	
3 - Belasting geval 1a	249		160		12999	
4 - Belasting geval 1b	50		187		2994	
5 - Belasting geval 3	152		341		8344	
6 - Belasting geval 4	50		217		3059	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	390		**769**		**17478**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	76		796		3834	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	192		949		9603	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	76		825		3899	

Samenvatting Fundatiebelastingen

	B.C. 1 - SLS γ_{eg}=1.0 , γ_q=1.0		B.C. 2 - ULS γ_{eg}=1.2 , γ_q=1.6		B.C. 3 - ULS γ_{eg}=0.9 , γ_q=1.6	
Voetmoment	11541	kNm	17478	kNm	17478	kNm
Dwarskracht	254	kN	390	kN	390	kN
Verticale kracht	645	kN	769	kN	580	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2442,00					
st.c binnenkant		1992,00					
2217	64	480,73	6,10	33	M 48 - 8,8	848,45	0,57
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2442,00					
st.c binnenkant		1992,00					
2217	64	315,27	3,97	33	M 48 - 8,8	848,45	0,37

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 480,7 kN

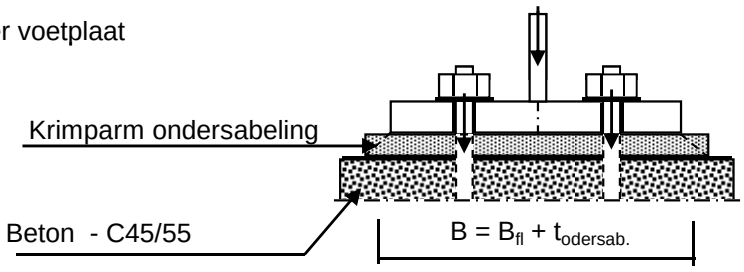
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 315,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 504,8 + 1,00 * 315,3 = 820,0 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

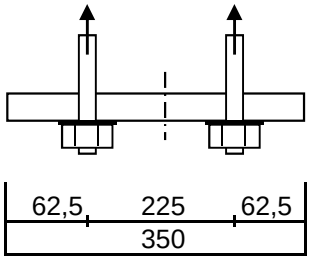
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	385,0	mm	D =	2217	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	64	
B =	425,0	mm			

A_{voetpl} = 425 * 2*π*D / n = 92503 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A =$ 17,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

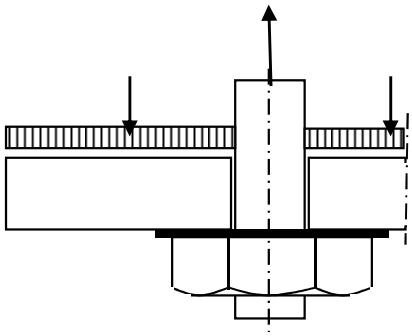


D = 2217 mm
n = 64

$A_{stortring}$ = 350 * 2*π*D / n = 76179 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 62,5 mm
L_{veld} = 225 mm

t = 35 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 24651 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1420 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 55217 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 55217 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1420 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 108719 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 7174 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 55217 / 108718,8 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 180,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1420 / 7174 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 40,6 N/mm^2

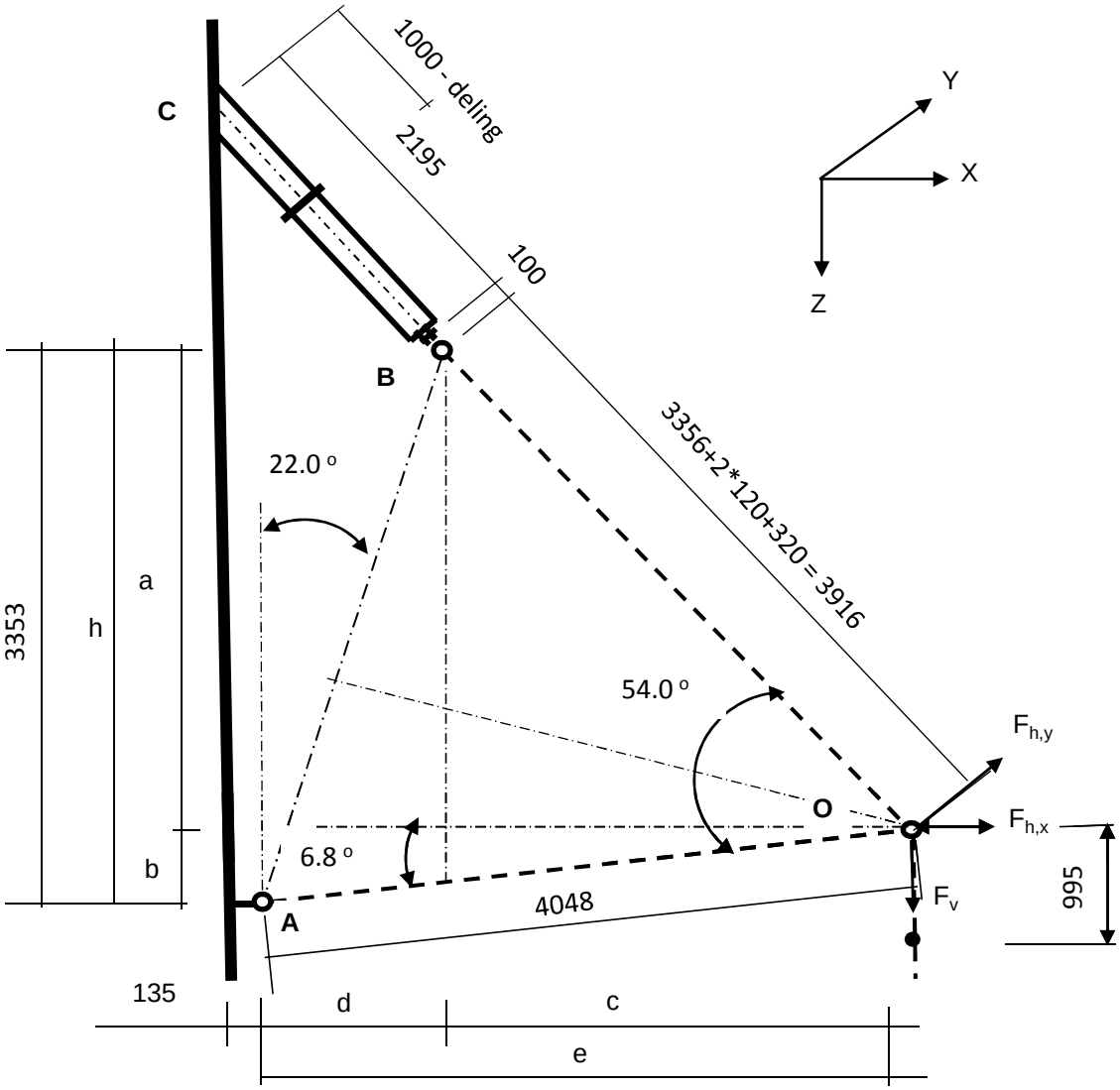
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (180,3^2 + 3*40,6^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 194 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening V-brace - 380 kV

9.1.1 - Berekening uithouder V-brace - 380 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AB
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 180 480-099 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	31862	266386	19159	31862	-266386	19159
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	17792	268286	36307	17792	-268286	36307
BG 1a - (+wind (45 gr))	15922	189890	20627	15922	-189890	20627
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8894	246836	37349	8894	-246836	37349

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	38317	±	63724	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	72614	±	35583	0
BG 1a - (wind (45 gr))	41254	±	31845	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	74699	±	17789	0

a =	2873	mm	b =	479	mm
h =	3353	mm	c =	2661	mm
d =	1359	mm	e =	4020	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	25,4	0,00	-3,0	38,3	0,00	41,4
BG 1a - (-wind (90 gr))	-89,3	0,00	10,7	25,6	0,00	27,7
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-28,5	0,00	3,4	64,1	0,00	69,2
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-92,6	0,00	11,0	57,0	0,00	61,6
BG 1a - (+wind (45 gr))	-5,7	0,00	0,7	37,6	0,00	40,6
BG 1a - (-wind (45 gr))	-63,1	0,00	7,5	31,2	0,00	33,7
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-46,3	0,00	5,5	64,1	0,00	69,2
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-78,3	0,00	9,3	60,5	0,00	65,4

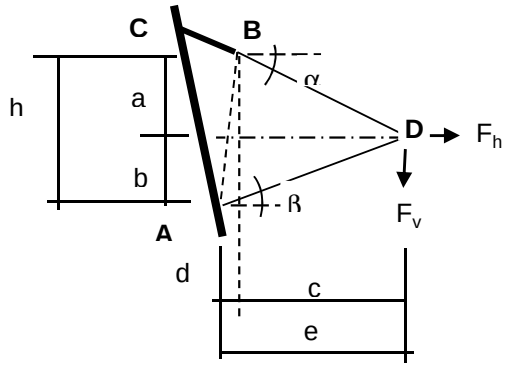
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

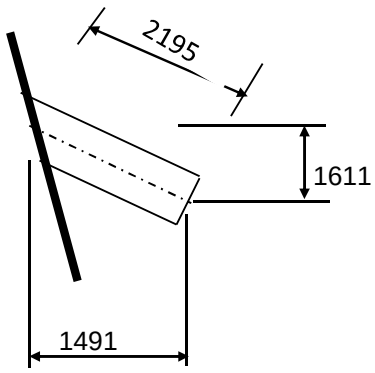
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,29	0,00	41,35	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	25,62	0,00	27,66	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	64,09	0,00	69,21	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	57,02	0,00	61,57	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	37,57	0,00	40,57	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	31,24	0,00	33,73	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	64,06	0,00	69,18	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	60,52	0,00	65,36	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	31931	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



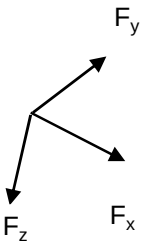


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	31,93	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-5,24	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-2,75	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	65,24	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	29,18	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	65,24	kN
$F_{z,Ed}$ =	10,33	kN
$F_{x,Ed}$ =	27,29	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
27,29	65,24	10,33	97,29	22,68	143,20

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	2894	kN
$W_y = W_z$ =	9,17E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
W_x =	1,83E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	217,0	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	250,5	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	835,5	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $64{,}1^2$ + $69{,}2^2$ }^{0,5} = 94,33 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 94,33 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,7 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm²
N_{Ed} =	55,30	kN ;	σ_N =	4,5	N/mm²
			σ_{max} =	4,5	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,29	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,2	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,68	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,7	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	143,20	/	217	=	0,66	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		156,2	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	97,29	/	251	=	0,39	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		53,1	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 65,24 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 10,7 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 10,33 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,7 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 24,7^2 + 158,4^2 \}^{0,5} = 160,4$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 186 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

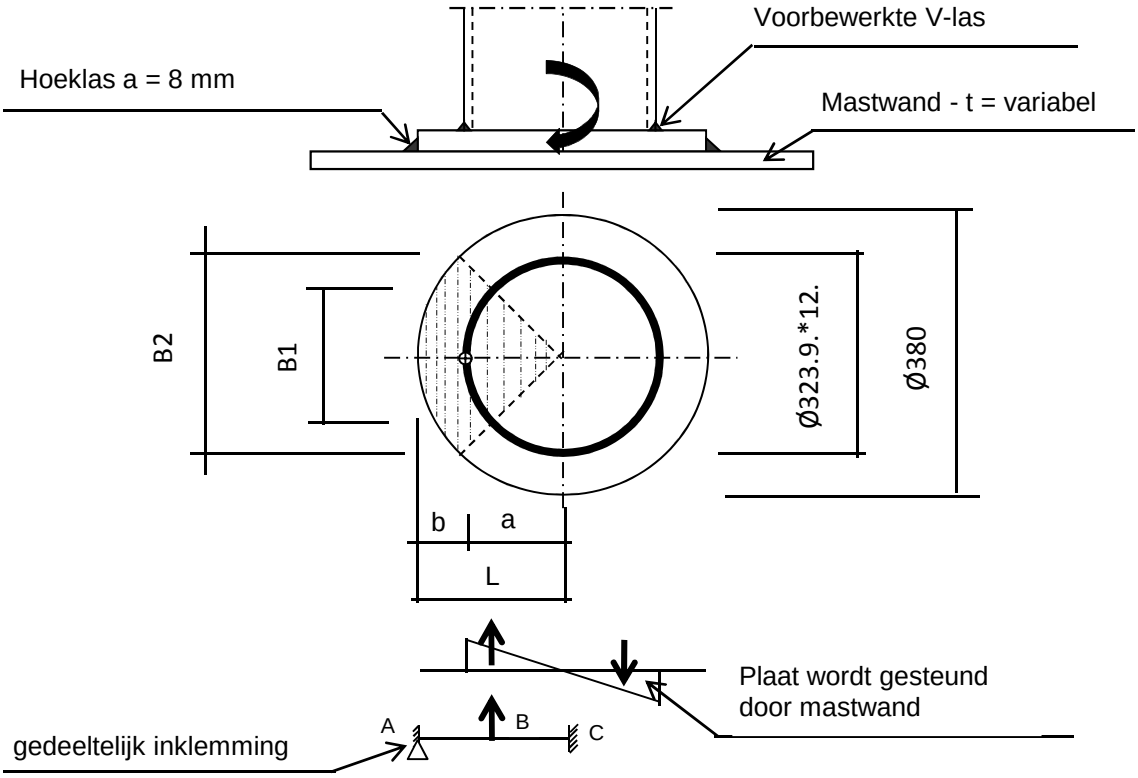
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 380 * 25 - S355

Buis Ø323,9 * 12,5 - S355 ;

A =	12229	mm^2
W =	916735	mm^3
I =	148465296	mm^4
R =	162	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 145,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 412,7 kN

a = R_{buis} = 162,0

b = R_{pl} - a = 28,1

B1 =	229,0	mm ;	Boog B1 =	254	mm
B2 =	268,7	mm ;	Boog B2 =	298	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 — 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 9,03 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / $2.L^3$)* (b + 2.L) = 322,0 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,41 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,48 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 388,4 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,4 * 32,0% = 2,69 kNm

$M_{B;Ed}$ = 9,0 * 68,0% + 2,5 * 32,0% = 6,94 kNm

$R_{A;Ed}$ = 322,0 * 68,0% + 388,4 * 32,0% = 343,2 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 11,04 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 9,41 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,69 / 11,04 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 57,7 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,94 / 9,41 = 0,74 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 174,5 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 343,2 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 46,0 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 54,0 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 197,9 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 127,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 101,6 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 127,5 + 101,6 = 229,2 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 127,5 - 101,6 = 25,9 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 233,5 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 233,5 / 302,2 = 0,77 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 229,2 / 244,8 = 0,94 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 63,552 m hoogte (380 kV op 58,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	14,0	25318	S355	355	3559144
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,64

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 16,02 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 31,58 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,023

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 470,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 632,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,68 / 470,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 185,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 143,20 / 185,3 = 0,77 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 859,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 143,20 / 185,3 = 0,77 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 55,052 m hoogte (380 kv op 49,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	16,0	39943	S355	355	7781668
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,47

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 25,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 93,11 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 678,98 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,25 of n_p = -0,239

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,91

$M_{ip,1,Rd}$ = 447,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 722,3 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,68 / 447,5 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 170,2 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 143,20 / 170,2 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 981,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 143,20 / 170,2 = 0,84 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 45,552 m hoogte (380 kV op 41,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1032	18,0	57320	S355	355	14276612
Plaat	380,0		113411	S355	355	5387046

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,37

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 28,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 227,36 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2702,66 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,54 of n_p = -0,522

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,75

$M_{ip,1,Rd}$ = 391,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,68 / 391,0 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 157,3 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 143,20 / 157,3 = 0,91 < 1,0 -- Voldoet

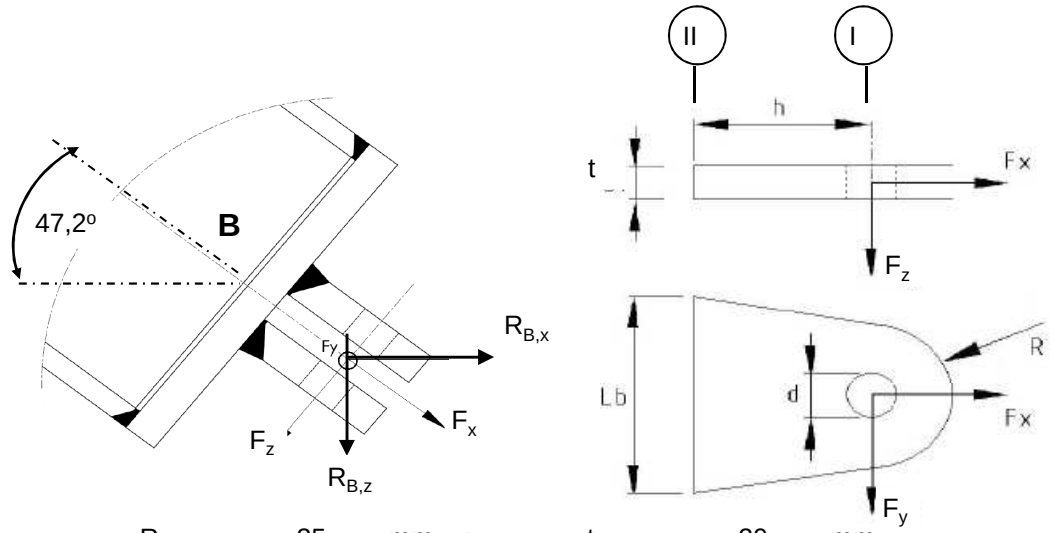
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 143,20 / 157,3 = 0,91 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 323,9*12,5



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,29	0,00	41,35	56,36	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	25,62	0,00	27,66	37,70	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	64,09	0,00	69,21	94,33	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	57,02	0,00	61,57	83,92	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	37,57	0,00	40,57	55,30	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	31,24	0,00	33,73	45,97	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	64,06	0,00	69,18	94,29	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	60,52	0,00	65,36	89,08	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	65,24	29,18	27,29	65,24	10,332

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 47,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 51 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	13,64	kN		$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,413	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,33	kN		$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,305	kNm
$V_{y,Ed}$ =	32,62	kN				

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,64	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,30	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		9,8	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,41	/	3,2	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		31,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,33	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,6	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	32,62	/	547	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		8,2	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 44,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 47 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

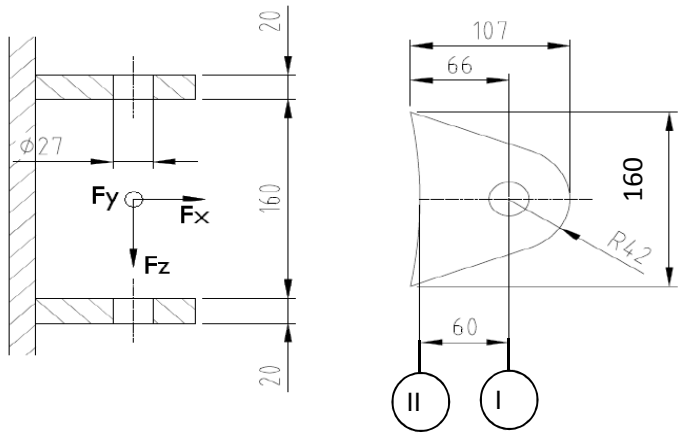
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.1.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	25,43	0,00	-3,03	25,43	0,00	3,03
BG 1a - (-wind (90 gr))	-89,34	0,00	10,65	89,34	0,00	10,65
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-28,51	0,00	3,40	28,51	0,00	3,40
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-92,60	0,00	11,04	92,60	0,00	11,04
BG 1a - (+wind (45 gr))	-5,73	0,00	0,68	5,73	0,00	0,68
BG 1a - (-wind (45 gr))	-63,08	0,00	7,52	63,08	0,00	7,52
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-46,27	0,00	5,52	46,27	0,00	5,52
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-78,31	0,00	9,34	78,31	0,00	9,34
BG bundelbreuk	0,00	-5,24	-2,75	0,00	5,24	2,75

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 46,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 41 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	44,67	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,639	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,65	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	44,67	/	757	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,64	/	2,5	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		59,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,65	/	437	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,3	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 73,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 74 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 22,3 + 27,4 = 49,7 kN

σ_1 =					44,0	N/mm^2
τ_1 =					44,0	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			87,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	87,9	/	302,2	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	44,0	/	244,8	=	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.1.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2195 - 1000 = 1195 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
27,29	65,24	10,33	52,97	12,35	77,96

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 78,9 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 66,1 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	390	mm
uitwendige diameter flens :	450	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 42,2 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 104,6 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 104,60 / 203 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 42,21 / 136 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,68 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 153,2 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$ 264,6 kN

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 169,4 kN

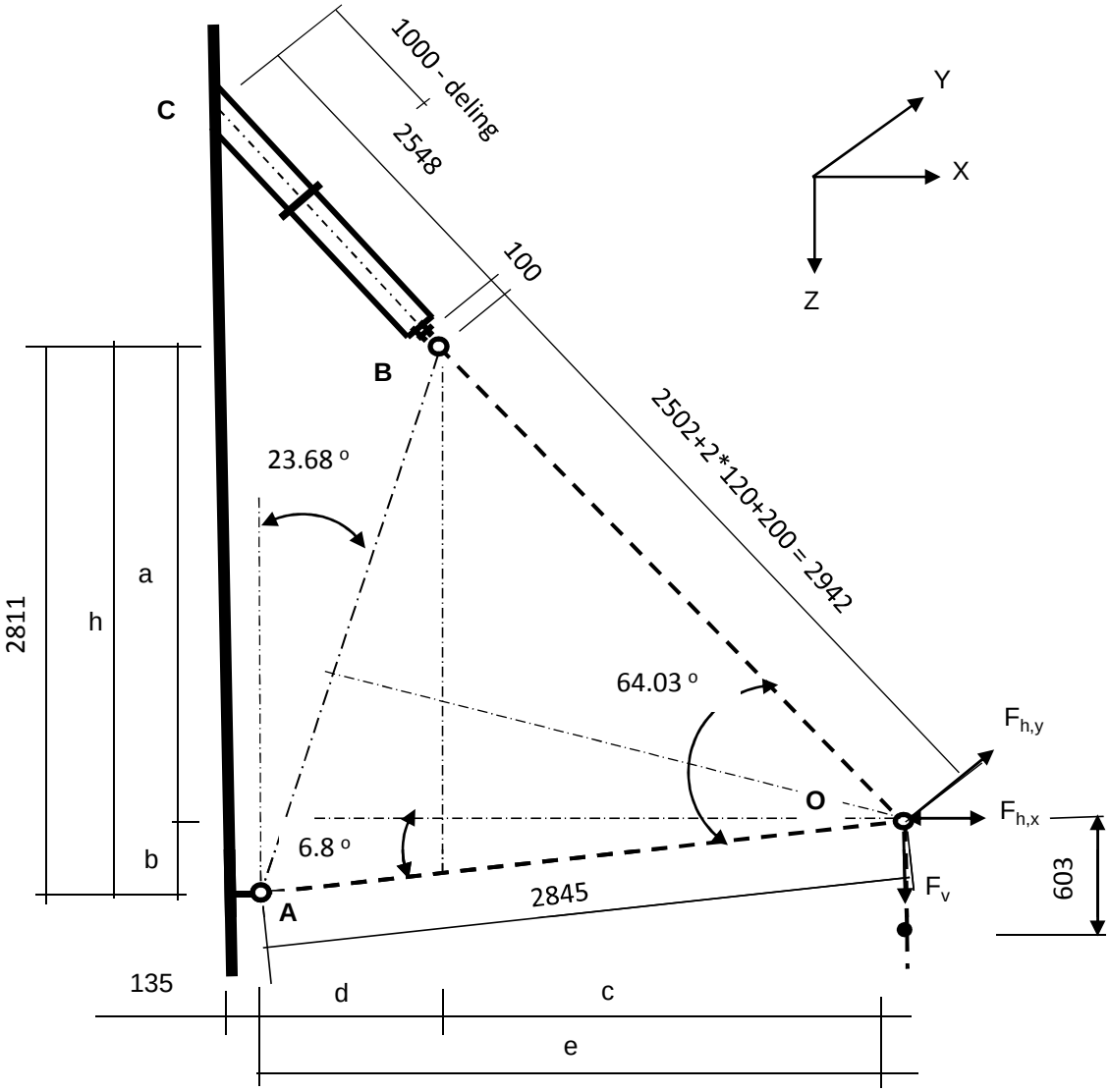
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 203,3 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,62 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening V-brace - 150 kV

9.2.1 - Berekening uithouder V-brace - 150 kV



Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AB
Afmeting en hoeken van de V-brace : Conform tekening SEFAG 138 141-217 en tekening KEMA 74104749-40-005 (14-01-2014)

A - Belastinggeval wind / ijs

	AHEAD			BACK		
	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v	$F_{h,x}$	$F_{h,y}$	F_v
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	7965	66597	4790	7965	-66597	4790
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4448	67071	9077	4448	-67071	9077
BG 1a - (+wind (45 gr))	3981	47472	5157	3981	-47472	5157
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	2224	61709	9337	2224	-61709	9337

$F_{h,x}$ = Transverse kracht
$F_{h,y}$ = Longitudinale kracht
F_v = Verticale kracht

	F_v (N)		$F_{h,x}$ (N)	$F_{h,y}$ (N)
BG 1a - (wind (90 gr))	9579	±	15931	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	18153	±	8896	0
BG 1a - (wind (45 gr))	10314	±	7961	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	18675	±	4447	0

a =	2474	mm	b =	337	mm
h =	2811	mm	c =	1592	mm
d =	1233	mm	e =	2825	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	9,1	0,00	-1,1	6,9	0,00	10,7
BG 1a - (-wind (90 gr))	-20,5	0,00	2,4	4,6	0,00	7,1
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-2,6	0,00	0,3	11,5	0,00	17,8
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-19,1	0,00	2,3	10,2	0,00	15,9
BG 1a - (+wind (45 gr))	1,2	0,00	-0,1	6,7	0,00	10,5
BG 1a - (-wind (45 gr))	-13,6	0,00	1,6	5,6	0,00	8,7
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-7,0	0,00	0,8	11,5	0,00	17,8
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-15,3	0,00	1,8	10,8	0,00	16,9

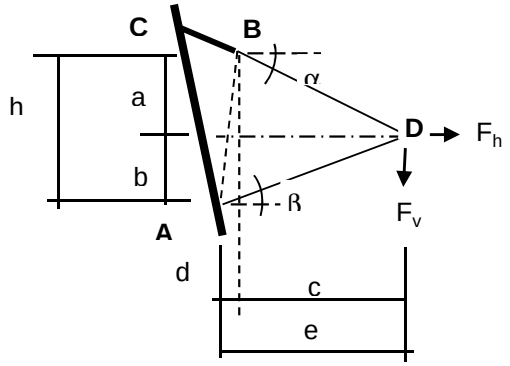
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

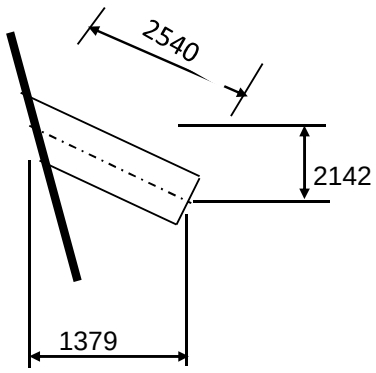
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,86	0,00	10,66	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	4,59	0,00	7,13	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	11,49	0,00	17,84	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	10,22	0,00	15,87	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,73	0,00	10,46	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	5,60	0,00	8,70	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	11,48	0,00	17,84	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	10,85	0,00	16,85	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	7983	24000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



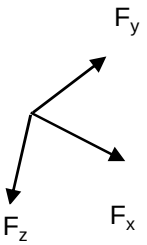


a =	1626	mm	b =	1443	mm
h =	3069	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	24,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	7,98	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	3,04	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	1,18	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	20,96	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	9,16	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	20,96	kN
$F_{z,Ed}$ =	1,45	kN
$F_{x,Ed}$ =	9,05	kN

Lokaal assenstelsel

Ter plaatse van aansluiting steunarm aan de mast (punt C)

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
9,05	20,96	1,45	28,90	3,69	53,40

Buis Ø219,1 * 10 - S355 ;

A =	6569	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y / 1{,}5$ =	1555	kN
$W_y = W_z$ =	3,28E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y / 1{,}5$ =	77,7	kNm
W_x =	6,57E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y / 1{,}5$ =	77,7	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	89,8	kNm
			$V_{Rd} = 0{,}5 * A * f_y / 1{,}5 * 3^{0,5}$ =	448,8	kN

BG 3 - (+wind + ijs)

N_{Ed} = { $11{,}5^2$ + $17{,}8^2$ }^{0,5} = 21,22 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 21,22 / 1555 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 3,2 N/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm^2
N_{Ed} =	12,44	kN ;	σ_N =	1,9	N/mm^2
			σ_{max} =	1,9	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,05	/	1555	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,69	/	78	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		11,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	53,40	/	78	=	0,69	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		162,6	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	28,90	/	90	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		44,0	N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 20,96 / 449 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 6,4 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 1,45 / 449 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,4 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 11,2^2 + 164,0^2 \}^{0,5} = 164,3$ N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 181 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

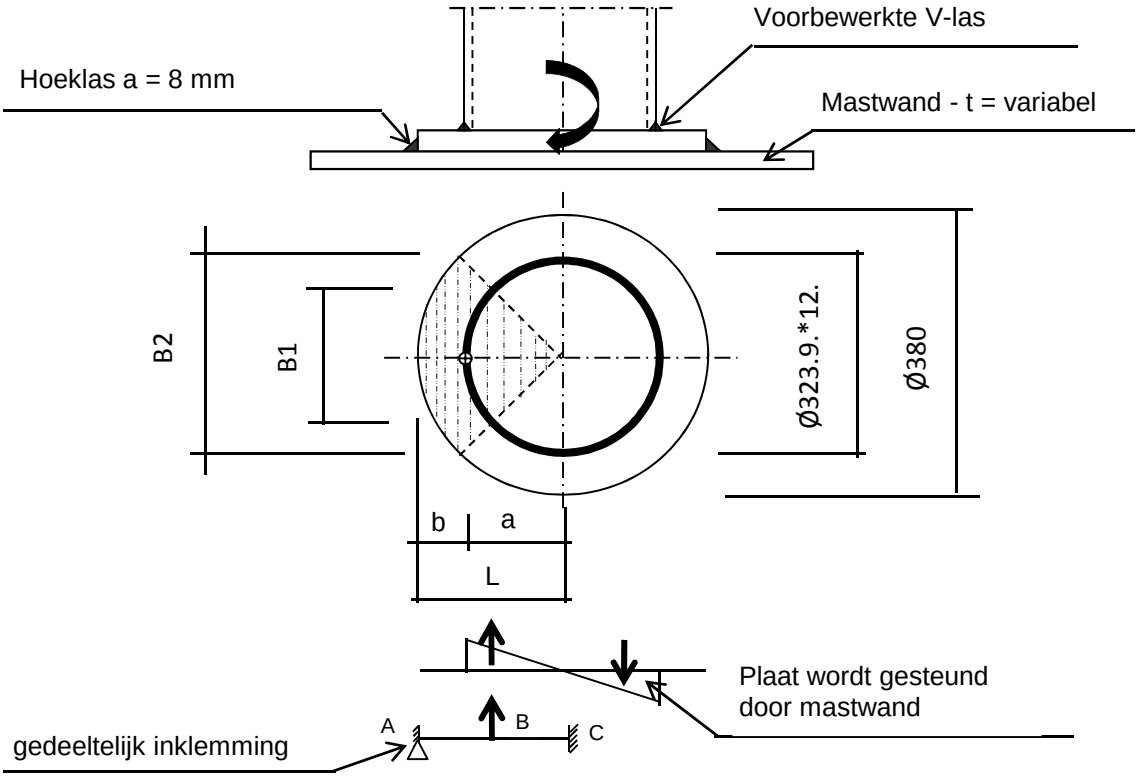
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat V-brace



Plaat rond 300 * 25 - S355

Buis Ø219,1 * 10 - S355 ;

A =	6569	mm^2
W =	328475	mm^3
I =	35984390	mm^4
R =	110	mm

Hoeklas a= 8,0 mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$

M_{Ed} = 53,5 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 228,4 kN

a = R_{buis} = 109,6

b = R_{pl} - a = 40,5

B1 =	154,9	mm ;	Boog B1 =	172	mm
B2 =	212,1	mm ;	Boog B2 =	236	mm

Percentage inklemming= a_{las} / t_{pl} = 32,0%

Percentage vrij oplegging = 68,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm

$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 5,59 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 138,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 4,93 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,66 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 187,6 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 4,9 * 32,0% = 1,58 kNm

$M_{B;Ed}$ = 5,6 * 68,0% + 2,7 * 32,0% = 4,65 kNm

$R_{A;Ed}$ = 138,3 * 68,0% + 187,6 * 32,0% = 154,0 kN

$M_{A;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 8,71 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * Boog B1 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 6,36 kNm

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 1,58 / 8,71 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 42,8 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 4,65 / 6,36 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 173,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 154,0 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 26,2 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 35,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 183,9 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Lassen hoeklas a = 8 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 94,7 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 57,8 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 94,7 + 57,8 = 152,4 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 94,7 - 57,8 = 36,9 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 165,3 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 165,3 / 302,2 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 152,4 / 244,8 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 63,552 m hoogte (150 kV op 58,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	590	14,0	25318	S355	355	3559144
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,51

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 21,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 16,02 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 31,58 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,03 of n_p = -0,023

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 293,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 393,9 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,69 / 293,3 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 118,9 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 53,40 / 118,9 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 535,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 53,40 / 118,9 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 55,052 m hoogte (150 kv op 49,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	16,0	39943	S355	355	7781668
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,37

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 25,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 93,11 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 678,98 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,25 of n_p = -0,239

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,91

$M_{ip,1,Rd}$ = 278,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 450,2 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,69 / 278,9 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 119,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 53,40 / 119,1 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 612,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 53,40 / 119,1 = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 46,552 m hoogte (150 kV op 41,0m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1032	18,0	57320	S355	355	14276612
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 32,2 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,29

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 28,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 227,36 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2702,66 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,54 of n_p = -0,522

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,75

$M_{ip,1,Rd}$ = 243,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 506,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,69 / 243,7 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 114,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 53,40 / 114,0 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet

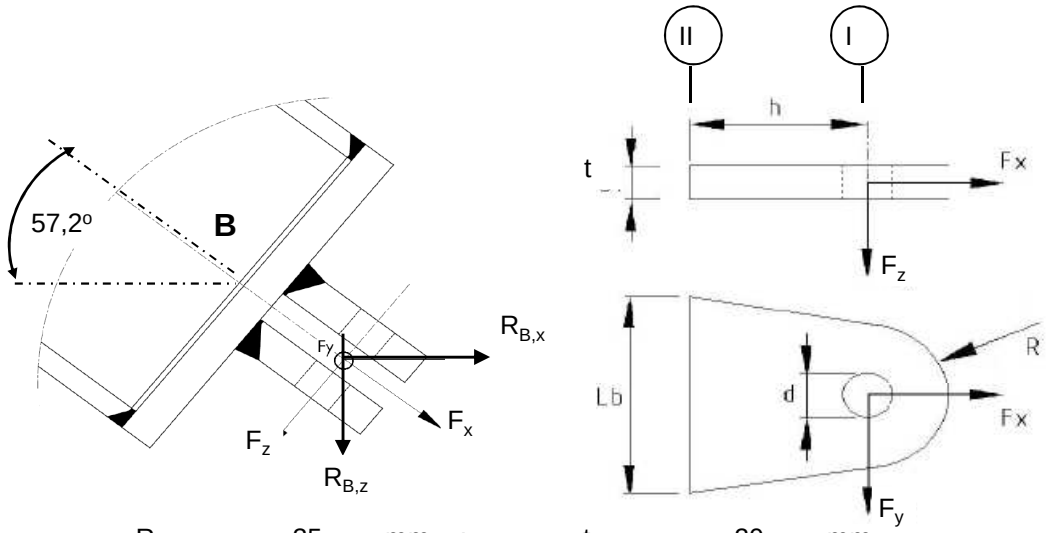
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 688,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 53,40 / 114,0 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 Berekening clips 14,5 - clips op einde buis Ø 219,1*10



R =	35	mm ;	t =	20	mm
Lb =	200	mm ;	d =	24	mm
h =	40	mm ;	Las =	voorbewerkt	mm

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

	$R_{X,B,Ed}$ kN	$R_{y,B,Ed}$ kN	$R_{z,B,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,86	0,00	10,66	12,68	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	4,59	0,00	7,13	8,48	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	11,49	0,00	17,84	21,22	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	10,22	0,00	15,87	18,88	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	6,73	0,00	10,46	12,44	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	5,60	0,00	8,70	10,34	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	11,48	0,00	17,84	21,21	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	10,85	0,00	16,85	20,04	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	20,96	9,16	9,05	20,96	1,448

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 10,6 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 12 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	4000	mm^2	N_{Rd} = A * F_y =	947 kN
W_y =	1,33E+05	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * F_y =	31,6 kNm
W_z =	1,33E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * F_y =	3,2 kNm
			V_{Rd} = A* F_y / $3^{0,5}$ =	546,6 kN

Maatgevend belastinggeval bundelbreuk.

Per clip:

N_{Ed} =	4,52	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,058	kNm
$V_{z,Ed}$ =	1,45	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,419	kNm
$V_{y,Ed}$ =	10,48	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	4,52	/	947	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,1	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,42	/	32	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		3,1	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,06	/	3,2	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		4,3	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	1,45	/	547	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,4	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	10,48	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		2,6	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 8,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 10 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

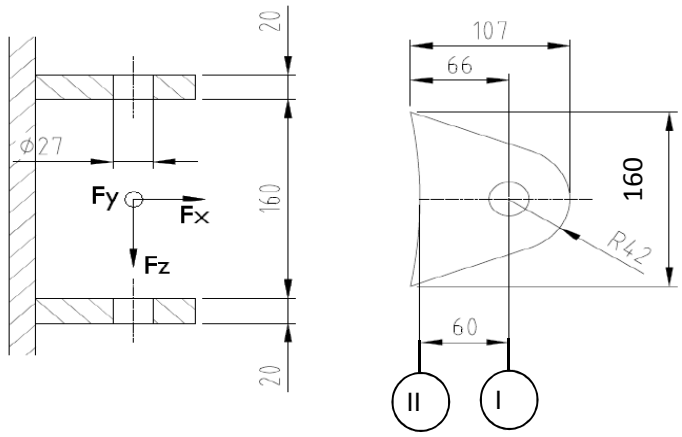
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2.4 - Berekening clips 15 - bevestigingspunt druk isolator



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	160	mm	;	d =	27	mm
h =	60	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ en $F_{y,Ed}$ worden gelijkmatig verdeeld over de bovenste en onderste clip.
$F_{z,Ed}$ wordt volledig opgenomen door de onderste clip.

	$R_{X,A,Ed}$ kN	$R_{y,A,Ed}$ kN	$R_{z,A,Ed}$ kN	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	9,07	0,00	-1,08	9,07	0,00	1,08
BG 1a - (-wind (90 gr))	-20,52	0,00	2,45	20,52	0,00	2,45
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-2,59	0,00	0,31	2,59	0,00	0,31
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-19,11	0,00	2,28	19,11	0,00	2,28
BG 1a - (+wind (45 gr))	1,23	0,00	-0,15	1,23	0,00	0,15
BG 1a - (-wind (45 gr))	-13,56	0,00	1,62	13,56	0,00	1,62
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-7,03	0,00	0,84	7,03	0,00	0,84
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-15,29	0,00	1,82	15,29	0,00	1,82
BG bundelbreuk	0,00	3,04	1,18	0,00	3,04	1,18

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 10,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 9 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	757 kN
W_y =	8,53E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	20,2 kNm
W_z =	1,07E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	2,5 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	437,2 kN

Maatgevend belastinggeval BG 1a - (-wind 90 gr)

N_{Ed} =	10,26	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,147	kNm
$V_{z,Ed}$ =	2,45	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	10,26	/	757	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,15	/	2,5	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		13,8	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	2,45	/	437	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,8	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 17,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 17 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 160 mm

a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{z,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 5,1 + 6,3 = 11,4 kN

σ_1 =					10,1	N/mm^2
τ_1 =					10,1	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =				20,2	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	20,2	/	302,2	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	10,1	/	244,8	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet

9.2.5 - Berekening deling van de steunarm

Deling op één meter afstand van de mast

Afstand tot schanierpunt = 2548 - 1000 = 1548 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
9,05	20,96	1,45	17,56	2,24	32,44

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 32,5 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 21,0 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 8,8 : $F_{t,Rd} =$ 203,3 kN

$F_{v,Rd} =$ 135,6 kN

diameter Stc :	290	mm
uitwendige diameter flens :	350	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 23,7 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 76,3 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 76,27 / 203 = 0,38 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 23,69 / 136 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,44 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20,00 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 151,8 mm

m = 29,8 mm

n = 30,0 mm

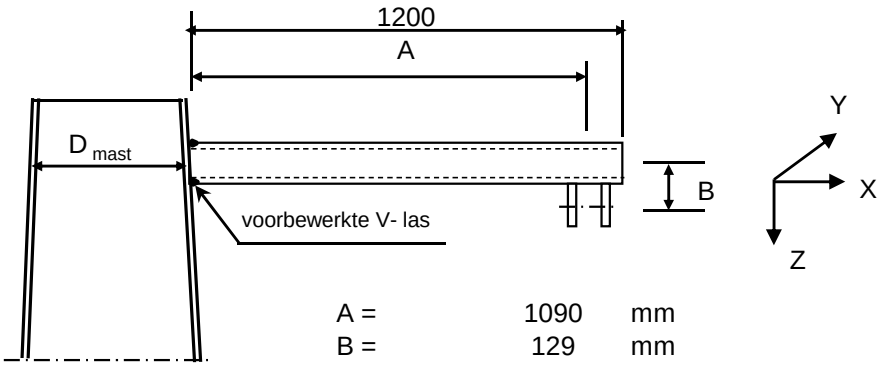
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3593633 Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	241,2	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	162,1	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 162,1 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,47 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	506	mm
t_{mast} =	14	mm
Hoogte:	66,784	m

Buisgegevens

Buis Ø168,3 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

A =	4029	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	953	kN
$W_y = W_z$ =	1,54E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	36,5	kNm
W_x =	3,08E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	36,5	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	42,1	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	275,2	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AB

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	5663	43132	2434	5663	-43132	2434
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5819	68659	10988	5819	-68659	10988
BG 1a - (+wind (45 gr))	2829	28651	2614	2829	-28651	2614
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	2909	62956	11271	2909	-62956	11271

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	11,33	0,00	4,87	0,00	6,77	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	11,64	0,00	21,98	0,00	29,84	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,66	0,00	5,23	0,00	5,78	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5,82	0,00	22,54	0,00	24,57	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	29,84	/	36	=	0,82	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		193,6	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	11,64	/	953	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,9	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	21,98	/	275	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		10,9	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 193,6 + 2,9 = 196,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 197 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 168,3*8 :

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.3.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	505,6	14,0	21622	S355	355	2585992
1	168,3	8,0	4029	S355	355	154162

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,33

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 18,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,95 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 31,98 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,034

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1{,}0 - 0{,}3 * n_p - 0{,}3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,99

$M_{ip,1,Rd}$ = 53,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 54,2 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 29,84 / 53,0 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

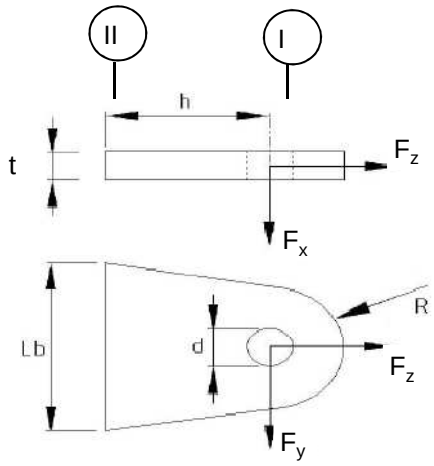
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 28,5 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.2,2 - Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4)



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	120	mm	;	d =	27	mm
h =	78	mm	;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	11,33	0,00	4,87
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	11,64	0,00	21,98
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,66	0,00	5,23
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5,82	0,00	22,54

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 11,3 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 10 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	$N_{Rd} = A * f_y$ =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd} = W_x * f_y$ =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd} = W_y * f_y$ =	1,9 kNm
			$V_{Rd} = A * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	10,99	kN	$M_{y,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,454	kNm
$V_{x,Ed}$ =	5,82	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 10,99 / 568 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

			σ_N =	4,6	N/mm^2	
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	0,45	/	1,9	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =	56,7	N/mm^2	
$V_{x,Ed}$ / $V_{x,Rd}$ =	5,82	/	328	/	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =	2,4	N/mm^2	

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_z) ^{0,5}$

σ_{vlg} = 61 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

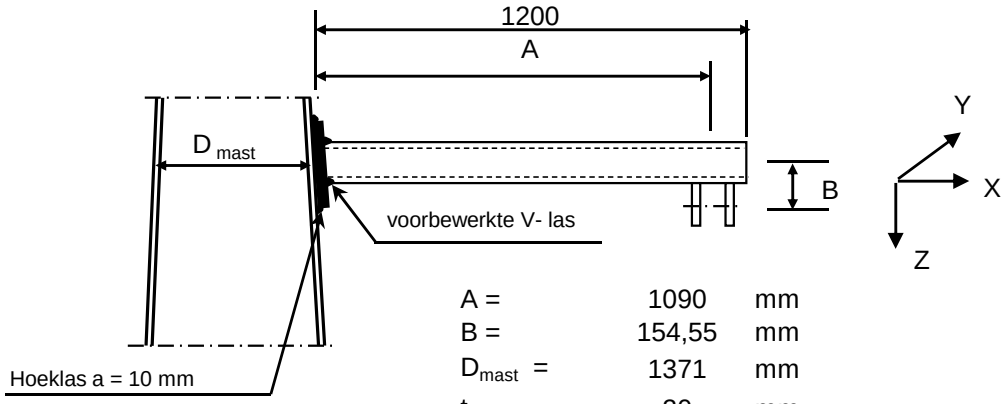
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 5,5 + 19,5 = 24,9 kN

σ_1 =					29,4	N/mm^2
τ_1 =					29,4	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			58,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	58,8	/	302,2	=	0,19	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	29,4	/	244,8	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet

9.4 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1371	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	33,5	m

Buisgegevens

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ;

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / $\gamma_{m;extra}$ = 236,7 N/mm^2

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

A =	5306	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	1256	kN
$W_y = W_z$ =	2,70E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	63,9	kNm
W_x =	5,40E+05	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	63,9	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	73,8	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	362,5	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV 002 - Appendix AB

	AHEAD			BACK		
	F_x	F_y	F_z	F_x	F_y	F_z
	N	N	N	N	N	N
BG 1a - (+wind (90 gr))	8109	70532	5232	8109	-70532	5232
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8317	130929	22546	8317	-130929	22546
BG 1a - (+wind (45 gr))	4053	50697	5628	4053	-50697	5628
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4158	124784	22882	4158	-124784	22882

F_x = Transverse kracht

F_y = Longitudinale kracht

F_z = Verticale kracht

	$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,22	0,00	10,46	0,00	13,91	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	16,63	0,00	45,09	0,00	51,72	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,11	0,00	11,26	0,00	13,52	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8,32	0,00	45,76	0,00	51,17	0,00

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 51,72 / 64 = 0,81 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 191,4 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 16,63 / 1256 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 3,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 45,09 / 362 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 17,0 N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 191,4 + 3,1 = 194,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z + 3*\tau^2_w)^{0,5}$

σ_{vlg} = 197 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

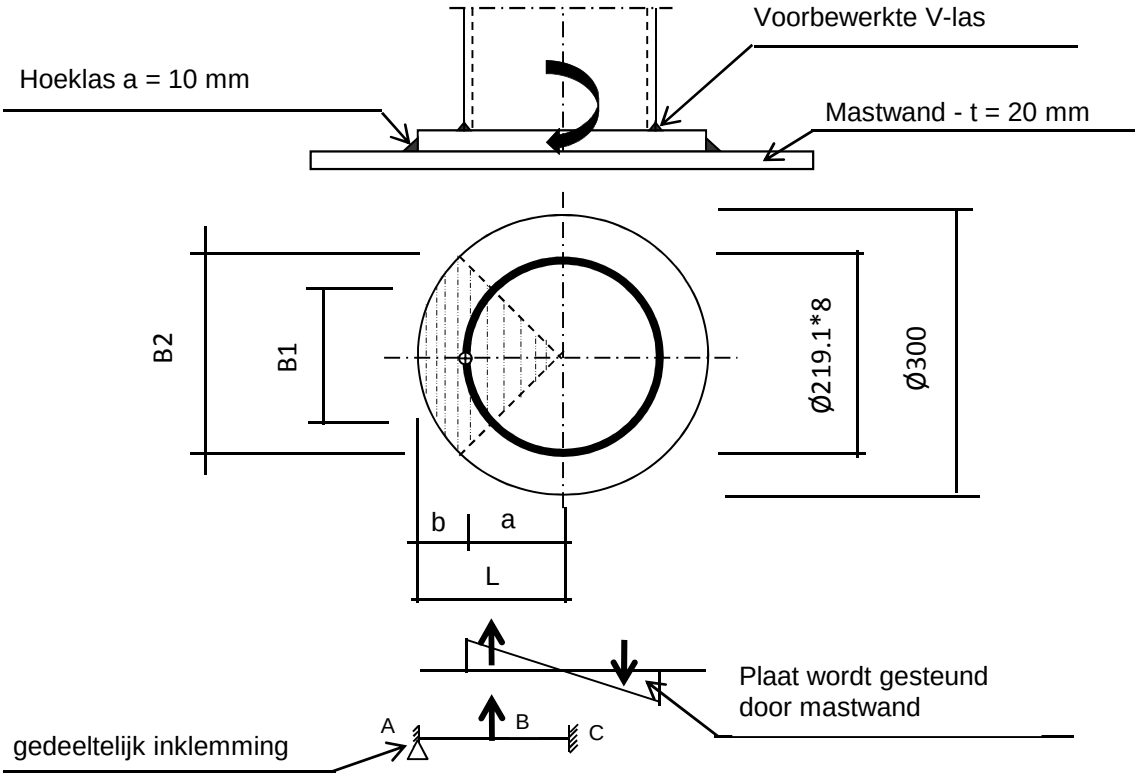
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Buis 219,1*8 aan de versterkingsplaat
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Berekening versterkingsplaat



Plaat rond 300 * 25 - S355

Buis Ø219,1 * 8 - S355 ; A = 5306 mm^2
W = 270163 mm^3
I = 29596329 mm^4
R = 110 mm

Hoeklas a= 10,0 mm
$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Maatgevend belasting

M_{Ed} = 51,7 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 216,7 kN

a = R_{buis} = 109,6
b = R_{pl} - a = 40,5

B1 = 154,9 mm ; Boog B1 = 172 mm
B2 = 212,1 mm ; Boog B2 = 236 mm

Percentage inklemming = a_{las} / t_{pl} = 40,0%
Percentage vrij oplegging = 60,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed}$ = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) = 5,31 kNm
$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 131,2 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,68 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,52 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 178,0 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 4,7 * 40,0% = 1,87 kNm

$M_{B;Ed}$ = 5,3 * 60,0% + 2,5 * 40,0% = 4,19 kNm

$R_{A;Ed}$ = 131,2 * 60,0% + 178,0 * 40,0% = 149,9 kN

$M_{A;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B2} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 8,71 kNm

$M_{B;Rd} = ((1/4) * t_{pl}^2 * \text{Boog B1} * 355 / 1,5) / 10^{-6} =$ 6,36 kNm

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 1,87 / 8,71 = 0,21 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 50,8 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 4,19 / 6,36 = 0,66 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 155,9 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 149,9 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 25,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 34,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 167,2 N/mm^2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2} =$ 245 N/mm^2

Lassen hoeklas a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 89,8 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 45,0 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	89,8	+	45,0	=		134,8	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	89,8	-	45,0	=		44,8	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		155,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	155,6	/	302,2	=	0,51	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	134,8	/	244,8	=	0,55	< 1,0	-- Voldoet

9.4.1 - Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1371,0	20,0	84886	S355	355	28258144
Plaat	300,0		70686	S355	355	2650719

$M_{ip,1,Rd} = \{4,85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,22

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 34,3

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 328,83 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 5616,13 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,57 of n_p = -0,549

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek) ;

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,73

$M_{ip,1,Rd}$ = 129,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 51,72 / 129,0 = 0,40 < 1,0 -- Voldoet

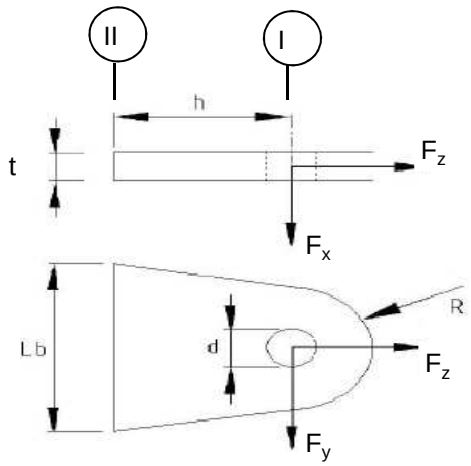
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 68,1 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

9.4.2 - Berekening clip draagarm Passieve Loop geleider (clip 5.4)



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	120	mm ;	d =	27	mm
h =	62	mm ;	a las =	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 1a - (+wind (90 gr))	16,22	0,00	10,46
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	16,63	0,00	45,09
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,11	0,00	11,26
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8,32	0,00	45,76

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 22,9 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	20	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2400	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	568 kN
W_x =	4,80E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_x * f_y =	11,4 kNm
W_y =	8,00E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	1,9 kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	327,9 kN

Maatgevend BG 3 - (wind 90 gr. + ijs)

N_{Ed} =	22,55	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,516	kNm
$V_{z,Ed}$ =	8,32	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	22,55	/	568	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		9,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,52	/	1,9	=	0,27	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		64,5	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	8,32	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		3,5	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = ((\sigma_{b,y} + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2_x)^{0,5}$

σ_{vlg} = 74 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{las} / (L_{las} * a * 2^{0,5})$ L_{las} = 120 mm

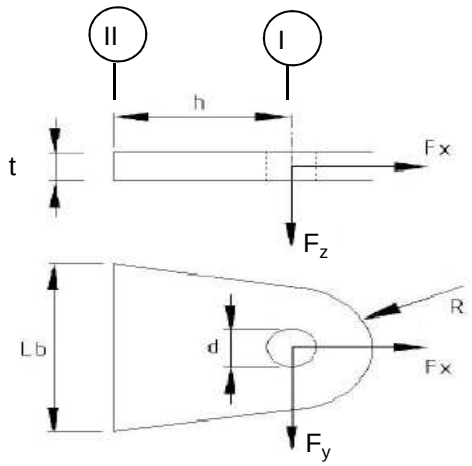
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 11,3 + 22,1 = 33,4 kN

σ_1 =					39,3	N/mm^2
τ_1 =					39,3	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			78,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	78,7	/	302,2	=	0,26	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	39,3	/	244,8	=	0,16	< 1,0 -- Voldoet

9.5 - Berekening Clip 17 - t.b.v installatie geleiders (op 0,5m hoogte)



R =	55	mm ;	t =	20	mm
Lb =	110	mm ;	d =	27	mm
h =	55	mm ;	las :	Voorbeverklte K-las	

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
BG 60 kN	42,43	42,43	0,00
of	0,00	60,00	

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 60,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 36 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2200	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	521	kN
W_y =	4,03E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	9,5	kNm
W_z =	7,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	300,6	kN

N_{Ed} =	42,43	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,333	kNm
$V_{y,Ed}$ =	42,43	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 42,43 / 521 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 19,3 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 2,33 / 10 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 57,9 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 42,43 / 301 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 19,3 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 19,3 + 57,9 } = 77,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

N_{Ed} = 0,00 kN
$V_{y,Ed}$ = 60,00 kN

$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 3,300 kNm

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 3,30 / 10 = 0,35 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,y}$ = 81,8 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 60,00 / 301 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet
τ_y = 27,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 94 N/mm^2 < 230 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Voorbewerkte K- las met volledige doorsnede doorlassen

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Plaats van de aansluiting ; 0,5m boven voetplaat

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	2229,0	25,0	173102	S355	355	94321450
clip	110,0	20,0	2200	S355	355	40333

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 768,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 17478,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,509

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,75

$N_{1,Rd} =$ 564,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 564,5 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 62,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 62,1 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

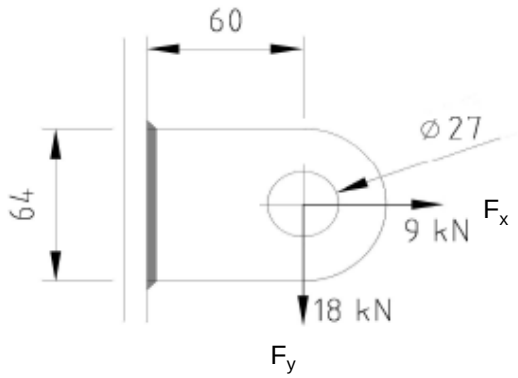
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 42,43 kN ; $M_{1,Ed} =$ 2,333 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1543 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6832 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8



R =	32	mm ;	t =	20	mm
Lb =	64	mm ;	d =	27	mm
h =	60	mm ;	a las =	5	mm - hoeklas

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{y,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN	kN
9,00	18,00	0,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{y,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 20,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 27 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	1280	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	303	kN
W_y =	1,37E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	3,2	kNm
W_z =	4,27E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	1,0	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	174,9	kN
N_{Ed} =	9,00	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	1,080	kNm
$V_{y,Ed}$ =	18,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,00 / 303 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,0 N/mm^2

$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ = 1,08 / 3 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 79,1 N/mm^2

$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ = 18,00 / 175 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 14,1 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 7,0 + 79,1 } = 86,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 90 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_1 =			121,8	N/mm^2
τ_2 = 0			28,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		248,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	248,4 /	302,2 =	0,82	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	121,8 /	244,8 =	0,50	< 1,0 -- Voldoet

9.6.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 39,987 meter hoogte - (diameter buis maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1202,3	18,0	66973	S355	355	19537236
clip	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,05 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,05

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 268,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3706,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,55 of $n_p =$ -0,523

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,75

$N_{1,Rd} =$ 290,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 290,2 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 18,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 18,6 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

Clip op 59,487 m hoogte -(wanddikte buis minimum / diameter maximum)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695,3	14,0	29967	S355	355	5003721
1	64,0	20,0	1280	S355	355	13653

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 47,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 203,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,12 of $n_p =$ -0,110

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,96

$N_{1,Rd} =$ 227,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 227,8 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 14,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 14,6 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

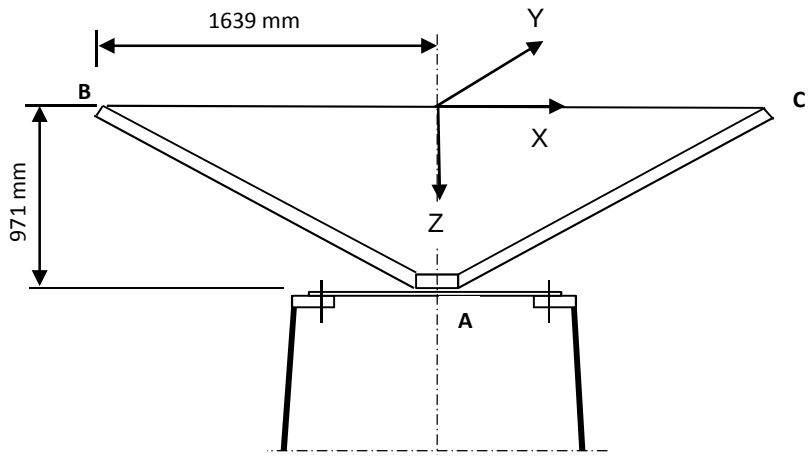
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 9,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,080 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 1723 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



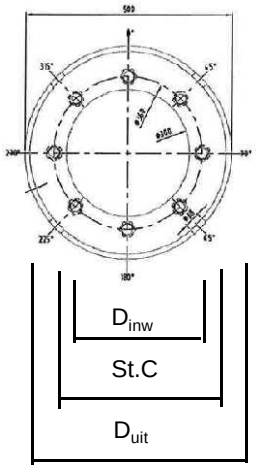
Buis rond 500 * 12

Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed} = F_{y,Ed}$ =	15	kN

	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4
$F_{z;B,Ed}$	35	35	35	35
$F_{z;c,Ed}$	35	0	35	0
$F_{x;B,Ed}$	15	15	0	0
$F_{x;c,Ed}$	15	0	0	0
$F_{y;B,Ed}$	0	0	15	15
$F_{y;c,Ed}$	0	0	-15	0

Verticaal:	$R_{z;A}$ (kN)	70	35	70	35
Horizontaal:	$R_{x(y);A}$ (kN)	30	15	0	0
Moment:	$M_{y(x);A}$ (kNm)	29,13	71,93	0	57,365
Wringing:	$M_{z;A}$ (kNm)	0	0	49,17	24,585

Ringgegevens ;



D-uitwendig	500	mm
D-inwendig	300	mm
StC	360	mm
plaat dikte t =	30	mm
Staalkwaliteit S-355; f_y =	355	N/mm^2
Aantal bouten	8	
BoutenM24 - 8,8		

M24 -8,8 :	$F_{t,Rd}$ =	203,03	/ 1,5	=	135,4	kN
	$F_{v,Rd}$ =	135,36	/ 1,5	=	90,2	kN

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

controle bouten

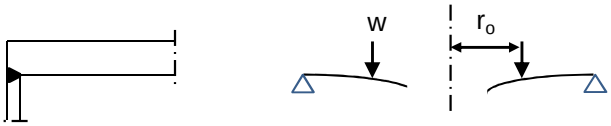
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

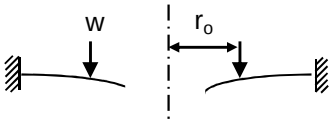
maatgevend belastinggeval : BG2.

Ten gevolge van verticale belasting ; F_z = 35 kN

Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1



Voor de formule zie: Roark's formulas for stress & strain - Tabel 11,2 - 1e



De ring wordt ondersteunt door buis met een las gelijk aan de dikte van de buis.

Verdeling van belasting:

Percentage inklemming (tabel 11,2-1e) = t_{buis} / t_{pl} = 40,0%

Percentage vrij oplegging = 60,0%

W =	35,0	kN			
$w_{(ro)}$ =	31	N/mm'	ν =	0,3	
a =	250	mm	E =	210000	N/mm^2
b =	150	mm	f_y =	237	N/mm^2
r_o =	180	mm			

$D = E.t^3 / 12.(1-\nu^2)$ = 519230769

$C_1 = 0,5.(1+\nu).((b/a).\ln(a/b)) + 0,25.((1-\nu).((a/b)-(b/a))$ = 0,3859

$C_4 = 0,5.[(1+\nu).(b/a).+ (1-\nu).(a/b)]$ = 0,9733

$C_7 = 0,5.(1-\nu^2).((a/b)-(b/a))$ = 0,4853

$L_3 = (r_o/4a).\{[(r_o/a)^2+1].\ln(a/r_o) + (r_o/a)^2 -1\}$ = 0,0031

$L_6 = (r_o/4a).[(r_o/a)^2 -1+ 2.\ln(a/r_o)]$ = 0,0316

$L_9 = (r_o/a).\{ 0,5*(1+\nu).\ln(a/r_o) +0,25*(1-\nu).[1 - (r_o/a)^2]\}-$ = 0,2144

$F_7 = 0,5.(1-\nu^2).((r/b)-(b/r))$; en voor $r = r_o$ = 0,1668

$\theta_b = w . a^2 . L_6 / D. C_4$ = 0,0001

M_{ra} =percentage inkl. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 615 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 22 N/mm'

Ten gevolge van moment ; $M_{y;Ed}$ = 71,93 kNm

$w = F_{bout,max} / (2 * \pi * r_o / n_{bout})$

$w = (4*M_{y,Ed}*1000 / (360 * 8)) / (2\pi * 180 / 8)$ = 707 N/mm'

M_{ra} =percentage inkl. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 14040 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 14655 Nmm/mm'

$Q_a = w \cdot r_o / a$ = 509 N/mm'

Q_{amax} = 531

$M_{Rd} = (1/6) * 1 * t^2 * f_y$ = 35500 Nmm/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 14655 / 35500 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 97,7 N/mm^2

$\tau_z = w_{tot} / t$ = 531 / 30 = 17,70 N/mm^2

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 102 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 12 - S355 ;

A = 18397 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 6531 kN

$W_y = W_z$ = 2,19E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 778,1 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 6531 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,9 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 778 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 32,8 N/mm^2

σ_{max} = 34,7 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M * \text{wortel(3)})$

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

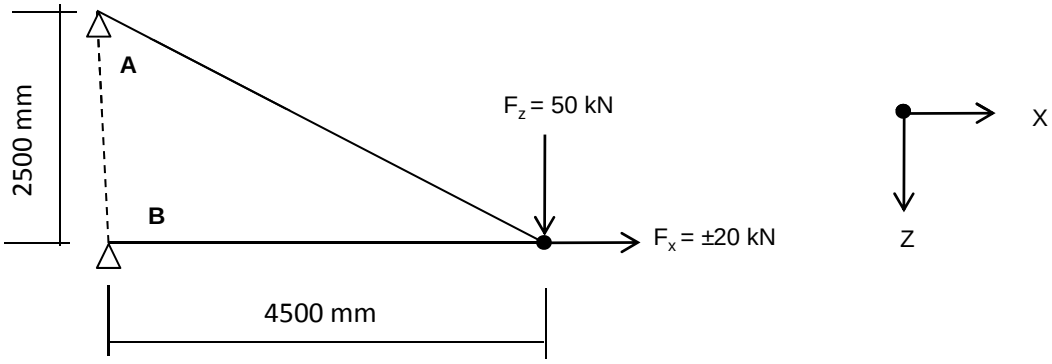
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

Hijsbalk 4,5m op 66,335 / 63,835

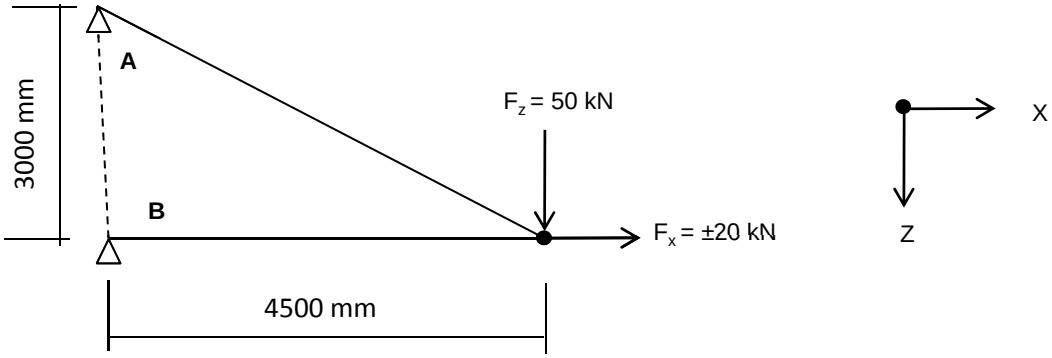


$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	70,00 kN

of

$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	110,00 kN

Hijsbalk 4,5m op 58,335 / 55,335 en 49,835 / 46,835



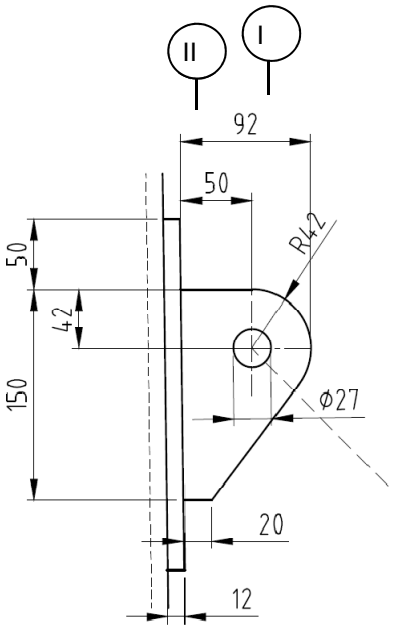
$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	55,00 kN

of

$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	95,00 kN

9.8.1 - Berekening clip positie 9 - t.b.v hijsmast 4,5m

A - Clip op 66,335m



R =	42	mm ;	t =	20	mm
Lb =	150	mm ;	d =	27	mm
h =	50	mm ;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
90,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 103,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 90 N/mm^2 < 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	90,00	kN
$V_{z,Ed}$ =	50,00	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 5,47 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	90,00	/	710	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		30,0	N/mm^2
$M_{y,Ed}$ / $M_{y,Rd}$ =	5,47	/	18	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		72,9	N/mm^2
$V_{z,Ed}$ / $V_{z,Rd}$ =	50,00	/	410	=	0,12	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		16,7	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 30,0 + 72,9 } = 102,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 107 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

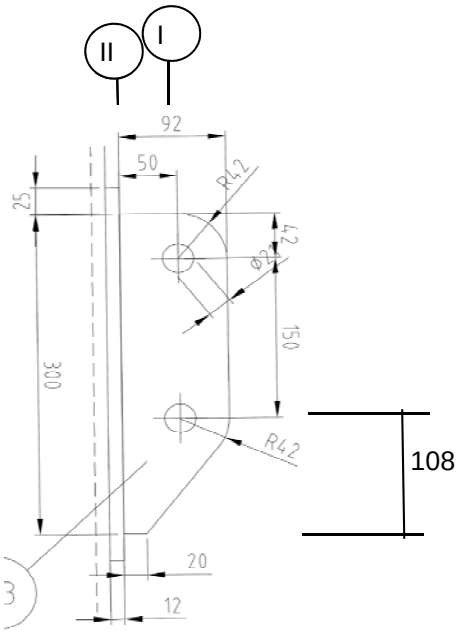
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					145,6	N/mm^2
τ_1 =					145,6	N/mm^2
τ_2 = 0					33,3	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			296,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	296,8	/	302,2	=	0,98	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	145,6	/	244,8	=	0,59	< 1,0 -- Voldoet

A - Clip op 58,335m en 49,835m



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	300	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
75,00	50,00

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 90,1 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	79	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	6000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	1420	kN
W_y =	3,00E+05	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	71,0	kNm
W_z =	2,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	4,7	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	819,8	kN

N_{Ed} =	75,00	kN
$V_{z,Ed}$ =	50,00	kN

$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (h/2 - 108) =$ 5,65 kNm

$N_{Ed} / N_{Rd} =$	75,00	/	1420	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		12,5	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd} =$	5,65	/	71	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		18,8	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd} =$	50,00	/	820	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		8,3	N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 12,5 + 18,8 } = 31,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 34 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =					44,3	N/mm^2
τ_1 =					44,3	N/mm^2
τ_2 = 0					16,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=	93,2	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	93,2	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	44,3	/	244,8	=	0,18	< 1,0 -- Voldoet

9.8.2 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +66,335 / 63,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	517	14,0	22136	S355	355	2711906
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,29 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,29

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 6,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 32,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,03 of $n_p =$ -0,032

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,99

$N_{1,Rd} =$ 246,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 90,00 / 246,1 = 0,37 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 36,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,47 / 36,9 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 90,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,470 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2059 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +58,335 / 55,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	725	14,0	31284	S355	355	5457761
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,41 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,41

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 76,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 374,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,20 of $n_p =$ -0,186

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,93

$N_{1,Rd} =$ 237,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 237,5 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 71,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 71,2 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,650 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3826 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +49,835 / 46,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	946	16,0	46761	S355	355	10694713
clip	300,0	20,0	6000	S355	355	300000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,32 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,32

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 160,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1514,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,41 of $n_p =$ -0,389

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,83

$N_{1,Rd} =$ 270,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 270,5 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 81,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 81,2 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

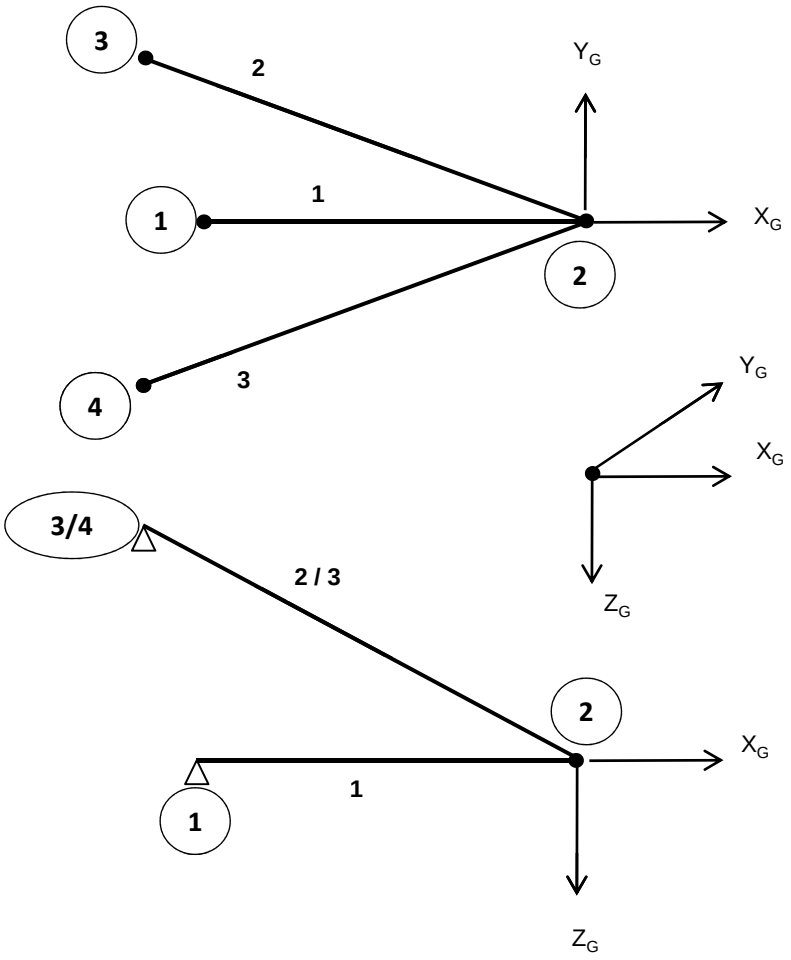
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4372 N/mm' ---> voldoet

9.9 - Berekening clips voor 1,5m hijsbalk

Computer model



Belastingen :

$F_{z,Ed}$	=	50	kN
$F_{x,Ed}$	=	20	kN
$F_{y,Ed}$	=	40	kN

Gebruikte staven: Hijsbalk : staaf 1 - buis 180*6
druk- en trek stangen : staaf 2 en 3 - buis 88,9*8

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

AANTAL KNOPEN : 4
AANTAL STAVEN : 3
AANTAL OPLEGGINGEN : 3

KNOOPCOORDINATEN

NR.	-X-	-Y-	-Z-
1	-1.500	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	-1.720	0.389	-1.156
4	-1.720	-0.389	-1.156

KONSTRUKTIE SCHEMA

STAAF	-i- SCHARNIERCODE	-j- SCHARNIERCODE	GAMMA	PROF	MAT	V/EXC	LENGTE
1	1 NxDyDz MxMyMz	2 NxDyDz MxMyMz	0	1	1	0	1.500
2	2 NxDyDz Mx- -	3 NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109
3	2 NxDyDz Mx- -	4 NxDyDz MxMyMz	0	2	1	0	2.109

PROFIEL EIGENSCHAPPEN

PROF.NR.	DOORSNEDE	Ix-torsie	Iy-buig	Iz-buig	PROFIELNAAM
1	3.2798E-03	2.4854E-05	1.2427E-05	1.2427E-05	B180/6
2	2.0332E-03	3.3593E-06	1.6797E-06	1.6797E-06	B88.9/8

MATERIAAL EIGENSCHAPPEN

MAT.NR	ELAST. MOD	POISON	DICHTHEID	MATERIAALNAAM
1	2.1000E+08	0.30	78.500	S355

OPLEGGINGEN

KNOOP	LINEAIR	ROTATIE	X-(r)-veer	Y-(r)-veer	Z-(r)-veer
1	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	XYZ	- - -	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

BELASTINGEN

BELASTING GEVAL 1 eg constructie

TYPE	STF KNP	P1	P2	A	Richt.	Omschrijving
7	alle staven	factor = 1.00			Z	Eigen gewicht

BELASTING GEVAL 2 hijs last

TYPE	STF KNP	P1	P2	A	Richt.	Omschrijving
9	2 t/m 2	50.00			Z	Knooplast
9	2 t/m 2	20.00			X	Knooplast
9	2 t/m 2	40.00			Y	Knooplast

Matrix Bouwframe Project :Wintrack Datum 25-01-2013
Onderdeel:1.5 meter hijsmast

COMBINATIES

B.G.	Omschrijving	1
1	eg constructie	1.00
2	hijs last	1.00

KNOOPVERPLAATSINGEN GLOB. (B.C.)

KNP	B.C.	X-VERPL.	Y-VERPL.	Z-VERPL.	X-ROTATIE	Y-ROTATIE	Z-ROTATIE
1	1	0.00000	0.00000	0.00000	-3.6792E-03	-4.0982E-04	1.9346E-03
2	1	-0.00012	0.00290	0.00059	-3.6792E-03	-3.8207E-04	1.9346E-03
3	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3645E-03	-6.0188E-05	8.6872E-05
4	1	0.00000	0.00000	0.00000	-2.3104E-03	-7.7620E-04	3.0615E-05

N/D/M IN DE KNOPEN LOKAAL (B.C.)

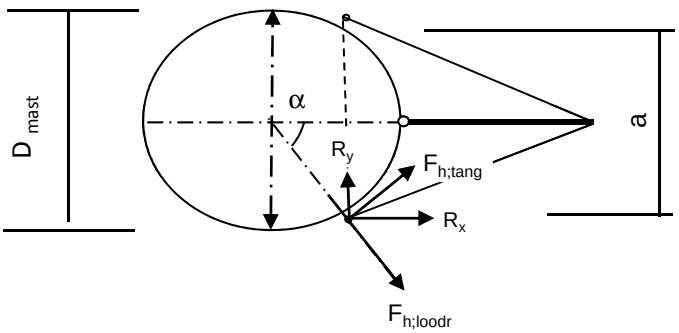
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

REACTIES GLOBAAL (B.C.)

B.C.	KNOOP	X-REACTIE	Y-REACTIE	Z-REAKTIE	Mx-REACT.	My-REACT.	Mz-REACT.
1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.000	0.000	0.000
1	3	50.84	-11.50	34.00	0.000	0.000	0.000
1	4	-126.02	-28.50	-84.87	0.000	0.000	0.000
SOM REACT.		-20.00	-40.00	-51.06			
SOM LASTEN		20.00	40.00	51.06			

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	t_{mast} mm	$F_{x,Ed}$ kN	$F_{y,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	58330	725	14	55,18	0,00	-0,20
3	59487	695	14	50,84	-11,50	34,00
4	59487	695	14	-126,02	-28,50	-84,87
1	49830	946	16	55,18	0,00	-0,20
3	50987	916	16	50,84	-11,50	34,00
4	50987	916	16	-126,02	-28,50	-84,87
1	41330	1167	18	55,18	0,00	-0,20
3	42487	1137	18	50,84	-11,50	34,00
4	42487	1137	18	-126,02	-28,50	-84,87

Ontbinden van de krachten in knoop 3 en 4



α = arcsin(a/2 / (d/2 + 50))

$F_{h,loodr,Ed} = R_x * \cos\alpha + R_y * \sin\alpha$

$F_{h,tang,Ed} = R_x * \sin\alpha + R_y * \cos\alpha$

knoop nummer	hoogte mm	D_{mast} mm	a mm	α gr	$F_{h,lood,Ed}$ kN	$F_{h,tang,Ed}$ kN	$F_{z,Ed}$ kN
1	58330	725		0,00	55,18	0,00	0,20
3	59487	695	704	62,3	33,83	39,65	34,00
4	59487	695	704	62,3	33,41	124,81	84,87
1	49830	946		0,00	55,18	0,00	0,20
3	50987	916	854	57,2	37,23	36,48	34,00
4	50987	916	854	57,2	44,38	121,34	84,87
1	41330	1167		0,00	55,18	0,00	0,20
3	42487	1137	960	50,9	41,00	32,19	34,00
4	42487	1137	960	50,9	57,39	115,75	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 58,330 en 49,830m hoogte
Clip type 16,3 - 41,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 59,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,40 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 50,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 22,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 60,67 kN

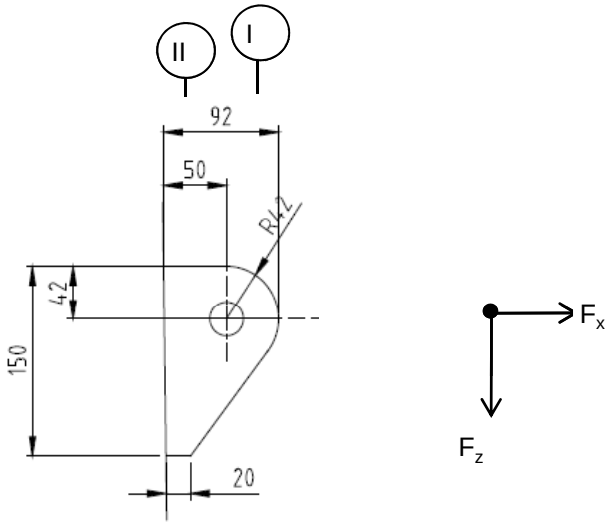
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 42,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 28,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 57,88 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 59,487m, 50,987m en 42,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.9.1 - Berekening clip type 9,3 - 58,330 en 49,830m hoogte

en clip type16,3 op 41,330m hoogte



R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	150	mm	;	d =	27	mm
h =	50	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

$\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

$F_{x,Ed}$	$F_{z,Ed}$
kN	kN
55,18	0,20

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{z,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 55,2 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	48	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	3000	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	710	kN
W_y =	7,50E+04	mm^3	$M_{x,Rd}$ = W_y * f_y =	17,8	kNm
W_z =	1,00E+04	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_z * f_y =	2,4	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / $3^{0,5}$ =	409,9	kN

N_{Ed} =	55,18	kN
$V_{z,Ed}$ =	0,20	kN

$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h + N_{Ed} * (h/2 - R) = 1,83 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} =	55,18	/	710	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		18,4	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,83	/	18	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		24,4	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	0,20	/	410	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		0,1	N/mm^2	

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max}$ = { 18,4 + 24,4 } = 42,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$

σ_{vlg} = 43 N/mm^2 > 237 MPa -- Voldoet niet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_1 =	60,5	N/mm^2
τ_2 = 0	0,1	N/mm^2
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	121,1	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	121,1	/	302,2	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	60,5	/	244,8	=	0,25	< 1,0 -- Voldoet

9.9.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +41,330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1167	18,0	64998	S355	355	18394077
clip	150,0	20,0	3000	S355	355	75000

$N_{i,Rd} = \{(5 * k_p * f_{y0} * t^2_0) * (1 + 0,25 * \eta)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,i,Rd} = h_i * N_{i,Rd}$; $M_{op,i,Rd} = 0$

Toepassingsgebied:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,13 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,13

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 260,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3381,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,507

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,76

$N_{1,Rd} =$ 299,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 299,7 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 44,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 44,9 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

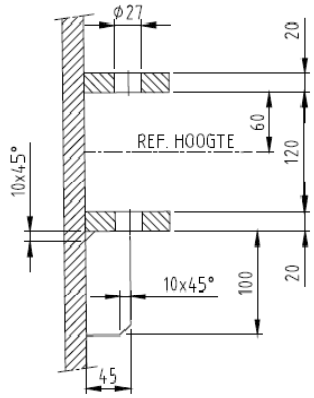
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

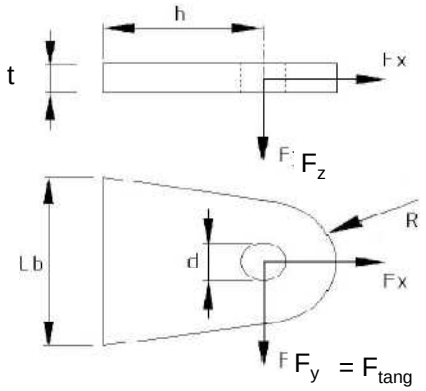
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.9.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 59,487m, 50,987 en 42,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 59,487m, 50,987 en 42,487 m hoogte.





R =	42	mm	;	t =	20	mm
Lb =	140	mm	;	d =	27	mm
h =	45	mm	;	a las :	5	mm (hoeklas)

Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

	59,487m kN	50,987m kN	42,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	16,70	22,19	28,70
$F_{y,Ed}$ =	62,40	60,67	57,88

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$-kN=	64,60	64,60	64,60		
τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =			137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =			57	N/mm^2	< 137 MPa -- Voldoet

Doorsnede II ; per clips

A =	2800	mm^2	N_{Rd} = A * f_y =	663	kN
W_z =	6,53E+04	mm^3	$M_{z,Rd}$ = W_z * f_y =	15,5	kNm
W_y =	9,33E+03	mm^3	$M_{y,Rd}$ = W_y * f_y =	2,2	kNm
			V_{Rd} = A* f_y / 3^{0,5} =	382,6	kN

Clip op 59,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN			

Clip op 50,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN			

Clip op 42,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN			

	59,487m hoogte spanning in N/mm^2	50,987m hoogte spanning in N/mm^2	42,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	6,0	7,9	10,2
$\sigma_{b,z}$ =	43,0	41,8	41,8
τ_y =	22,3	21,7	20,7
$\sigma_{b,max}$ =	48,9	49,7	52,0
σ_{vlg} =	62,3	62,3	63,2

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1{,}25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

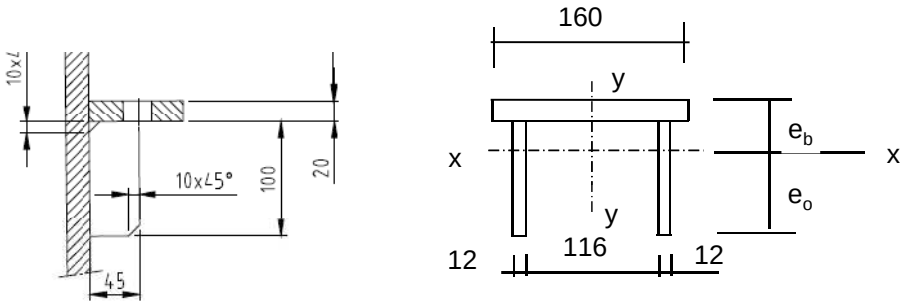
a = 5 mm t = 20 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

σ_1 =			73,6	N/mm^2
τ_1 =			73,6	N/mm^2
τ_2 = 0			104,1	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		232,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	232,7 /	302,2 =	0,77	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	73,6 /	244,8 =	0,30	< 1,0 -- Voldoet

B- Onderste ribbe - op 59,487m, 50,987 en 42,487 m hoogte.



Materiaal - S 355 ; f_y = 355 / 1,5 = 236,7 N/mm^2

e_b =	35,7	mm
e_o =	84,3	mm
A =	5600	mm^2
A_{schot} =	2400	mm^3

I_x =	8377143	mm^4	I_y =	16790400	mm^4
$W_{x,min}$ =	99390	mm^3	W_y =	209880	mm^3

$N_{Rd} = A * f_y$ =	1325	kN
$M_{y,Rd} = W_{x,min} * f_y$ =	23,5	kNm
$M_{x,Rd} = W_y * f_y$ =	49,7	kNm
$V_{z,Rd} = A_{schot} * f_y / 3^{0,5}$ =	327,9	kN
$V_{y,Rd} = A_{ribbe} * f_y / 3^{0,5}$ =	437,2	kN

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Zie berekening boven ribbe

Doorsnede II ;

	59,487m kN	50,987m kN	42,487m kN
$F_{x,Ed}$ =	16,70	22,19	28,70
$F_{y,Ed}$ =	62,40	60,67	57,88
$F_{z,Ed}$ =	84,87	84,87	84,87

Clip op 59,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,249	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 50,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,390	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

Clip op 42,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN ;	$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN ;	$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * h + N_{Ed} * (e_b - t/2)$ =	4,557	kNm
$V_{z,Ed}$ =	84,87	kN			

	59,487m hoogte spanning in N/mm^2	50,987m hoogte spanning in N/mm^2	42,487m hoogte spanning in N/mm^2
σ_N =	3,0	4,0	5,1
$\sigma_{b,z}$ =	13,4	13,0	12,4
$\sigma_{b,y}$ =	42,7	44,2	45,9
τ_y =	19,5	19,0	18,1
τ_z =	35,4	35,4	35,4
$\sigma_{b,max}$ =	59,1	61,1	63,4
σ_{vlg} =	91,6	92,6	93,5

< 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ of $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{v,w,d} = f_u / (\beta_w * \gamma_M *$ wortel(3))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : hoeklas 5 mm rondom

a = 5 mm t = 20 mm

t_1 = 12 mm

Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =			89,6	N/mm^2
τ_1 =			89,6	N/mm^2
τ_2 = 0			42,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =		193,8	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	193,8 /	302,2 =	0,64	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	89,6 /	244,8 =	0,37	< 1,0 -- Voldoet

9.9.4 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 16,3 (boveste clip hijsmast)

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +59,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695	14,0	29967	S355	355	5003721
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,20

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 47,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 106,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,06 of n_p = -0,056

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,98

$N_{1,Rd}$ = 218,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,70 / 218,5 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 15,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 15,3 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 16,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,81 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 979,0 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 3826 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +50,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	916	16,0	45256	S355	355	10011705
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,15

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 127,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1136,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,33 of n_p = -0,312

$k_p = 1,0$, voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,87

$N_{1,Rd}$ = 235,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 22,19 / 235,3 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 16,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,73 / 16,5 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 22,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,73 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 994,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4372 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +42,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1137	18,0	63297	S355	355	17436884
clip	140,0	20,0	2800	S355	355	65333

$N_{i,Rd} = \{(k_p * f_{y0} * t^2_0) * (4 + 20 * \beta^2)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,i,Rd} = 0,5 * b_i * N_{i,Rd}$; $M_{ip,i,Rd} = 0$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

$\beta = b_i / d_0$ = 0,12

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 227,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2942,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,49 of n_p = -0,465

k_p = 1,0 , voor $n_p \leq 0$ (trek)

$k_p = 1,0 - 0,3 * n_p - 0,3 * n_p^2$, voor $n_p > 0$ (druk) maar $k_p \leq 1$

k_p = 0,78

$N_{1,Rd}$ = 258,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 28,70 / 258,6 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 18,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,60 / 18,1 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

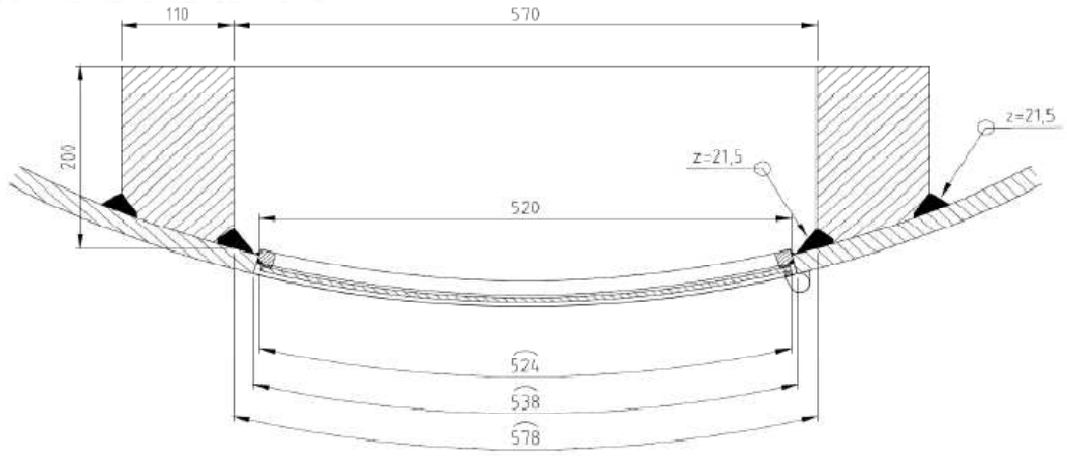
$N_{1,Ed}$ = 28,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 1002,3 N/mm'

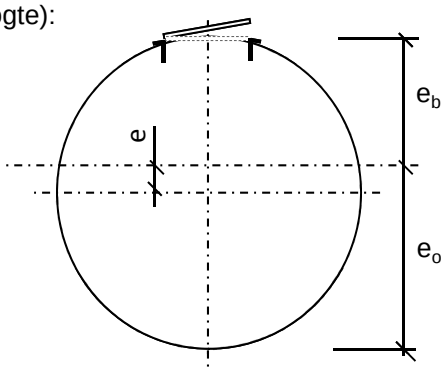
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

9.10 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 2210 mm
dikte t ; 25 mm

A_{buis} = 171621 mm^2
$A_{versterking}$ = 39981 mm^2
$A_{verlies}$ = 12975 mm^2

A_{tot} = 198627 mm^2

e = 117,0 mm
e_b = 988,0 mm ; e_o = 1222,1 mm

I_{tot} = 1,19E+11 mm^4
W_{min} = 9,77E+07 mm^3
W_{max} = 1,21E+08 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 31 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} = 17831 kNm ; N_{Ed} = 769 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,9 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 182,5 N/mm^2

σ_{max} = 3,9 + 182,5 = 186,4 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V8.0 - bijlage AB en AB2

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AB**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2909	0	19396	2909	0	-19396
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22255	0	147925	22255	0	-147925
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22255	0	147925	22255	0	-147925
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22255	0	147925	22255	0	-147925
	Comp. gl	6033	0	40193	6033	0	-40193
	150C1F1 / 150C2F1	5564	0	36981	5564	0	-36981
	150C1F2 / 150C2F2	5564	0	36981	5564	0	-36981
	150C1F3 / 150C2F3	5564	0	36981	5564	0	-36981
1b	GW / opgw	2999	0	21992	2999	0	-21992
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23014	0	169938	23014	0	-169938
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	23014	0	169938	23014	0	-169938
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23014	0	169938	23014	0	-169938
	Comp. gl	6203	0	45121	6203	0	-45121
	150C1F1 / 150C2F1	5753	0	42485	5753	0	-42485
	150C1F2 / 150C2F2	5753	0	42485	5753	0	-42485
	150C1F3 / 150C2F3	5753	0	42485	5753	0	-42485
3	GW / opgw	11395	0	60830	11395	0	-60830
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	37797	0	238900	37797	0	-238900
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	37797	0	238900	37797	0	-238900
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	37797	0	238900	37797	0	-238900
	Comp. gl	23012	0	122608	23012	0	-122608
	150C1F1 / 150C2F1	9449	0	59725	9449	0	-59725
	150C1F2 / 150C2F2	9449	0	59725	9449	0	-59725
	150C1F3 / 150C2F3	9449	0	59725	9449	0	-59725
4	GW / opgw	3860	0	25031	3860	0	-25031
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26107	0	171855	26107	0	-171855
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	26107	0	171855	26107	0	-171855
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26107	0	171855	26107	0	-171855
	Comp. gl	7931	0	51355	7931	0	-51355
	150C1F1 / 150C2F1	6527	0	42964	6527	0	-42964
	150C1F2 / 150C2F2	6527	0	42964	6527	0	-42964
	150C1F3 / 150C2F3	6527	0	42964	6527	0	-42964
6	GW / opgw	3258	0	21373	3258	0	-21373
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24906	0	162593	24906	0	-162593
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	24906	0	162593	24906	0	-162593
	380C1F3 / 380C2F3	24906	0	162593	24906	0	-162593
	Comp. gl	6754	0	44263	6754	0	-44263
	150C1F1 / 150C2F1	6227	0	40648	6227	0	-40648
	150C1F2 / 150C2F2	6227	0	40648	6227	0	-40648
	150C1F3 / 150C2F3	6227	0	40648	6227	0	-40648
1a	GW / opgw	2614	2829	28651	2614	2829	-28651
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20627	15922	189890	20627	15922	-189890
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	20764	14850	185271	20764	14850	-185271
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20936	13544	179843	20936	13544	-179843
	Comp. gl	5628	4053	50697	5628	4053	-50697

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AB**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	5157	3981	47472	5157	3981	-47472
	150C1F2 / 150C2F2	5191	3712	46318	5191	3712	-46318
	150C1F3 / 150C2F3	5234	3386	44961	5234	3386	-44961
1b	GW / opgw	2969	565	22526	2969	565	-22526
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22886	3182	172088	22886	3182	-172088
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22902	2968	171811	22902	2968	-171811
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22921	2707	171498	22921	2707	-171498
	Comp. gl	6173	810	45649	6173	810	-45649
	150C1F1 / 150C2F1	5721	795	43022	5721	795	-43022
	150C1F2 / 150C2F2	5726	742	42953	5726	742	-42953
	150C1F3 / 150C2F3	5730	677	42875	5730	677	-42875
3	GW / opgw	11271	2909	62956	11271	2909	-62956
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	37349	8894	246836	37349	8894	-246836
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	37404	8296	245829	37404	8296	-245829
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	37467	7566	244688	37467	7566	-244688
	Comp. gl	22882	4158	124784	22882	4158	-124784
	150C1F1 / 150C2F1	9337	2224	61709	9337	2224	-61709
	150C1F2 / 150C2F2	9351	2074	61457	9351	2074	-61457
	150C1F3 / 150C2F3	9367	1892	61172	9367	1892	-61172
4	GW / opgw	3842	566	25389	3842	566	-25389
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26017	3184	173545	26017	3184	-173545
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	26028	2969	173326	26028	2969	-173326
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26041	2708	173080	26041	2708	-173080
	Comp. gl	7912	810	51712	7912	810	-51712
	150C1F1 / 150C2F1	6504	796	43386	6504	796	-43386
	150C1F2 / 150C2F2	6507	742	43332	6507	742	-43332
	150C1F3 / 150C2F3	6510	677	43270	6510	677	-43270
1a	GW / opgw	2434	5663	43132	2434	5663	-43132
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19159	31862	266386	19159	31862	-266386
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	19299	29715	255761	19299	29715	-255761
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19491	27100	242841	19491	27100	-242841
	Comp. gl	5232	8109	70532	5232	8109	-70532
	150C1F1 / 150C2F1	4790	7965	66597	4790	7965	-66597
	150C1F2 / 150C2F2	4825	7429	63940	4825	7429	-63940
	150C1F3 / 150C2F3	4873	6775	60710	4873	6775	-60710
1b	GW / opgw	2897	1131	24011	2897	1131	-24011
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22541	6364	178262	22541	6364	-178262
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22597	5936	177218	22597	5936	-177218
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22662	5414	176032	22662	5414	-176032
	Comp. gl	6093	1620	47172	6093	1620	-47172
	150C1F1 / 150C2F1	5635	1591	44565	5635	1591	-44565
	150C1F2 / 150C2F2	5649	1484	44305	5649	1484	-44305
	150C1F3 / 150C2F3	5665	1353	44008	5665	1353	-44008
3	GW / opgw	10988	5819	68659	10988	5819	-68659
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	36307	17792	268286	36307	17792	-268286
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	36462	16593	264783	36462	16593	-264783

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) Appendix AB

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	36648	15134	260745	36648	15134	-260745
	Comp. gl	22546	8317	130929	22546	8317	-130929
	150C1F1 / 150C2F1	9077	4448	67071	9077	4448	-67071
	150C1F2 / 150C2F2	9116	4148	66196	9116	4148	-66196
	150C1F3 / 150C2F3	9162	3784	65186	9162	3784	-65186
4	GW / opgw	3792	1132	26416	3792	1132	-26416
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25766	6368	178458	25766	6368	-178458
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25807	5939	177621	25807	5939	-177621
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25855	5417	176674	25855	5417	-176674
	Comp. gl	7859	1621	52758	7859	1621	-52758
	150C1F1 / 150C2F1	6441	1592	44614	6441	1592	-44614
	150C1F2 / 150C2F2	6452	1485	44405	6452	1485	-44405
	150C1F3 / 150C2F3	6464	1354	44168	6464	1354	-44168
1a	GW / opgw	2614	2829	28651	2614	2829	-28651
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20627	15922	189890	20627	15922	-189890
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	20764	14850	185271	20764	14850	-185271
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20936	13544	179843	20936	13544	-179843
	Comp. gl	5628	4053	50697	5628	4053	-50697
	150C1F1 / 150C2F1	5157	3981	47472	5157	3981	-47472
	150C1F2 / 150C2F2	5191	3712	46318	5191	3712	-46318
	150C1F3 / 150C2F3	5234	3386	44961	5234	3386	-44961
1b	GW / opgw	2969	565	22526	2969	565	-22526
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22886	3182	172088	22886	3182	-172088
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22902	2968	171811	22902	2968	-171811
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22921	2707	171498	22921	2707	-171498
	Comp. gl	6173	810	45649	6173	810	-45649
	150C1F1 / 150C2F1	5721	795	43022	5721	795	-43022
	150C1F2 / 150C2F2	5726	742	42953	5726	742	-42953
	150C1F3 / 150C2F3	5730	677	42875	5730	677	-42875
3	GW / opgw	11271	2909	62956	11271	2909	-62956
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	37349	8894	246836	37349	8894	-246836
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	37404	8296	245829	37404	8296	-245829
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	37467	7566	244688	37467	7566	-244688
0	Comp. gl	22882	4158	124784	22882	4158	-124784
	150C1F1 / 150C2F1	9337	2224	61709	9337	2224	-61709
	150C1F2 / 150C2F2	9351	2074	61457	9351	2074	-61457
	150C1F3 / 150C2F3	9367	1892	61172	9367	1892	-61172
4	GW / opgw	3842	566	25389	3842	566	-25389
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26017	3184	173545	26017	3184	-173545
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	26028	2969	173326	26028	2969	-173326
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26041	2708	173080	26041	2708	-173080
	Comp. gl	7912	810	51712	7912	810	-51712
	150C1F1 / 150C2F1	6504	796	43386	6504	796	-43386
	150C1F2 / 150C2F2	6507	742	43332	6507	742	-43332
	150C1F3 / 150C2F3	6510	677	43270	6510	677	-43270
1a	GW / opgw	2206	0	15241	2206	0	-15241

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AB**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16899	0	116969	16899	0	-116969
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16899	0	116969	16899	0	-116969
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16899	0	116969	16899	0	-116969
	Comp. gl	4576	0	31630	4576	0	-31630
	150C1F1 / 150C2F1	4225	0	29242	4225	0	-29242
	150C1F2 / 150C2F2	4225	0	29242	4225	0	-29242
	150C1F3 / 150C2F3	4225	0	29242	4225	0	-29242
1b	GW / opgw	2287	0	17593	2287	0	-17593
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17604	0	137380	17604	0	-137380
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	17604	0	137380	17604	0	-137380
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17604	0	137380	17604	0	-137380
	Comp. gl	4730	0	36108	4730	0	-36108
	150C1F1 / 150C2F1	4401	0	34345	4401	0	-34345
	150C1F2 / 150C2F2	4401	0	34345	4401	0	-34345
	150C1F3 / 150C2F3	4401	0	34345	4401	0	-34345
3	GW / opgw	10740	0	58130	10740	0	-58130
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	32592	0	212406	32592	0	-212406
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	32592	0	212406	32592	0	-212406
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	32592	0	212406	32592	0	-212406
	Comp. gl	21655	0	117028	21655	0	-117028
	150C1F1 / 150C2F1	8148	0	53101	8148	0	-53101
	150C1F2 / 150C2F2	8148	0	53101	8148	0	-53101
	150C1F3 / 150C2F3	8148	0	53101	8148	0	-53101
4	GW / opgw	3167	0	21182	3167	0	-21182
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20794	0	142171	20794	0	-142171
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20794	0	142171	20794	0	-142171
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20794	0	142171	20794	0	-142171
	Comp. gl	6495	0	43419	6495	0	-43419
	150C1F1 / 150C2F1	5198	0	35543	5198	0	-35543
	150C1F2 / 150C2F2	5198	0	35543	5198	0	-35543
	150C1F3 / 150C2F3	5198	0	35543	5198	0	-35543
6	GW / opgw	2206	0	15241	2206	0	-15241
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16899	0	116969	16899	0	-116969
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	16899	0	116969	16899	0	-116969
	380C1F3 / 380C2F3	16899	0	116969	16899	0	-116969
	Comp. gl	4576	0	31630	4576	0	-31630
	150C1F1 / 150C2F1	4225	0	29242	4225	0	-29242
	150C1F2 / 150C2F2	4225	0	29242	4225	0	-29242
	150C1F3 / 150C2F3	4225	0	29242	4225	0	-29242
1a	GW / opgw	1913	2829	26629	1913	2829	-26629
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15149	15920	170919	15149	15920	-170919
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	15268	14848	165403	15268	14848	-165403
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15423	13542	158827	15423	13542	-158827
	Comp. gl	4136	4052	45200	4136	4052	-45200
	150C1F1 / 150C2F1	3787	3980	42730	3787	3980	-42730
	150C1F2 / 150C2F2	3817	3712	41351	3817	3712	-41351

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AB**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F3 / 150C2F3	3856	3385	39707	3856	3385	-39707
1b	GW / opgw	2248	565	18357	2248	565	-18357
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17425	3181	140493	17425	3181	-140493
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	17448	2967	140095	17448	2967	-140095
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17473	2706	139645	17473	2706	-139645
	Comp. gl	4690	810	36869	4690	810	-36869
	150C1F1 / 150C2F1	4356	795	35123	4356	795	-35123
	150C1F2 / 150C2F2	4362	742	35024	4362	742	-35024
	150C1F3 / 150C2F3	4368	677	34911	4368	677	-34911
3	GW / opgw	10608	2908	60429	10608	2908	-60429
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	32064	8893	222056	32064	8893	-222056
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	32127	8294	220842	32127	8294	-220842
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	32200	7565	219463	32200	7565	-219463
	Comp. gl	21515	4157	119390	21515	4157	-119390
	150C1F1 / 150C2F1	8016	2223	55514	8016	2223	-55514
	150C1F2 / 150C2F2	8032	2074	55210	8032	2074	-55210
	150C1F3 / 150C2F3	8050	1891	54866	8050	1891	-54866
4	GW / opgw	3144	566	21644	3144	566	-21644
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20676	3183	144456	20676	3183	-144456
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20691	2969	144162	20691	2969	-144162
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20708	2708	143831	20708	2708	-143831
	Comp. gl	6472	810	43883	6472	810	-43883
	150C1F1 / 150C2F1	5169	796	36114	5169	796	-36114
	150C1F2 / 150C2F2	5173	742	36041	5173	742	-36041
	150C1F3 / 150C2F3	5177	677	35958	5177	677	-35958
1a	GW / opgw	1791	5663	42144	1791	5663	-42144
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14053	31860	256157	14053	31860	-256157
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14147	29712	244753	14147	29712	-244753
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14278	27097	230753	14278	27097	-230753
	Comp. gl	3834	8108	67480	3834	8108	-67480
	150C1F1 / 150C2F1	3513	7965	64039	3513	7965	-64039
	150C1F2 / 150C2F2	3537	7428	61188	3537	7428	-61188
	150C1F3 / 150C2F3	3570	6774	57688	3570	6774	-57688
1b	GW / opgw	2160	1131	20381	2160	1131	-20381
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16978	6363	149169	16978	6363	-149169
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	17048	5934	147728	17048	5934	-147728
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17130	5412	146078	17130	5412	-146078
	Comp. gl	4586	1620	39007	4586	1620	-39007
	150C1F1 / 150C2F1	4245	1591	37292	4245	1591	-37292
	150C1F2 / 150C2F2	4262	1484	36932	4262	1484	-36932
	150C1F3 / 150C2F3	4282	1353	36519	4282	1353	-36519
3	GW / opgw	10314	5818	66519	10314	5818	-66519
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	30923	17789	247327	30923	17789	-247327
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	31086	16591	243269	31086	16591	-243269
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	31284	15132	238560	31284	15132	-238560
	Comp. gl	21159	8316	126013	21159	8316	-126013

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) **Appendix AB**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	7731	4447	61832	7731	4447	-61832
	150C1F2 / 150C2F2	7771	4148	60817	7771	4148	-60817
	150C1F3 / 150C2F3	7821	3783	59640	7821	3783	-59640
4	GW / opgw	3085	1131	22947	3085	1131	-22947
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20363	6366	150988	20363	6366	-150988
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20413	5938	149887	20413	5938	-149887
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20472	5416	148635	20472	5416	-148635
	Comp. gl	6406	1621	45232	6406	1621	-45232
	150C1F1 / 150C2F1	5091	1592	37747	5091	1592	-37747
	150C1F2 / 150C2F2	5103	1484	37472	5103	1484	-37472
	150C1F3 / 150C2F3	5118	1354	37159	5118	1354	-37159
1a	GW / opgw	1913	2829	26629	1913	2829	-26629
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	15149	15920	170919	15149	15920	-170919
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	15268	14848	165403	15268	14848	-165403
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	15423	13542	158827	15423	13542	-158827
	Comp. gl	4136	4052	45200	4136	4052	-45200
	150C1F1 / 150C2F1	3787	3980	42730	3787	3980	-42730
	150C1F2 / 150C2F2	3817	3712	41351	3817	3712	-41351
	150C1F3 / 150C2F3	3856	3385	39707	3856	3385	-39707
1b	GW / opgw	2248	565	18357	2248	565	-18357
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17425	3181	140493	17425	3181	-140493
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	17448	2967	140095	17448	2967	-140095
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17473	2706	139645	17473	2706	-139645
	Comp. gl	4690	810	36869	4690	810	-36869
	150C1F1 / 150C2F1	4356	795	35123	4356	795	-35123
	150C1F2 / 150C2F2	4362	742	35024	4362	742	-35024
	150C1F3 / 150C2F3	4368	677	34911	4368	677	-34911
3	GW / opgw	10608	2908	60429	10608	2908	-60429
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	32064	8893	222056	32064	8893	-222056
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	32127	8294	220842	32127	8294	-220842
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	32200	7565	219463	32200	7565	-219463
0	Comp. gl	21515	4157	119390	21515	4157	-119390
	150C1F1 / 150C2F1	8016	2223	55514	8016	2223	-55514
	150C1F2 / 150C2F2	8032	2074	55210	8032	2074	-55210
	150C1F3 / 150C2F3	8050	1891	54866	8050	1891	-54866
4	GW / opgw	3144	566	21644	3144	566	-21644
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20676	3183	144456	20676	3183	-144456
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20691	2969	144162	20691	2969	-144162
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20708	2708	143831	20708	2708	-143831
	Comp. gl	6472	810	43883	6472	810	-43883
	150C1F1 / 150C2F1	5169	796	36114	5169	796	-36114
	150C1F2 / 150C2F2	5173	742	36041	5173	742	-36041
	150C1F3 / 150C2F3	5177	677	35958	5177	677	-35958

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012) Appendix AB2

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	GW / opgw	2441	0	16659	2441	0	-16659
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	18693	0	127555	18693	0	-127555
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	18693	0	127555	18693	0	-127555
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18693	0	127555	18693	0	-127555
	Comp. gl	5064	0	34554	5064	0	-34554
	150C1F1 / 150C2F1	4673	0	31889	4673	0	-31889
	150C1F2 / 150C2F2	4673	0	31889	4673	0	-31889
	150C1F3 / 150C2F3	4673	0	31889	4673	0	-31889
1b	GW / opgw	2526	0	19101	2526	0	-19101
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19419	0	148569	19419	0	-148569
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19419	0	148569	19419	0	-148569
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19419	0	148569	19419	0	-148569
	Comp. gl	5224	0	39200	5224	0	-39200
	150C1F1 / 150C2F1	4855	0	37142	4855	0	-37142
	150C1F2 / 150C2F2	4855	0	37142	4855	0	-37142
	150C1F3 / 150C2F3	4855	0	37142	4855	0	-37142
3	GW / opgw	8194	0	47130	8194	0	-47130
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29286	0	194979	29286	0	-194979
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	29286	0	194979	29286	0	-194979
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29286	0	194979	29286	0	-194979
	Comp. gl	16572	0	95142	16572	0	-95142
	150C1F1 / 150C2F1	7322	0	48745	7322	0	-48745
	150C1F2 / 150C2F2	7322	0	48745	7322	0	-48745
	150C1F3 / 150C2F3	7322	0	48745	7322	0	-48745
4	GW / opgw	3086	0	20717	3086	0	-20717
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21318	0	145177	21318	0	-145177
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21318	0	145177	21318	0	-145177
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21318	0	145177	21318	0	-145177
	Comp. gl	6350	0	42593	6350	0	-42593
	150C1F1 / 150C2F1	5330	0	36294	5330	0	-36294
	150C1F2 / 150C2F2	5330	0	36294	5330	0	-36294
	150C1F3 / 150C2F3	5330	0	36294	5330	0	-36294
1a	GW / opgw	2243	1886	22351	2243	1886	-22351
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17658	10612	152696	17658	10612	-152696
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17757	9897	149792	17757	9897	-149792
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17878	9027	146417	17878	9027	-146417
	Comp. gl	4811	2701	40792	4811	2701	-40792
	150C1F1 / 150C2F1	4414	2653	38174	4414	2653	-38174
	150C1F2 / 150C2F2	4439	2474	37448	4439	2474	-37448
	150C1F3 / 150C2F3	4470	2257	36604	4470	2257	-36604
1b	GW / opgw	2509	377	19404	2509	377	-19404
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19347	2121	149789	19347	2121	-149789
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19356	1978	149631	19356	1978	-149631
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19366	1804	149454	19366	1804	-149454
	Comp. gl	5208	540	39498	5208	540	-39498

W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

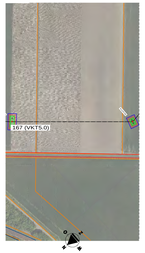
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	4837	530	37447	4837	530	-37447
	150C1F2 / 150C2F2	4839	495	37408	4839	495	-37408
	150C1F3 / 150C2F3	4842	451	37363	4842	451	-37363
3	GW / opgw	8109	1938	48629	8109	1938	-48629
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29006	5928	200038	29006	5928	-200038
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	29041	5529	199392	29041	5529	-199392
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29080	5042	198662	29080	5042	-198662
	Comp. gl	16483	2770	96670	16483	2770	-96670
	150C1F1 / 150C2F1	7251	1482	50010	7251	1482	-50010
	150C1F2 / 150C2F2	7260	1382	49848	7260	1382	-49848
	150C1F3 / 150C2F3	7270	1261	49666	7270	1261	-49666
4	GW / opgw	3075	377	20932	3075	377	-20932
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21267	2122	146166	21267	2122	-146166
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21273	1979	146038	21273	1979	-146038
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21281	1805	145894	21281	1805	-145894
	Comp. gl	6339	540	42806	6339	540	-42806
	150C1F1 / 150C2F1	5317	531	36542	5317	531	-36542
	150C1F2 / 150C2F2	5318	495	36510	5318	495	-36510
	150C1F3 / 150C2F3	5320	451	36473	5320	451	-36473
1a	GW / opgw	2079	3773	32390	2079	3773	-32390
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16437	21232	203900	16437	21232	-203900
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	16567	19801	196523	16567	19801	-196523
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16739	18059	187645	16739	18059	-187645
	Comp. gl	4489	5404	53910	4489	5404	-53910
	150C1F1 / 150C2F1	4109	5308	50975	4109	5308	-50975
	150C1F2 / 150C2F2	4142	4950	49131	4142	4950	-49131
	150C1F3 / 150C2F3	4185	4515	46911	4185	4515	-46911
1b	GW / opgw	2466	754	20269	2466	754	-20269
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19146	4242	153346	19146	4242	-153346
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19179	3956	152739	19179	3956	-152739
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19217	3608	152053	19217	3608	-152053
	Comp. gl	5162	1080	40371	5162	1080	-40371
	150C1F1 / 150C2F1	4786	1060	38337	4786	1060	-38337
	150C1F2 / 150C2F2	4795	989	38185	4795	989	-38185
	150C1F3 / 150C2F3	4804	902	38013	4804	902	-38013
3	GW / opgw	7909	3876	52693	7909	3876	-52693
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28316	11856	214026	28316	11856	-214026
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	28422	11058	211713	28422	11058	-211713
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	28547	10086	209060	28547	10086	-209060
	Comp. gl	16250	5541	101013	16250	5541	-101013
	150C1F1 / 150C2F1	7079	2964	53506	7079	2964	-53506
	150C1F2 / 150C2F2	7105	2765	52928	7105	2765	-52928
	150C1F3 / 150C2F3	7137	2521	52265	7137	2521	-52265
4	GW / opgw	3045	754	21556	3045	754	-21556
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21120	4244	149073	21120	4244	-149073
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21144	3958	148575	21144	3958	-148575

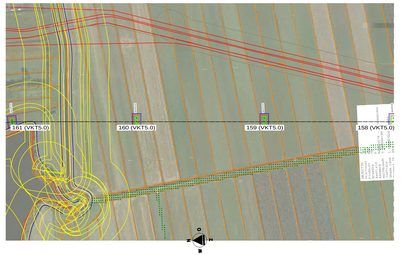
W4S400Z+14 TOWER (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21172	3610	148012	21172	3610	-148012
	Comp. gl	6307	1080	43437	6307	1080	-43437
	150C1F1 / 150C2F1	5280	1061	37268	5280	1061	-37268
	150C1F2 / 150C2F2	5286	990	37144	5286	990	-37144
	150C1F3 / 150C2F3	5293	903	37003	5293	903	-37003
1a	GW / opgw	2243	1886	22351	2243	1886	-22351
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17658	10612	152696	17658	10612	-152696
Permanent loads γg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17757	9897	149792	17757	9897	-149792
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	17878	9027	146417	17878	9027	-146417
	Comp. gl	4811	2701	40792	4811	2701	-40792
	150C1F1 / 150C2F1	4414	2653	38174	4414	2653	-38174
	150C1F2 / 150C2F2	4439	2474	37448	4439	2474	-37448
	150C1F3 / 150C2F3	4470	2257	36604	4470	2257	-36604
1b	GW / opgw	2509	377	19404	2509	377	-19404
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19347	2121	149789	19347	2121	-149789
Permanent loads γg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19356	1978	149631	19356	1978	-149631
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19366	1804	149454	19366	1804	-149454
	Comp. gl	5208	540	39498	5208	540	-39498
	150C1F1 / 150C2F1	4837	530	37447	4837	530	-37447
	150C1F2 / 150C2F2	4839	495	37408	4839	495	-37408
	150C1F3 / 150C2F3	4842	451	37363	4842	451	-37363
3	GW / opgw	8109	1938	48629	8109	1938	-48629
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29006	5928	200038	29006	5928	-200038
Permanent loads γg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	29041	5529	199392	29041	5529	-199392
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29080	5042	198662	29080	5042	-198662
	Comp. gl	16483	2770	96670	16483	2770	-96670
	150C1F1 / 150C2F1	7251	1482	50010	7251	1482	-50010
	150C1F2 / 150C2F2	7260	1382	49848	7260	1382	-49848
	150C1F3 / 150C2F3	7270	1261	49666	7270	1261	-49666
4	GW / opgw	3075	377	20932	3075	377	-20932
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21267	2122	146166	21267	2122	-146166
Permanent loads γg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21273	1979	146038	21273	1979	-146038
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21281	1805	145894	21281	1805	-145894
	Comp. gl	6339	540	42806	6339	540	-42806
	150C1F1 / 150C2F1	5317	531	36542	5317	531	-36542
	150C1F2 / 150C2F2	5318	495	36510	5318	495	-36510
	150C1F3 / 150C2F3	5320	451	36473	5320	451	-36473

Bijlage 2b
Lengteprofielen





Legenda

Feature Code	Feature code - Description	Symbol	Ref	0.70	0.75	1.1	1.2	1.13	1.14					
			Ref Ø mm	H 0.70	H 0.75	H 1.1	H 1.2	H 1.13	H 1.14					
			Nominal	Max. Conn. Diam. (mm)	Max. Conn. Diam. (mm)	Max. Conn. Diam. (mm)	Max. Conn. Diam. (mm)	Max. Conn. Diam. (mm)	Max. Conn. Diam. (mm)	Fitting Weight (kg/pc)	Max. Conn. Weight (kg/pc)	Max. Conn. Weight (kg/pc)	Max. Conn. Weight (kg/pc)	Max. Conn. Weight (kg/pc)
	1 Driehoekmoer profielaangelast		1 tot 1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	2 Gatenmoer gelast		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	3 Kapmoer		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	4 Kabel (haring + clip)		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	5 Kabel (haring + clip)		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	6 Ringer		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	7 Kraal- en signaleerbeugel		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	8 Spiraalgaard en aanhangoor		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	9 Aanduidend cirkelvormig		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	10 Aanduidend cirkelvormig		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	11 Aanduidend cirkelvormig		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	12 Aanduidend cirkelvormig		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	13 Aanduidend cirkelvormig		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	14 Aanduidend cirkelvormig		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	15 Haspel		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	16 Overige - Haspel/moer, borden e.d.		4 tot 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

= Compensatie geleider
= Blikvormkraal
= OPGW
= 150kV
= 300kV
= 13,9 meter t.o.m. SKVN W3, 300m insteken
= 14,2 meter t.o.m. SKVN W2, 300m insteken
= 14,4 meter t.o.m. SKVN W4, 400m insteken
= 14,6 meter t.o.m. SKVN W4, 400m insteken
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (strikbeugel)
= Verschrijven waar extra ruimte nodig is bevonden de minimale vrije ruimte

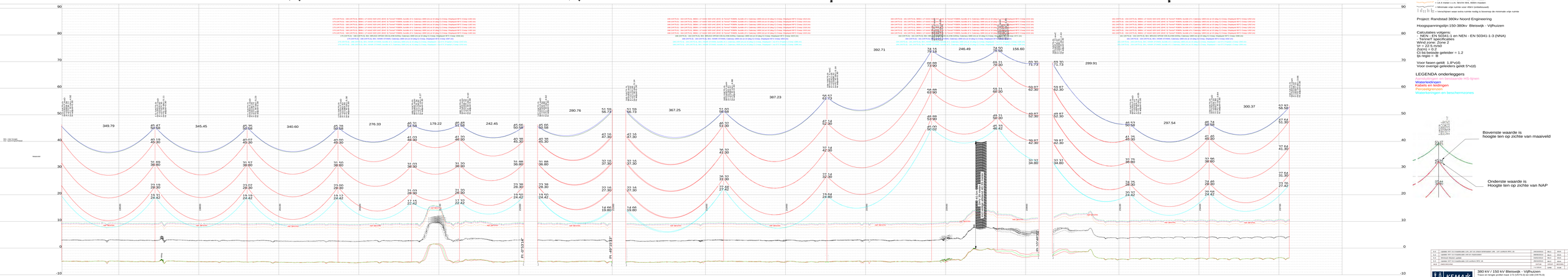
Project: Randstad 380kv Noord Engineering

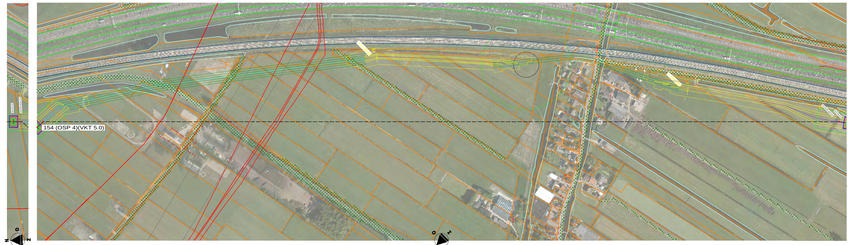
Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

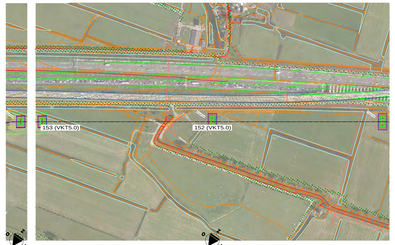
Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-3 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Zone1 = 0.6 Vr
Zone2 = 0.9 Vr
Ct bij beide geleider = 1.2
Ip regio = B

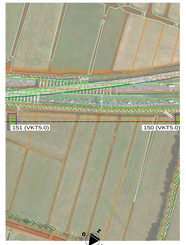
Voor fasen geldt: 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Bestaande en bestaande HS-lijnen
Waterkeringen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones


min. vaste hoogte
min. waterkeringshoogte
hoogte(m)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
349.79
345.45
340.60
276.33
179.22
242.45
280.76
367.25
387.23
392.71
246.49
156.60
289.91
297.54
300.37
hart SKVN
hart SKVN
hart SKVN







Legenda

Feature Code	Feature code - Description	Beeld	Ref	0.70	0.71	1.1	1.2	1.13	1.14					
			Ref Breedte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
			Beeld	Rec. Color - Red (+/-)	Rec. Color - Green (+/-)	Rec. Color - Blue (+/-)	Rec. Color - Intensity (+/-)	Rec. Color - Hue (+/-)	Rec. Color - Saturation (+/-)	Rec. Color - Value (+/-)	Rec. Color - Alpha (+/-)	Extra Beeld 1	Extra Beeld 2	Extra Beeld 3	Extra Beeld 4
1	Ondersteunde profielconjugaat			7.85	2.36	0.2	0.1	10.85	5.95	1.50	0.00	0.00		
2	Conjugaat gebied			8.56	3.36	0.9	0.9	10.85	5.95			7.50	3.50	3.50
3	Conjugaat							10.85	5.95	1.50	0.00			
4	Kabel (hoofdg + j+fase)			8.56	3.36	0.9	0.9	10.85	5.95			0.00	0.00	3.50
5	Kabel (hoofdg + j+fase)			8.56	3.36	0.9	0.9	7.85	5.95			0.00	0.00	3.50
6	Weiger			8.56	3.36	0.9	0.9	7.85	5.95			0.00	0.00	3.50
7	Kabel- en signaleerbewegen			8.56	3.36	10.2	5.1	11.85	5.95	1.50	0.00	0.00		
8	Opbelgen en aanbelgen			8.56	3.36	10.2	5.1	11.85	5.95			0.00	0.00	3.50
9	Aanduiden zonder hoede			8.56	3.36	0.9	0.9	10.85	5.95			7.50	3.50	3.50
10	Aanduiden met hoede			11.56	3.36	10.9	5.9	10.15	5.95			10.50	3.50	3.50
11	Waterwegen 300m en meer			8.56	3.36	10.9	5.9	10.85	5.95			10.50		3.50
12	Waterwegen 150m tot meter			11.56	3.36	10.9	5.9	10.85	5.95			10.50		3.50
13	Waterwegen 150m tot meter			11.56	3.36	10.9	5.9	10.85	5.95			10.50		3.50
14	Waterwegen 150m tot meter			11.56	3.36	10.9	5.9	10.85	5.95			10.50		3.50
15	Weiger			8.56	3.36	0.2	0.9	9.85	5.95			0.00	0.00	3.50
16	Contact-Werk - Waypoint/Assets Section A,B			8.56	3.36	0.9	0.9	9.85	5.95			0.00	0.00	3.50

- = Compensatie geleider
- = Blikvormdraad
- = OPGW
- = 150kV
- = 300kV
- = 13,9 meter t.o.m. 9m'o'm WI3, 300m maaiveld
- = 14,2 meter t.o.m. 9m'o'm WI2, 300m maaiveld
- = 14,4 meter t.o.m. 9m'o'm WI1, 400m maaiveld
- = 14,4 meter t.o.m. 9m'o'm WI4, 400m maaiveld
- = Minimale vrije ruimte voor 49kV (onbelaste)
- = Verschrijving voor extra ruimte nodig is bezwaar de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

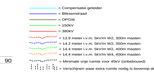
Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

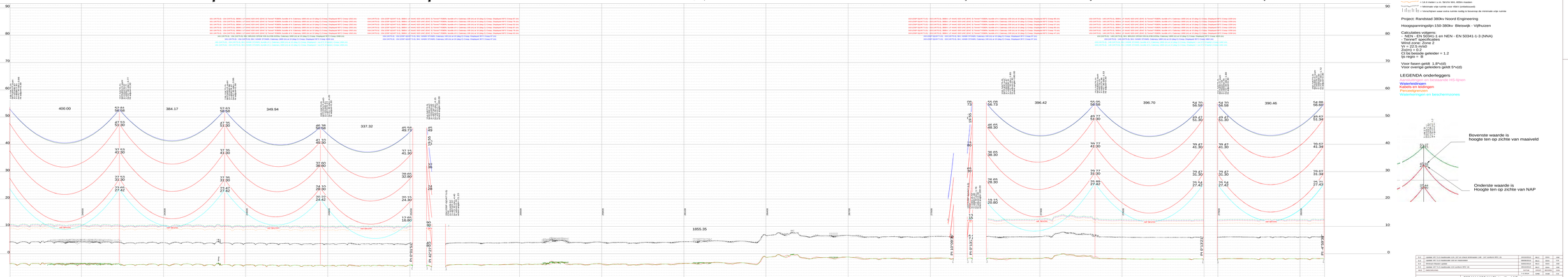
Calculatie uitgaven:
- NEN - EN 50341-3 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- Tennet TSO specificaties

Wind zone: Zone 2
Zone 1 = 0.9
Zone2 = 0.95
Cl bij beide geleider = 1.2
ijs regio = III

Voor fasen geldt: 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Bestaande leidingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones





5.2	Update VKT 5.0 mastlocatie 143, 157 en check leidraadlijn 146 - 147 conform RPO '15			29/10/2015	MLC	EKA	JJM
5.1	Verwerken Bestek wijzigingen en check leidraadlijn			28/10/2015	MLC	EKA	JJM
5.0	Verwerken Bestek wijzigingen			28/10/2015	MLC	EKA	JJM
4.0	Update VKT 5.0 mastlocaties 116 conform RPO '15			28/10/2015	MLC	EKA	JJM
3.0	Vooroverleg			01/10	30/10/15		TJN
2.0	Vooroverleg			10/09	30/09		TJN

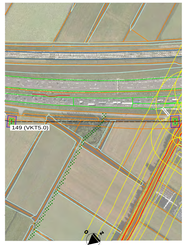
KEMA
DNV GL

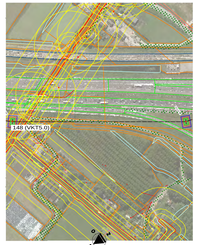
380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

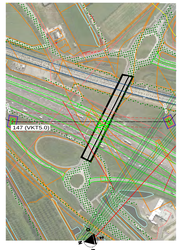
Tracé en lengte profiel maat: 157 (VKT5.0) tot 150 (VKT5.0)

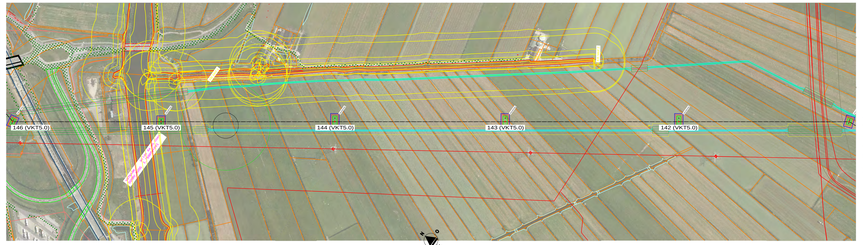
Schaal Horizontaal / Schaal Verticaal	Papierformaat	Tekening nummer	Blad	Versie
1:2000 / 1:200	A2+	Het tekeningnummer staat rechtsonder op elk blad	Blad 1 van 1	Versie 5.2

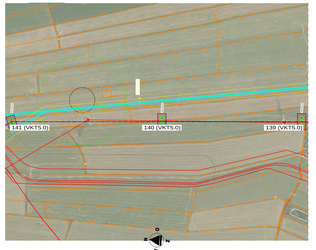
DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.kema.com

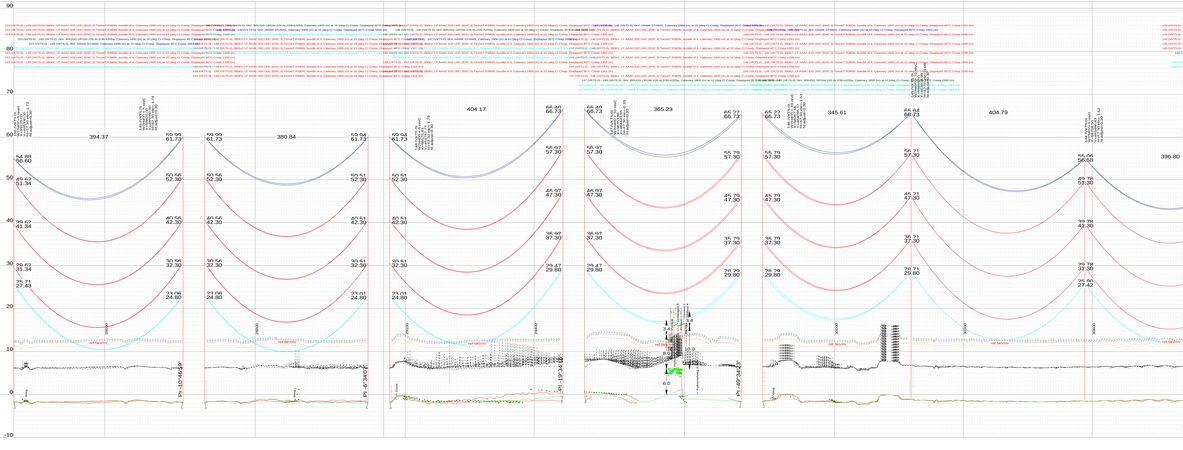


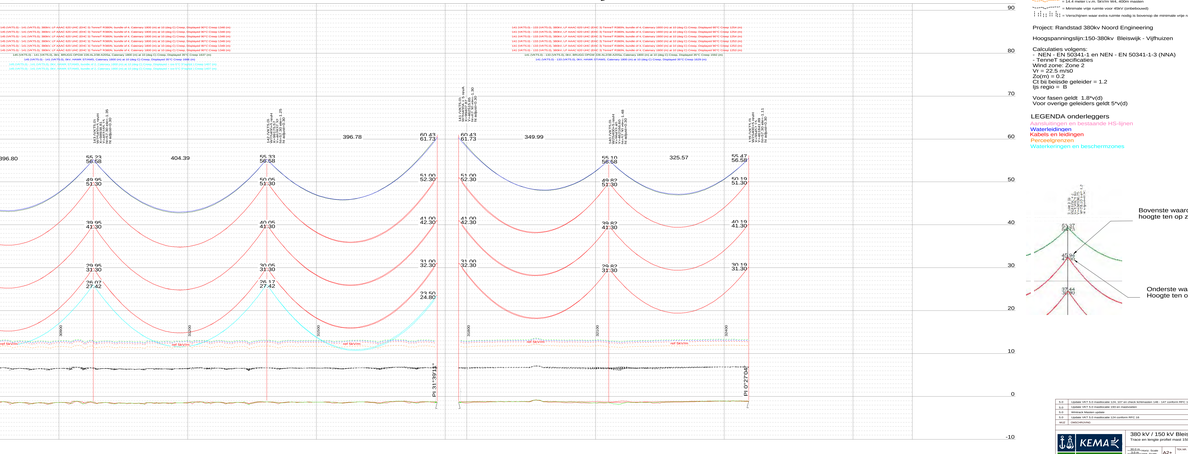












Legenda

Feature Code	Feature code description	Symbol	Ref	0.70	0.70	1.1	1.1	0.10	0.10				
			Ref Events	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100				
			Symbol	Max Value - Min Value (m)	Max Value - Min Value (m)	Max Value - Mean Value (m)	Max Value - Mean Value (m)	Max Value - Mean Value (m)	Max Value - Mean Value (m)	Is Point Included?	Is Point Included?	Is Point Included?	Is Point Included?
1	Onbekend/niet profileringsgebied		7.99	2.99	0.2	0.1	10.85	5.85	1.50			0.00	0.00
2	Gebouwen gebied		8.56	3.56	0.9	0.9	10.85	5.85				0.00	0.00
3	Gebouwen		8.56	3.56	0.9	0.9	10.85	5.85				0.00	0.00
4	Overig (Overig > 1 Pijn)		8.56	3.56	0.9	0.9	10.85	5.85				0.00	0.00
5	Overig (Overig > 2 Pijn)		8.56	3.56	0.9	0.9	7.85	5.85				0.00	0.00
6	Weiger		8.56	3.56	0.9	0.9	7.85	5.85				0.00	0.00
7	Overig: Uit ongeschoeiingen		8.56	3.56	10.2	9.1	11.85	5.85	3.50			0.00	0.00
8	Bebouwen in aanbouwen		8.56	3.56	0.9	0.9	10.85	5.85				0.00	0.00
9	Natuurlijke (zoals) Hoogte		8.56	3.56	0.9	0.9	10.85	5.85				0.00	0.00
10	Natuurlijke Lage Hoogte		11.56	6.56	4.9	4.9	14.21	8.85				0.00	0.00
11	Waterwegen 300m en meer		14.56	9.56	10.9	10.9	14.21	8.85				0.00	0.00
12	Waterwegen 100m 30 meter		14.56	9.56	10.9	9.9	14.85	8.85	10.00			0.00	0.00
13	Waterwegen 100m 30 meter		14.56	9.56	10.9	9.9	14.85	8.85	10.00			0.00	0.00
14	Waterwegen 100m 30 meter		11.56	6.56	4.9	4.9	14.85	8.85	10.00			0.00	0.00
15	Weiger		8.56	3.56	0.2	0.9	9.85	5.85				0.00	0.00
16	Kunstwerk: Hoogwerkbaan, kunstwerk A1		8.56	3.56	0.9	0.9	9.85	5.85				0.00	0.00

- C Compensatie geleider
- Bliksemkabel
- OPGW
- 150kV
- 380kV
- LS 8 meter t.o.m. 9m's/m W2, 300m maaien
- LS 12 meter t.o.m. 9m'sm W2, 300m maaien
- LS 14 meter t.o.m. 9m'sm W2, 400m maaien
- LS 14 meter t.o.m. 9m'sm W4, 400m maaien
- Minimale vrije ruimte voor 45kV (strikteboom)
- = Verwijderen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculatie uitgaans:
- NEN - EN 50341-3 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- Terrein specificaties
Wind zone: Zone 2
Zone 1 = 0.55
Zone2 = 0.60
Ct bij beide geleider = 1.2
Ijs regio = III

Voor fasen geldt: 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Bestaande lijnen en bestaande HS-lijnen
Waterkeringen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones

0.2	Update VKT 5.0 markbuffer 115, 227 en check technische rek - 147 conform RPO '15	29/10/2015	MLC	EKA	JJM
0.1	Verwerken Bestuurlijke overleg en interne reviewronde	08/10/2015	MLC	EKA	JJM
0.1	Verwerken Bestuurlijke overleg	08/10/2015	MLC	EKA	JJM
0.0	Update VKT 5.0 markbuffer 115 conform RPO '15	29/09/2015	MLC	EKA	JJM
0.0	Eerste uitvoer	01/07	2015/09	EKA	JJM
	Opdracht	01/06	2015	EVB	CS

KEMA
ENV

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

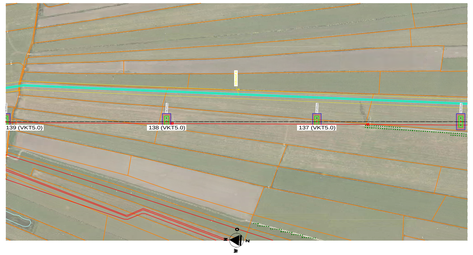
Profiel en lengte-profiel maaiv 150.VKT5.0 tot 128.(VKT5.0)

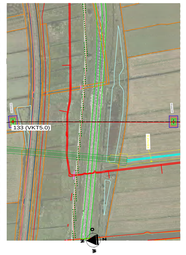
Schaal	Formaat	Tek.nr.
1:1000 / 1:500	A2+	Blad 1 van 1

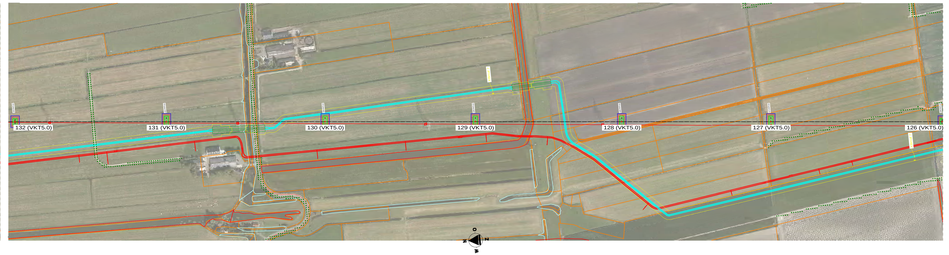
Voor het laatste nieuws en meer informatie over ons project kunt u terecht op onze website www.tennet.eu

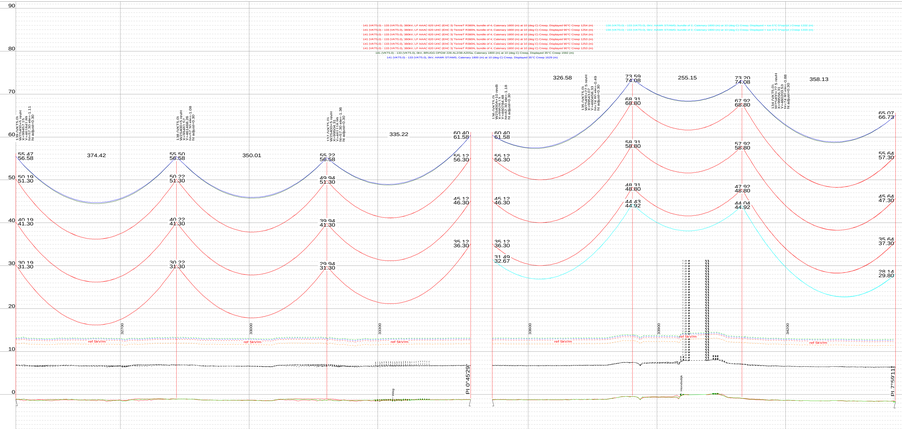
Blad: Vrije 1.0

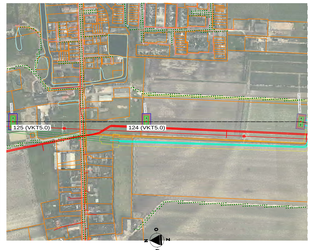
DNV KEMA Energy & Sustainability - Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

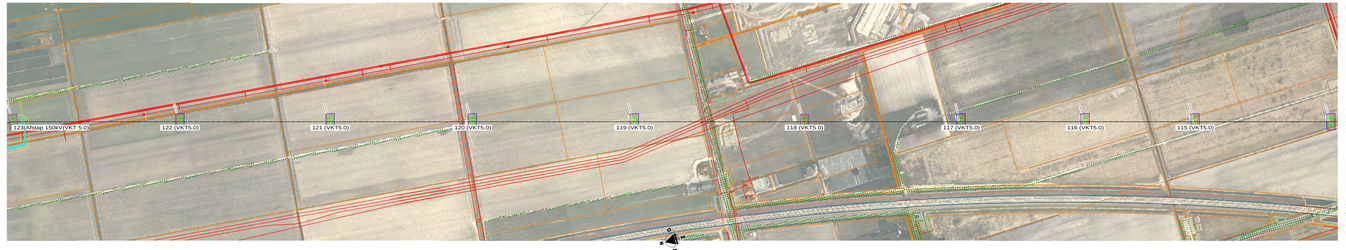


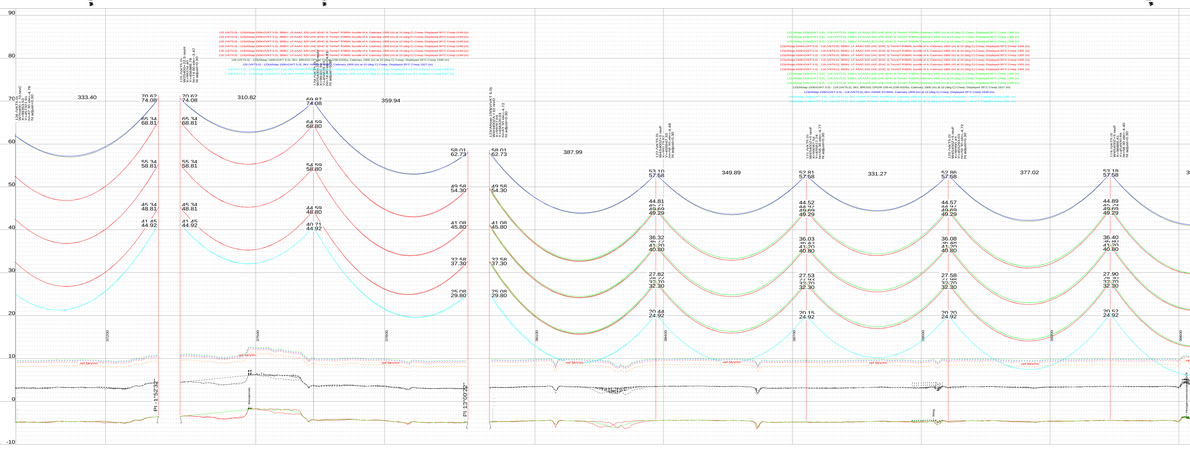


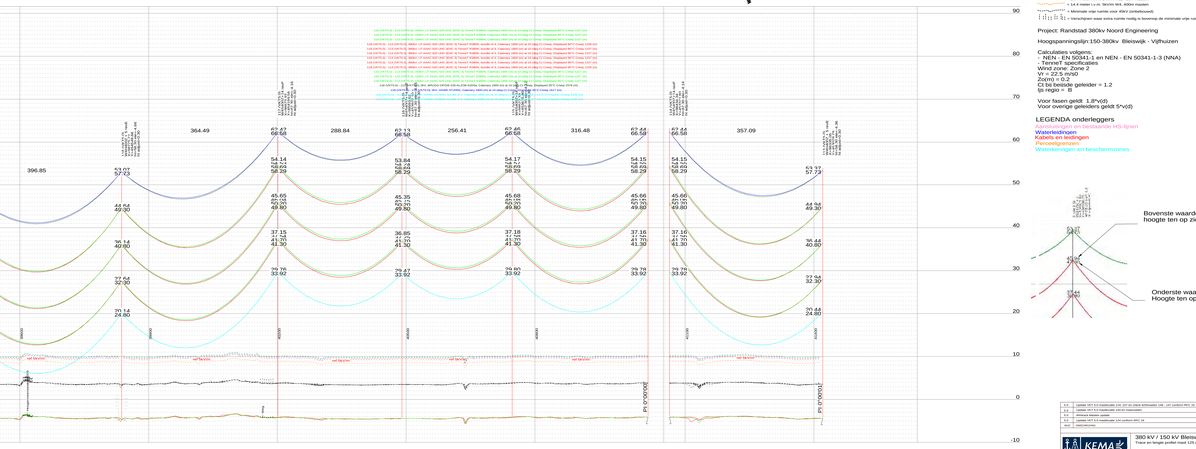



90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
374.42
350.01
335.22
326.58
255.15
358.13
373.89
352.54
369.69
349.99
340.86
347.50
399.20
rail 56/56
rail 51/30
rail 41/30
rail 36/30
rail 32/30
rail 48/80
rail 58/80
rail 68/80
rail 74/68
rail 61/30
rail 46/30
rail 56/30
rail 37/30
rail 47/30
rail 57/30
rail 66/73
rail 58/68
rail 53/30
rail 43/30
rail 33/30
rail 51/68
rail 47/37
rail 37/30
rail 66/73
rail 53/30
rail 41/30
rail 31/30
rail 58/68
rail 51/30
rail 41/30
rail 31/30
rail 56/68
rail 51/30
rail 41/30
rail 31/30
rail 54/68
rail 49/30
rail 39/30
rail 29/80
rail 32/67
rail 44/30
rail 34/30
rail 24/80
rail 44/80
rail 54/80
rail 64









Legenda

Feature Code	Feature code - Description	Symbol	Ref	0.70	0.75	1.1	1.2	1.22	1.52					
			Ref Events	H.290	H.290	H.290	H.290	H.290	H.290					
			Diameter	Bare Cond - Ice (mm)	Bare Cond - Wind (mm)	Bare Cond - Combined (mm)	Bare Cond - Ice (daN/m)	Bare Cond - Wind (daN/m)	Bare Cond - Combined (daN/m)	Drag Factor	Bare Cond Weight	Bare Cond Area	Bare Cond Wind Load	Bare Cond Ice Load
1	Onbekend/niet gedefinieerd		7.98	2.56	0.0	0.1	10.85	5.46	1.50	0.400	0.00			
2	Conductor gebied		8.56	0.56	0.0	0.0	10.85	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
3	Isolator		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00		0.00	0.00			
4	Kabel (Delta) > 1*4p>		4.56	0.56	0.0	0.0	6.85	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
5	Kabel (Delta) > 1*4p>		4.56	0.56	0.0	0.0	7.00	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
6	Ringen		4.56	0.56	0.0	0.0	6.85	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
7	Kabel >in stopcontinuegen		8.56	0.56	0.0	0.1	11.00	5.46	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	Isolatoren in aanmaagen		8.56	0.56	0.0	0.0	10.85	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
9	Aardpaal zonder kracht		4.56	0.56	0.0	0.0	10.85	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
10	Aardpaal met kracht		14.56	0.56	0.0	0.0	14.21	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
11	Aardverspan 380> in meter		14.56	0.56	0.0	0.0	14.21	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
12	Aardverspan 150> in meter		14.56	0.56	0.0	0.0	14.21	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
13	Aardverspan 150< in meter		14.56	0.56	0.0	0.0	14.21	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
14	Aardverspan 150< in meter		14.56	0.56	0.0	0.0	14.21	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
15	Meter		4.56	0.56	0.0	0.0	6.85	5.46		0.00	0.00	0.00	0.00	
16	Conductorpunt - stopverbinden, kantine e.d.		0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	

- = Compensatie geleider
- = Blikvormkabel
- = OPGW
- = 150kV
- = 380kV
- = 13.8 meter t.o.m. 5m t/m 963, 300m maaslen
- = 14.2 meter t.o.m. 5m t/m 963, 300m maaslen
- = 14.4 meter t.o.m. 5m t/m 964, 400m maaslen
- = 14.4 meter t.o.m. 5m t/m 964, 400m maaslen
- = Minimale vrije ruimte voor 49kV (onbelaste)
- = Verschrijven waar extra ruimte nodig is bevonden, de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculatie-uitgangen:
- NEN - EN 50341-3 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Zone 1 = 0.60
Zone 2 = 0.70
Ct bij beside geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt: 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Waterkeringen en beschermde HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones

0.2	Update VKT 5.0 markeerpalen 115, 117 en check Achtmaalder 148 - 147 conform RPO '15	29/10/2015	MLC	EKA	JdK
0.1	Verwijderd Bestaande 150kV mastnummers	29/10/2015	MLC	EKA	JdK
0.0	Release Bleiswijk-Vijfhuizen	28/10/2015	MLC	EKA	JdK
0.0	Update VKT 5.0 markeerpalen 116 conform RPO '15	28/10/2015	MLC	EKA	JdK
rev	beschrijving	door	datum	gec	ctr

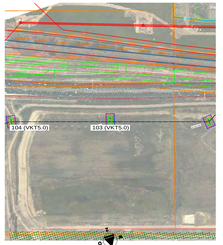
KEMA

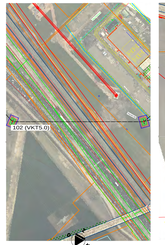
Tel. +31 (0)26 356 2911
www.kema-nl.com

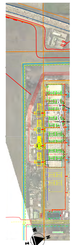
Titel: 380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen
Tracé en langas profiel mast 116 (VKTS.0) tot 113 (VKTS.0)

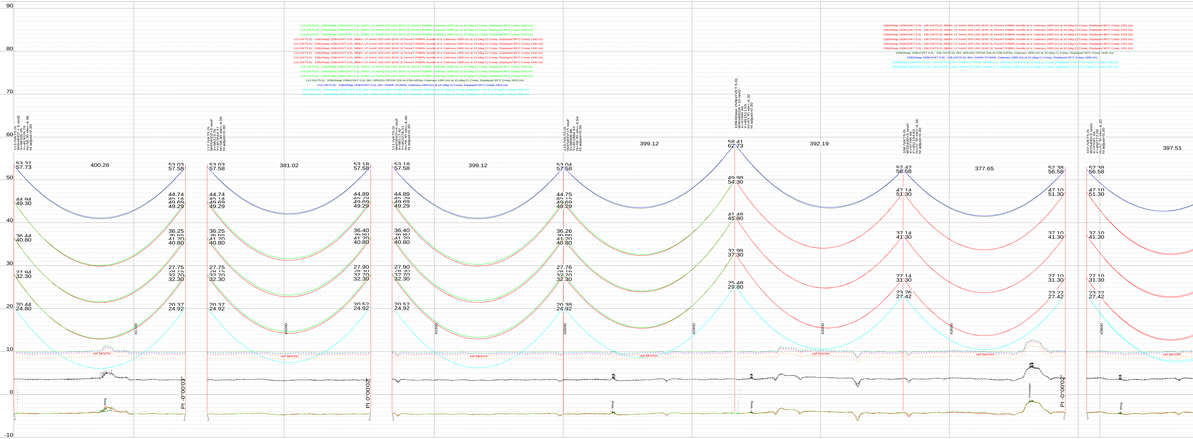
Schaal: 1:1000 (H) 1:1000 (V) | Formaat: A2+ | Tek.nr.: | Blad: 8 van 11 | Rev: 0.2

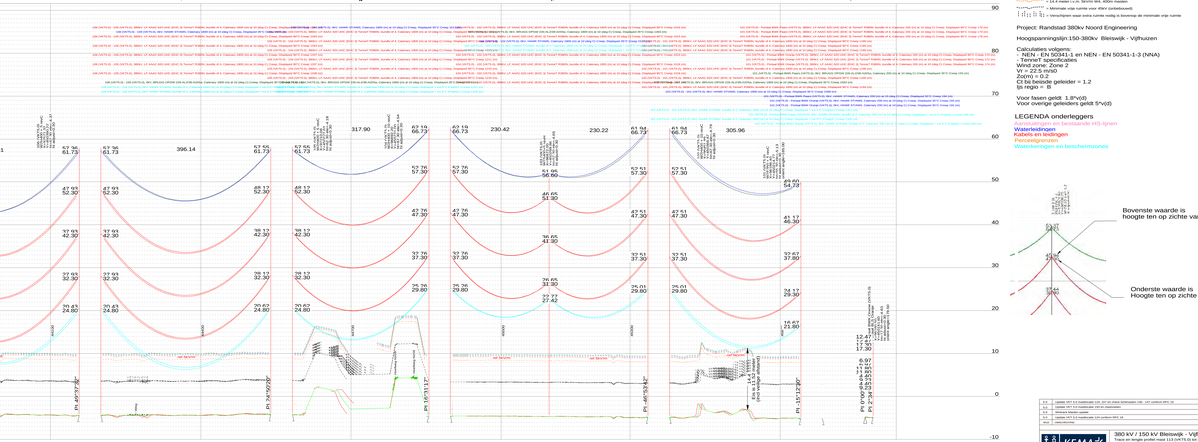
DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel. +31 26 3 56 91 11, www.kema.com/energy











Legenda

Feature Code	Feature code - Description	Standard	Geo 1 mm - Easting (m)	Geo 2 mm - Northing (m)	Geo 3 mm - Elevation (m)	Geo 4 mm - Station (m)	Geo 5 mm - Offset (m)	Geo 6 mm - Angle (gon)	Geo 7 mm - Angle (gon)	Geo 8 mm - Angle (gon)	Geo 9 mm - Angle (gon)	Geo 10 mm - Angle (gon)
	Ref	0.01	0.01	0.1	0.1	0.10	0.10					
	# in theme	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126					
1	Driehoekszicht profielvoegstaal		7.99	2.99	0.2	0.1	10.00	5.99	3.99	0.000	0.00	
2	Dorpsmeet gekleid		8.99	3.99	0.9	0.9	10.00	5.99		7.99	3.99	0.99
3	Dorpsmeet		8.99	3.99	0.9	0.9	10.00	5.99		7.99	3.99	0.99
4	Dorpsmeet (Ondrag + Pijp)		4.99	0.99	0.9	0.9	10.00	5.99			0.99	0.99
5	Dorpsmeet (Ondrag + Pijp)		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
6	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
7	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
8	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
9	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
10	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
11	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
12	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
13	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
14	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
15	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
16	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
17	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
18	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
19	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
20	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
21	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
22	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
23	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
24	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
25	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
26	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
27	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
28	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
29	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
30	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
31	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
32	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
33	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
34	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
35	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
36	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
37	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
38	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
39	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
40	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
41	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
42	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
43	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
44	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
45	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
46	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
47	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
48	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
49	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
50	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
51	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
52	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
53	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
54	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
55	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
56	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
57	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
58	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
59	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
60	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
61	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
62	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
63	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
64	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
65	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
66	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
67	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
68	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
69	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
70	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
71	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
72	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
73	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
74	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
75	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
76	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
77	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
78	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
79	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
80	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
81	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
82	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
83	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
84	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
85	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
86	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
87	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
88	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
89	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
90	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
91	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
92	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
93	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
94	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
95	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
96	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
97	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
98	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
99	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99
100	Dorpsmeet		4.99	0.99	0.9	0.9	7.99	5.99			0.99	0.99

- C Compensatie geleider
- Bliksemkabel
- OPGW
- 150kV
- 380kV
- ± 13,8 meter t.o.m. 5m t/m W2, 300m insteken
- ± 14,2 meter t.o.m. 5m t/m W2, 300m insteken
- ± 14,4 meter t.o.m. 5m t/m W2, 400m insteken
- ± 14,6 meter t.o.m. 5m t/m W4, 400m insteken
- = Minimale vrije ruimte voor 45kV (ontwikkeld)
- = Verschijnen vaar eerste ruimte nodig is. Bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculatiebasis:
- NEN - EN 50341-3 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- Terrain Roughness Ruralness
Wind zone: Zone 2
Zone1 = 0.625
Zone2 = 0.69
Ct bij beide geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Waterkeringen en beschermde HS-tijnen
Waterkeringen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermingszones

5.0	Update VKT 5.0 markbrieven 110, 107 en check leidraadpen 108 - 107 conform RPO '21	29/10/2021	MLC	EKA
4.0	Update VKT 5.0 markbrieven 109 en 108 toegevoegd	28/10/2021	MLC	EKA
3.0	Herstart Bestek Engineering	18/10/2021	MLC	EKA
2.0	Update VKT 5.0 markbrieven 106 noordkant RPO '21	29/09/2021	MLC	EKA
1.0	Eerste uitvoering	24-08	2021/09	EKA
		2021	OPM	KVM

KEMA

Bleiswijk - Vijfhuizen

Tracks en lengtes profiel maart 113 (VKT5.0) tot Portaal (Refh Oranje (VKT5.0)

Schaal Hor. / Schaal Ver.	Formaat	Tek.nr.	Blad	Van
1:1000 / 1:100	A2+	Voor info: www.kema-nl / van 4 t/m 8 en 10 t/m 13	1	13

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

DNV KEMA Energy & Sustainability - Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel. +31 (0) 26 35 15 111, www.kema.com

Bijlage 2c

Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties

Constructieberekening mastfundatie type A

Project:
Randstad 380kV Noordring

Opdrachtgever:
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	06-08-2013	Definitief. Externe review verwerkt
02	02-10-2013	T.b.v. 2e uitgave

Documentnummer: R3N-OWR-0003

Opsteller	*Controleur*	*Vrijgever*
A.L.A. van Noort Constructeur	P. de Jager Ontwerpmanager	Arjan Hogenboom Project Manager

Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael DeSmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

Beheer

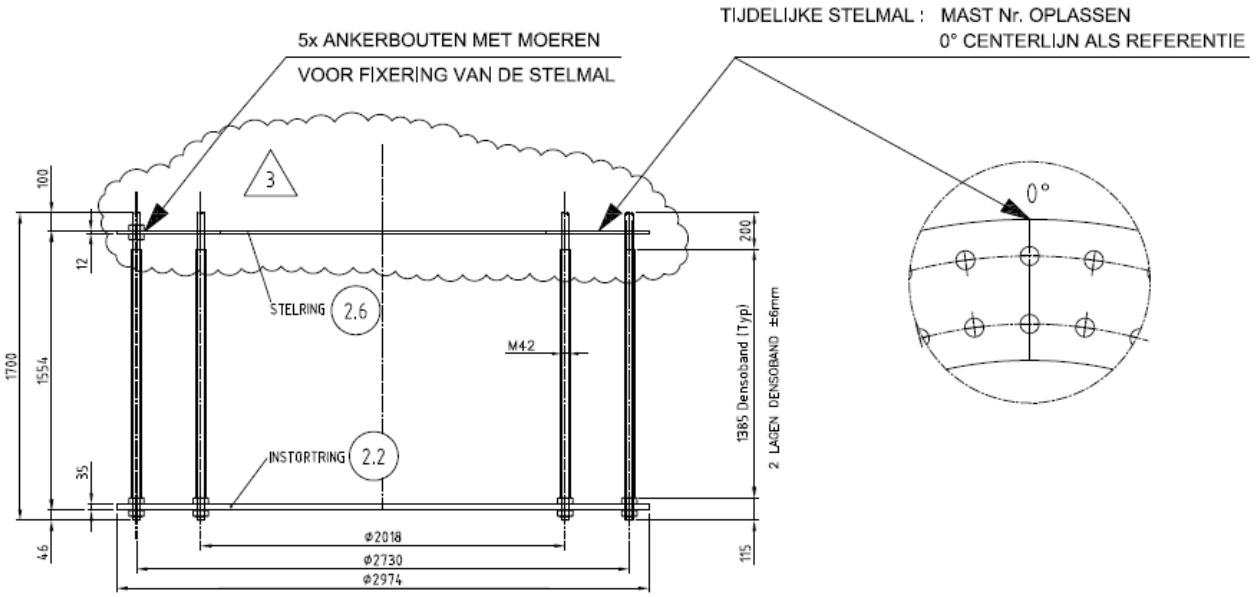
De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

Inhoudsopgave

1. Inleiding *5*
1.1. Overzicht verschillende typen 5
1.1.1. Fundatietype A 6
1.1.2. Fundatietype B 6
1.1.3. Fundatietype C 7
1.1.4. Fundatietype D 7
1.1.5. Fundatietype F 8
1.2. Mastbeeld bij fundatie type A 9
1.3. Gerelateerde documenten 9
1.4. Openstaande punten 9
1.5. Revisiebeheer 10
2. Uitgangspunten en eisen *11*
2.1. Uitgangspunten 11
2.2. Gehanteerde normen 11
2.3. Eisen 11
2.4. Vermoeiing 11
2.5. Materiaalgegevens 11
2.5.1. Betonkwaliteiten 11
2.5.2. Milieuklasse *12*
2.5.3. Betondekking 12
2.5.4. Staalkwaliteiten *12*
2.6. Veerconstante funderingspalen 12
3. Berekening poer type A *14*
3.1. Geometrie 14
3.2. Belastingen en belastingcombinaties 14
3.2.1. Belastingsfactoren 14
3.2.2. Belastingsgevallen 15
3.2.3. Belastingcombinaties 17
3.3. Wisselende belastingen en vermoeiing 18
3.4. Berekening fundering 21
4. Verbinding mast-fundering *21*



DETAIL VERANKERING

NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV Revision: 3 Date: 5-7-2011	Material: – Quantity: 2 Equipm. no.: W4E350	**VDL KTI**	Project No.: 36002 Workprep. No.: Pos. No.: ANKERKOOI

..... 21

DE ANKERS EN PLATEN ZIJN BEREKEND DOOR VOLKER INFRA DESIGN BIJ HET ONTWERP VAN DE MASTEN. DE ANKERKOOI BEVINDT ZICH IN DE RONDE OPSTORT. DE RONDE OPSTORT IS D.M.V. STEKKEN VERBONDEN MET DE KRUISVORMIGE BALKEN. 21

DE STEKKEN WORDEN IN DE UO FASE BEREKEND. 21

5. Bijlagen 22
Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde (model 1) 23
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – Matige E-waarde (model 2) 24

1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de mastfundaties. Dit betreft ook de masten welke ter plaatse van een OSP zijn gelokaliseerd. De overige onderdelen van de OSP's zijn in een afzonderlijk document berekend evenals de funderingspalen.

Dit rapport betreft een poer A. Op poer A worden de volgende masttypen geplaatst: W2S400 + 5, W2S350 + 5.

De wapening wordt in het UO ontwerp uitgewerkt.

1.1. OVERZICHT VERSCHILLENDE TYPEN

Binnen het project komen verschillende typen masten voor.
De verschillen komen voort uit:

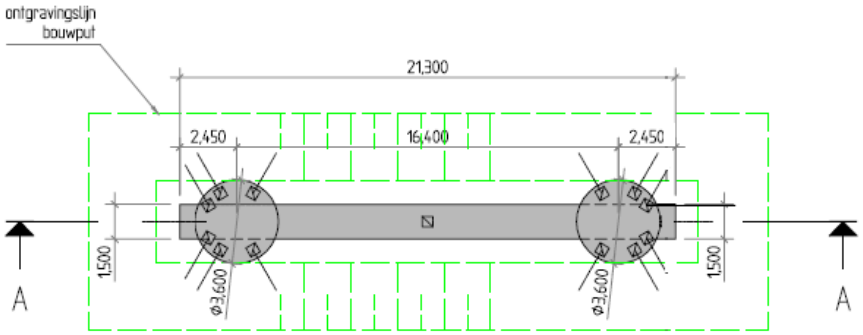
- aantal systemen dat een mastenpaar draagt, 2 systemen (2x380 kV) of 4 systemen (2x380 kV en 2x150 kV),
- de functie van de mast, Steunmast, Hoekmast of Eindmast,
- maximale veldlengte tussen masten 350 of 400 m,
- aanpassingen aan mast (b.v. +10 m extra hoogte).

Elke mast heeft een eigen belastingpatroon. Na analyse van de verschillende belastingen en geometrische eisen zijn er uiteindelijk 5 mastfundatie typen bepaal. Met deze 5 typen is er voor elke mast een geschikte fundatie beschikbaar.

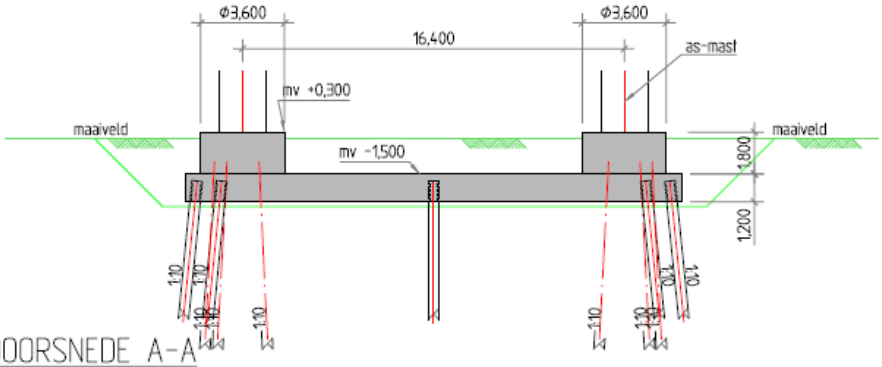
De fundatietypen zijn hieronder weergegeven.

1.1.1. FUNDATIETYPE A

Toegepast bij masttype:
- W2S400 + 5
- W2S350 + 5
- W2S400A+10



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

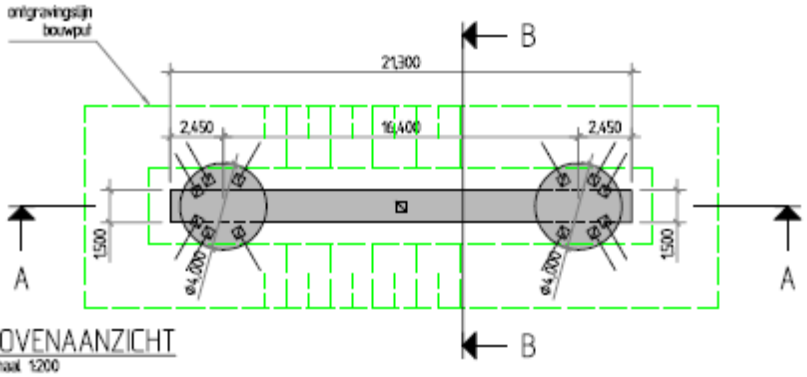


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

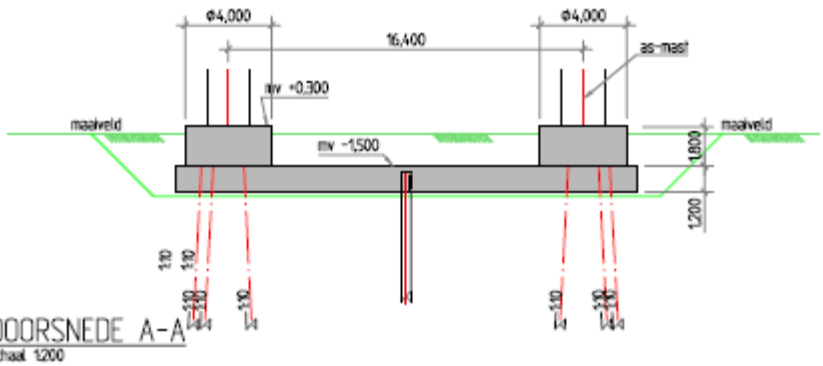
1.1.2. FUNDATIETYPE B

Toegepast bij masttype:
- W4S400Z + 5
- W2S400 + 24
- W2S400 + 24
- W4S400Z + 14

Opm: verschil met type A is diameter opstort.



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

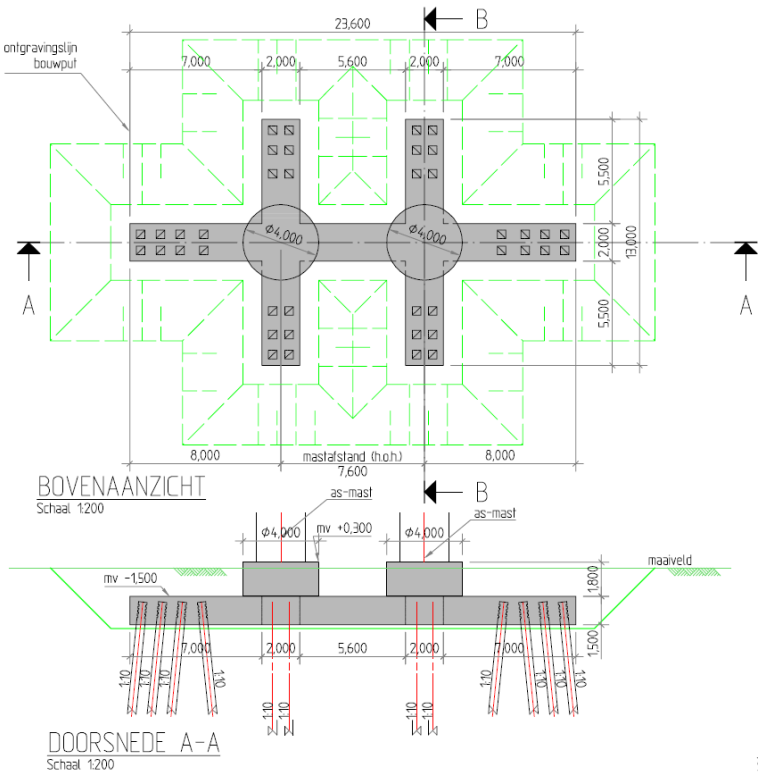


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.1.3. FUNDATIETYPE C

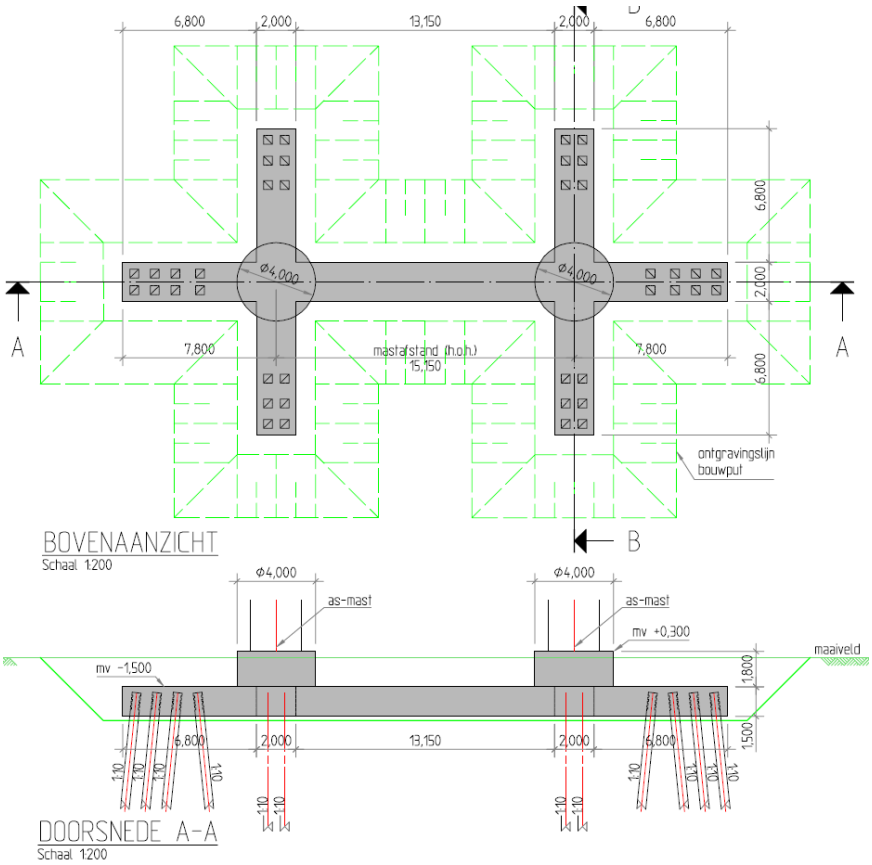
Toegepast bij masttype:
- W2H400 + 5
- W2H400 + 5
- W2H400 + 10
- W2H400 + 10 mast 133
- W2H400 + 15

Opm: mast 133 was in de oude nummering mast 82.



1.1.4. FUNDATIETYPE D

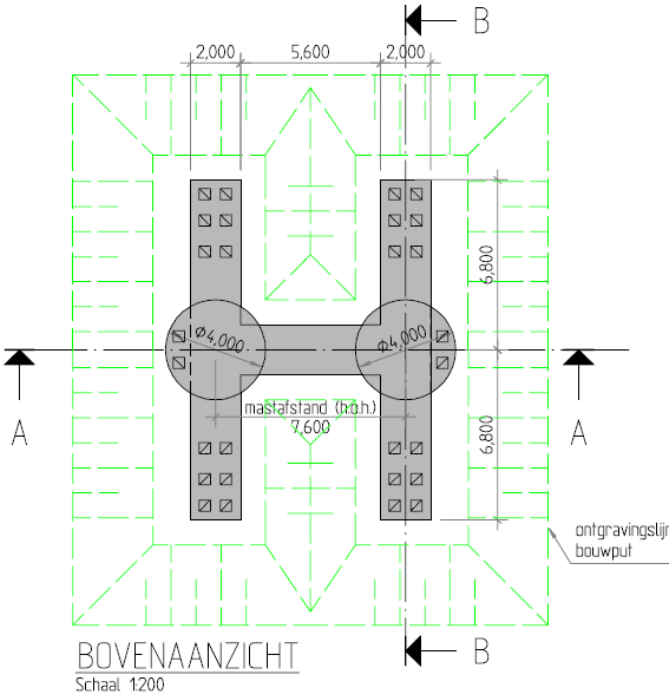
Toegepast bij masttype:
- W4H400Z + 5 (Afstap 150kV)
- W4H400Z +10 (Afstap 150kV)



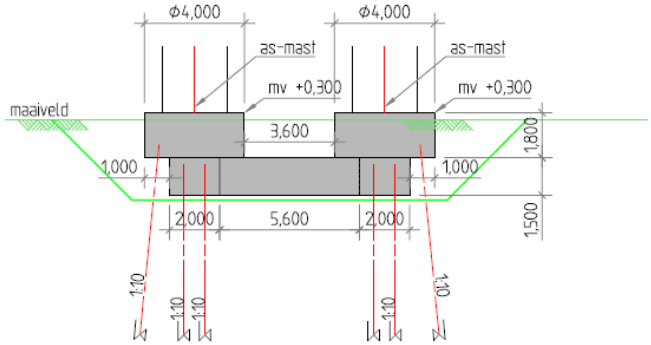
1.1.5. FUNDATIETYPE F

Toegepast bij masttype:

- W2E350 + 5
- W2E400
- W2E350

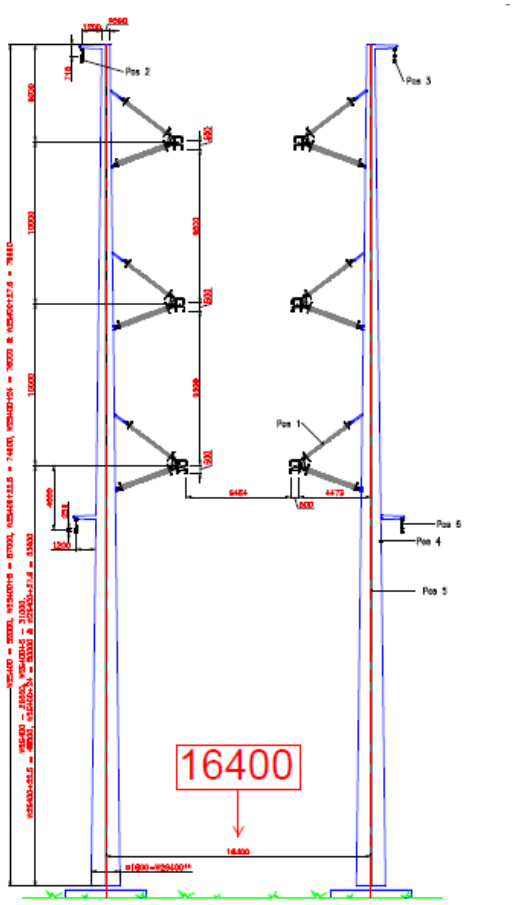


BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.2. MASTBEELD BIJ FUNDATIE TYPE A



1.3. GERELATEERDE DOCUMENTEN

R3N-OWN-0001 Ontwerpnota Systeem Noordring
R3N-OWR-0003 Constructieberekening mastfundaties type A
R3N-OWR-0004 Constructieberekening mastfundaties type B
R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C
R3N-OWR-0006 Constructieberekening mastfundaties type D
R3N-OWR-0007 Constructieberekening mastfundaties type F
R3N-OWR-0008 Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties
R3N-OWR-0033 Bepaling belastingen mastfundaties
R3N-OWR-0039 Bemalingsadvies beheersgebied Rijnland
R3N-OWR-0040 Bemalingsadvies beheersgebied Schieland en de Krimpenerwaard

1.4. OPENSTAANDE PUNTEN

De volgende punten dienen in een latere fase nader uitgewerkt te worden:

- Aarding, de wijze van aarden kan invloed hebben op de vermoeiing van het wapeningsstaal.
- Temperatuursinvloeden op fundering
- Model verbeteren d.m.v. dummy elementen aan bovenzijde palen
- Invloed krimp op fundering
- Optimalisatie wapening
- Optimalisatie palen
- Detailontwerp prefab beton

1.5. REVISIEBEHEER

Aangepast in 2e uitgave
Er zijn nog vrijwel geen grondgegevens beschikbaar. Dit rapport is een principe berekening. Toegevoegd zijn enkele betonberekeningen. Daarnaast zijn er nu 2 modellen van de fundering gedraaid.

Aangepast in 3e uitgave
Dit is de 3e uitgave. In deze revisie is toegevoegd:

- Mastbeeld toegevoegd,
- Nadere uitwerking milieuklasse
- Masttype W2H400 + 15 was in het overzicht zowel bij poer type C als D genoemd. Mast komt op type C.
- Masttype W2S400A+10 ontbrak in het overzicht. Toegevoegd bij poertype A
- Toelichting koppeling mast met fundatie

2. UITGANGSPUNTEN EN EISEN

2.1. UITGANGSPUNTEN

Op de funderingen worden de lasten geplaatst zoals afgeleid in document R3N-OWR-0033 'Bepaling belasting mastfundaties'. Deze zijn afgeleid van de mastberekeningen zoals door TenneT beschikbaar gesteld.

2.2. GEHANTEERDE NORMEN

De eurocode serie NEN-EN-1990 tm 1997 wordt gehanteerd

NEN-EN50341

2.3. EISEN

De eisen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.
Voor de masten gelden specifiek onderstaande eisen:

- De fundamenten van de staalconstructies ten behoeve van de masten worden gedimensioneerd op een maximale vervorming van 0.005 RAD onder representatieve waarden van de belastingen,
- Tot 1,5 m diepte mag de straalomtrek van de fundering niet groter zijn dan 1,0 m meer dan de straal van de mast,
- De ZRO-breedte tussen de (schoor)paalpunten en andere ondergrondse constructies van de masten is maximaal 2x 22 m voor de 2x 380kV (solo) verbinding en 2 x 27 m voor de 2 x 150 kV/380 kV (combi) verbinding.
- Tolerantie van mastlocatie naar buiten is 10 cm, tollerantie naar binnen is 0 cm.

2.4. VERMOEIING

De aan te leggen fundamenten worden gedimensioneerd op een vermoeiingsbelasting. De wisseling van belasting komt uit wind. Het aantal en de grote van de wisselingen gedurende 50 jaar is bepaald conform de ROK. De toetsingsprocedure van de constructie conform NEN-EN 1992-1-1:2005.

2.5. MATERIAALGEGEVENS

In onderstaande paragrafen worden de gehanteerde materiaaleigenschappen benoemd.

2.5.1. BETONKWALITEITEN

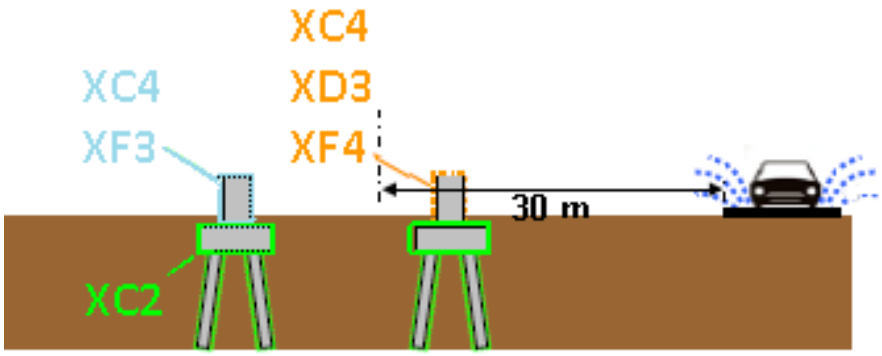
Voor het constructief beton worden bij de detaillering de volgende sterkteklassen aangehouden. De betonkwaliteit van de ronde opstort (C35/45) is voorgeschreven. Bij gescheurd beton wordt in eerste instantie gerekend met $E_{beton;gescheurd} \approx 1/3\ E_{beton;ongescheurd}$. Tevens is een ca. 2 x zo hoge E-modulus beschouwd.

Onderdeel	Sterkteklasse	Elastisciteitsmodulus [N/mm²]		
		ongescheurd	Gescheurd lage E	Gescheurd matige E
in het werk gestort gewapend beton:	C30/37	31.000	11.000	22.000
in het werk gestort gewapend beton, ronde opstort	C35/45	33.500		
geprefabriceerd beton (U-bakken):	C35/45	33.500		
geprefabriceerd voorgespannen beton (palen):	C45/55	36.000		

Tabel 2.5.1-1 Betonkwaliteiten

2.5.2. MILIEUKLASSE

Voor de betondelen welke meer dan 1,0 m onder maaiveld liggen geldt milieuklasse XC2
Voor de hoger gelegen betondelen is de milieuklasse afhankelijk van de aanwezigheid van openbare wegen. De wegen naar de OSP's zullen niet gestrooid worden en bovendien nauwelijks bereden worden, waardoor het wegspatten van water met dooizouten niet aan de orde is. De afstanden in onderstaande schets geldt voor snelwegen, bij ander wegen zou deze eventueel kleiner kunnen.



2.5.3. BETONDEKKING

Betondekking conform NEN EN 1992-1-1:2011

$$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\} \qquad (4.2)$$

waarin:

$c_{min,b}$	is de minimumdekking op basis van de aanhechtingseisen, zie 4.4.1.2 (3);
$c_{min,dur}$	is de minimumdekking op basis van de milieu-omstandigheden, zie 4.4.1.2 (5);
$\Delta c_{dur,\gamma}$	is een aanvullende veiligheidsmarge, zie 4.4.1.2 (6);
$\Delta c_{dur,st}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van roestvast staal, zie 4.4.1.2 (7);
$\Delta c_{dur,add}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming, zie 4.4.1.2 (8).

De verwachting is dat $c_{min;b}$ maatgevend wordt. Deze warade is afhankelijk van de staafdiameter, welk enog niet bekend is. Betondekking wordt in UO bepaald.

2.5.4. STAALKWALITEITEN

Voor het wapeningsstaal worden de volgende staalkwaliteiten aangehouden:

Omschrijving	Kwaliteit
betonstaal (staven)	B500 B

Tabel 2.5.2 Staalkwaliteiten

2.6. VEERCONSTANTE FUNDERINGSPALEN

De constructie wordt gefundeerd op prefab betonpalen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur in rapport R3N-OWR-0008.

In het model wordt gerekend met een verticale veerstijfheid van 120.000 kN/m.
Voor de horizontale bedding worden onderstaande waarden aangehouden.

Bij de palen voor funderingstype A staan er geen palen in elkaars schaduw. De factor voor groepswerking is daarom niet aanwezig. De groepswerking reduceerde de stijfheid in rapport R3N-OWR-0008 tot resp 39% in Y richting en 54 % in X richting.
Zonder groepswerking zijn de waarden dus aanzienlijk hoger. Pas een factor van 1,5 op de gegeven horizontale bedding in X-richting toe voor de palen bij fundatietype A. Hiermee is er nog steeds een reductie tot 81% van de bedding van een vrijstaande paal.

In de volgende tabel wordt de gehanteerde beddingsconstanten gepresenteerd. Er wordt alleen met de lage veerstijfheid gerekend, omdta dzee resulteerd in de grootste vervormingen.

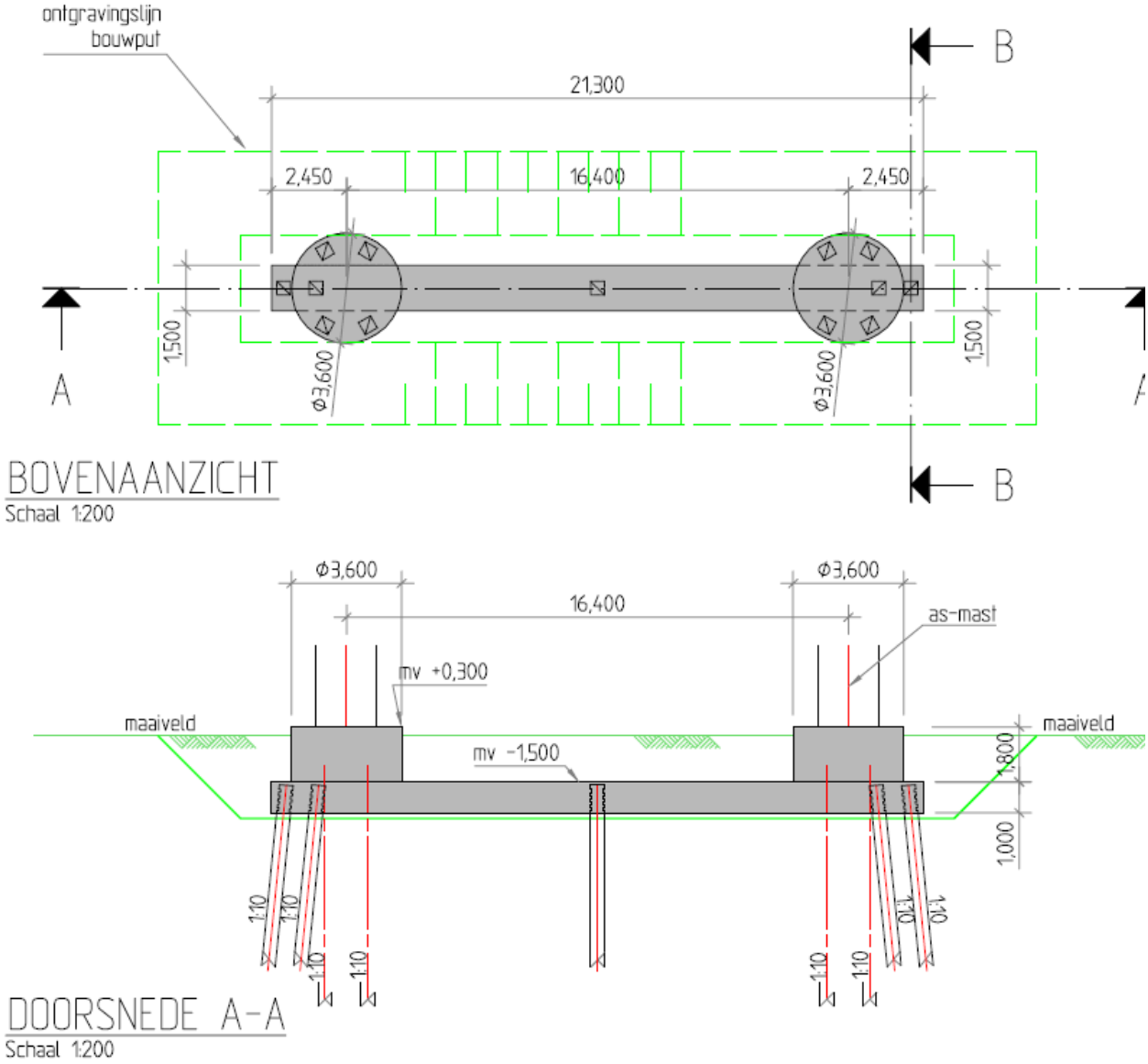
X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag			per m'paal	
	[m+ NAP]			$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	
Veen	-1.6			1,050	
Klei	-2.7			450	
Veen	-5.1			1,050	
Klei	-6.0			600	
Veen	-11.2			1,050	
Zand	-12.1			10,35	
Zand	-22.0			12,45	

Figuur 3 Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting

3. BEREKENING POER TYPE A

3.1. GEOMETRIE

De geometrie van de type A poeren is als volgt:



3.2. BELASTINGEN EN BELASTINGCOMBINATIES

3.2.1. BELASTINGSFACTOREN

De opdrachtgever schrijft veiligheidsklasse 3 voor in combinatie met de Eurocode. Voorlopig wordt gewerkt met CC3.

De belasting uit de poeren bestaat vooral uit lasten uit de mast cq lijnen. Deze lasten zijn, incl. partiële factoren gegeven door de opdrachtgever op basis van een rapport van KEMA.

Daarnaast zijn er lasten op de poeren zelf. Hiervoor geldt dat vergelijking 6.10 b van de EN 1990 maatgevend is. Gecombineerd met CC3 gelden de volgende partiële factoren:

γ_G (ongunstig)	=	1,3	
γ_G (gunstig)	=	0,9	(zie §3.2.2, op eigen gewicht fundering wordt factor 0,54 toegepast)
γ_Q	=	1,65	

Opm: De meeste lasten zijn door de klant incl de factoren gegeven. Bovenstaande factoren hebben dus alleen invloed op het eigen gewicht , grond en belastingen op maaiveld.

3.2.2. BELASTINGSGEVALLEN

Eigen gewichtpoer
Eigen gewicht van de betonconstructie wordt gegenereerd in het model. Er wordt gerekend met een eigengewicht voor beton van 2500 kg/m$^{3.}$

Omdat er ook trek op de palen komt, is eigen gewicht al snel een gunstige belasting (druk eenvoudiger op te nemen dan trek).Indien de poer zich onderwater bevindt zal er een opwaartse kracht gelijk aan het gewicht van het verplaatste water op de poer aanwezig zijn. Het effectieve gewicht van de poer reduceert hierdoor tot 1500 kg/m^3. Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 1350 kg/m^3. In totaal bedraagt de factor dan dus 1350/2500 = 0,54.

Eigen gewicht grond op poer
Op de poer ligt 1,5 m grond. Indien het grondwater lager ligt, is de last:
1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2

Bij waterstand gelijk aan 0,5m onder maaiveld niveau is de last:
0,5 * 17 + 1,0 * (17-10) = 15,5 kN/m^2

Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 13,95 kN/m^2. In totaal bedraagt de factor dan dus 13,95/25,5 = 0,54.

Reken met droge grond en pas een partiële factor van 0,54 op eigen gewicht poer en grond toe in het geval deze gunstig werken.

Belastingen uit de mast
Zie rapport 'Afleiding belasting uit masten'.

Er wordt gerekend met de volgende, donker aangegeven ULS en SLS lasten uit het rapport. De overige lasten zijn met deze gevallen afgedekt.

Voor het variabele deel dat zijn oorsprong vindt in wind, wordt gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0

ULS

Mast	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W2S400+5	90 deg	1a	0	14507	565	0	374
W2S400+5	90 deg	3	0	10025	681	0	238
W2S400+5	45 deg	1a	3748	8380	424	113	218
W2S350+5	90 deg	1a	0	11432	419	0	327
W2S350+5	90 deg	3	0	8116	521	0	215
W2S350+5	45 deg	1a	2951	6660	315	98	192
W2S400A+10	0 deg	1a	4809	461	617	158	0
W2S400A+10	0 deg	3	4914	862	737	156	0
W2S400A+10	90 deg	1a	2270	13052	603	71	312

SLS

Type	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W2S400+5	0 deg	1b	1805	3943	471	65	109
W2S400+5	45 deg	1a	2765	6731	471	88	176
W2S400+5	90 deg	1a	1805	10053	471	65	257
W2S400+5	90 deg	3	1805	8494	548	65	216
W2S350+5	45 deg	1a	2148	5387	350	75	156
W2S350+5	45 deg	1b	1397	3750	349	55	112
W2S350+5	90 deg	1a	1356	7975	350	54	226
W2S350+5	90 deg	3	1356	6860	417	54	193
W2S400A+10	90 deg	1a	4083	8775	505	133	208
W2S400A+10	90 deg	3	5585	6660	592	180	157

Belastingen op maaiveld
Op het maaiveld wordt gerekend met een verdeelde last van 10 kN/m^2 . Er is geen stempellast op de fundering voorzien. Echter, door spreiding van een puntlast over een diepte van 1,5 m, zal een lastvlak van 2 (breedte balk) x 3 (2*1,5) = 6 m^2 ontstaan, waardoor bij 10 kN/m^2 dus ook een puntlast van 60 kN toelaatbaar is.

Voor deze belastingen wordt in de combinatie gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,7	0,5	0,3

3.2.3. BELASTINGCOMBINATIES

Belastingcombinaties in ULS conform vergelijking 6.10b van NEN EN 1990, waarbij:
0,7 * 1,65 = 1,16

En de belastingsfactoren voor de last uit de masten reeds in de ingevoerde belasting is meegenomen (factor 1,0 toegepast).

ULS

Belastinggeval	**Omschrijving**	**Combi 1**	**Combi 2**	**Combi 3**	**Combi 4**	**Combi 5**	**Combi 6**
1	Eigen gewicht	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
2	Grond	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
3	Belasting mast ULS 1	1,0		0,6		1,0	
4	Belasting mast ULS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	1,16	1,16	1,65	1,65		

SLS

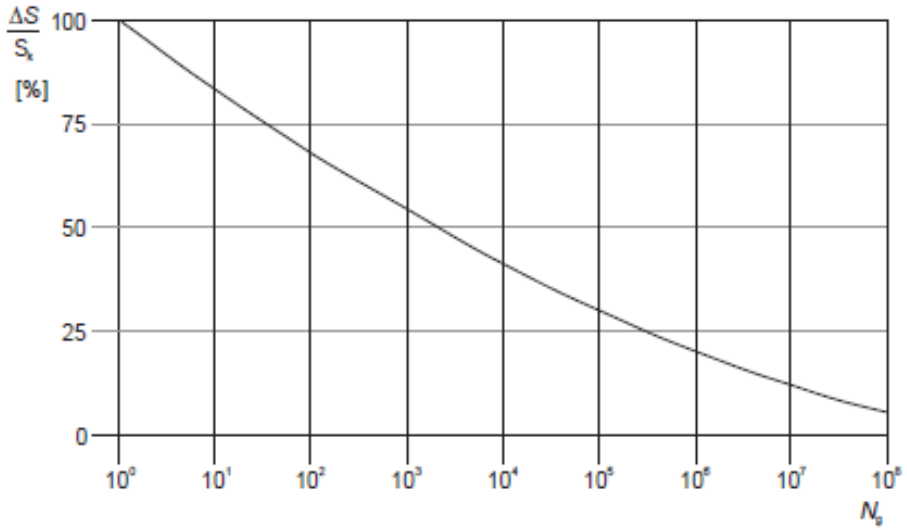
Belastinggeval	**Omschrijving**	**Combi 7**	**Combi 8**	**Combi 9**	**Comb i 10**	**Combi 11**	**Combi 12**
5	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
6	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0		

3.3. WISSELENDE BELASTINGEN EN VERMOEIING

Door de wisselende belastingen van wind dient belasting door vermoeiing te worden meegenomen. Bij vermoeiing is het aantal wisselingen en de grootte van de wisseling van belang. In de NEN-EN 1991-1-4:2005 is in bijlage B.3 een figuur opgenomen waarin de verhouding tussen de grootte van de windlast en het aantal keren dat deze optreedt weergegeven.

B.3 Aantal belastingen voor dynamische respons

(1) Figuur B.3 geeft het aantal keren N_g dat de waarden ΔS van een windeffect worden bereikt of overschreden gedurende een periode van 50 jaar. ΔS wordt uitgedrukt in percentage van de waarde S_k, waar S_k het effect is van een windbelasting met een herhalingstijd van 50 jaar.



Figuur B.3 — Aantal windvlaagbelastingen N_g voor een effect $\Delta S/S_k$ gedurende een herhalingstijd van 50 jaar

De relatie wordt omschreven met de volgende uitdrukking

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0{,}7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17{,}4 \cdot \log(N_g) + 100 \qquad (B.9)$$

Bij vermoeiing wordt bij een bepaald spanningsniveau het aantal wisselingen op dit spanningsniveau bepaald en vervolgens wordt dit vergeleken met het aantal toelaatbare wisselingen op dat spanningsniveau. Door dit voor de voorkomende spanningsniveaus te doen is de weerstand tegen vermoeiing te controleren.

In de ROK van RWS is bovenstaande verdeling gediscretiseerd tot onderstaande tabel:

Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)

ΔS / S_k (%)	n
100	1
98	1
90	8
75	90
61	900
48	9000
36	90000
25	900000
16	9000000
9	90000000

Van beton en wapeningsstaal is bekend hoeveel wisselingen bij een bepaald spanningsniveau toelaatbaar zijn. S_K is de spanning met een herhalingstijd van 50 jaar (de spanning waarop de constructie ontworpen is).

Met bovenstaande gegevens is te bepalen welke maximale spanning t.g.v. wind eens in de 50 jaar toelaatbaar is opdat de constructie ook voldoende weerstand tegen vermoeiing heeft.

Wapening

De totale schade van de belastingen dient volgens de beschadigingsregel van Miner kleiner dan 1 te zijn.
De toetsingsprocedure per wisseling conform NEN-EN 1992-1-1:2005, §6.8.4:
Voor de wapening is gekeken naar de toelaatbare spanning voor:

- Rechte staven
- Staven gebogen met een doordiameter 2,5*D
- Gelaste staven

Er volgt (zie berekening hieronder) dat voor gewone rechte staven er geen beperking is, echter gebogen of gelaste staven hebben de volgende spanningsbeperking

Buigdoorn 2,5ø → 244 N/mm^2
Buigdoorn 5ø → 283 N/mm^2
Gelaste staven → 317 N/mm^2

Omdat bij de toetsing van vermoeiing een ULS toestand met veiligheid 1,0 wordt getoetst, is de spanning altijd minimaal een factor van ca. 1,3 lager dan de normale ULS toestanden.

Bij een toelaatbare spanning van 435 N/mm^2 in ULS volgt bij toetsing op vermoeiing een spanning van maximaal 335 N/mm^2. De toelaatbare spanningen bij vermoeiing zijn nog iets lager. Hier dient in de detaillering rekening mee gehouden te worden. Een toetsing achteraf zal volstaan.

Rechte staven

maximale gebruiksspanning			435	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			162,5	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	
	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	435	7275	0,000137
1	98	426	8048	0,000124
8	90	392	12320	0,000649
90	75	326	30656	0,002936
900	61	265	86133	0,010449
9000	48	209	285505	0,031523
90000	36	157	1394937	0,064519
900000	25	109	37137862	0,024234
9000000	16	70	2061565470	0,004366
90000000	9	39	365674259232	0,000246
			Totale schade	**0,139183665**

Staven gebogen met doorndiameter 2,5*D

maximale gebruiksspanning			244	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			67,4	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	244	1613	0,000620
1	98	239	1784	0,000560
8	90	220	2731	0,002929
90	75	183	6796	0,013243
900	61	149	19095	0,047134
9000	48	117	63292	0,142197
90000	36	88	266714	0,337440
900000	25	61	2466861	0,364836
9000000	16	39	136938283	0,065723
90000000	9	22	24289699180	0,003705
			Totale schade	**0,978388484**

Staven gebogen met doorndiameter 5*D

maximale gebruiksspanning			283	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			78,0	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	283	1591	0,000629
1	98	277	1760	0,000568
8	90	255	2694	0,002970
90	75	212	6702	0,013428
900	61	173	18832	0,047792
9000	48	136	62422	0,144181
90000	36	102	263044	0,342148
900000	25	71	2406099	0,374050
9000000	16	45	133565305	0,067383
90000000	9	25	23691410595	0,003799
			Totale schade	**0,996946687**

Gelaste staven

maximale gebruiksspanning			317	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			58,5	
		k1	3	
		k2	5	
		N*	1,00E+07	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	317	62848	0,000016
1	98	311	66775	0,000015
8	90	285	86211	0,000093
90	75	238	148972	0,000604
900	61	193	276886	0,003250
9000	48	152	568285	0,015837
90000	36	114	1347046	0,066813
900000	25	79	4022257	0,223755
9000000	16	51	20411885	0,440920
90000000	9	29	362468668	0,248297
			Totale schade	**0,999600179**

3.4. BEREKENING FUNDERING

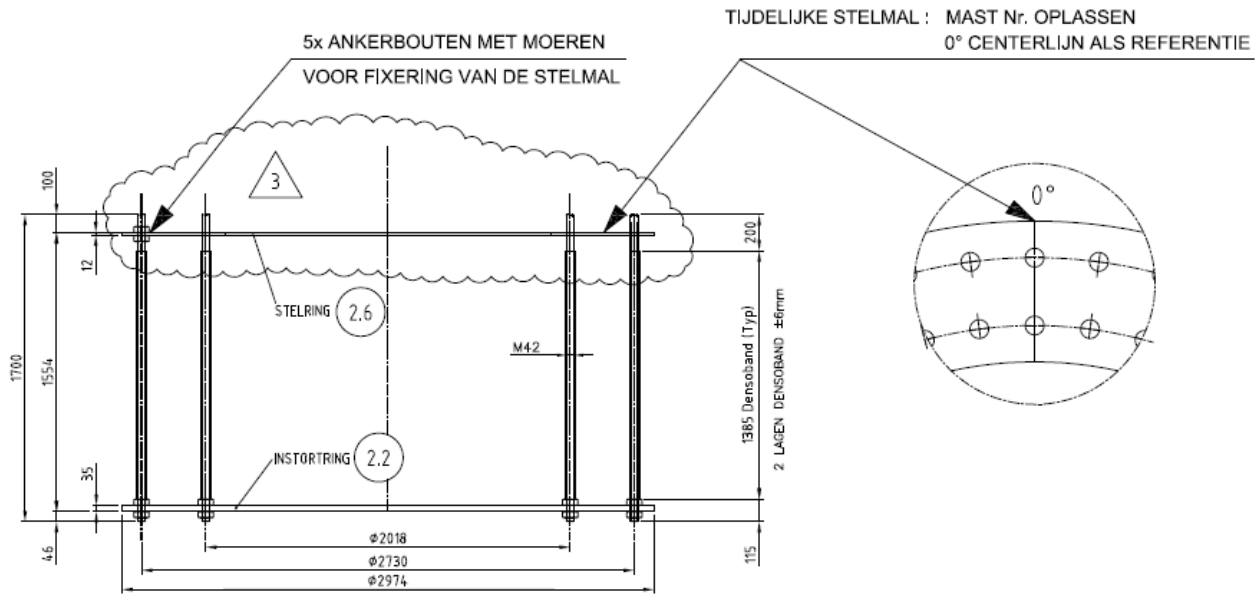
De poer is ingevoerd in een SCIA engineer model.

Er zijn 2 modellen gedraaid:

Model 1: Lage gescheurde E modulus
Model 2: Matige gescheurde E modulus

4. VERBINDING MAST-FUNDERING

De masten worden verbonden met de fundering d.m.v. een ingestorte ankerkooi. Een ankerkooi is hieronder weergegeven



DETAIL VERANKERING

NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV Revision: 3 Date: 5-7-2011	Material: – Quantity: 2 Equipm. no.: W4E350	**VDL KTI**	Project No.: 36002 Workprep. No.: Pos. No.: ANKERKOOI

De ankers en platen zijn berekend door Volker Infra Design bij het ontwerp van de masten. De ankerkooi bevindt zich in de ronde opstort. De ronde opstort is d.m.v. stekken verbonden met de kruisvormige balken. De stekken worden in de UO fase berekend.

5. BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde (model 1)

Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – matige E-waarde (model 2)

BIJLAGE 1 UITVOER SCIA ENGINEER – LAGE E-WAARDE (MODEL 1)

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	3
8. Subregio	3
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	4
11. Belastingsgevallen	7
11.1. Belastingsgevallen - BG1	7
11.1.1. Belasting grafisch	7
11.2. Belastingsgevallen - BG3	7
11.2.1. Vrije puntmomenten	7
11.2.2. Genereer vrije lasten	7
11.2.3. Belasting grafisch	8
11.3. Belastingsgevallen - BG2	8
11.3.1. Lasten op oppervlak	8
11.3.2. Belasting grafisch	9
11.4. Belastingsgevallen - BG4	9
11.4.1. Vrije puntmomenten	9
11.4.2. Genereer vrije lasten	9
11.4.3. Belasting grafisch	10
11.5. Belastingsgevallen - BG5	10
11.5.1. Vrije puntmomenten	10
11.5.2. Genereer vrije lasten	11
11.5.3. Belasting grafisch	11
11.6. Belastingsgevallen - BG6	12
11.6.1. Vrije puntmomenten	12
11.6.2. Genereer vrije lasten	12
11.6.3. Belasting grafisch	12
11.7. Belastingsgevallen - BG7	13
11.7.1. Lasten op oppervlak	13
11.7.2. Belasting grafisch	13
12. Combinaties	13
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	14
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	14
15. Reacties	14
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	15
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	16
18. 2D element - Interne krachten; myD+	16
19. 2D element - Interne krachten; myD-	17
20. 2D element - Interne krachten; vx	17
21. 2D element - Interne krachten; vy	18

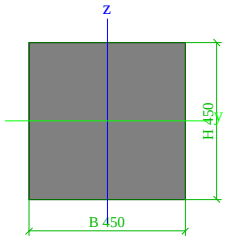
2.Overzicht

3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,1000e+04	0,2	4,5833e+03	0,00	30,00
C45/55	Beton	2500,0	3,6300e+04	0,2	1,5125e+04	0,00	45,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C45/55	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K81	0,400	-2,962	-19,000
K86	1,950	-0,762	0,000
K92	0,400	4,462	-19,000
K94	1,950	2,262	0,000
K143	-1,000	0,000	0,000
K144	0,814	0,000	0,000
K145	4,086	0,000	0,000
K146	2,450	-1,050	0,000
K147	17,214	0,000	0,000
K148	20,486	0,000	0,000
K149	18,850	-1,050	0,000
K150	22,300	0,000	0,000
K151	22,300	1,500	0,000
K152	20,486	1,500	0,000
K153	17,214	1,500	0,000
K154	18,850	2,550	0,000
K155	4,086	1,500	0,000
K156	0,814	1,500	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K157	2,450	2,550	0,000
K158	-1,000	1,500	0,000
K159	0,650	0,750	0,000
K160	4,100	0,000	0,000
K161	4,100	1,500	0,000
K162	4,300	0,750	0,000
K163	17,200	1,500	0,000
K164	17,200	0,000	0,000
K165	17,000	0,750	0,000
K166	20,650	0,750	0,000
K169	2,950	-0,762	0,000
K171	2,950	2,262	0,000
K175	20,900	-2,932	-19,000
K176	20,900	4,462	-19,000
K177	18,350	-0,762	0,000
K178	18,350	2,262	0,000
K179	19,350	-0,762	0,000
K180	19,350	2,262	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K181	21,600	-1,500	-19,000
K183	20,050	0,000	0,000
K186	20,050	1,500	0,000
K187	21,600	3,000	-19,000
K218	-0,300	-1,500	-19,000
K219	-0,300	3,000	-19,000
K220	1,250	0,000	0,000
K221	1,250	1,500	0,000
K242	1,750	0,750	0,000
K246	19,550	0,750	0,000
K252	4,500	-2,962	-19,000
K253	4,500	4,462	-19,000
K254	16,800	-2,962	-19,000
K255	16,800	4,462	-19,000
K258	10,650	0,750	-19,000
K259	10,650	0,750	0,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S19	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K86	K81	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S24	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K94	K92	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S54	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,186	Lijn	K179	K175	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S55	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K180	K176	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S56	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K183	K181	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S59	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K186	K187	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S66	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K220	K218	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S67	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K221	K219	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S79	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K169	K252	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S80	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K171	K253	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S81	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K177	K254	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S82	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K178	K255	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S83	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,000	Lijn	K259	K258	Algemeen (0)	standaard	Laag2

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E2	C30/37	3000	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type						
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Regio3	E2	C30/37	konstant	K156	Cirkelboog
	Boven	0		1800	K157	
					K155	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio4	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K144	Lijn
					K145	Cirkelboog
					K146	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio6	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K153	Cirkelboog
					K154	
					K152	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio7	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K147	Lijn
					K148	Cirkelboog
					K149	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio8	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K158	Lijn
					K156	Cirkelboog
					K159	
					K144	Lijn
					K143	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio9	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K160	Cirkelboog
					K162	
					K161	Lijn
					K163	Cirkelboog

2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K165 K164	 Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio10	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K152 K151 K150 K148 K166	Lijn Lijn Lijn Cirkelboog

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn9	K81	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K92	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn43	K181	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn47	K176	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn49	K175	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn50	K187	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn58	K218	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn59	K219	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn71	K252	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn72	K253	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn73	K254	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn74	K255	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn75	K258	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S19	Slb14 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb79 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb53 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb27 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb66 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb40 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb1 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb2 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb41 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb80 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb15 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb28 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb54 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb67 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb81 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb29 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb68 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb42 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb55 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb16 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S54	Slb3 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb43 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb56 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb82 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb30 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb17 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb69 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb4 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb18 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb70 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb57 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb5 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb44 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb83 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb31 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb71 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb45 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb58 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb84 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb6 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb19 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb32 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb72 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb85 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb7 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb20 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb46 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb33 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb59 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb21 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb60 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb86 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb47 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb8 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb34 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb73 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij

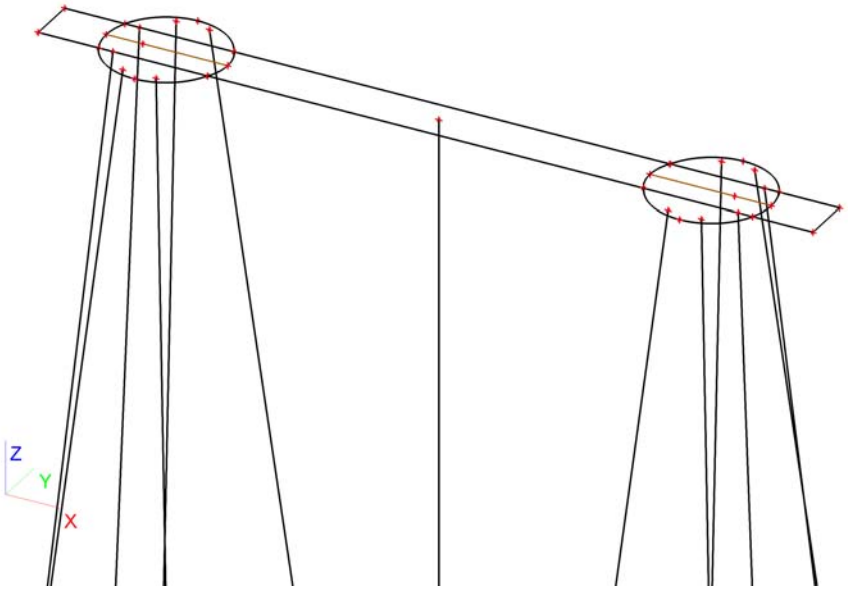
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S79	Slb62 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb23 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb88 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb10 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb36 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb75 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb49 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb89 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb76 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb24 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb37 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb50 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb11 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb63 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb38 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb90 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb12 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb25 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb77 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb51 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb64 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb52 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb91 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb65 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb78 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb39 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb13 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb26 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb96 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb97 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb98 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb95 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb92 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb93 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb94 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.2.1. Vrije puntmomenten

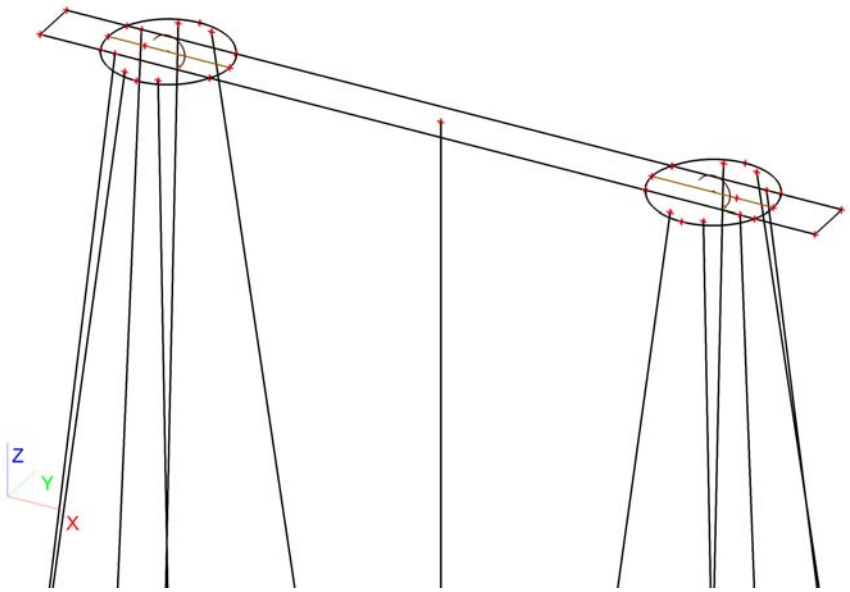
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	14507,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	14507,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	953,70	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	-13,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	953,70	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	2,440	0,757	0,000	GCS

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF1	-565,00	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF2	-565,00	GCS Lengte
GFF5	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM6	0,00	GCS Lengte
GFF6	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF3	0,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF5	374,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF9	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF4	0,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF6	374,00	GCS Lengte
GFF25	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM7	953,70	GCS Lengte
GFF27	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM8	953,70	GCS Lengte
GFF41	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM1	0,00	GCS Lengte
GFF42	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM2	0,00	GCS Lengte
GFF43	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM3	14507,00	GCS Lengte
GFF44	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM4	14507,00	GCS Lengte
GFF45	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM5	0,00	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



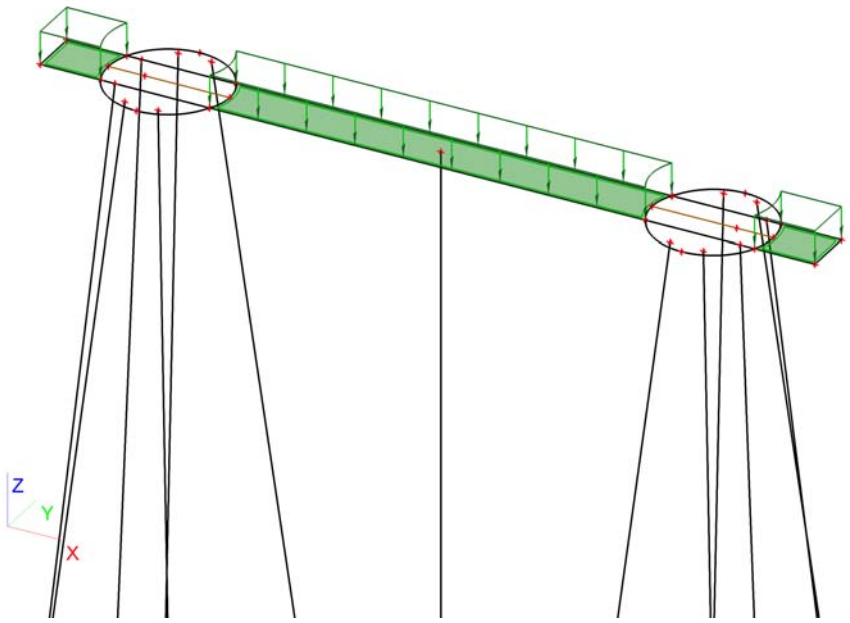
11.3. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG8	Standaard

11.3.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF1	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF2	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF3	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte

11.3.2. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.4.1. Vrije puntmomenten

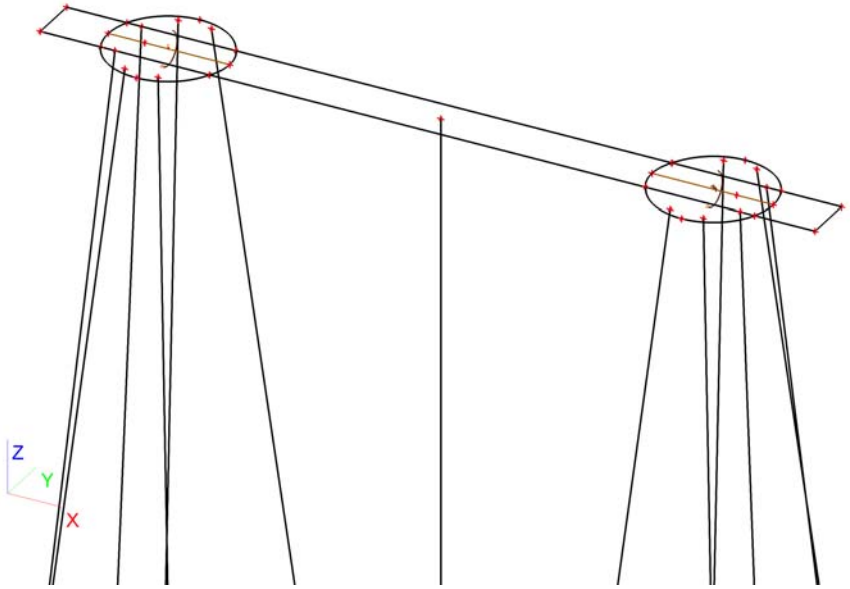
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	-4914,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	-4914,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	20,275	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	862,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-12,525	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	862,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	397,80	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	397,80	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF2	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF9	156,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF7	-737,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM13	397,80	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF8	-737,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM14	397,80	GCS Lengte
GFF16	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF10	156,00	GCS Lengte
GFF18	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF11	0,00	GCS Lengte
GFF19	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF12	0,00	GCS Lengte
GFF20	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM10	-4914,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF22	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM15	 0,00	GCS Lengte
GFF24	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM16	 0,00	GCS Lengte
GFF29	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM11	 862,00	GCS Lengte
GFF31	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM12	 862,00	GCS Lengte
GFF46	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM9	 -4914,00	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

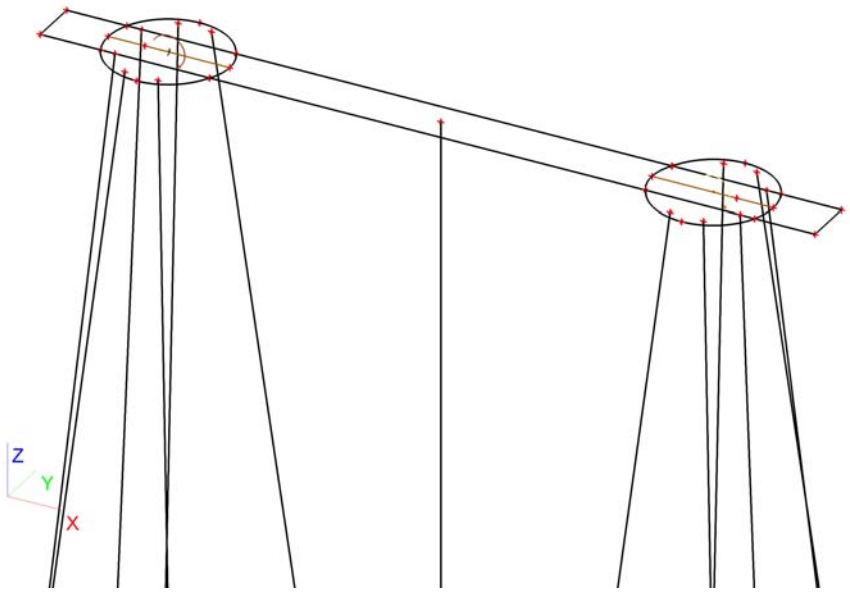
11.5.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-1805,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-1805,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	10053,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	10053,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	459,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	459,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	400,35	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	-14,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	400,35	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	1,440	0,757	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM19	 10053,00	GCS Lengte
GFF8	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM17	 -1805,00	GCS Lengte
GFF11	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM18	 -1805,00	GCS Lengte
GFF17	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM20	 10053,00	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF13	-471,00	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF14	-471,00	GCS Lengte
GFF26	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF15	65,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF16	65,00	GCS Lengte
GFF30	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF17	257,00	GCS Lengte
GFF32	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF18	257,00	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM29	 459,00	GCS Lengte
GFF40	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM30	 459,00	GCS Lengte
GFF47	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM21	 165,75	GCS Lengte
GFF48	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM22	 165,75	GCS Lengte
GFF49	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM23	 165,75	GCS Lengte
GFF50	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM24	 165,75	GCS Lengte
GFF55	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM31	 400,35	GCS Lengte
GFF56	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM32	 400,35	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

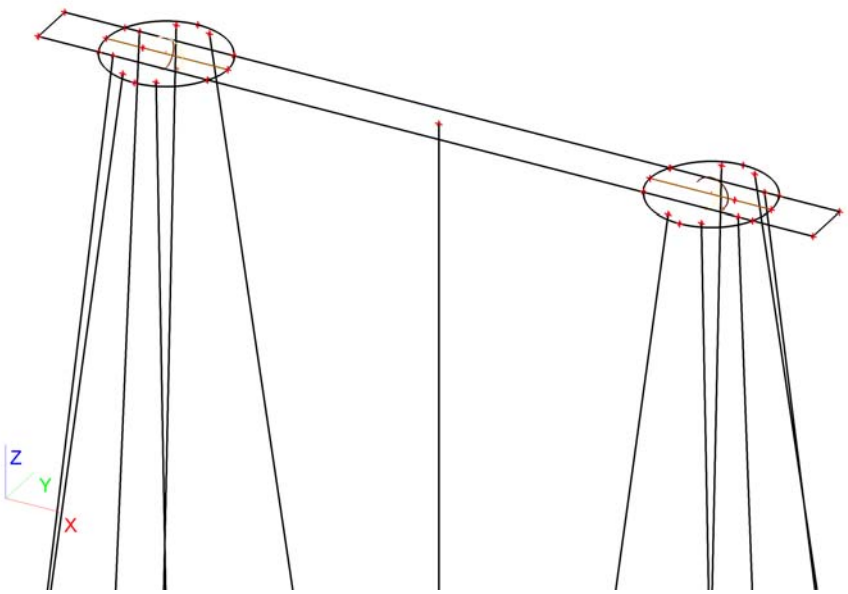
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-5585,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-5585,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	6660,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	6660,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF33	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF19	-592,00	GCS Lengte
GFF34	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF20	-592,00	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF21	180,00	GCS Lengte
GFF36	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF22	180,00	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF23	157,00	GCS Lengte
GFF39	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF24	157,00	GCS Lengte
GFF51	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM25	-5585,00	GCS Lengte
GFF52	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM26	-5585,00	GCS Lengte
GFF53	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM27	6660,00	GCS Lengte
GFF54	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM28	6660,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF4	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF5	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF6	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch

12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende -	BG1 - Eigengewicht	0,54

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi6	Omhullende - uiterste	BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede3	155	3,650	**13,9**	2,0	-9,0	-1,0	4,7	**0,4**
BG5	Snede2	18	2,750	**13,9**	2,0	-5,6	-1,0	4,7	-0,4
BG5	Snede3	126	2,250	13,9	**2,0**	-2,5	-1,0	4,8	0,4
BG5	Snede2	77	3,626	13,9	**2,0**	**-9,6**	-1,0	4,5	-0,4
BG5	Snede3	174	0,000	13,9	2,0	**7,8**	-1,0	**4,4**	0,4
BG5	Snede2	14	1,750	13,9	2,0	-1,0	**-1,0**	**5,0**	-0,4
BG5	Snede2	57	0,000	13,9	2,0	7,4	**-1,0**	4,8	**-0,5**

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG6	Snede3	155	3,650	**8,5**	5,1	-6,2	-4,7	2,9	**2,8**
BG6	Snede2	18	2,750	**8,6**	5,1	-4,1	-4,8	2,9	-2,5
BG6	Snede2	90	1,500	8,6	**5,1**	-0,4	-4,8	3,1	-2,6
BG6	Snede3	174	0,000	8,5	**5,1**	**4,3**	-4,8	**2,8**	2,3
BG6	Snede2	77	3,626	8,6	5,1	**-6,6**	-4,8	2,8	-2,3
BG6	Snede2	14	1,750	8,6	5,1	-1,2	**-5,0**	**3,2**	-2,6
BG6	Snede2	57	0,000	8,6	5,1	4,1	**-4,7**	3,0	**-2,8**

15. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Slb70/S56	Combi1/1	18,164	**-46,28**	44,54	-7,29	0,00	0,00	0,00
Slb78/S82	Combi2/2	18,224	**42,16**	-59,92	-10,38	0,00	0,00	0,00
Slb76/S80	Combi2/2	18,224	-43,61	**-61,95**	-10,73	0,00	0,00	0,00
Slb75/S79	Combi1/1	18,224	-39,34	**55,41**	-9,63	0,00	0,00	0,00
Sn58/K218	Combi5/3		-20,66	-20,06	**-609,06**	0,00	0,00	0,00
Sn43/K181	Combi1/1		-39,47	38,18	**1172,73**	0,00	0,00	0,00
Sn47/K176	Combi6/4		-26,62	-37,63	787,55	**0,00**	0,00	0,00
Sn59/K219	Combi1/5		-15,40	15,00	-450,20	**0,00**	0,00	0,00

Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn50/K187	Combi1/1		-39,46	-38,17	1172,50	0,00	**0,00**	0,00
Sn47/K176	Combi1/5		-26,63	-37,77	791,36	0,00	**0,00**	0,00
Sn72/K253	Combi5/3		-24,34	-34,64	722,02	0,00	0,00	**0,00**
Sn9/K81	Combi5/3		-5,52	-7,92	-161,29	0,00	0,00	**0,00**

BIJLAGE 2 UITVOER SCIA ENGINEER – MATIGE E-WAARDE (MODEL 2)

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	3
8. Subregio	3
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	4
11. Belastingsgevallen	7
11.1. Belastingsgevallen - BG1	7
11.1.1. Belasting grafisch	7
11.2. Belastingsgevallen - BG3	7
11.2.1. Vrije puntmomenten	7
11.2.2. Genereer vrije lasten	7
11.2.3. Belasting grafisch	8
11.3. Belastingsgevallen - BG2	8
11.3.1. Lasten op oppervlak	8
11.3.2. Belasting grafisch	9
11.4. Belastingsgevallen - BG4	9
11.4.1. Vrije puntmomenten	9
11.4.2. Genereer vrije lasten	9
11.4.3. Belasting grafisch	10
11.5. Belastingsgevallen - BG5	10
11.5.1. Vrije puntmomenten	10
11.5.2. Genereer vrije lasten	11
11.5.3. Belasting grafisch	11
11.6. Belastingsgevallen - BG6	12
11.6.1. Vrije puntmomenten	12
11.6.2. Genereer vrije lasten	12
11.6.3. Belasting grafisch	12
11.7. Belastingsgevallen - BG7	13
11.7.1. Lasten op oppervlak	13
11.7.2. Belasting grafisch	13
12. Combinaties	13
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	14
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	14
15. Reacties	14
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	15
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	15
18. 2D element - Interne krachten; myD+	16
19. 2D element - Interne krachten; myD-	16
20. 2D element - Interne krachten; vx	17
21. 2D element - Interne krachten; vy	17

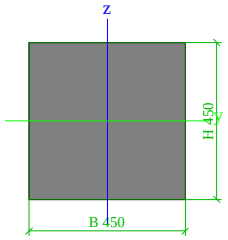
2. Overzicht

3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	2,2000e+04	0,2	9,1667e+03	0,00	30,00
C45/55	Beton	2500,0	3,6300e+04	0,2	1,5125e+04	0,00	45,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C45/55	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K81	0,400	-2,962	-19,000
K86	1,950	-0,762	0,000
K92	0,400	4,462	-19,000
K94	1,950	2,262	0,000
K143	-1,000	0,000	0,000
K144	0,814	0,000	0,000
K145	4,086	0,000	0,000
K146	2,450	-1,050	0,000
K147	17,214	0,000	0,000
K148	20,486	0,000	0,000
K149	18,850	-1,050	0,000
K150	22,300	0,000	0,000
K151	22,300	1,500	0,000
K152	20,486	1,500	0,000
K153	17,214	1,500	0,000
K154	18,850	2,550	0,000
K155	4,086	1,500	0,000
K156	0,814	1,500	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K157	2,450	2,550	0,000
K158	-1,000	1,500	0,000
K159	0,650	0,750	0,000
K160	4,100	0,000	0,000
K161	4,100	1,500	0,000
K162	4,300	0,750	0,000
K163	17,200	1,500	0,000
K164	17,200	0,000	0,000
K165	17,000	0,750	0,000
K166	20,650	0,750	0,000
K169	2,950	-0,762	0,000
K171	2,950	2,262	0,000
K175	20,900	-2,932	-19,000
K176	20,900	4,462	-19,000
K177	18,350	-0,762	0,000
K178	18,350	2,262	0,000
K179	19,350	-0,762	0,000
K180	19,350	2,262	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K181	21,600	-1,500	-19,000
K183	20,050	0,000	0,000
K186	20,050	1,500	0,000
K187	21,600	3,000	-19,000
K218	-0,300	-1,500	-19,000
K219	-0,300	3,000	-19,000
K220	1,250	0,000	0,000
K221	1,250	1,500	0,000
K242	1,750	0,750	0,000
K246	19,550	0,750	0,000
K252	4,500	-2,962	-19,000
K253	4,500	4,462	-19,000
K254	16,800	-2,962	-19,000
K255	16,800	4,462	-19,000
K258	10,650	0,750	-19,000
K259	10,650	0,750	0,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S19	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K86	K81	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S24	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K94	K92	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S54	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,186	Lijn	K179	K175	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S55	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K180	K176	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S56	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K183	K181	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S59	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K186	K187	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S66	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K220	K218	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S67	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,122	Lijn	K221	K219	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S79	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K169	K252	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S80	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K171	K253	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S81	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K177	K254	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S82	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,190	Lijn	K178	K255	Algemeen (0)	standaard	Laag2
S83	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,000	Lijn	K259	K258	Algemeen (0)	standaard	Laag2

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E2	C30/37	3000	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type						
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Regio3	E2	C30/37	konstant	K156	Cirkelboog
	Boven	0		1800	K157	
					K155	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio4	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K144	Lijn
					K145	Cirkelboog
					K146	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio6	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K153	Cirkelboog
					K154	
					K152	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio7	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K147	Lijn
					K148	Cirkelboog
					K149	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio8	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K158	Lijn
					K156	Cirkelboog
					K159	
					K144	Lijn
					K143	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio9	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K160	Cirkelboog
					K162	
					K161	Lijn
					K163	Cirkelboog

2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K165 K164	 Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio10	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K152 K151 K150 K148 K166	Lijn Lijn Lijn Cirkelboog

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn9	K81	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K92	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn43	K181	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn47	K176	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn49	K175	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn50	K187	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn58	K218	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn59	K219	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn71	K252	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn72	K253	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn73	K254	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn74	K255	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn75	K258	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S19	Slb14 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb79 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb53 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb27 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb66 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb40 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb1 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb2 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb41 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb80 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb15 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb28 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb54 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb67 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb81 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb29 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb68 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb42 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb55 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb16 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S54	Slb3 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb43 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb56 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb82 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb30 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb17 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb69 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb4 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb18 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb70 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb57 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb5 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb44 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb83 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb31 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb71 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb45 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb58 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb84 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb6 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb19 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb32 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb72 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb85 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb7 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb20 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb46 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb33 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb59 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb21 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb60 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb86 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb47 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb8 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb34 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb73 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij

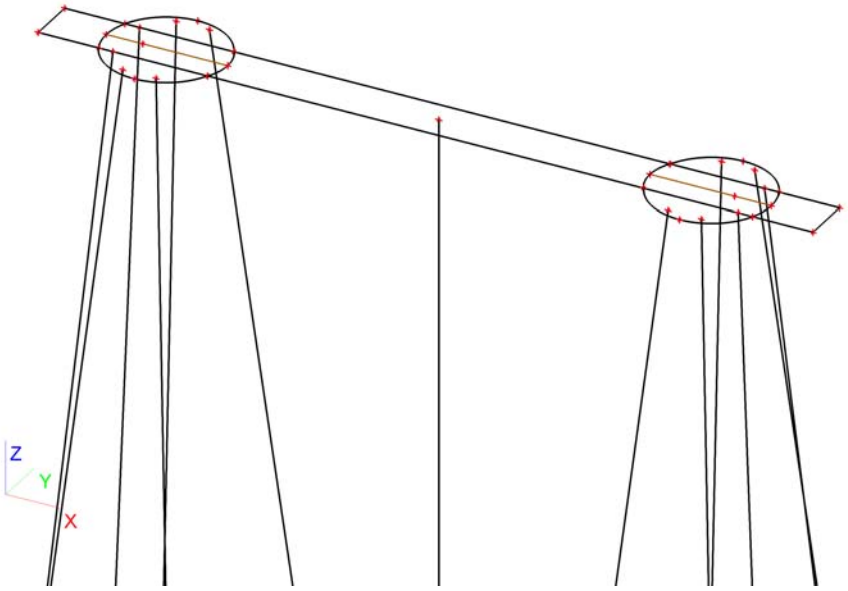
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S79	Slb62 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb23 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb88 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb10 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb36 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb75 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb49 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb89 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb76 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb24 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb37 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb50 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb11 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb63 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb38 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb90 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb12 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb25 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb77 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb51 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb64 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb52 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb91 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb65 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb78 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb39 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb13 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb26 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb96 LCS	9,600 10,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb97 LCS	10,500 20,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0350e+01	Verend	1,0350e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb98 LCS	20,400 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2450e+01	Verend	1,2450e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb95 LCS	4,400 9,600	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e-01	Verend	6,0000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb92 LCS	0,000 1,100	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb93 LCS	1,100 3,500	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	4,5000e-01	Verend	4,5000e-01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb94 LCS	3,500 4,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,0500e+00	Verend	1,0500e+00	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.2.1. Vrije puntmomenten

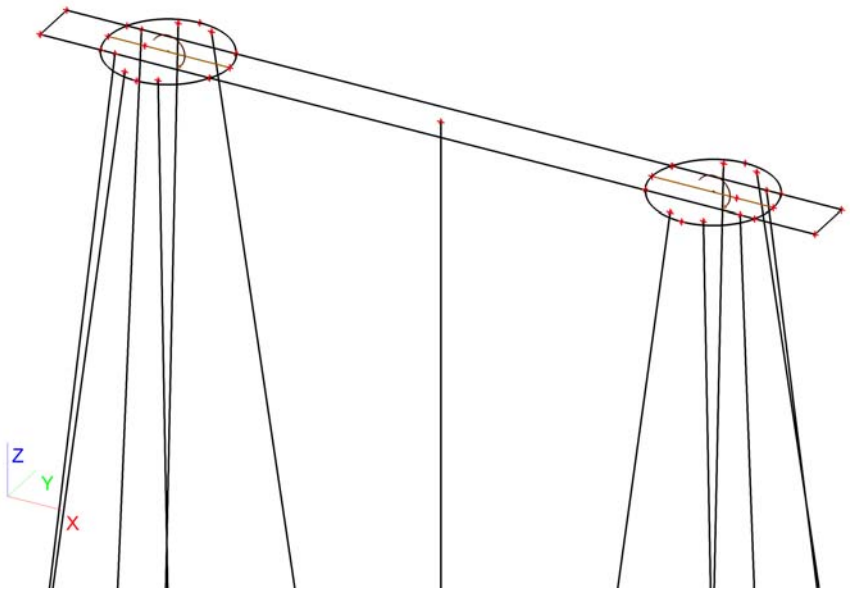
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	14507,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	14507,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	953,70	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	-13,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	953,70	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	2,440	0,757	0,000	GCS

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF1	-565,00	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF2	-565,00	GCS Lengte
GFF5	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM6	0,00	GCS Lengte
GFF6	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF3	0,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF5	374,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF9	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF4	0,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF6	374,00	GCS Lengte
GFF25	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM7	953,70	GCS Lengte
GFF27	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM8	953,70	GCS Lengte
GFF41	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM1	0,00	GCS Lengte
GFF42	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM2	0,00	GCS Lengte
GFF43	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM3	14507,00	GCS Lengte
GFF44	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM4	14507,00	GCS Lengte
GFF45	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM5	0,00	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



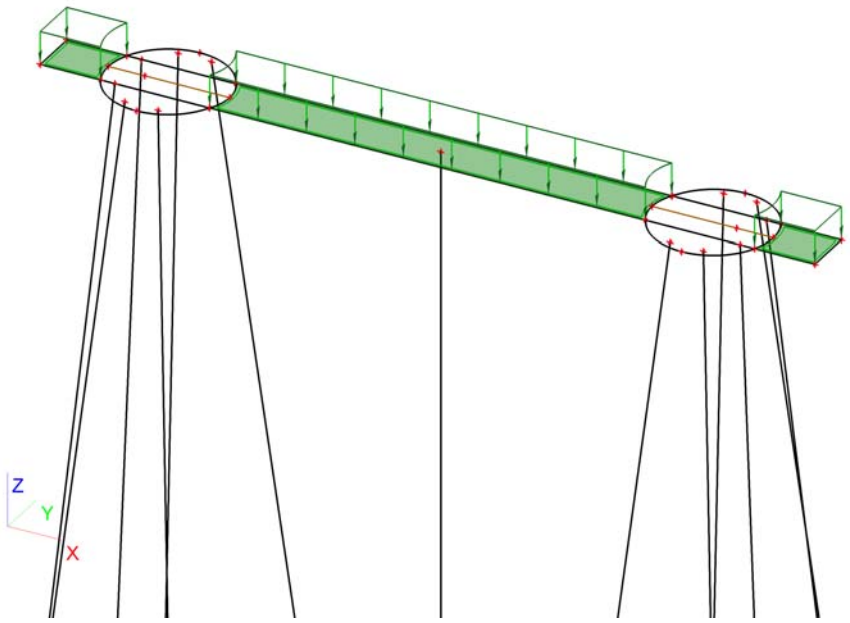
11.3. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG8	Standaard

11.3.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF1	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF2	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF3	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte

11.3.2. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.4.1. Vrije puntmomenten

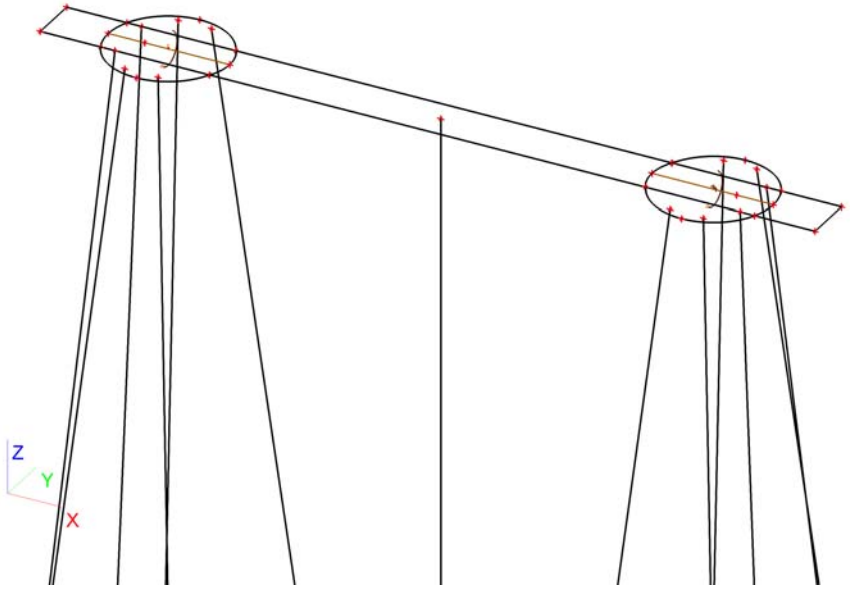
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	-4914,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	-4914,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	20,275	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	862,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-12,525	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	862,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	397,80	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	397,80	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF2	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF9	156,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF7	-737,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM13	397,80	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF8	-737,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM14	397,80	GCS Lengte
GFF16	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF10	156,00	GCS Lengte
GFF18	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF11	0,00	GCS Lengte
GFF19	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF12	0,00	GCS Lengte
GFF20	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM10	-4914,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF22	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM15	 0,00	GCS Lengte
GFF24	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM16	 0,00	GCS Lengte
GFF29	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM11	 862,00	GCS Lengte
GFF31	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM12	 862,00	GCS Lengte
GFF46	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM9	 -4914,00	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

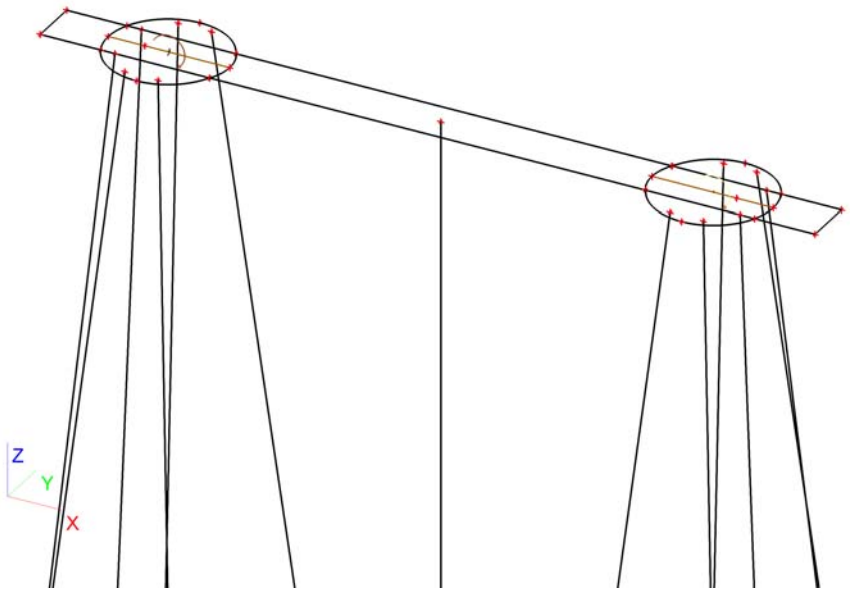
11.5.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-1805,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-1805,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	10053,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	10053,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	165,75	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	459,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	459,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	400,35	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	-14,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	400,35	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	1,440	0,757	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM19	 10053,00	GCS Lengte
GFF8	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM17	 -1805,00	GCS Lengte
GFF11	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM18	 -1805,00	GCS Lengte
GFF17	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM20	 10053,00	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF13	-471,00	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF14	-471,00	GCS Lengte
GFF26	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF15	65,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF16	65,00	GCS Lengte
GFF30	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF17	257,00	GCS Lengte
GFF32	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF18	257,00	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM29	 459,00	GCS Lengte
GFF40	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM30	 459,00	GCS Lengte
GFF47	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM21	 165,75	GCS Lengte
GFF48	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM22	 165,75	GCS Lengte
GFF49	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM23	 165,75	GCS Lengte
GFF50	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM24	 165,75	GCS Lengte
GFF55	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM31	 400,35	GCS Lengte
GFF56	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM32	 400,35	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

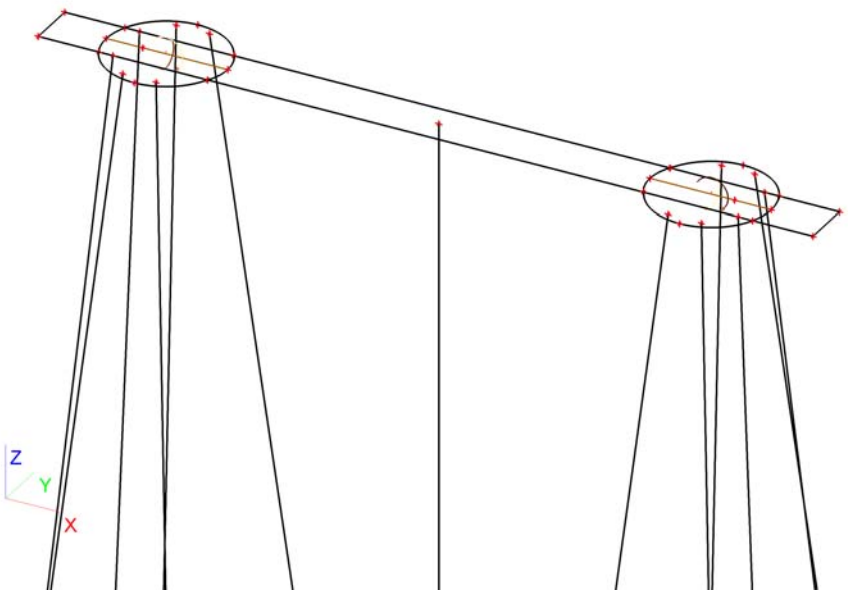
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-5585,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-5585,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	6660,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	6660,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF33	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF19	-592,00	GCS Lengte
GFF34	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF20	-592,00	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF21	180,00	GCS Lengte
GFF36	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF22	180,00	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF23	157,00	GCS Lengte
GFF39	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF24	157,00	GCS Lengte
GFF51	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM25	-5585,00	GCS Lengte
GFF52	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM26	-5585,00	GCS Lengte
GFF53	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM27	6660,00	GCS Lengte
GFF54	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM28	6660,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



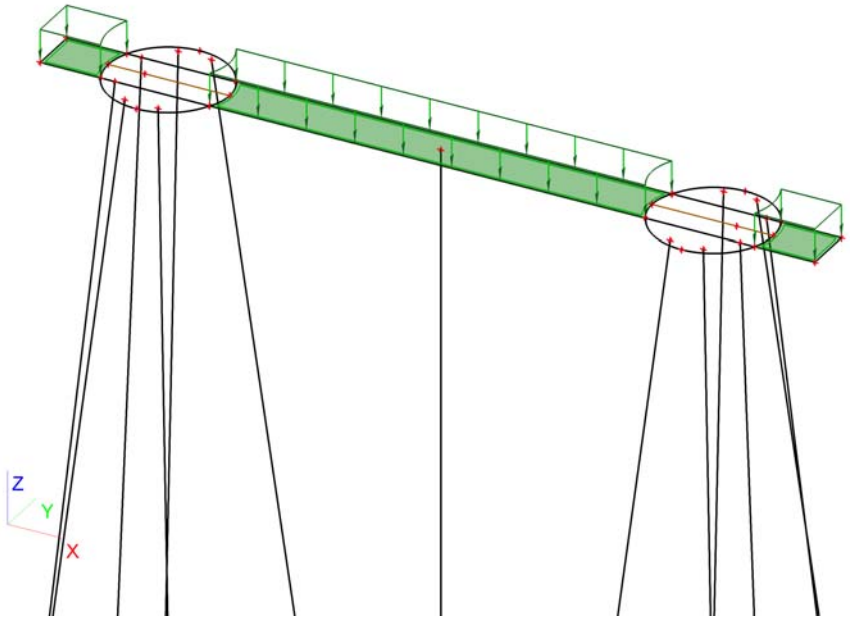
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF4	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF5	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF6	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende -	BG1 - Eigengewicht	0,54

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi6	Omhullende - uiterst	BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede3	155	3,650	**11,6**	2,0	**-6,6**	-1,0	2,8	**0,3**
BG5	Snede2	19	3,000	**11,7**	2,0	-3,4	-1,0	2,7	-0,3
BG5	Snede3	126	2,250	11,6	**2,0**	-2,8	-1,0	2,8	0,3
BG5	Snede2	57	0,000	11,7	**2,0**	**4,9**	**-1,0**	2,8	**-0,3**
BG5	Snede2	14	1,750	11,7	2,0	0,0	**-1,0**	**2,9**	-0,3
BG5	Snede3	174	0,000	11,6	2,0	3,2	-1,0	**2,6**	0,2

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG6	Snede3	155	3,650	**7,1**	**5,2**	**-4,7**	-4,7	1,7	**1,8**
BG6	Snede2	19	3,000	**7,2**	5,1	-2,7	-4,7	1,7	-1,6
BG6	Snede2	16	2,250	7,2	**5,1**	-1,4	-4,8	1,8	-1,6
BG6	Snede2	57	0,000	7,2	5,2	**2,5**	**-4,7**	1,8	**-1,7**
BG6	Snede2	14	1,750	7,2	5,1	-0,5	**-4,8**	**1,8**	-1,6
BG6	Snede3	174	0,000	7,1	5,2	1,5	-4,7	**1,6**	1,5

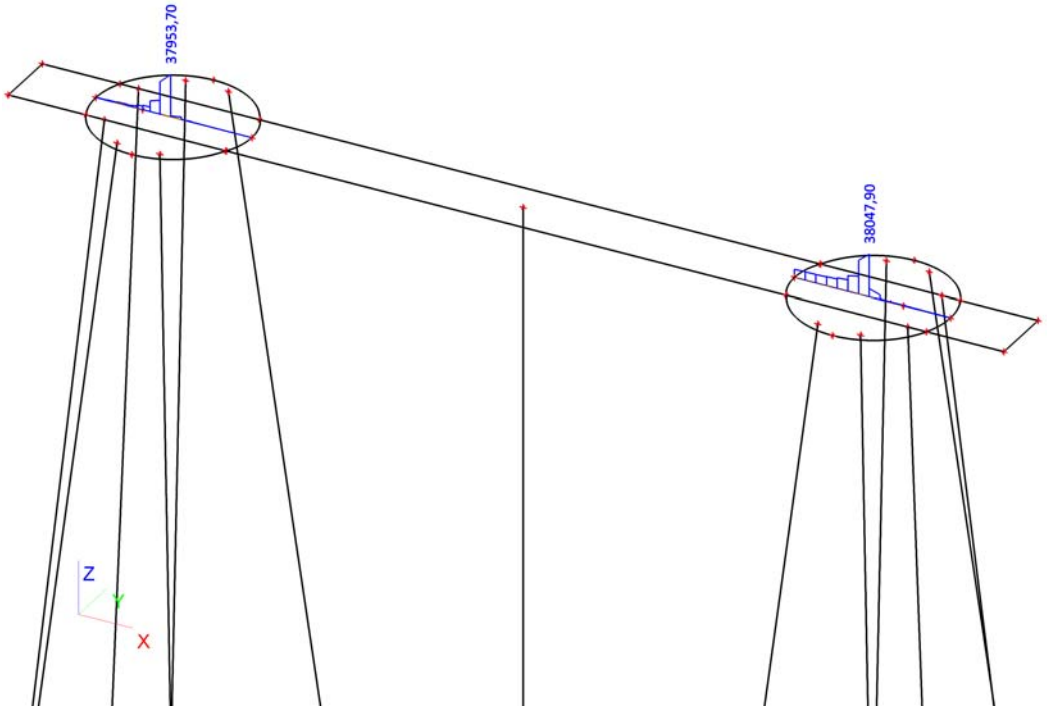
15. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

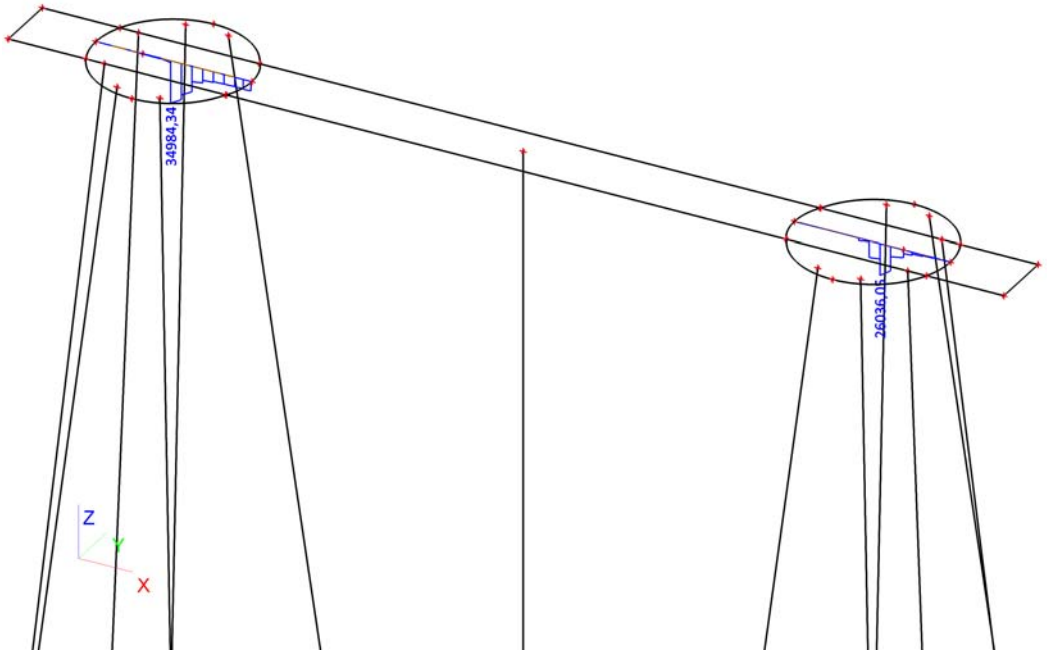
Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Slb76/S80	Combi2/1	18,224	**-42,45**	**-60,32**	-10,45	0,00	0,00	0,00
Slb78/S82	Combi2/1	18,224	**42,17**	-59,92	-10,38	0,00	0,00	0,00
Slb68/S54	Combi1/2	18,221	-31,64	**44,05**	-7,61	0,00	0,00	0,00
Sn58/K218	Combi5/3		-14,45	-13,91	**-421,41**	0,00	0,00	0,00
Sn72/K253	Combi2/1		-36,50	-51,69	**1084,25**	0,00	0,00	0,00
Sn50/K187	Combi1/2		-34,24	-33,00	1014,63	**0,00**	0,00	0,00
Sn14/K92	Combi6/4		25,60	-36,13	756,50	**0,00**	0,00	0,00
Sn9/K81	Combi1/2		1,63	2,37	56,84	0,00	**0,00**	0,00
Sn47/K176	Combi1/2		-27,24	-38,46	805,56	0,00	**0,00**	0,00
Sn50/K187	Combi2/5		-23,90	-22,94	712,73	0,00	0,00	**0,00**

Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn9/K81	Combi1/6		1,14	1,68	42,59	0,00	0,00	**0,00**

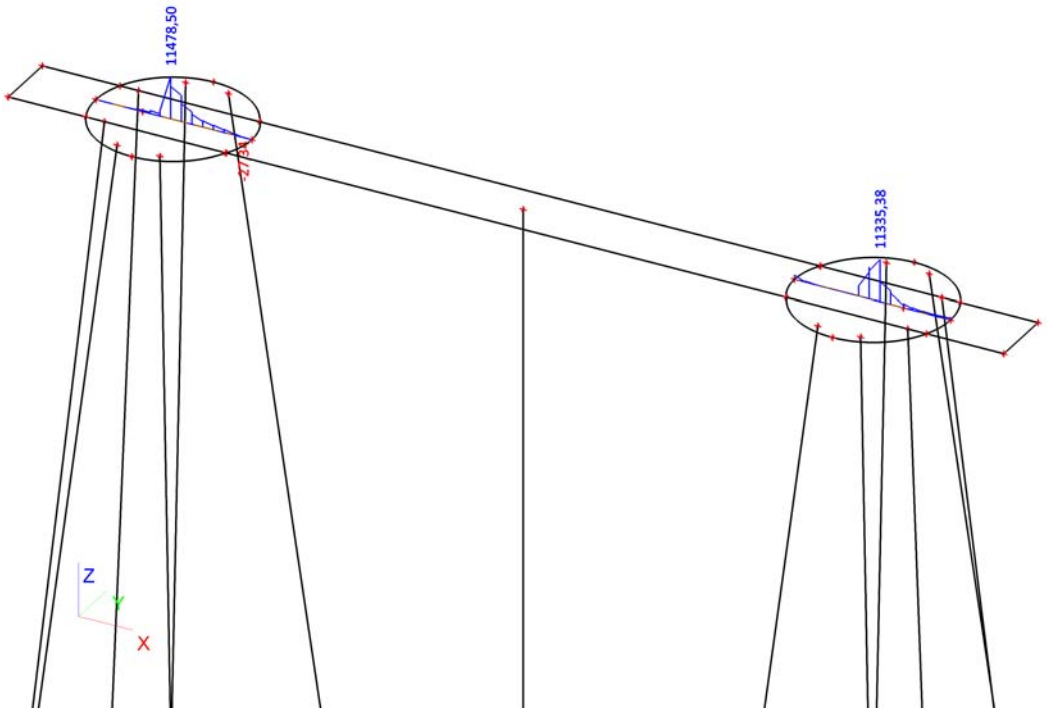
16. 2D element - Interne krachten; mxD+



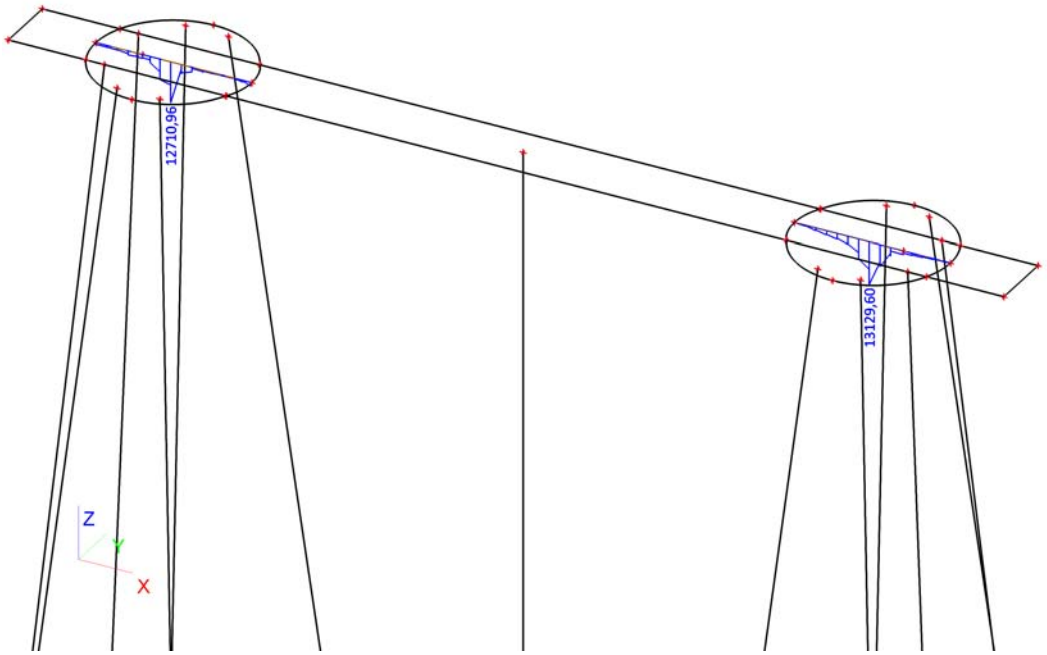
17. 2D element - Interne krachten; mxD-



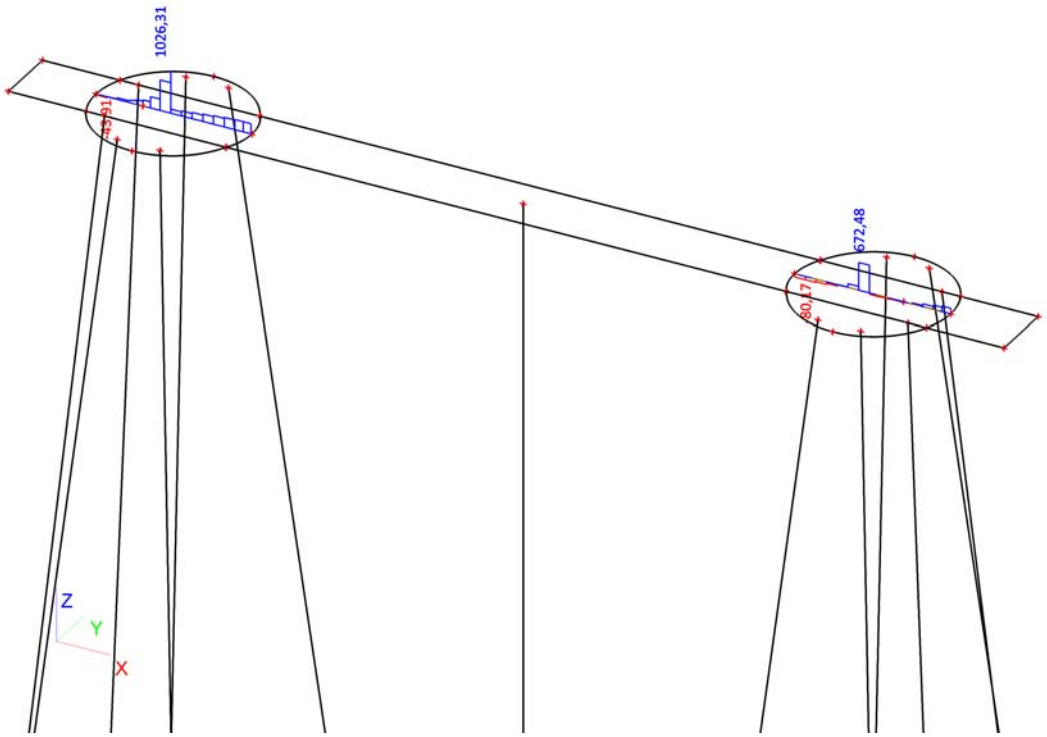
18. 2D element - Interne krachten; myD+



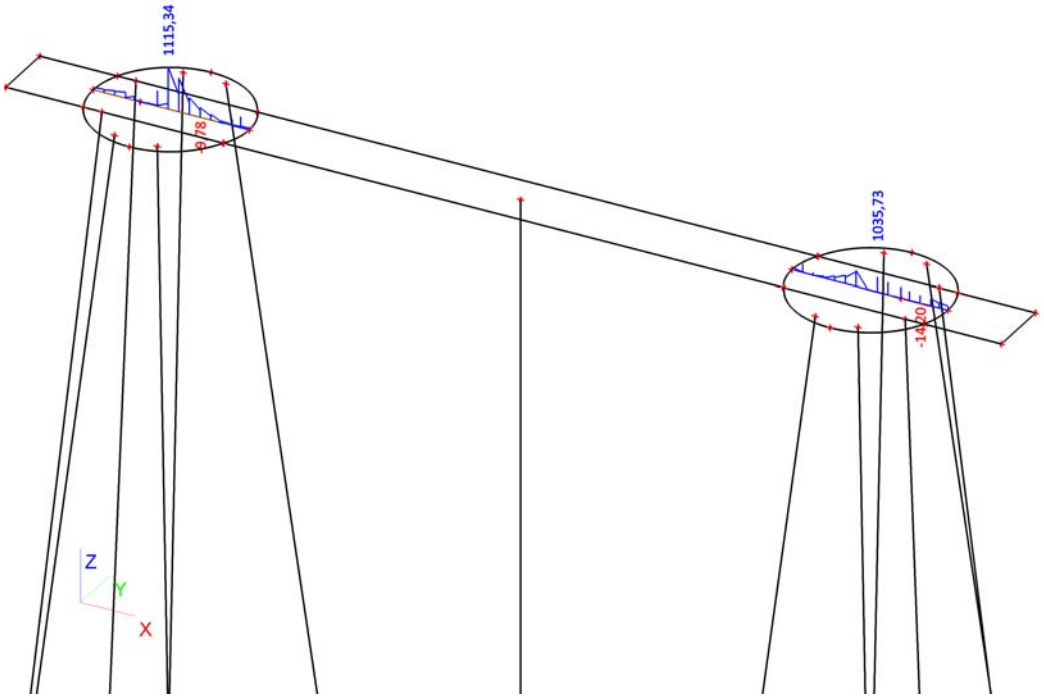
19. 2D element - Interne krachten; myD-



20. 2D element - Interne krachten; vx



21. 2D element - Interne krachten; vy



Constructieberekening mastfundatie type B

Project:
Randstad 380kV Noordring

Opdrachtgever:
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	06-08-2013	Definitief. Tweede uitgave
02	02-10-2013	T.b.v. 3e uitgave

Documentnummer: R3N-OWR-0004

Opsteller	*Controleur*	*Vrijgever*
A.L.A. van Noort Constructeur	P. de Jager Ontwerpmanager	Arjan Hogenboom Project Manager

Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael DeSmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

Inhoudsopgave

1. Inleiding *4*
1.1. Overzicht verschillende typen 4
1.1.1. Fundatietype A 5
1.1.2. Fundatietype B 5
1.1.3. Fundatietype C 6
1.1.4. Fundatietype D 6
1.1.5. Fundatietype F 7
1.2. Mastbeeld bij fundatie type B 8
1.3. Gerelateerde documenten 8
1.4. Openstaande punten 8
1.5. Revisiebeheer 9
2. Uitgangspunten en eisen *10*
2.1. Uitgangspunten 10
2.2. Gehanteerde normen 10
2.3. Eisen 10
2.4. Vermoeiing 10
2.5. Materiaalgegevens 10
2.5.1. Betonkwaliteiten 10
2.5.2. Milieuklasse *11*
2.5.3. Betondekking 11
2.6. Veerconstante funderingspalen 11
3. Berekening poer type B *13*
3.1. Geometrie 13
3.2. Belastingen en belastingcombinaties 13
3.2.1. Belastingsfactoren 13
3.2.2. Belastingsgevallen 14
3.2.3. Belastingcombinaties 16
3.3. Wisselende belastingen en vermoeiing 17
4. Verbinding mast-fundering *20*
4.1. Controle ronde opstort ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
4.2. Berekening fundering 20
5. Bijlagen *21*
Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde 22
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – Matige-waarde 23

1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de mastfundaties. Dit betreft ook de masten welke ter plaatse van een OSP zijn gelokaliseerd. De overige onderdelen van de OSP's zijn in een afzonderlijk document berekend evenals de funderingspalen.

Dit rapport betreft poer B . p poer B worden de volgende masttypen geplaatst W4S400Z + 5, W2S400 + 24, W2S400 + 24, W4S400Z + 14

De wapening wordt in het UO ontwerp uitgewerkt.

1.1. OVERZICHT VERSCHILLENDE TYPEN

Binnen het project komen verschillende typen masten voor.
De verschillen komen voort uit:

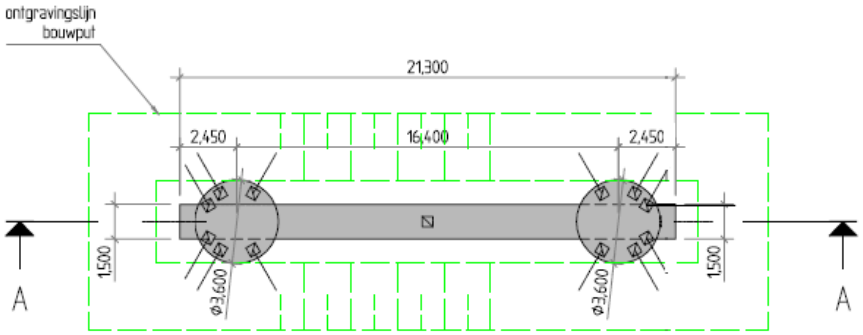
- aantal systemen dat een mastenpaar draagt, 2 systemen (2x380 kV) of 4 systemen (2x380 kV en 2x150 kV),
- de functie van de mast, Steunmast, Hoekmast of Eindmast,
- maximale veldlengte tussen masten 350 of 400 m,
- aanpassingen aan mast (b.v. +10 m extra hoogte).

Elke mast heeft een eigen belastingpatroon. Na analyse van de verschillende belastingen en geometrische eisen zijn er uiteindelijk 5 mastfundatie typen bepaal. Met deze 5 typen is er voor elke mast een geschikte fundatie beschikbaar.

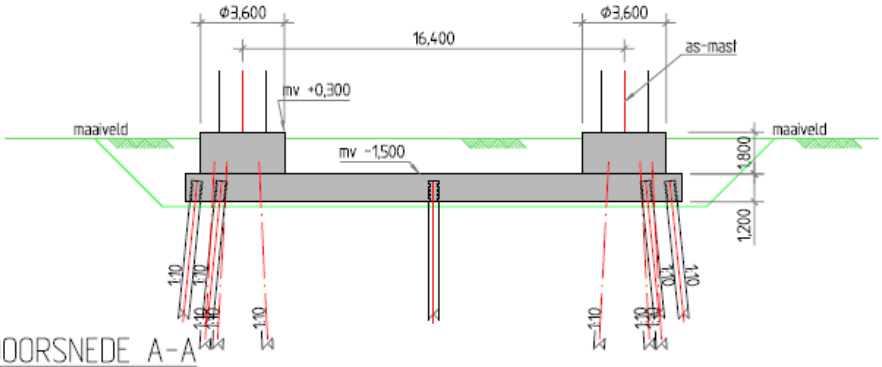
De fundatietypen zijn hieronder weergegeven.

1.1.1. FUNDATIETYPE A

Toegepast bij masttype:
- W2S400 + 5
- W2S350 + 5
- W2S400A+10



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

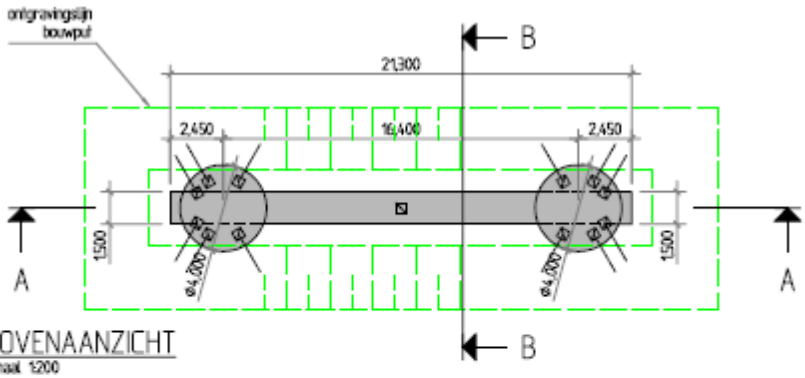


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

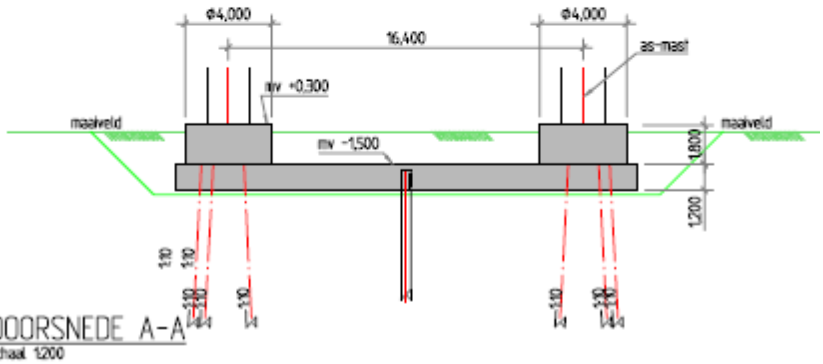
1.1.2. FUNDATIETYPE B

Toegepast bij masttype:
- W4S400Z + 5
- W2S400 + 24
- W2S400 + 24
- W4S400Z + 14

Opm: verschil met type A is diameter opstort.



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

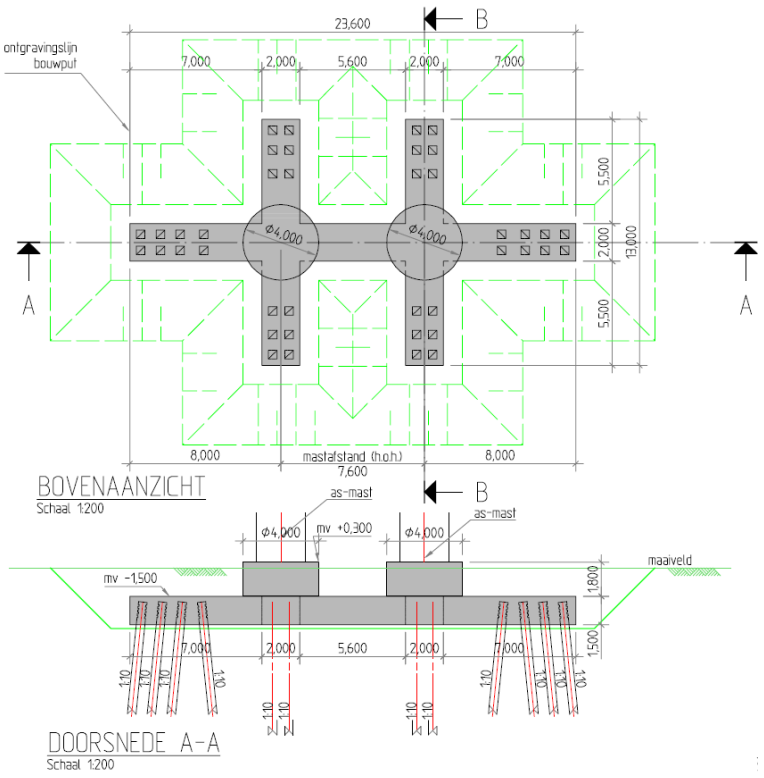


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.1.3. FUNDATIETYPE C

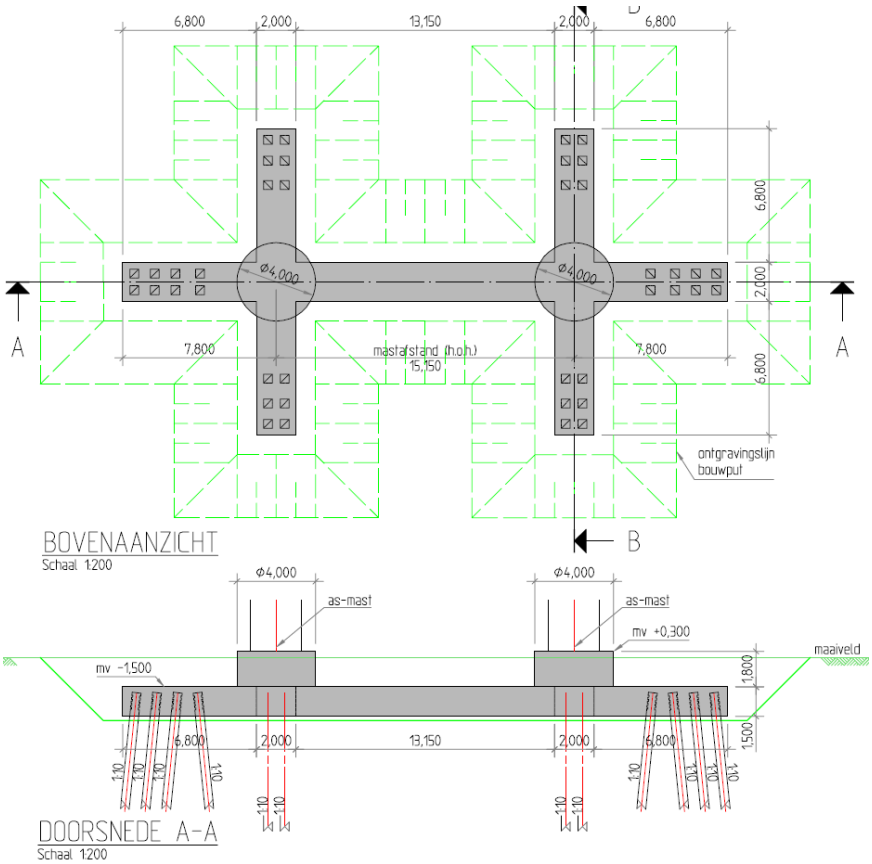
Toegepast bij masttype:
- W2H400 + 5
- W2H400 + 5
- W2H400 + 10
- W2H400 + 10 mast 133
- W2H400 + 15

Opm: mast 133 was in de oude nummering mast 82.



1.1.4. FUNDATIETYPE D

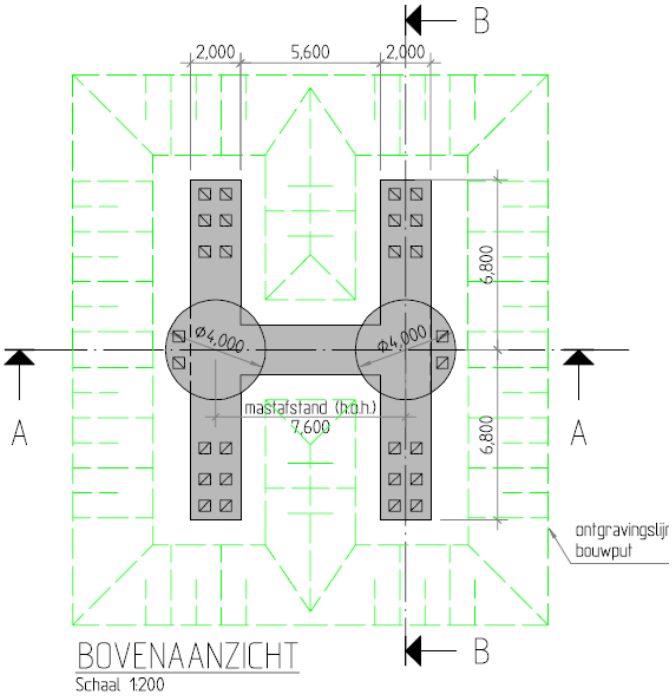
Toegepast bij masttype:
- W4H400Z + 5 (Afstap 150kV)
- W4H400Z +10 (Afstap 150kV)



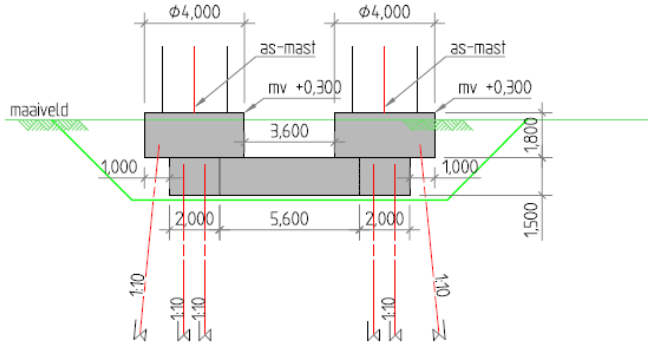
1.1.5. FUNDATIETYPE F

Toegepast bij masttype:

W2E350 + 5
W2E400
W2E350

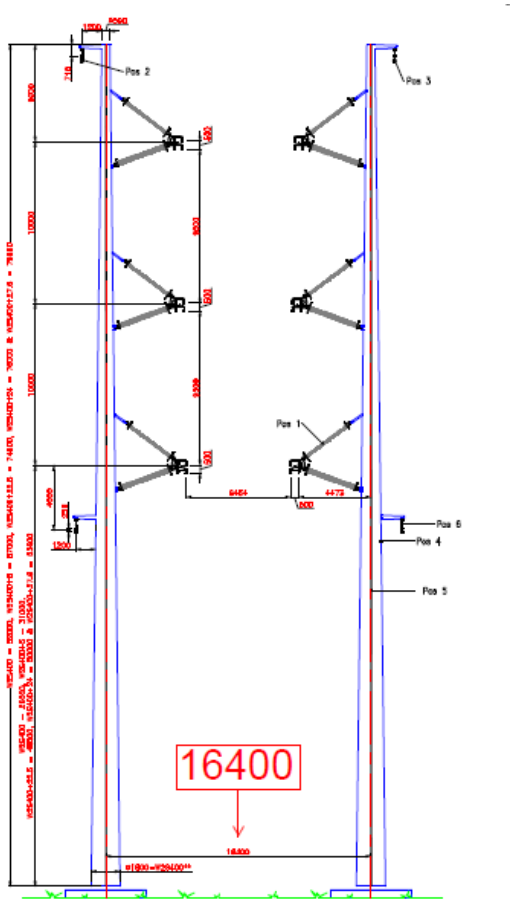


BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.2. MASTBEELD BIJ FUNDATIE TYPE B



1.3. GERELATEERDE DOCUMENTEN

R3N-OWN-0001 Ontwerpnota Systeem Noordring
R3N-OWR-0003 Constructieberekening mastfundaties type A
R3N-OWR-0004 Constructieberekening mastfundaties type B
R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C
R3N-OWR-0006 Constructieberekening mastfundaties type D
R3N-OWR-0007 Constructieberekening mastfundaties type F
R3N-OWR-0008 Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties
R3N-OWR-0033 Bepaling belastingen mastfundaties
R3N-OWR-0039 Bemalingsadvies beheersgebied Rijnland
R3N-OWR-0040 Bemalingsadvies beheersgebied Schieland en de Krimpenerwaard

1.4. OPENSTAANDE PUNTEN

De volgende punten dienen in een latere fase nader uitgewerkt te worden:

- Aarding
- Temperatuursinvloeden op fundering
- Model verbetyeren d.m.v. dummy elementen aan bovenzijde palen
- Invloed krimp op fundering
- Optimalisatie wapening
- Optimalisatie palen
- Detailontwerp prefab beton

1.5. REVISIEBEHEER

Dit is de tweede uitgave. Er zijn nog vrijwel geen grondgegevens beschikbaar. Daarom is dit document voornamelijk bedoeld als ‘proof of concept’.

Aangepast in 3e uitgave
Dit is de 3e uitgave. In deze revisie is toegevoegd:

- Mastbeeld toegevoegd,
- Nadere uitwerking milieuklasse
- Masttype W2H400 + 15 was in het overzicht zowel bij poer type C als D genoemd. Mast komt op type C.
- Masttype W2S400A+10 ontbrak in het overzicht. Toegevoegd bij poertype A
- Toelichting koppeling mast met fundatie

2. UITGANGSPUNTEN EN EISEN

2.1. UITGANGSPUNTEN

Op de funderingen worden de lasten geplaatst zoals afgeleid in document R3N-OWR-0033 'Bepaling belasting mastfundaties'. Deze zijn afgeleid van de mastberekeningen zoals door TenneT beschikbaar gesteld.

2.2. GEHANTEERDE NORMEN

De eurocode serie NEN-EN-1990 tm 1997 wordt gehanteerd

NEN-EN50341

2.3. EISEN

De eisen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.
Voor de masten gelden specifiek onderstaande eisen:

- De fundamenten van de staalconstructies ten behoeve van de masten worden gedimensioneerd op een maximale vervorming van 0.005 RAD onder representatieve waarden van de belastingen,
- Tot 1,5 m diepte mag de straalomtrek van de fundering niet groter zijn dan 1,0 m meer dan de straal van de mast,
- De ZRO-breedte tussen de (schoor)paalpunten en andere ondergrondse constructies van de masten is maximaal 2x 22 m voor de 2x 380kV (solo) verbinding en 2 x 27 m voor de 2 x 150 kV/380 kV (combi) verbinding.
- Tolerantie van mastlocatie naar buiten is 10 cm, tolerantie naar binnen is 0 cm.

2.4. VERMOEIING

De aan te leggen fundamenten worden gedimensioneerd op een vermoeiingsbelasting. De wisseling van belasting komt uit wind. Het aantal en de grote van de wisselingen gedurende 50 jaar is bepaald conform de ROK. De toetsingsprocedure van de constructie conform NEN-EN 1992-1-1:2005.

2.5. MATERIAALGEGEVENS

In onderstaande paragrafen worden de gehanteerde materiaaleigenschappen benoemd.

2.5.1. BETONKWALITEITEN

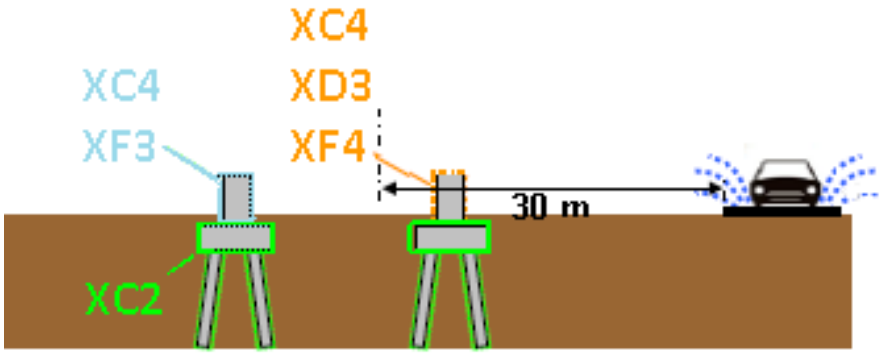
Voor het constructief beton worden bij de detaillering de volgende sterkteklassen aangehouden. De betonkwaliteit van de ronde opstort (C35/45) is voorgeschreven. Bij gescheurd beton wordt in eerste instantie gerekend met $E_{beton;gescheurd} \approx 1/3\ E_{beton;ongescheurd}$. Tevens is een ca. 2 x zo hoge E-modulus beschouwd.

Onderdeel	Sterkteklasse	Elasticiteitsmodulus [N/mm²]		
		ongescheurd	Gescheurd lage E	Gescheurd matige E
in het werk gestort gewapend beton:	C30/37	31.000	11.000	22.000
in het werk gestort gewapend beton, ronde opstort	C35/45	33.500		
geprefabriceerd beton (U-bakken):	C35/45	33.500		
geprefabriceerd voorgespannen beton (palen):	C45/55	36.000		

Tabel 2.5.1-1 Betonkwaliteiten

2.5.2. MILIEUKLASSE

Voor de betondelen welke meer dan 1,0 m onder maaiveld liggen geldt milieuklasse XC2
Voor de hoger gelegen betondelen is de milieuklasse afhankelijk van de aanwezigheid van openbare wegen. De wegen naar de OSP's zullen niet gestrooid worden en bovendien nauwelijks bereden worden, waardoor het wegspatten van water met dooizouten niet aan de orde is. De afstanden in onderstaande schets geldt voor snelwegen, bij ander wegen zou deze eventueel kleiner kunnen.



2.5.3. BETONDEKKING

Betondekking conform NEN EN 1992-1-1:2011

$$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\} \qquad (4.2)$$

waarin:

$c_{min,b}$	is de minimumdekking op basis van de aanhechtingseisen, zie 4.4.1.2 (3);
$c_{min,dur}$	is de minimumdekking op basis van de milieu-omstandigheden, zie 4.4.1.2 (5);
$\Delta c_{dur,\gamma}$	is een aanvullende veiligheidsmarge, zie 4.4.1.2 (6);
$\Delta c_{dur,st}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van roestvast staal, zie 4.4.1.2 (7);
$\Delta c_{dur,add}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming, zie 4.4.1.2 (8).

De verwachting is dat $c_{min;b}$ maatgevend wordt. Deze warade is afhankelijk van de staafdiameter, welk enog niet bekend is. Betondekking wordt in UO bepaald.Staalkwaliteiten
Voor het wapeningsstaal worden de volgende staalkwaliteiten aangehouden:

Omschrijving	Kwaliteit
betonstaal (staven)	B500 B
betonstaal (gepuntlaste wapeningsnetten):	B500 B

Tabel 2.5.2 Staalkwaliteiten

2.6. VEERCONSTANTE FUNDERINGSPALEN

De constructie wordt gefundeerd op prefab betonpalen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur in rapport R3N-OWR-0008.

In het model wordt gerekend met een verticale veerstijfheid van 120.000 kN/m.
Voor de horizontale bedding worden onderstaande waarden aangehouden.

Bij de palen voor funderingstype A staan er geen palen in elkaars schaduw. De factor voor groepswerking is daarom niet aanwezig. De groepswerking reduceerde de stijfheid in rapport R3N-OWR-0008 tot resp 39% in Y richting en 54 % in X richting.
Zonder groepswerking zijn de waarden dus aanzienlijk hoger. Pas een factor van 1,5 op de gegeven horizontale bedding in X-richting toe voor de palen bij fundatietype A. Hiermee is er nog steeds een reductie tot 81% van de bedding van een vrijstaande paal.

In de volgende tabel wordt de gehanteerde bedding constanten gepresenteerd. Er wordt alleen met de lage veerstijfheid gerekend, omdat deze resulteert in de grootste vervormingen.

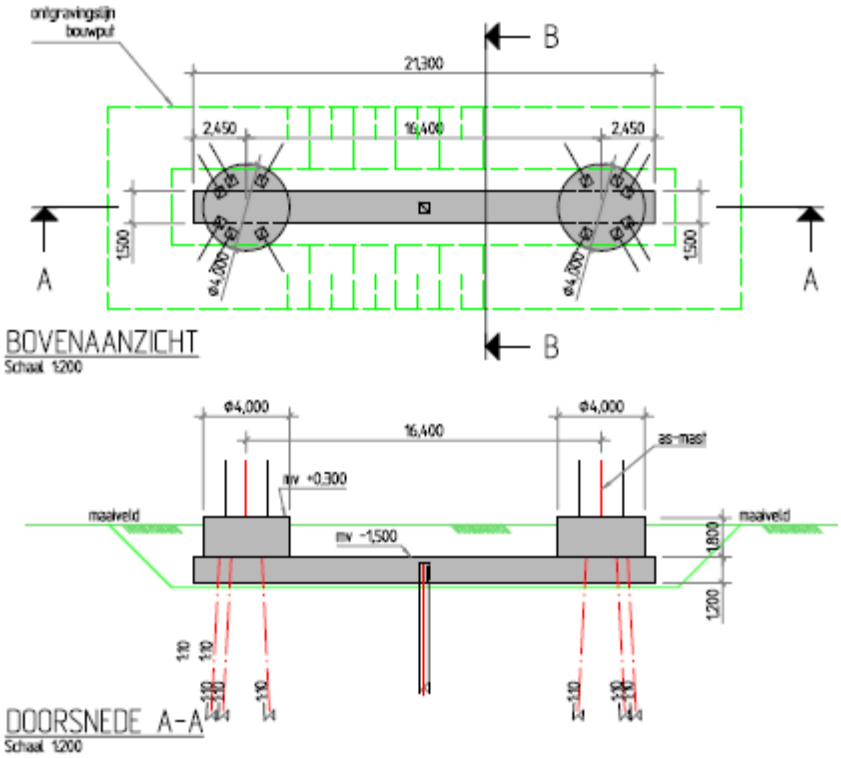
X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag			per m'paal	
	[m+ NAP]			$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	
Veen	-1.6			1,050	
Klei	-2.7			450	
Veen	-5.1			1,050	
Klei	-6.0			600	
Veen	-11.2			1,050	
Zand	-12.1			10,35	
Zand	-22.0			12,45	

Figuur 3 Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting

3. BEREKENING POER TYPE B

3.1. GEOMETRIE

De geometrie van de type B poeren is als volgt:



3.2. BELASTINGEN EN BELASTINGCOMBINATIES

3.2.1. BELASTINGSFACTOREN

De belasting uit de poeren bestaat vooral uit lasten uit de mast cq lijnen. Deze lasten zijn, incl. partiële factoren gegeven door de opdrachtgever op basis van een rapport van KEMA.

Daarnaast zijn er lasten op de poeren zelf. Hiervoor geldt dat vergelijking 6.10 b van de EN 1990 maatgevend is. Gecombineerd met CC3 gelden de volgende partiële factoren:

γ_G (ongunstig)	=	1,3	
γ_G (gunstig)	=	0,9	(zie §3.2.2, op eigen gewicht fundering wordt factor 0,54 toegepast)
γ_Q	=	1,65	

Opm: De meeste lasten zijn door de klant incl de factoren gegeven. Bovenstaande factoren hebben dus alleen invloed op het eigen gewicht, grond en belastingen op maaiveld.

3.2.2. BELASTINGSGEVALLEN

Eigen gewichtpoer
Eigen gewicht van de betonconstructie wordt gegenereerd in het model. Er wordt gerekend met een eigengewicht voor beton van 2500 kg/m$^{3.}$

Omdat er ook trek op de palen komt, is eigen gewicht al snel een gunstige belasting (druk eenvoudiger op te nemen dan trek).Indien de poer zich onderwater bevindt zal er een opwaartse kracht gelijk aan het gewicht van het verplaatste water op de poer aanwezig zijn. Het effectieve gewicht van de poer reduceert hierdoor tot 1500 kg/m^3. Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 1350 kg/m^3. In totaal bedraagt de factor dan dus 1350/2500 = 0,54.

Eigen gewicht grond op poer
Op de poer ligt 1,5 m grond. Indien het grondwater lager ligt, is de last:
1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2

Bij waterstand gelijk aan 0,5m onder maaiveld niveau is de last:
0,5 * 17 + 1,0 * (17-10) = 15,5 kN/m^2

Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 13,95 kN/m^2. In totaal bedraagt de factor dan dus 13,95/25,5 = 0,54. Reken met droge grond en pas een partiële factor van 0,54 op eigen gewicht poer en grond toe in het geval deze gunstig werken.

Belastingen uit de mast
Zie rapport 'Afleiding belasting uit masten'.

Er wordt gerekend met de volgende, donker aangegeven ULS en SLS lasten uit het rapport. De overige lasten zijn met deze gevallen afgedekt.

Voor het variabele deel dat zijn oorsprong vindt in wind, wordt gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0

ULS

Mast	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W4S400Z+5	0 deg	1a	2857	2634	600	102	54
W4S400Z+5	0 deg	3	804	4607	746	29	94
W4S400Z+5	90 deg	1a	0	17967	592	0	463
W4S400Z+5	0 deg	1a	2857	2069	561	102	43
W2S400+24	0 deg	1a	5841	547	921	163	0
W2S400+24	0 deg	3	1643	1036	1075	46	0
W2S400+24	90 deg	1a	0	19609	892	0	383
W2S400+24	0 deg	1a	5841	417	693	163	0
W2S400+22.5	0 deg	1a	5508	1538	878	157	18
W2S400+22.5	0 deg	3	1549	2784	1019	44	31
W2S400+22.5	90 deg	1a	0	21005	859	0	412
W2S400+22.5	0 deg	1a	5508	1201	659	157	14
W4S400Z+14	0 deg	1a	4319	443	777	136	0
W4S400Z+14	0 deg	3	1215	897	944	38	0
W4S400Z+14	90 deg	1a	0	18317	752	0	385
W4S400Z+14	0 deg	1a	4319	284	732	136	0

SLS

Type	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W4S400Z+5	0 deg	3	1905	5592	599	68	144
W4S400Z+5	90 deg	1a	1905	12556	494	68	321
W2S400+24	0 deg	1a	3894	4355	769	109	109
W2S400+24	0 deg	3	3894	4689	874	109	109
W2S400+24	90 deg	1a	3894	13158	748	109	255
W2S400+22.5	0 deg	3	3672	5880	828	105	130
W2S400+22.5	45 deg	1a	4314	9532	726	116	197
W2S400+22.5	90 deg	1a	3672	14266	718	105	278
W4S400Z+14	0 deg	3	2879	3560	763	91	91
W4S400Z+14	90 deg	1a	2879	12281	631	91	257

Belastingen op maaiveld
Op het maaiveld wordt gerekend met een verdeelde last van 10 kN/m^2 . Er is geen stempellast op de fundering voorzien. Echter, door spreiding van een puntlast over een diepte van 1,5 m, zal een lastvlak van 2 (breedte balk) x 3 (2*1,5) = 6 m^2 ontstaan, waardoor bij 10 kN/m^2 dus ook een puntlast van 60 kN toelaatbaar is.

Voor deze belastingen wordt in de combinatie gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,7	0,5	0,3

3.2.3. BELASTINGCOMBINATIES

Belastingcombinaties in ULS conform vergelijking 6.10b van NEN EN 1990, waarbij:
0,7 * 1,65 = 1,16

En de belastingsfactoren voor de last uit de masten reeds in de ingevoerde belasting is meegenomen (factor 1,0 toegepast)

ULS							
Belastinggeval	Omschrijving	Combi 1	Combi 2	Combi 3	Combi 4	Combi 5	Combi6
1	Eigen gewicht	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
2	Grond	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
3	Belasting mast ULS 1	1,0		0,6		1,0	
4	Belasting mast ULS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	1,16	1,16	1,65	1,65		

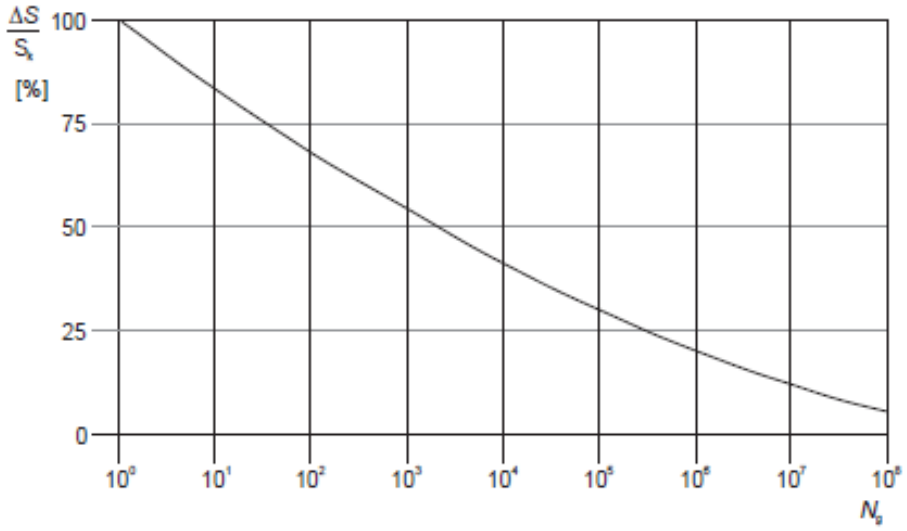
SLS							
Belastinggeval	Omschrijving	Combi 7	Combi 8	Combi 9	Comb i 10	Combi 11	Combi 12
5	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
6	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0		

3.3. WISSELENDE BELASTINGEN EN VERMOEIING

Door de wisselende belastingen van wind dient belasting door vermoeiing te worden meegenomen. Bij vermoeiing is het aantal wisselingen en de grootte van de wisseling van belang. In de NEN-EN 1991-1-4:2005 is in bijlage B.3 een figuur opgenomen waarin de verhouding tussen de grootte van de windlast en het aantal keren dat deze optreedt weergegeven.

B.3 Aantal belastingen voor dynamische respons

(1) Figuur B.3 geeft het aantal keren N_g dat de waarden ΔS van een windeffect worden bereikt of overschreden gedurende een periode van 50 jaar. ΔS wordt uitgedrukt in percentage van de waarde S_k, waar S_k het effect is van een windbelasting met een herhalingstijd van 50 jaar.



Figuur B.3 — Aantal windvlaagbelastingen N_g voor een effect $\Delta S/S_k$ gedurende een herhalingstijd van 50 jaar

De relatie wordt omschreven met de volgende uitdrukking

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0{,}7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17{,}4 \cdot \log(N_g) + 100 \qquad (B.9)$$

Bij vermoeiing wordt bij een bepaald spanningsniveau het aantal wisselingen op dit spanningsniveau bepaald en vervolgens wordt dit vergeleken met het aantal toelaatbare wisselingen op dat spanningsniveau. Door dit voor de voorkomende spanningsniveaus te doen is de weerstand tegen vermoeiing te controleren.

In de ROK van RWS is bovenstaande verdeling gediscretiseerd tot onderstaande tabel:

Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)

ΔS / S_k (%)	n
100	1
98	1
90	8
75	90
61	900
48	9000
36	90000
25	900000
16	9000000
9	90000000

Van beton en wapeningsstaal is bekend hoeveel wisselingen bij een bepaald spanningsniveau toelaatbaar zijn. S_K is de spanning met een herhalingstijd van 50 jaar (de spanning waarop de constructie ontworpen is).

Met bovenstaande gegevens is te bepalen welke maximale spanning t.g.v. wind eens in de 50 jaar toelaatbaar is opdat de constructie ook voldoende weerstand tegen vermoeiing heeft.

Wapening

De totale schade van de belastingen dient volgens de beschadigingsregel van Miner kleiner dan 1 te zijn.
De toetsingsprocedure per wisseling conform NEN-EN 1992-1-1:2005, §6.8.4:
Voor de wapening is gekeken naar de toelaatbare spanning voor:

- Rechte staven
- Staven gebogen met een doordiameter 2,5*D
- Gelaste staven

Er volgt (zie berekening hieronder) dat voor gewone rechte staven er geen beperking is, echter gebogen of gelaste staven hebben de volgende spanningsbeperking

Buigdoorn 2,5ø → 244 N/mm^2
Buigdoorn 5ø → 283 N/mm^2
Gelaste staven → 317 N/mm^2

Omdat bij de toetsing van vermoeiing een ULS toestand met veiligheid 1,0 wordt getoetst, is de spanning altijd minimaal een factor van ca. 1,3 lager dan de normale ULS toestanden.

Bij een toelaatbare spanning van 435 N/mm^2 in ULS volgt bij toetsing op vermoeiing een spanning van maximaal 335 N/mm^2. De toelaatbare spanningen bij vermoeiing zijn nog iets lager. Hier dient in de detaillering rekening mee gehouden te worden. Een toetsing achteraf zal volstaan.

Rechte staven

maximale gebruiksspanning			435	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			162,5	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	
	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	435	7275	0,000137
1	98	426	8048	0,000124
8	90	392	12320	0,000649
90	75	326	30656	0,002936
900	61	265	86133	0,010449
9000	48	209	285505	0,031523
90000	36	157	1394937	0,064519
900000	25	109	37137862	0,024234
9000000	16	70	2061565470	0,004366
90000000	9	39	365674259232	0,000246
			Totale schade	**0,139183665**

Staven gebogen met doorndiameter 2,5*D

maximale gebruiksspanning			244	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			67,4	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	244	1613	0,000620
1	98	239	1784	0,000560
8	90	220	2731	0,002929
90	75	183	6796	0,013243
900	61	149	19095	0,047134
9000	48	117	63292	0,142197
90000	36	88	266714	0,337440
900000	25	61	2466861	0,364836
9000000	16	39	136938283	0,065723
90000000	9	22	24289699180	0,003705
			Totale schade	**0,978388484**

Staven gebogen met doorndiameter 5*D

maximale gebruiksspanning			283	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			78,0	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	283	1591	0,000629
1	98	277	1760	0,000568
8	90	255	2694	0,002970
90	75	212	6702	0,013428
900	61	173	18832	0,047792
9000	48	136	62422	0,144181
90000	36	102	263044	0,342148
900000	25	71	2406099	0,374050
9000000	16	45	133565305	0,067383
90000000	9	25	23691410595	0,003799
			Totale schade	**0,996946687**

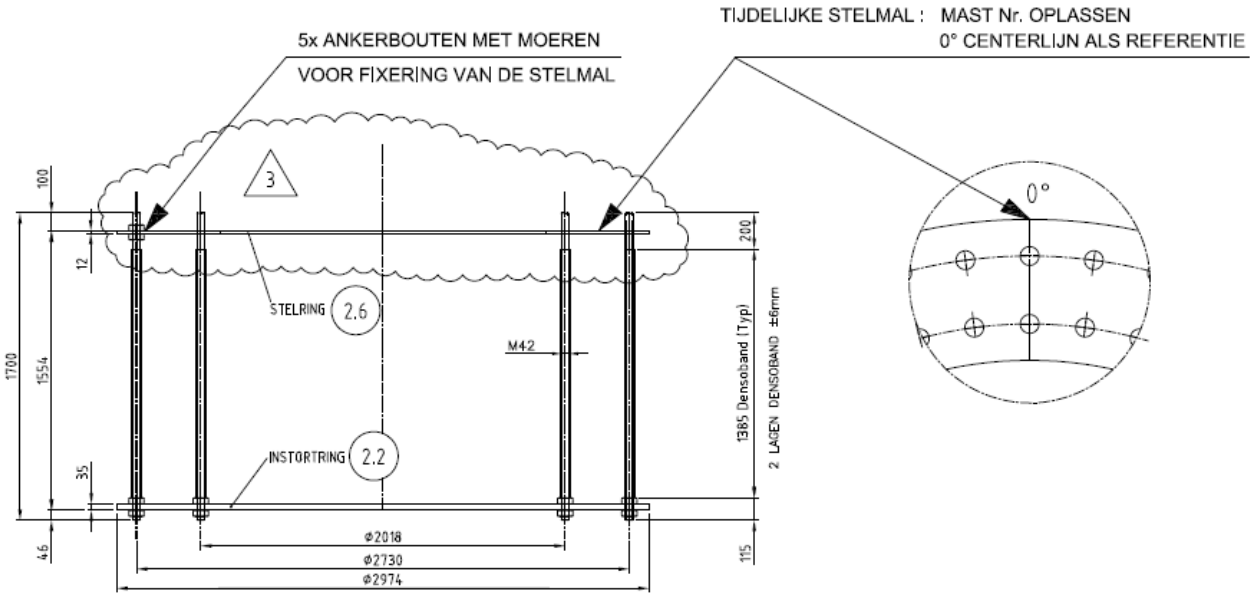
Gelaste staven

maximale gebruiksspanning			317	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			58,5	
		k1	3	
		k2	5	
		N*	1,00E+07	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	317	62848	0,000016
1	98	311	66775	0,000015
8	90	285	86211	0,000093
90	75	238	148972	0,000604
900	61	193	276886	0,003250
9000	48	152	568285	0,015837
90000	36	114	1347046	0,066813
900000	25	79	4022257	0,223755
9000000	16	51	20411885	0,440920
90000000	9	29	362468668	0,248297
			Totale schade	**0,999600179**

4. VERBINDING MAST-FUNDERING

De masten worden verbonden met de fundering d.m.v. een ingestorte ankerkooi. Een ankerkooi is hieronder weergegeven



DETAIL VERANKERING

NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV Revision: 3 Date: 5-7-2011	Material: – Quantity: 2 Equipm. no.: W4E350	**VDL KTI**	Project No.: 36002 Workprep. No.: Pos. No.: ANKERKOOI

De ankers en platen zijn berekend door Volker Infra Design bij het ontwerp van de masten. De ankerkooi bevindt zich in de ronde opstort. De ronde opstort is d.m.v. stekken verbonden met de kruisvormige balken. De stekken worden in de UO fase berekend.

4.1. BEREKENING FUNDERING

De poer is ingevoerd in een SCIA engineer model.

Er zijn 2 modellen gedraaid:

Model 1: Lage gescheurde E modulus
Model 2: Matige gescheurde E modulus

5. BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – matige E-waarde

BIJLAGE 1 UITVOER SCIA ENGINEER – LAGE E-WAARDE

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	3
8. Subregio	3
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	4
11. Belastingsgevallen	6
11.1. Belastingsgevallen - BG1	6
11.1.1. Belasting grafisch	6
11.2. Belastingsgevallen - BG3	6
11.2.1. Vrije puntmomenten	7
11.2.2. Genereer vrije lasten	7
11.2.3. Belasting grafisch	8
11.3. Belastingsgevallen - BG2	8
11.3.1. Lasten op oppervlak	8
11.3.2. Belasting grafisch	9
11.4. Belastingsgevallen - BG4	9
11.4.1. Vrije puntmomenten	9
11.4.2. Genereer vrije lasten	9
11.4.3. Belasting grafisch	10
11.5. Belastingsgevallen - BG5	10
11.5.1. Vrije puntmomenten	10
11.5.2. Genereer vrije lasten	11
11.5.3. Belasting grafisch	11
11.6. Belastingsgevallen - BG6	12
11.6.1. Vrije puntmomenten	12
11.6.2. Genereer vrije lasten	12
11.6.3. Belasting grafisch	12
11.7. Belastingsgevallen - BG7	13
11.7.1. Lasten op oppervlak	13
11.7.2. Belasting grafisch	13
12. Combinaties	13
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	14
14. Reacties	14
15. 2D element - Interne krachten; mxD+	15
16. 2D element - Interne krachten; mxD-	15
17. 2D element - Interne krachten; myD+	16
18. 2D element - Interne krachten; myD-	16
19. 2D element - Interne krachten; vx	17
20. 2D element - Interne krachten; vy	17

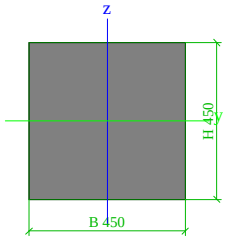
2. Overzicht

3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,1000e+04	0,2	4,5833e+03	0,00	30,00
C35/45	Beton	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K47	0,400	0,750	0,000
K51	10,650	0,750	0,000
K52	10,650	0,750	-19,000
K81	0,100	-3,212	-19,000
K86	1,650	-0,662	0,000
K92	0,100	4,712	-19,000
K94	1,650	2,162	0,000
K143	0,000	0,000	0,000
K144	0,814	0,000	0,000
K145	4,086	0,000	0,000
K146	2,450	-1,050	0,000
K147	17,214	0,000	0,000
K148	20,486	0,000	0,000
K149	18,850	-1,050	0,000
K150	21,300	0,000	0,000
K151	21,300	1,500	0,000
K152	20,486	1,500	0,000
K153	17,214	1,500	0,000
K154	18,850	2,550	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K155	4,086	1,500	0,000
K156	0,814	1,500	0,000
K157	2,450	2,550	0,000
K158	0,000	1,500	0,000
K159	0,650	0,750	0,000
K160	4,100	0,000	0,000
K161	4,100	1,500	0,000
K162	4,300	0,750	0,000
K163	17,200	1,500	0,000
K164	17,200	0,000	0,000
K165	17,000	0,750	0,000
K166	20,650	0,750	0,000
K167	1,450	0,750	0,000
K169	3,250	-0,662	0,000
K170	4,800	-3,212	-19,000
K171	3,250	2,162	0,000
K172	4,800	4,712	-19,000
K173	16,500	-3,212	-19,000
K174	16,500	4,712	-19,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K175	21,200	-3,212	-19,000
K176	21,200	4,712	-19,000
K177	18,050	-0,662	0,000
K178	18,050	2,162	0,000
K179	19,650	-0,662	0,000
K180	19,650	2,162	0,000
K183	20,900	0,750	0,000
K184	19,850	0,750	0,000
K185	21,336	-1,550	-19,000
K187	21,336	3,050	-19,000
K188	19,786	0,000	0,000
K189	19,786	1,500	0,000
K190	-0,036	3,050	-19,000
K191	-0,036	-1,550	-19,000
K192	1,514	0,000	0,000
K193	1,514	1,500	0,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S3	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,000	Lijn	K51	K52	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S19	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K86	K81	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S24	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K94	K92	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S50	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K169	K170	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S51	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K171	K172	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S52	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K177	K173	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S53	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K178	K174	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S54	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K179	K175	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S55	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K180	K176	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S56	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K188	K185	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S58	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K189	K187	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S59	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K193	K190	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S60	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K192	K191	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E2	C30/37	3000	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type						
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Regio3	E2	C30/37	konstant	K156	Cirkelboog
	Boven	0		1800	K157	
					K155	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio4	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K144	Lijn
					K145	Cirkelboog
					K146	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio6	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K153	Cirkelboog
					K154	
					K152	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio7	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K147	Lijn
					K148	Cirkelboog
					K149	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio8	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K158	Lijn
					K156	Cirkelboog
					K159	
					K144	Lijn
					K143	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio9	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K160	Cirkelboog
					K162	
					K161	Lijn

2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K163 K165 K164	Cirkelboog Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio10	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K152 K151 K150 K148 K166	Lijn Lijn Lijn Cirkelboog

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn3	K52	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K81	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K92	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41	K173	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn42	K174	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn45	K172	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn46	K170	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn47	K176	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn49	K175	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn50	K185	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn52	K187	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn53	K190	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn54	K191	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S3	Slb43 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb163 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb83 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb3 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb123 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb97 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb137 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb17 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb57 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb177 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb182 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb142 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb22 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb62 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb102 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb209 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb210 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb208 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb206 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb207 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S51	Slb214 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb215 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb213 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb211 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb212 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb219 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb220 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb218 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb216 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb217 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb224 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb225 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb223 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb221 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb222 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb229 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb230 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb228 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb226 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb227 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb234 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb235 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb233 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb231 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb232 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb239 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb240 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb238 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb236 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb237 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb249 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb250 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb248 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb246 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb247 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb254 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

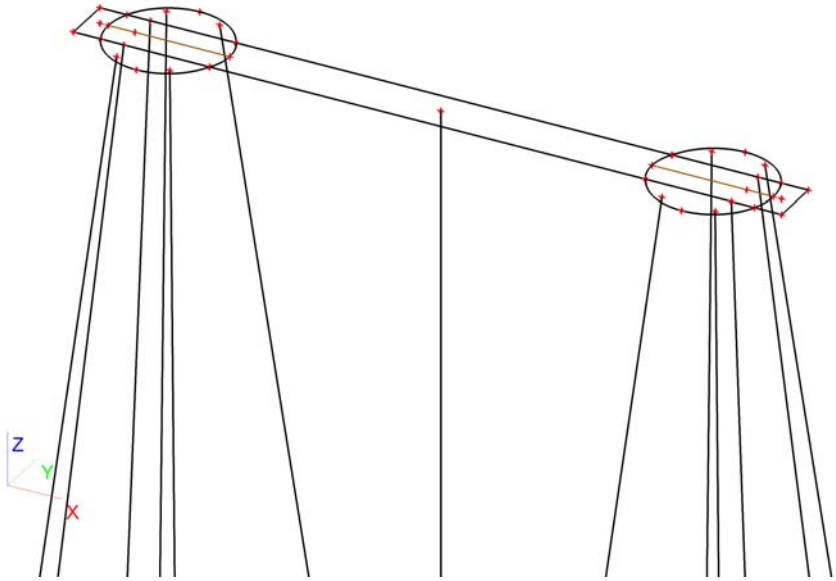
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S59	Slb255 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb253 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb251 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb252 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb259 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb260 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb258 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb256 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb257 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

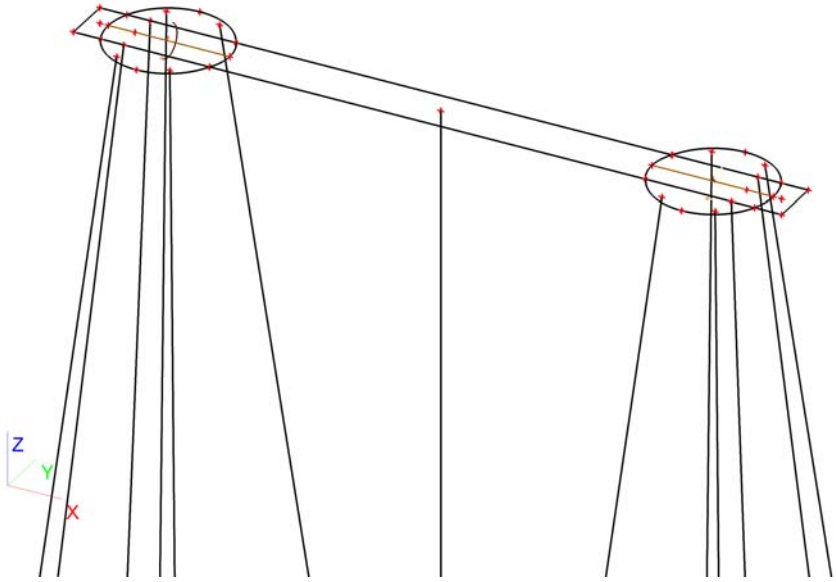
11.2.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	-5841,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	-5841,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	547,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	547,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	415,65	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	415,65	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	-13,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	2,440	0,757	0,000	GCS

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF1	-921,00	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF2	-921,00	GCS Lengte
GFF5	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM6	415,65	GCS Lengte
GFF6	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF3	163,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF5	0,00	GCS Lengte
GFF9	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF4	163,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF6	0,00	GCS Lengte
GFF25	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM7	0,00	GCS Lengte
GFF27	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM8	0,00	GCS Lengte
GFF41	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM1	-5841,00	GCS Lengte
GFF42	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM2	-5841,00	GCS Lengte
GFF43	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM3	547,00	GCS Lengte
GFF44	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM4	547,00	GCS Lengte
GFF45	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM5	415,65	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



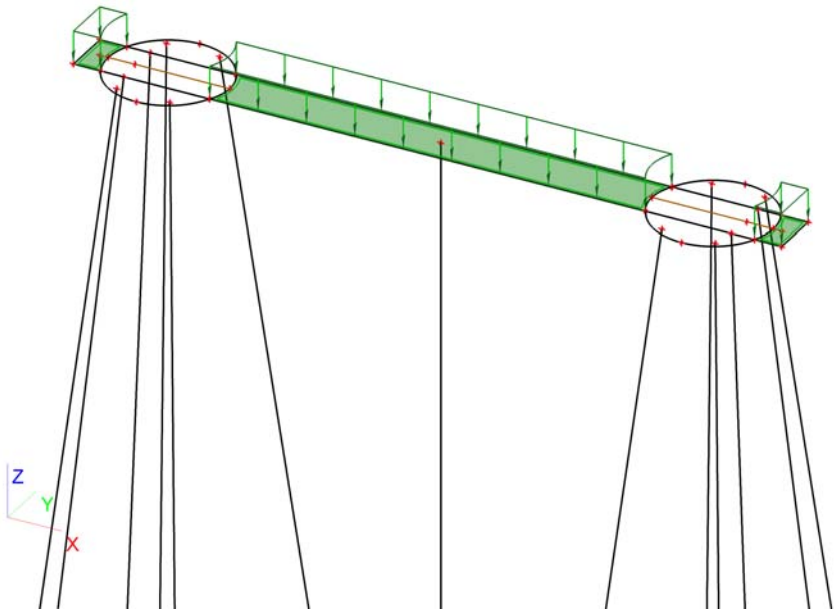
11.3. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG8	Standaard

11.3.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF1	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF2	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF3	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte

11.3.2. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.4.1. Vrije puntmomenten

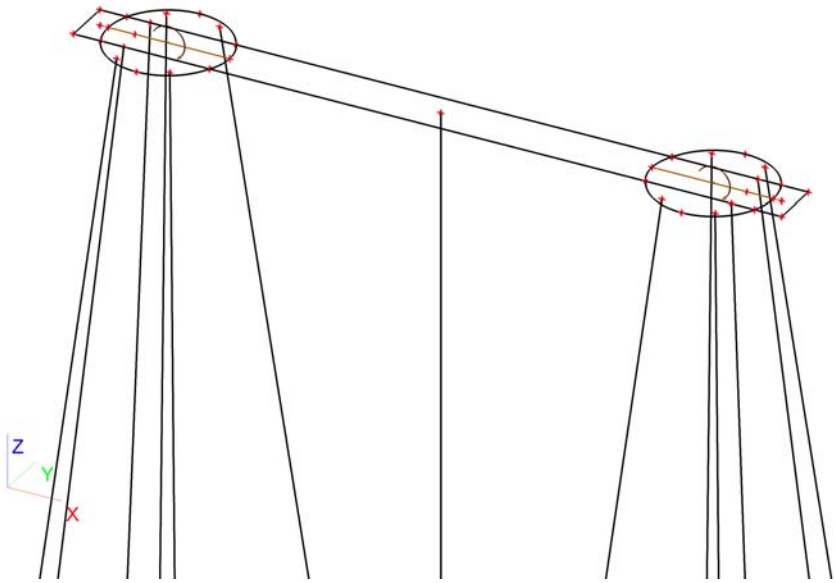
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	20,275	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	21005,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-12,525	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	21005,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	1050,60	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	1050,60	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF2	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF9	0,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF7	-859,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM13	0,00	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF8	-859,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM14	0,00	GCS Lengte
GFF16	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF10	0,00	GCS Lengte
GFF18	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF11	412,00	GCS Lengte
GFF19	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF12	412,00	GCS Lengte
GFF20	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM10	0,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF22	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM15	 1050,60	GCS Lengte
GFF24	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM16	 1050,60	GCS Lengte
GFF29	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM11	 21005,00	GCS Lengte
GFF31	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM12	 21005,00	GCS Lengte
GFF46	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM9	 0,00	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

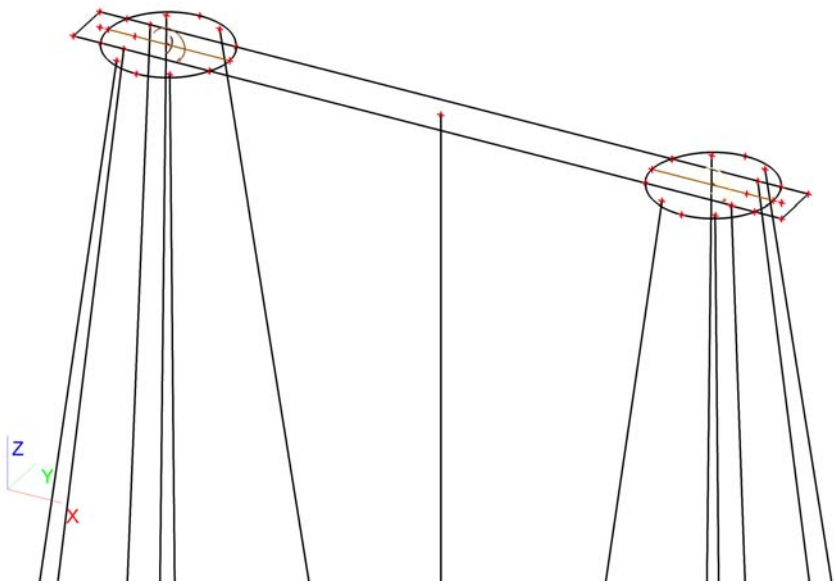
11.5.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-4314,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-4314,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	9532,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	9532,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	267,75	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	267,75	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	708,90	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	-14,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	708,90	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	1,440	0,757	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM19	 9532,00	GCS Lengte
GFF8	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM17	 -4314,00	GCS Lengte
GFF11	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM18	 -4314,00	GCS Lengte
GFF17	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM20	 9532,00	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF13	-726,00	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF14	-726,00	GCS Lengte
GFF26	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF15	116,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF16	116,00	GCS Lengte
GFF30	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF17	197,00	GCS Lengte
GFF32	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF18	197,00	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM29	 267,75	GCS Lengte
GFF40	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM30	 267,75	GCS Lengte
GFF47	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM21	 295,80	GCS Lengte
GFF48	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM22	 295,80	GCS Lengte
GFF49	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM23	 295,80	GCS Lengte
GFF50	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM24	 295,80	GCS Lengte
GFF55	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM31	 708,90	GCS Lengte
GFF56	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM32	 708,90	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

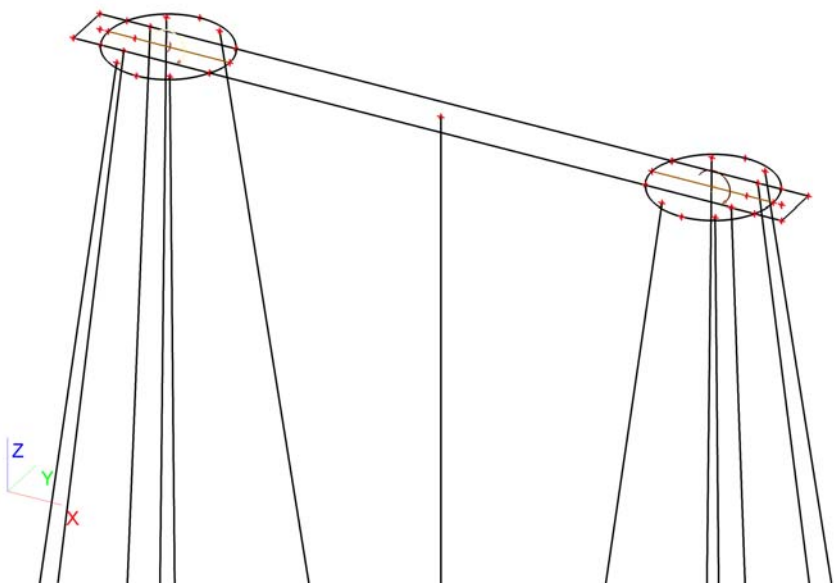
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-3672,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-3672,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	14266,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	14266,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF33	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF19	-718,00	GCS Lengte
GFF34	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF20	-718,00	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF21	105,00	GCS Lengte
GFF36	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF22	105,00	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF23	278,00	GCS Lengte
GFF39	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF24	278,00	GCS Lengte
GFF51	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM25	-3672,00	GCS Lengte
GFF52	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM26	-3672,00	GCS Lengte
GFF53	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM27	14266,00	GCS Lengte
GFF54	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM28	14266,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



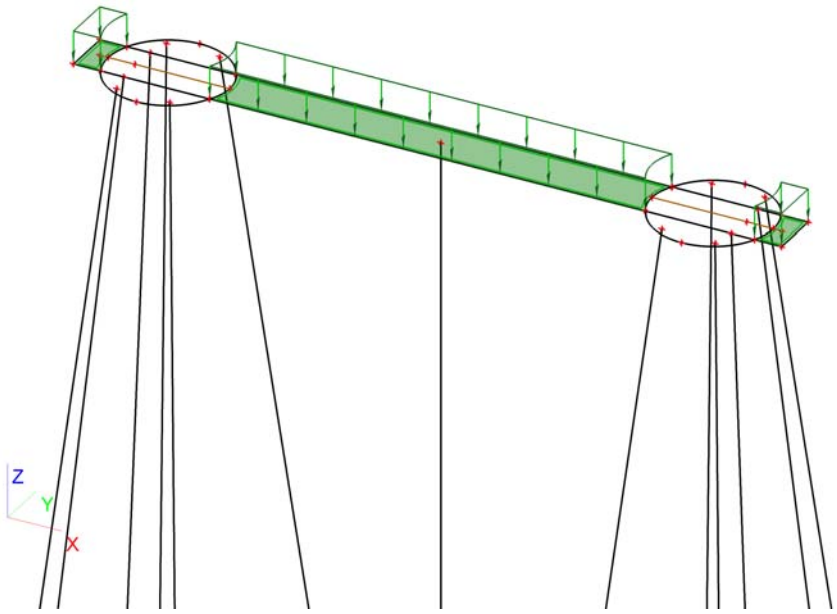
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF4	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF5	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF6	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende -	BG1 - Eigengewicht	0,54

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi6	Omhullende - bruikbaarheid	BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

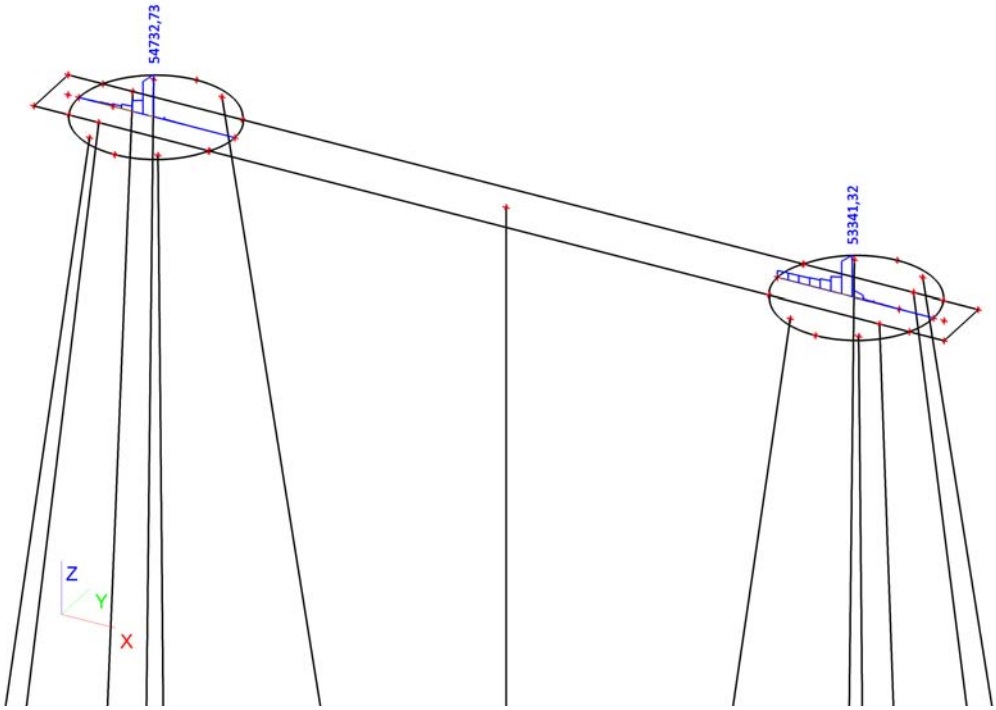
BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede2	709	3,674	**7,6**	**4,0**	**-9,6**	-3,1	4,5	**1,6**
BG5	Snede1	27	2,750	**7,6**	4,1	-5,3	-3,1	4,4	-1,4
BG5	Snede1	80	3,650	7,6	**4,1**	-9,2	-3,1	4,2	-1,3
BG5	Snede1	58	0,000	7,6	4,0	**7,0**	**-3,1**	4,5	**-1,6**
BG5	Snede1	23	1,750	7,6	4,0	-0,9	**-3,2**	**4,8**	-1,5
BG5	Snede2	168	0,000	7,6	4,1	6,5	-3,1	**4,2**	1,3

14. Reacties

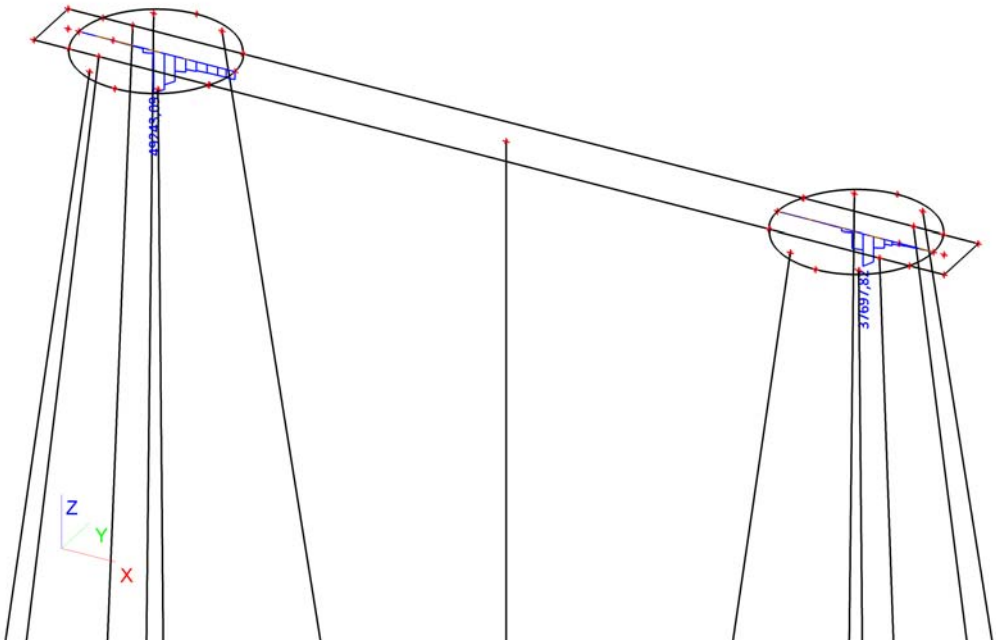
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn45/K172	Combi2/1	**-120,16**	**-197,09**	**1348,75**	0,00	0,00	0,00
Sn42/K174	Combi1/2	**108,92**	-179,25	1226,78	0,00	0,00	0,00
Sn46/K170	Combi2/1	-120,16	**197,09**	1348,74	0,00	0,00	0,00
Sn54/K191	Combi6/3	-61,88	-61,48	**-686,23**	0,00	0,00	0,00
Sn3/K52	Combi2/1	-0,57	0,00	1049,97	**0,00**	0,00	0,00
Sn42/K174	Combi2/4	-15,75	25,30	-166,39	**0,00**	0,00	0,00
Sn3/K52	Combi4/5	-0,34	0,00	1053,09	0,00	**0,00**	0,00
Sn41/K173	Combi3/6	42,55	70,02	483,05	0,00	**0,00**	0,00
Sn3/K52	Combi1/7	0,00	0,00	847,07	0,00	0,00	**0,00**

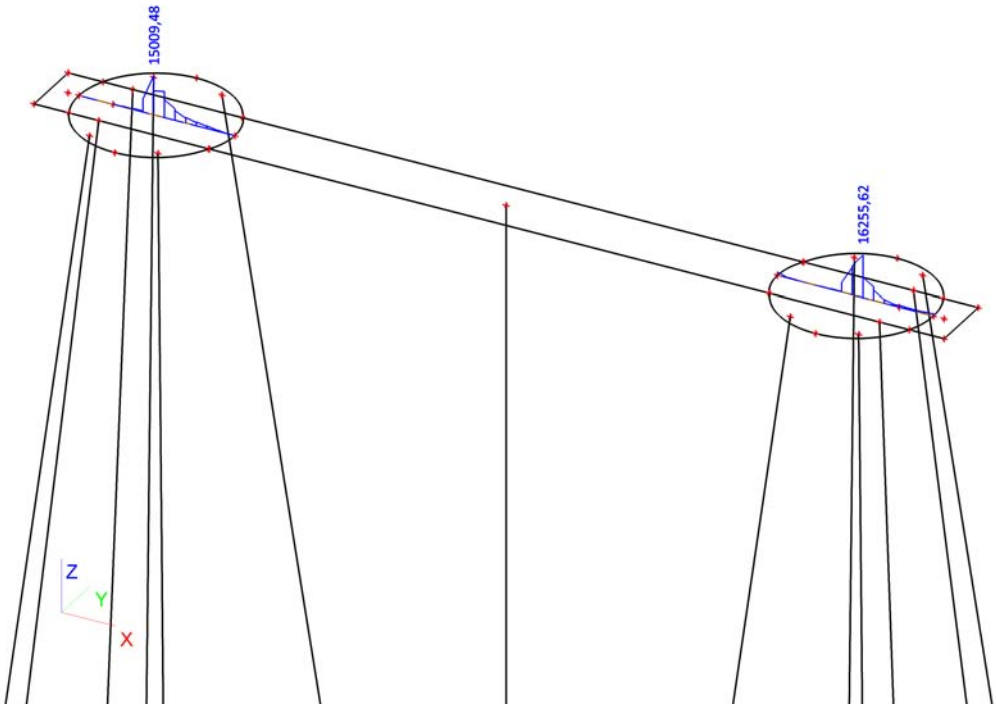
15. 2D element - Interne krachten; mxD+



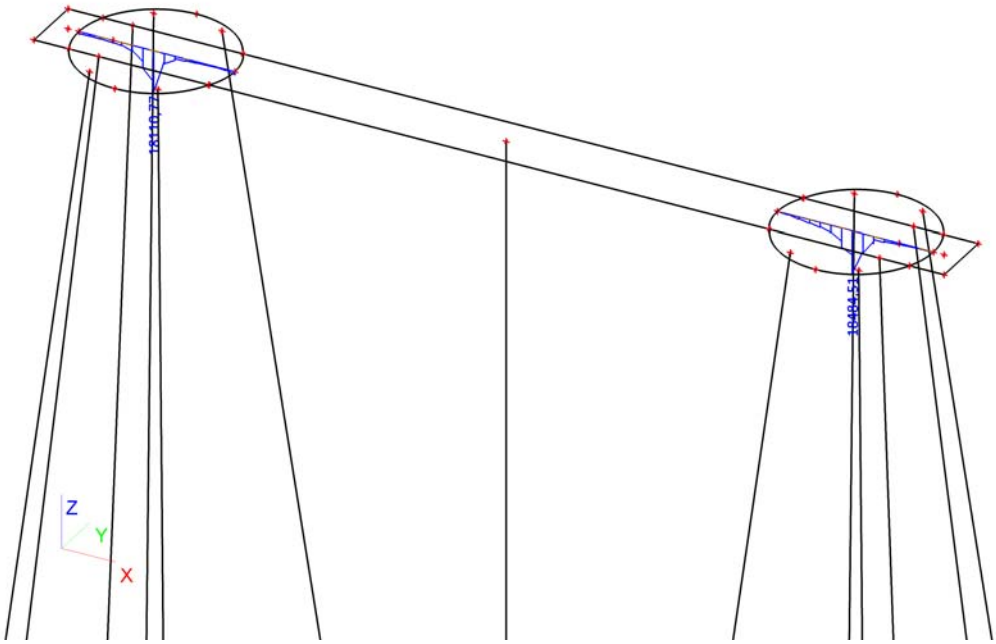
16. 2D element - Interne krachten; mxD-



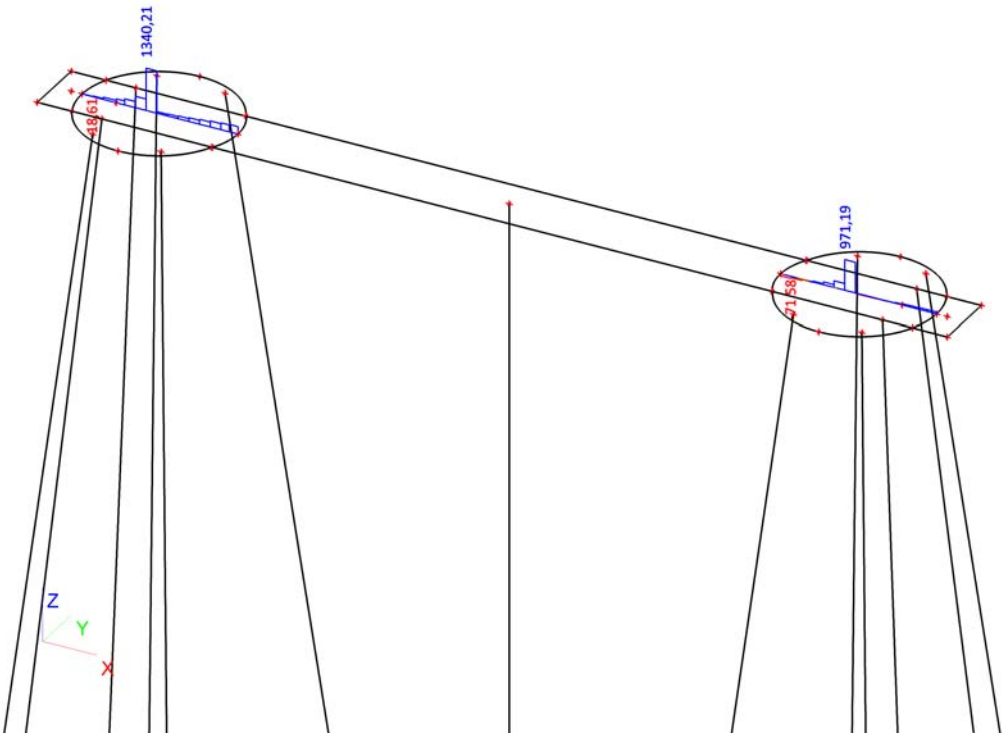
17. 2D element - Interne krachten; myD+



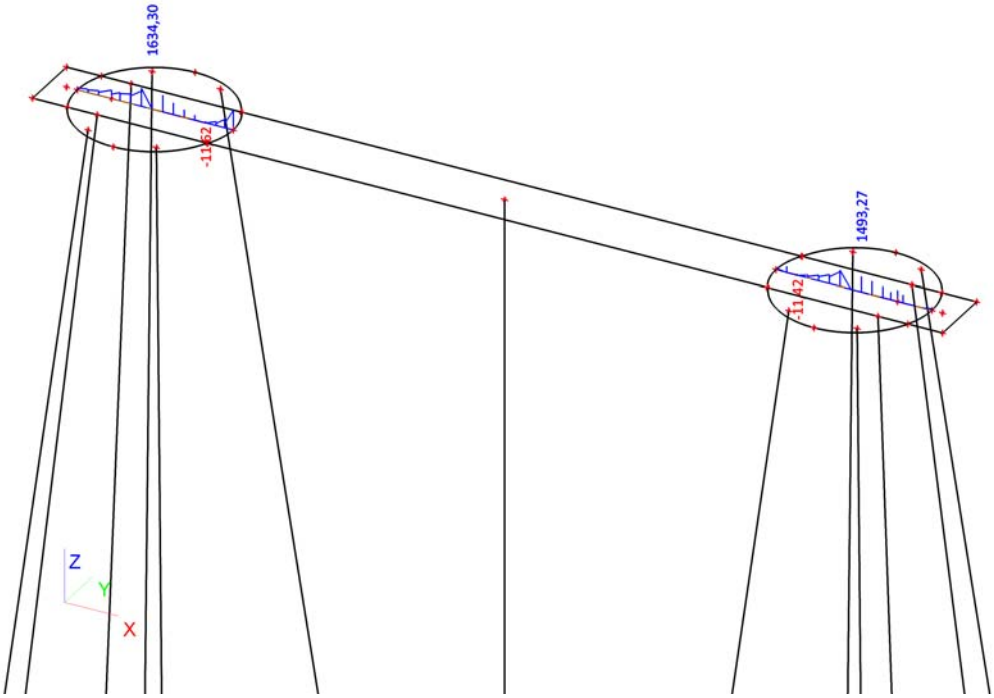
18. 2D element - Interne krachten; myD-



19. 2D element - Interne krachten; vx



20. 2D element - Interne krachten; vy



BIJLAGE 2 UITVOER SCIA ENGINEER – MATIGE-WAARDE

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	3
8. Subregio	3
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	4
11. Belastingsgevallen	6
11.1. Belastingsgevallen - BG1	6
11.1.1. Belasting grafisch	6
11.2. Belastingsgevallen - BG3	6
11.2.1. Vrije puntmomenten	7
11.2.2. Genereer vrije lasten	7
11.2.3. Belasting grafisch	8
11.3. Belastingsgevallen - BG2	8
11.3.1. Lasten op oppervlak	8
11.3.2. Belasting grafisch	9
11.4. Belastingsgevallen - BG4	9
11.4.1. Vrije puntmomenten	9
11.4.2. Genereer vrije lasten	9
11.4.3. Belasting grafisch	10
11.5. Belastingsgevallen - BG5	10
11.5.1. Vrije puntmomenten	10
11.5.2. Genereer vrije lasten	11
11.5.3. Belasting grafisch	11
11.6. Belastingsgevallen - BG6	12
11.6.1. Vrije puntmomenten	12
11.6.2. Genereer vrije lasten	12
11.6.3. Belasting grafisch	12
11.7. Belastingsgevallen - BG7	13
11.7.1. Lasten op oppervlak	13
11.7.2. Belasting grafisch	13
12. Combinaties	13
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	14
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	14
15. Reacties	14
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	15
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	15
18. 2D element - Interne krachten; myD+	16
19. 2D element - Interne krachten; myD-	16
20. 2D element - Interne krachten; vx	17
21. 2D element - Interne krachten; vy	17

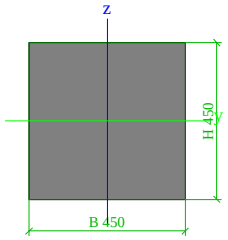
2. Overzicht

3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	2,2000e+04	0,2	9,1667e+03	0,00	30,00
C35/45	Beton	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K47	0,400	0,750	0,000
K51	10,650	0,750	0,000
K52	10,650	0,750	-19,000
K81	0,100	-3,212	-19,000
K86	1,650	-0,662	0,000
K92	0,100	4,712	-19,000
K94	1,650	2,162	0,000
K143	0,000	0,000	0,000
K144	0,814	0,000	0,000
K145	4,086	0,000	0,000
K146	2,450	-1,050	0,000
K147	17,214	0,000	0,000
K148	20,486	0,000	0,000
K149	18,850	-1,050	0,000
K150	21,300	0,000	0,000
K151	21,300	1,500	0,000
K152	20,486	1,500	0,000
K153	17,214	1,500	0,000
K154	18,850	2,550	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K155	4,086	1,500	0,000
K156	0,814	1,500	0,000
K157	2,450	2,550	0,000
K158	0,000	1,500	0,000
K159	0,650	0,750	0,000
K160	4,100	0,000	0,000
K161	4,100	1,500	0,000
K162	4,300	0,750	0,000
K163	17,200	1,500	0,000
K164	17,200	0,000	0,000
K165	17,000	0,750	0,000
K166	20,650	0,750	0,000
K167	1,450	0,750	0,000
K169	3,250	-0,662	0,000
K170	4,800	-3,212	-19,000
K171	3,250	2,162	0,000
K172	4,800	4,712	-19,000
K173	16,500	-3,212	-19,000
K174	16,500	4,712	-19,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K175	21,200	-3,212	-19,000
K176	21,200	4,712	-19,000
K177	18,050	-0,662	0,000
K178	18,050	2,162	0,000
K179	19,650	-0,662	0,000
K180	19,650	2,162	0,000
K183	20,900	0,750	0,000
K184	19,850	0,750	0,000
K185	21,336	-1,550	-19,000
K187	21,336	3,050	-19,000
K188	19,786	0,000	0,000
K189	19,786	1,500	0,000
K190	-0,036	3,050	-19,000
K191	-0,036	-1,550	-19,000
K192	1,514	0,000	0,000
K193	1,514	1,500	0,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S3	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,000	Lijn	K51	K52	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S19	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K86	K81	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S24	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K94	K92	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S50	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K169	K170	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S51	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K171	K172	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S52	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K177	K173	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S53	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K178	K174	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S54	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K179	K175	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S55	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,233	Lijn	K180	K176	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S56	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K188	K185	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S58	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K189	K187	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S59	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K193	K190	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S60	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,126	Lijn	K192	K191	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E2	C30/37	3000	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type						
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Regio3	E2	C30/37	konstant	K156	Cirkelboog
	Boven	0		1800	K157	
					K155	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio4	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K144	Lijn
					K145	Cirkelboog
					K146	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio6	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K153	Cirkelboog
					K154	
					K152	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio7	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K147	Lijn
					K148	Cirkelboog
					K149	
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio8	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K158	Lijn
					K156	Cirkelboog
					K159	
					K144	Lijn
					K143	Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio9	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K160	Cirkelboog
					K162	
					K161	Lijn

2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K163 K165 K164	Cirkelboog Lijn
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio10	E2	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1200	K152 K151 K150 K148 K166	Lijn Lijn Lijn Cirkelboog

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn3	K52	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K81	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K92	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41	K173	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn42	K174	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn45	K172	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn46	K170	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn47	K176	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn49	K175	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn50	K185	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn52	K187	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn53	K190	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn54	K191	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	1,2000e+02	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S3	Slb43 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb163 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb83 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb3 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb123 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb97 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb137 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb17 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb57 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb177 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb182 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb142 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb22 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb62 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb102 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb209 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb210 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb208 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb206 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S50	Slb207 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S51	Slb214 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb215 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb213 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb211 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S51	Slb212 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb219 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb220 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb218 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb216 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S52	Slb217 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb224 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb225 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb223 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb221 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S53	Slb222 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb229 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb230 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb228 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb226 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S54	Slb227 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb234 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb235 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb233 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb231 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S55	Slb232 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb239 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb240 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb238 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb236 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S56	Slb237 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb249 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb250 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb248 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb246 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb247 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb254 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

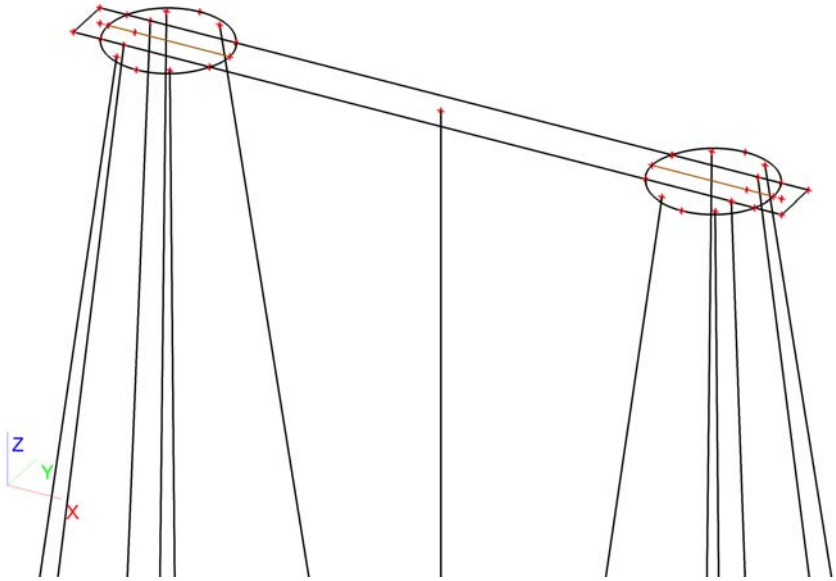
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S59	Slb255 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb253 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb251 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb252 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb259 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb260 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb258 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb256 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb257 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

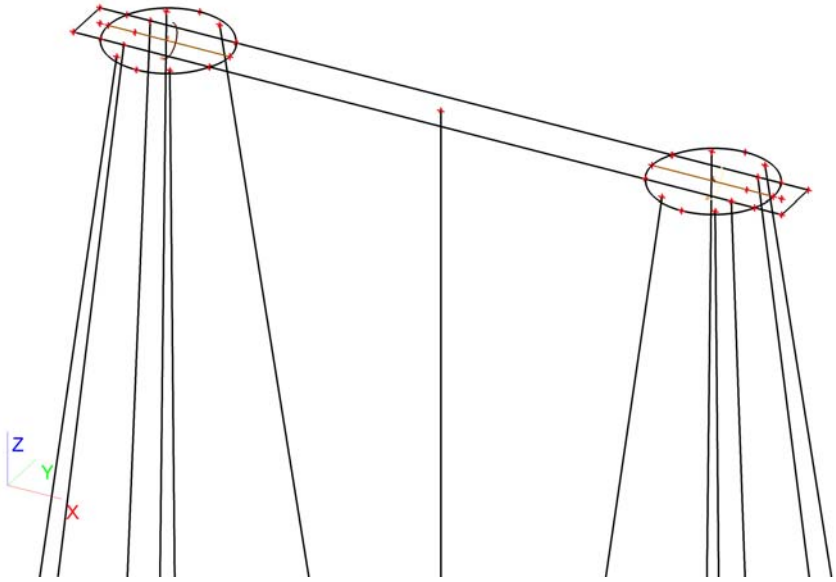
11.2.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	-5841,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	-5841,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	547,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	547,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	415,65	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	415,65	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	18,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	2,450	0,750	0,000	-13,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	0,00	BG3 - ULS 1	18,850	0,750	0,000	2,440	0,757	0,000	GCS

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF1	-921,00	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF2	-921,00	GCS Lengte
GFF5	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM6	415,65	GCS Lengte
GFF6	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF3	163,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF5	0,00	GCS Lengte
GFF9	BG3 - ULS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF4	163,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E2	X	Punt Kracht	FF6	0,00	GCS Lengte
GFF25	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM7	0,00	GCS Lengte
GFF27	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM8	0,00	GCS Lengte
GFF41	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM1	-5841,00	GCS Lengte
GFF42	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM2	-5841,00	GCS Lengte
GFF43	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM3	547,00	GCS Lengte
GFF44	BG3 - ULS 1	E2	My	Punt Moment	FM4	547,00	GCS Lengte
GFF45	BG3 - ULS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM5	415,65	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



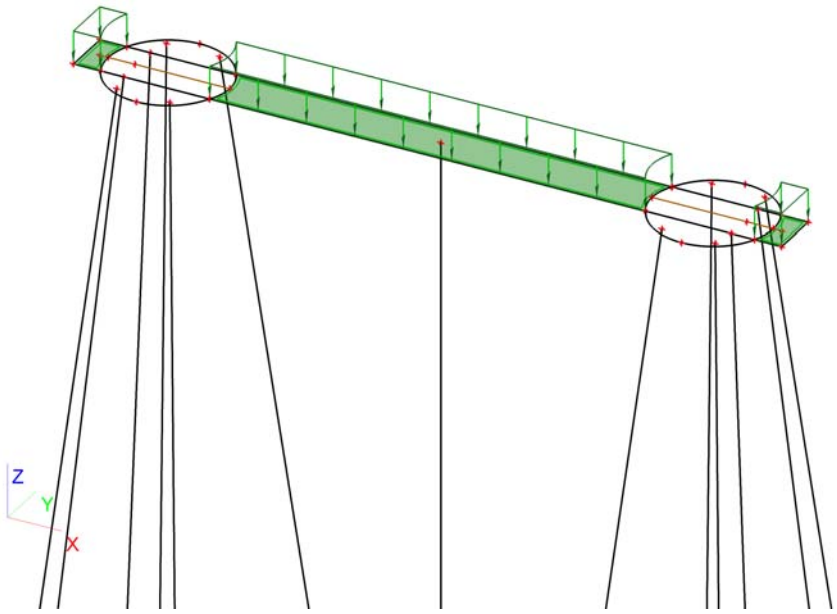
11.3. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG8	Standaard

11.3.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF1	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF2	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF3	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte

11.3.2. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.4.1. Vrije puntmomenten

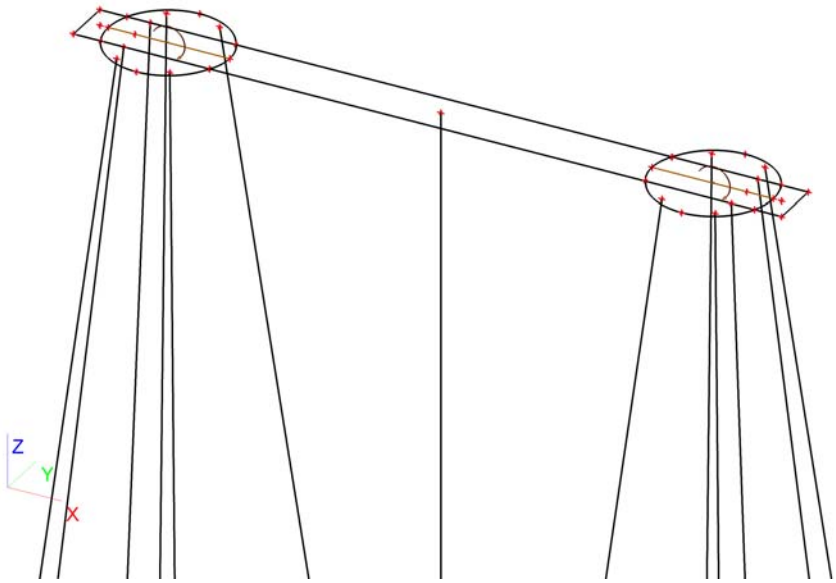
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	20,275	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	21005,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-12,525	0,744	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	21005,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	3,703	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	0,00	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	1050,60	BG4 - ULS 2	2,450	0,750	0,000	-13,950	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	1050,60	BG4 - ULS 2	18,850	0,750	0,000	2,450	0,750	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF2	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF9	0,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF7	-859,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM13	0,00	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF8	-859,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM14	0,00	GCS Lengte
GFF16	BG4 - ULS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF10	0,00	GCS Lengte
GFF18	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF11	412,00	GCS Lengte
GFF19	BG4 - ULS 2	E2	X	Punt Kracht	FF12	412,00	GCS Lengte
GFF20	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM10	0,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF22	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM15	 1050,60	GCS Lengte
GFF24	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM16	 1050,60	GCS Lengte
GFF29	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM11	 21005,00	GCS Lengte
GFF31	BG4 - ULS 2	E2	My	Punt Moment	FM12	 21005,00	GCS Lengte
GFF46	BG4 - ULS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM9	 0,00	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

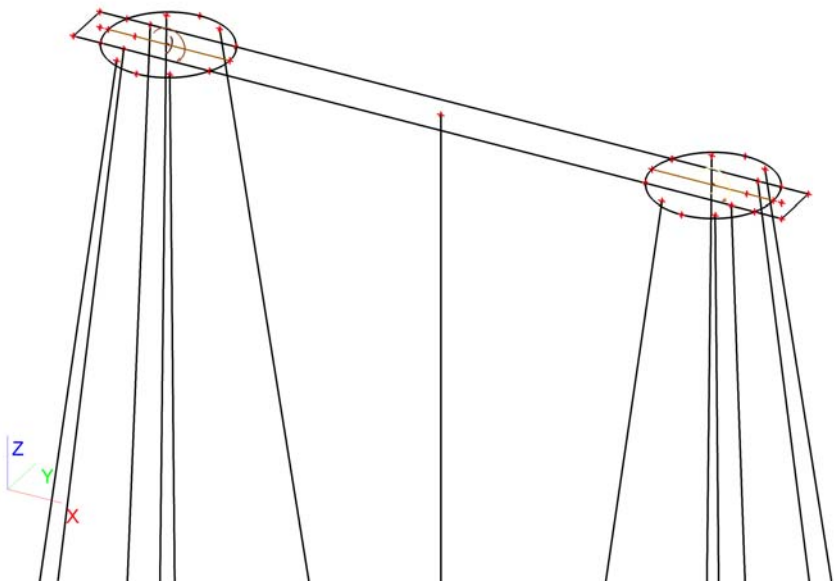
11.5.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-4314,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-4314,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	9532,00	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	9532,00	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	295,80	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	267,75	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	267,75	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	708,90	BG5 - SLS 1	2,450	0,750	0,000	-14,960	0,757	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	708,90	BG5 - SLS 1	18,850	0,750	0,000	1,440	0,757	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM19	 9532,00	GCS Lengte
GFF8	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM17	 -4314,00	GCS Lengte
GFF11	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM18	 -4314,00	GCS Lengte
GFF17	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM20	 9532,00	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF13	-726,00	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E2	Z	Punt Kracht	FF14	-726,00	GCS Lengte
GFF26	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF15	116,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E2	Y	Punt Kracht	FF16	116,00	GCS Lengte
GFF30	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF17	197,00	GCS Lengte
GFF32	BG5 - SLS 1	E2	X	Punt Kracht	FF18	197,00	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM29	 267,75	GCS Lengte
GFF40	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM30	 267,75	GCS Lengte
GFF47	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM21	 295,80	GCS Lengte
GFF48	BG5 - SLS 1	E2	Mx	Punt Moment	FM22	 295,80	GCS Lengte
GFF49	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM23	 295,80	GCS Lengte
GFF50	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM24	 295,80	GCS Lengte
GFF55	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM31	 708,90	GCS Lengte
GFF56	BG5 - SLS 1	E2	My	Punt Moment	FM32	 708,90	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

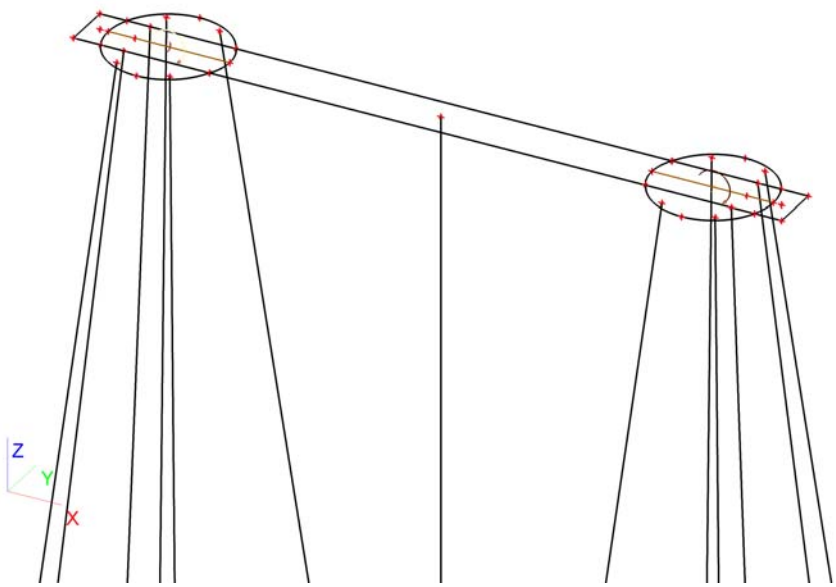
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-3672,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-3672,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	14266,00	BG6 - SLS 2	2,450	0,750	0,000	1,450	0,750	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	14266,00	BG6 - SLS 2	18,850	0,750	0,000	17,850	0,750	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF33	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF19	-718,00	GCS Lengte
GFF34	BG6 - SLS 2	E2	Z	Punt Kracht	FF20	-718,00	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF21	105,00	GCS Lengte
GFF36	BG6 - SLS 2	E2	Y	Punt Kracht	FF22	105,00	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF23	278,00	GCS Lengte
GFF39	BG6 - SLS 2	E2	X	Punt Kracht	FF24	278,00	GCS Lengte
GFF51	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM25	-3672,00	GCS Lengte
GFF52	BG6 - SLS 2	E2	Mx	Punt Moment	FM26	-3672,00	GCS Lengte
GFF53	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM27	14266,00	GCS Lengte
GFF54	BG6 - SLS 2	E2	My	Punt Moment	FM28	14266,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



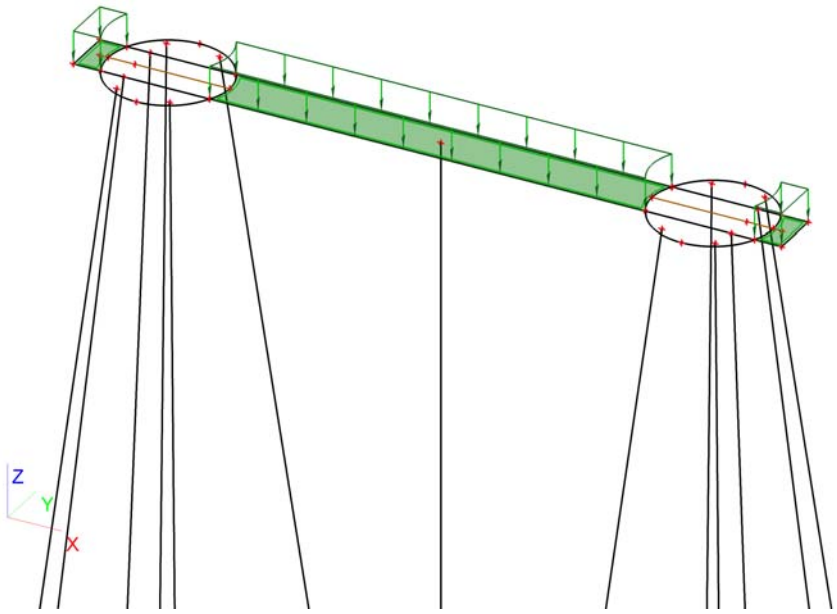
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF4	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF5	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte
SF6	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende -	BG1 - Eigengewicht	0,54

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi6	Omhullende - bruikbaarheid	BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede2	709	3,674	**5,3**	4,0	**-7,2**	-3,1	2,7	**1,1**
BG5	Snede1	28	3,000	**5,3**	4,1	-3,4	-3,1	2,6	-0,9
BG5	Snede2	150	3,650	5,3	**4,0**	-7,1	-3,1	2,7	1,1
BG5	Snede1	80	3,650	5,3	**4,1**	-5,1	-3,1	**2,5**	-0,9
BG5	Snede1	58	0,000	5,3	4,0	**4,6**	**-3,1**	2,7	**-1,1**
BG5	Snede1	23	1,750	5,3	4,1	-0,1	**-3,1**	**2,8**	-1,0

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

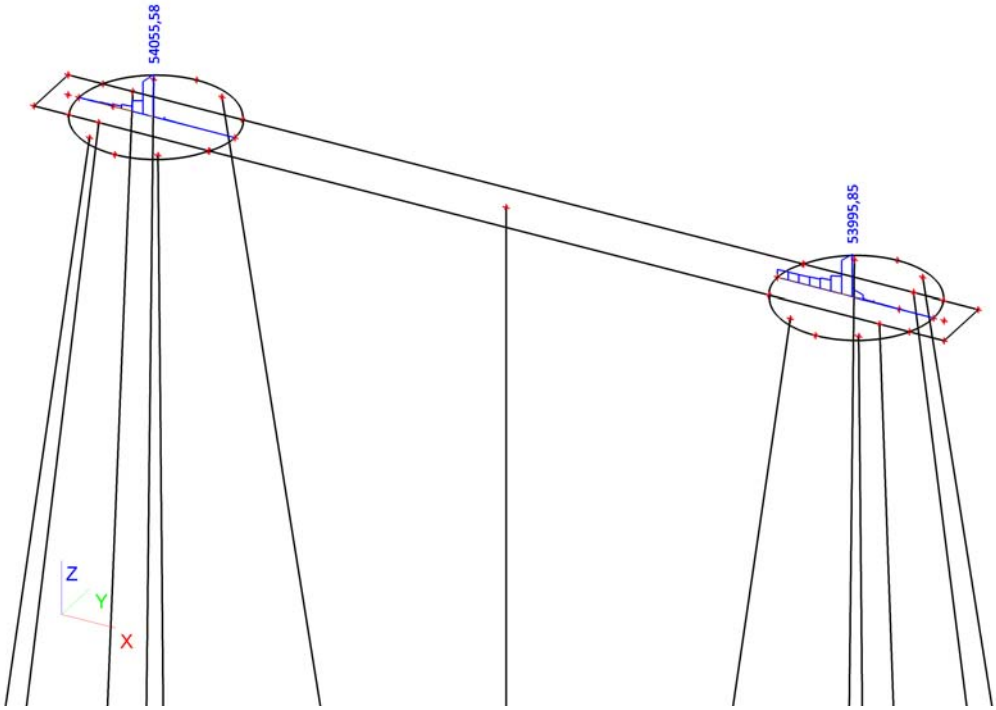
BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG6	Snede2	709	3,674	**7,3**	3,9	**-9,3**	-3,0	3,7	**1,1**
BG6	Snede1	28	3,000	**7,4**	3,9	-4,2	-3,0	3,5	-0,9
BG6	Snede2	150	3,650	7,3	**3,9**	-9,2	-3,0	3,7	1,1
BG6	Snede1	80	3,650	7,4	**3,9**	-6,4	-3,0	**3,4**	-0,9
BG6	Snede1	58	0,000	7,4	3,9	**6,7**	**-3,0**	3,7	**-1,1**
BG6	Snede1	23	1,750	7,4	3,9	0,3	**-3,1**	**3,8**	-1,0

15. Reacties

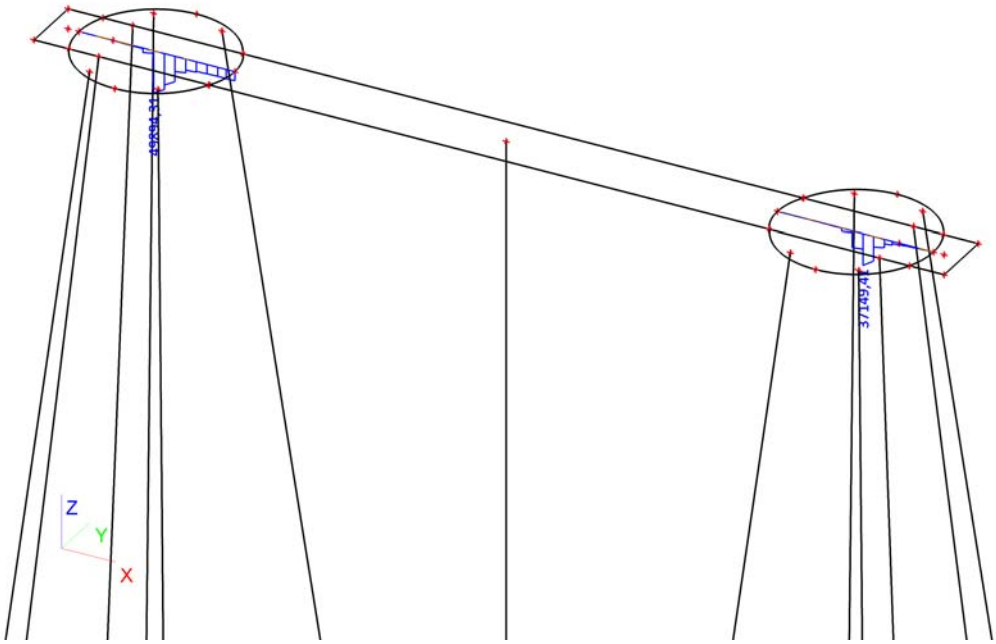
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn45/K172	Combi1/1	**-109,19**	**-179,70**	**1229,81**	0,00	0,00	0,00
Sn42/K174	Combi1/1	**108,11**	-177,92	1217,70	0,00	0,00	0,00
Sn49/K175	Combi2/2	-96,41	**158,10**	1083,03	0,00	0,00	0,00
Sn54/K191	Combi6/3	-44,75	-44,41	**-494,97**	0,00	0,00	0,00
Sn3/K52	Combi2/2	-0,46	0,00	984,90	**0,00**	0,00	0,00
Sn9/K81	Combi3/4	25,05	41,20	286,67	**0,00**	0,00	0,00
Sn3/K52	Combi4/5	-0,27	0,00	979,53	0,00	**0,00**	0,00
Sn41/K173	Combi3/4	41,08	67,60	466,55	0,00	**0,00**	0,00
Sn3/K52	Combi1/6	0,00	0,00	784,38	0,00	0,00	**0,00**

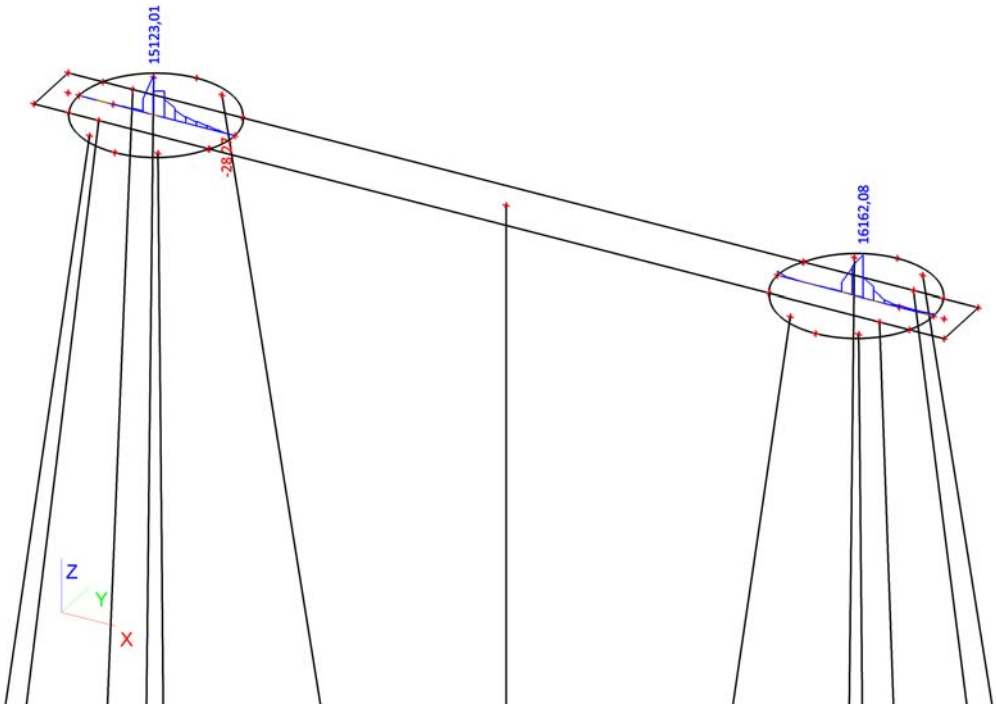
16. 2D element - Interne krachten; mxD+



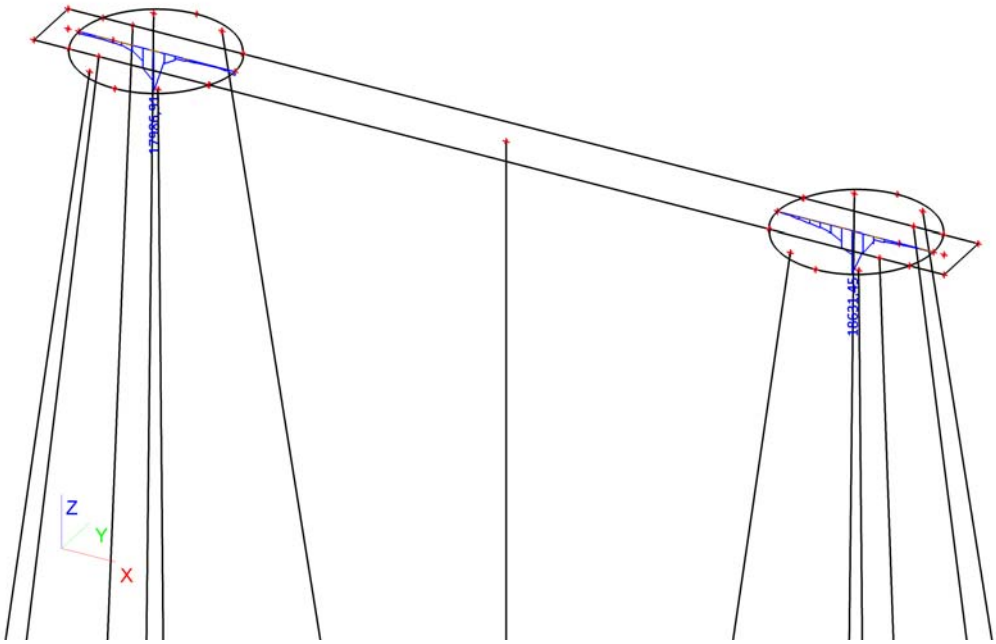
17. 2D element - Interne krachten; mxD-



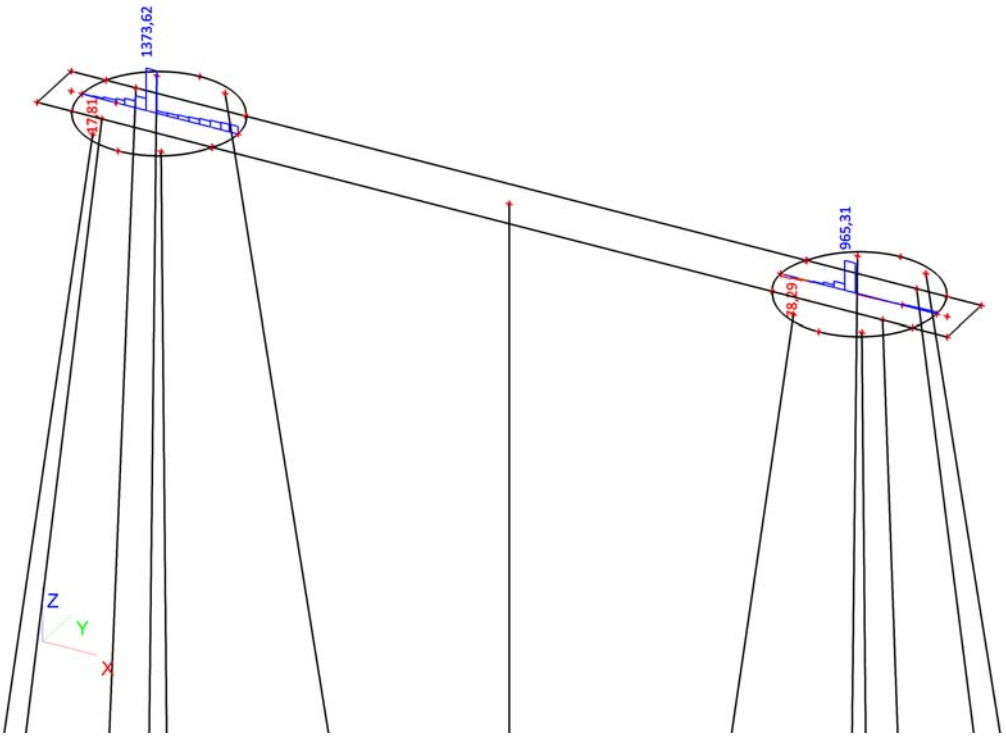
18. 2D element - Interne krachten; myD+



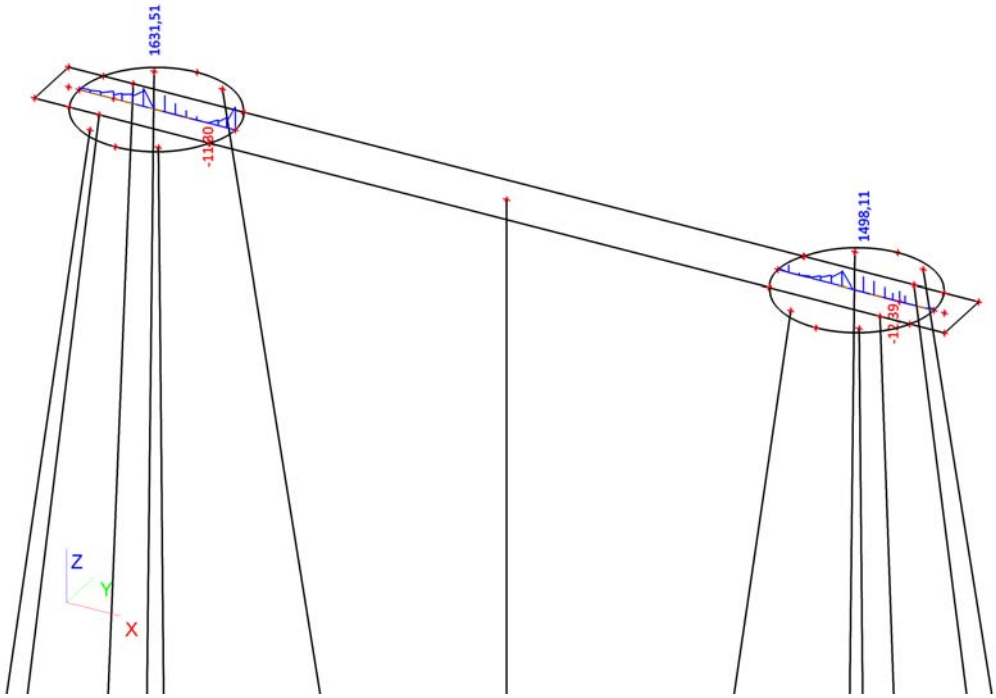
19. 2D element - Interne krachten; myD-



20. 2D element - Interne krachten; vx



21. 2D element - Interne krachten; vy



Constructieberekening mastfundatie type C

Project:
Randstad 380 kV Noordring

Opdrachtgever:
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	06-08-2013	Tweede uitgave
02	02-10-2013	T.b.v. 3e uitgave

Documentnummer: R3N-OWR-0005

Opsteller	*Controleur*	*Vrijgever*
A.L.A. van Noort Constructeur	P. de Jager Ontwerpmanager	Arjan Hogenboom Project Manager

Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael Desmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

Inhoudsopgave

1. Inleiding *4*
1.1. Overzicht verschillende typen 4
1.1.1. Fundatietype A 5
1.1.2. Fundatietype B 5
1.1.3. Fundatietype C 6
1.1.4. Fundatietype D 6
1.1.5. Fundatietype F 7
1.2. Mastbeeld bij fundatie type C 8
1.3. Gerelateerde documenten 8
1.4. Openstaande punten 9
1.5. Revisiebeheer 9
2. Uitgangspunten en eisen *11*
2.1. Uitgangspunten 11
2.2. Gehanteerde normen 11
2.3. Eisen 11
2.4. Vermoeiing 11
2.5. Materiaalgegevens 11
2.5.1. Betonkwaliteiten 11
2.5.2. Milieuklasse *12*
2.5.3. Betondekking 12
2.5.4. Staalkwaliteiten *12*
2.6. Veerconstante funderingspalen 12
3. Berekening poer type C *15*
3.1. Geometrie 15
3.2. Belastingen en belastingcombinaties 15
3.2.1. Belastingsfactoren 15
3.2.2. Belastingsgevallen 16
3.2.3. Belastingcombinaties 18
3.3. Wisselende belastingen en vermoeiing 20
4. Verbinding mast-fundering *23*
4.1. Berekening fundering 23
5. Bijlagen *24*
Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde (model 1) 25
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – Matige E-waarde (model 2) 26

1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de mastfundaties. Dit betreft ook de masten welke ter plaatse van een OSP zijn gelokaliseerd. De overige onderdelen van de OSP's zijn in een afzonderlijk document berekend evenals de funderingspalen.

Dit rapport betreft poer C. Een overzicht van de verschillende poertypen is gegeven is de ontwerpbasis R3N-OWR-0001.

1.1. OVERZICHT VERSCHILLENDE TYPEN

Binnen het project komen verschillende typen masten voor.
De verschillen komen voort uit:

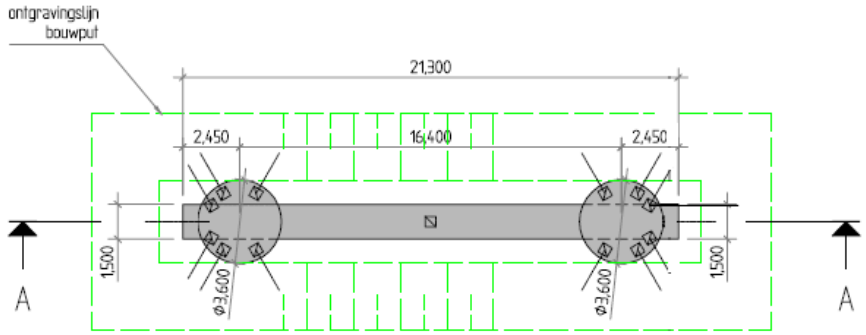
- aantal systemen dat een mastenpaar draagt, 2 systemen (2x380 kV) of 4 systemen (2x380 kV en 2x150 kV),
- de functie van de mast, Steunmast, Hoekmast of Eindmast,
- maximale veldlengte tussen masten 350 of 400 m,
- aanpassingen aan mast (b.v. +10 m extra hoogte).

Elke mast heeft een eigen belastingpatroon. Na analyse van de verschillende belastingen en geometrische eisen zijn er uiteindelijk 5 mastfundatie typen bepaal. Met deze 5 typen is er voor elke mast een geschikte fundatie beschikbaar.

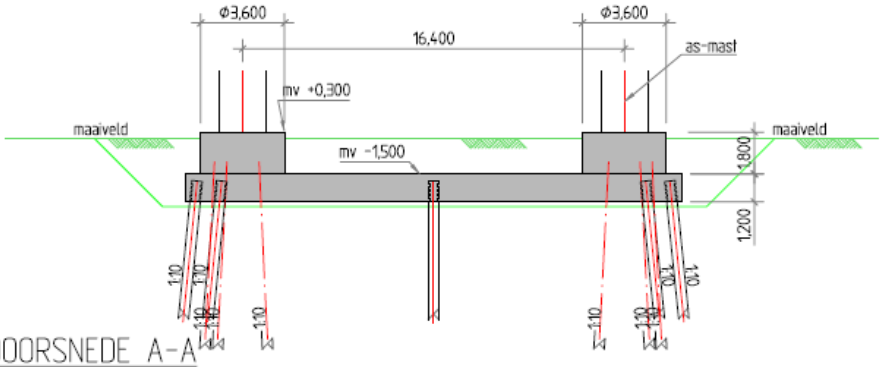
De fundatietypen zijn hieronder weergegeven.

1.1.1. FUNDATIETYPE A

Toegepast bij masttype:
- W2S400 + 5
- W2S350 + 5
- W2S400A+10



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

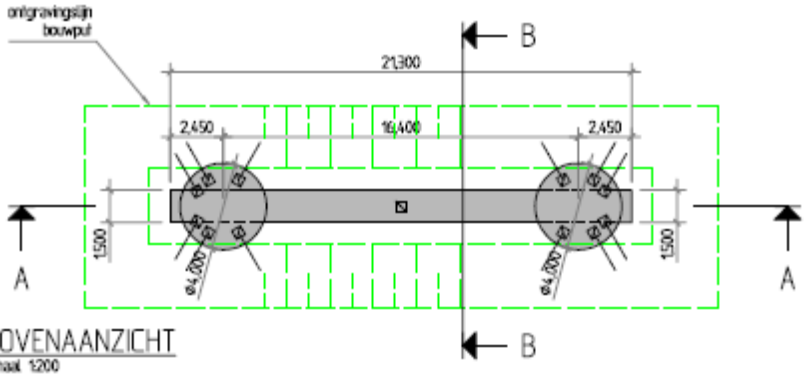


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

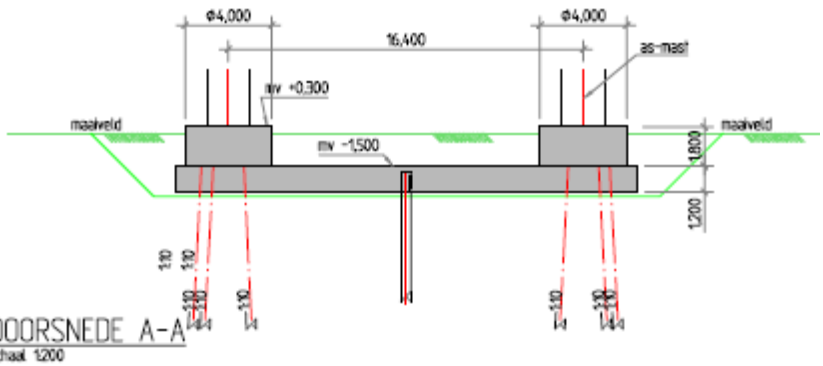
1.1.2. FUNDATIETYPE B

Toegepast bij masttype:
- W4S400Z + 5
- W2S400 + 24
- W2S400 + 24
- W4S400Z + 14

Opm: verschil met type A is diameter opstort.



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

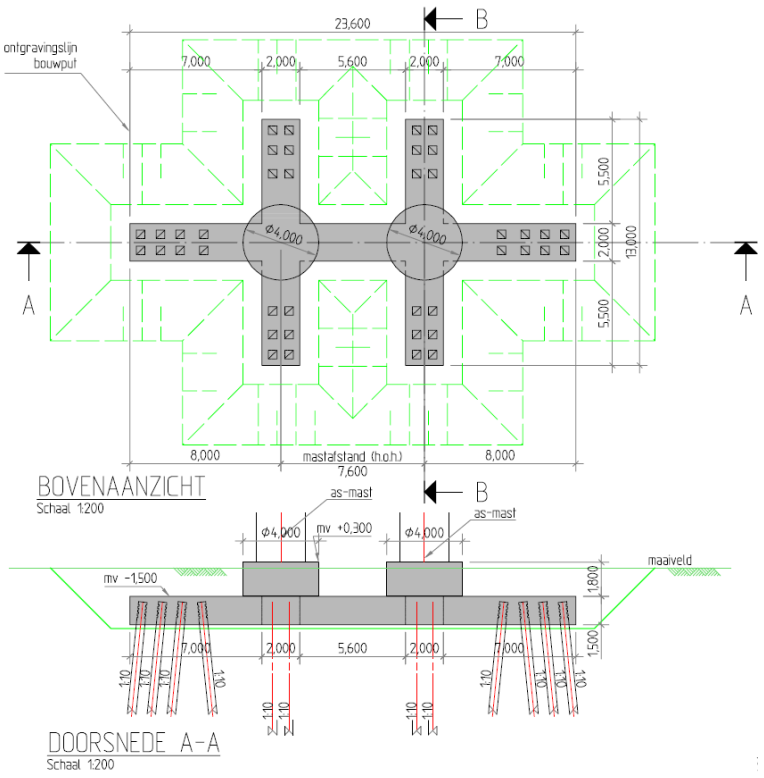


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.1.3. FUNDATIETYPE C

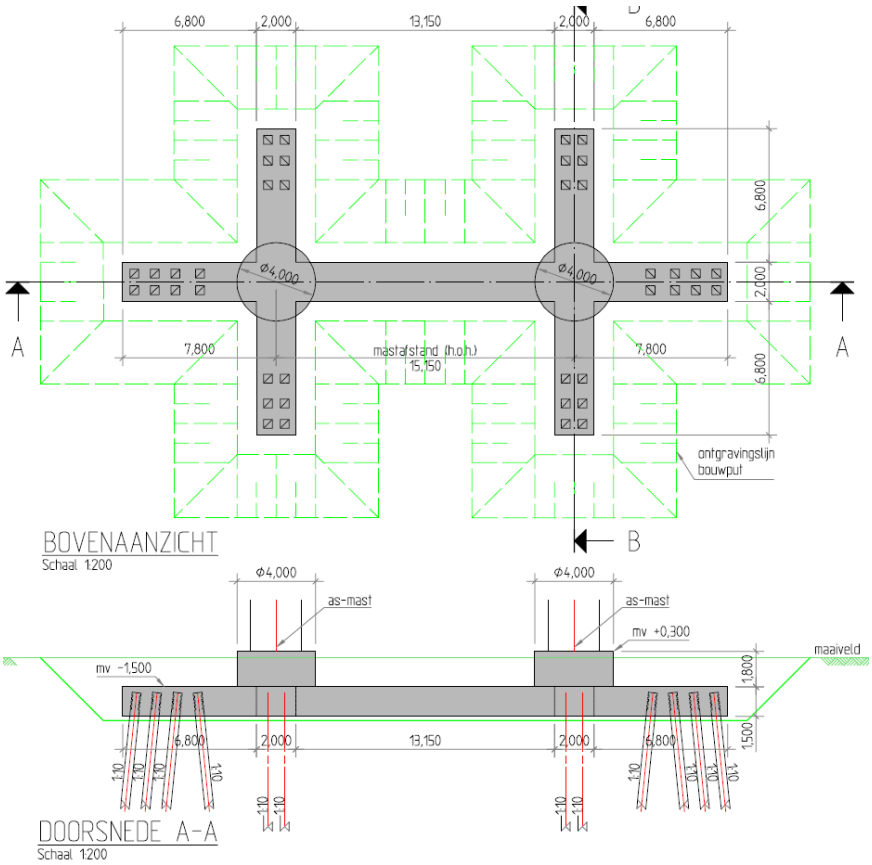
Toegepast bij masttype:
- W2H400 + 5
- W2H400 + 5
- W2H400 + 10
- W2H400 + 10 mast 133
- W2H400 + 15

Opm: mast 133 was in de oude nummering mast 82.



1.1.4. FUNDATIETYPE D

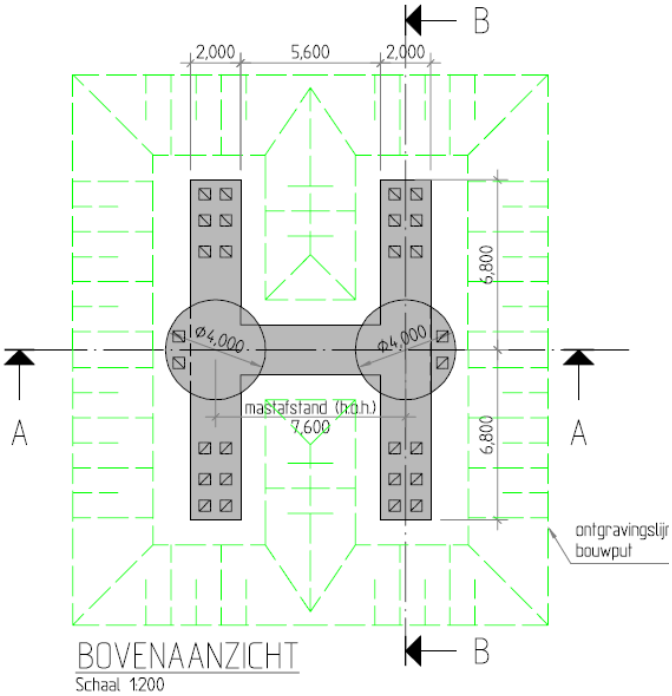
Toegepast bij masttype:
- W4H400Z + 5 (Afstap 150kV)
- W4H400Z +10 (Afstap 150kV)



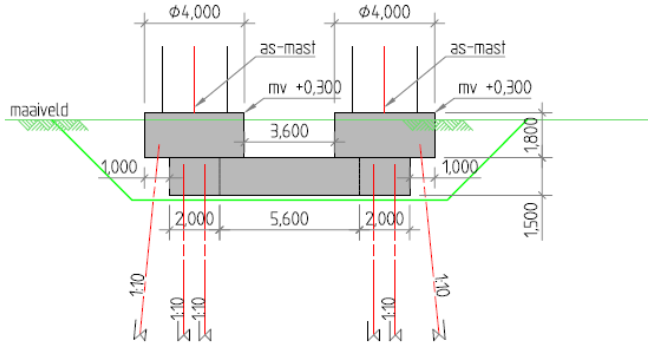
1.1.5. FUNDATIETYPE F

Toegepast bij masttype:

W2E350 + 5
W2E400
W2E350

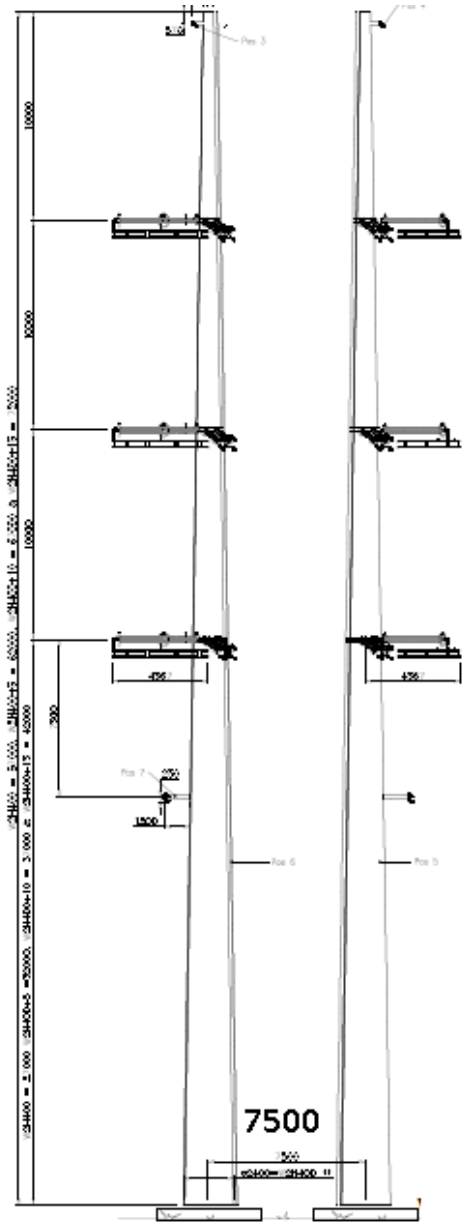


BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.2. MASTBEELD BIJ FUNDATIE TYPE C



De h.o.h. afstand van de masten bedraagt 7500 mm i.p.v. de in de berekening aangehouden 7600mm. Dit kleine verschil heeft voor de berekening geen invloed

1.3. GERELATEERDE DOCUMENTEN

R3N-OWN-0001 Ontwerpnota Systeem Noordring
R3N-OWR-0003 Constructieberekening mastfundaties type A
R3N-OWR-0004 Constructieberekening mastfundaties type B
R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C
R3N-OWR-0006 Constructieberekening mastfundaties type D
R3N-OWR-0007 Constructieberekening mastfundaties type F
R3N-OWR-0008 Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties
R3N-OWR-0033 Bepaling belastingen mastfundaties
R3N-OWR-0039 Bemalingsadvies beheersgebied Rijnland
R3N-OWR-0040 Bemalingsadvies beheersgebied Schieland en de Krimpenerwaard

1.4. OPENSTAANDE PUNTEN

De volgende punten dienen in een latere fase nader uitgewerkt te worden:

- Aarding, de wijze van aarden kan invloed hebben op de vermoeiing van het wapeningsstaal.
- Temperatuursinvloeden op fundering
- Model verbeteren d.m.v. dummy elementen aan bovenzijde palen
- Invloed krimp op fundering
- Optimalisatie wapening
- Optimalisatie palen
- Detailontwerp prefab beton\
- H.o.h afstand masten aanpassen van 7600 naar 7500 mm

1.5. REVISIEBEHEER

Aangepast in 2e uitgave
Er zijn nog vrijwel geen grondgegevens beschikbaar. Dit rapport is een principe berekening. Toegevoegd zijn enkele betonberekeningen. Daarnaast zijn er nu 2 modellen van de fundering gedraaid.

Aangepast in 3e uitgave
Dit is de 3e uitgave. In deze revisie is toegevoegd:

- Mastbeeld toegevoegd,
- Nadere uitwerking milieuklasse
- Masttype W2H400 + 15 was in het overzicht zowel bij poer type C als D genoemd. Mast komt op type C.
- Masttype W2S400A+10 ontbrak in het overzicht. Toegevoegd bij poertype A
- Toelichting koppeling mast met fundatie

2. UITGANGSPUNTEN EN EISEN

2.1. UITGANGSPUNTEN

De uitgangspunten vermeldt in de ontwerpnota R3N-OWR-00001 dienen als basis voor het ontwerp van de fundatie van de Wintrackmasten.

Op de funderingen worden de lasten geplaatst zoals afgeleid in document R3N-OWR-0033 'Bepaling belasting mastfundaties'.

2.2. GEHANTEERDE NORMEN

De normen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.

2.3. EISEN

De eisen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.
Voor de masten gelden specifiek onderstaande eisen:

- De fundamenten van de staalconstructies ten behoeve van de masten worden gedimensioneerd op een maximale vervorming van 0.005 RAD onder representatieve waarden van de belastingen;
- Tot 1,5 m diepte mag de straalomtrek van de fundering niet groter zijn dan 1,0 m meer dan de straal van de mast;
- De ZRO-breedte tussen de (schoor)paalpunten en andere ondergrondse constructies van de masten is maximaal 2x 22 m voor de 2x 380kV (solo) verbinding en 2 x 27 m voor de 2 x 150 kV/380 kV (combi) verbinding;
- Tolerantie van mastlocatie naar buiten is 10 cm, tolerantie naar binnen is 0 cm.

2.4. VERMOEIING

De aan te leggen fundamenten worden gedimensioneerd op een vermoeiingsbelasting. De wisseling van belasting komt uit wind. Het aantal en de grote van de wisselingen gedurende 50 jaar is bepaald conform de ROK. De toetsingsprocedure van de constructie conform NEN-EN 1992-1-1:2005.

2.5. MATERIAALGEGEVENS

In onderstaande paragrafen worden de gehanteerde materiaaleigenschappen benoemd.

2.5.1. BETONKWALITEITEN

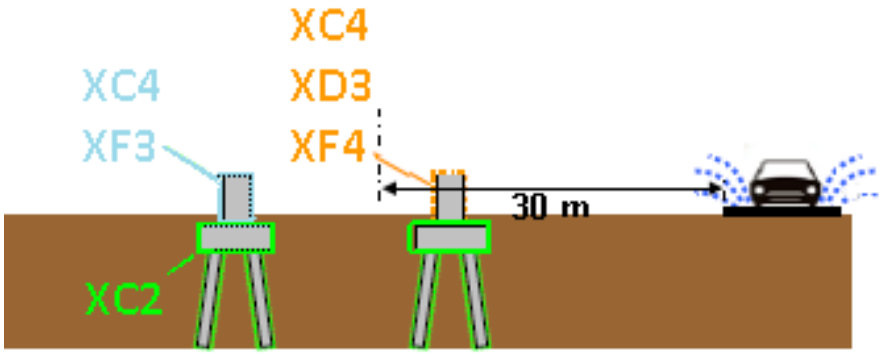
Voor het constructief beton worden bij de detaillering de volgende sterkteklassen aangehouden. De betonkwaliteit van de ronde opstort (C35/45) is voorgeschreven. Bij gescheurd beton wordt in eerste instantie gerekend met $E_{beton;gescheurd} \approx 1/3\ E_{beton;ongescheurd}$. Tevens is een ca. 2 x zo hoge E-modulus beschouwd.

Onderdeel	Sterkteklasse	Elastisciteitsmodulus [N/mm²]		
		ongescheurd	Gescheurd lage E	Gescheurd matige E
in het werk gestort gewapend beton:	C30/37	31.000	11.000	22.00
in het werk gestort gewapend beton, ronde opstort	C35/45	33.500		
geprefabriceerd beton (U-bakken):	C35/45	33.500		
geprefabriceerd voorgespannen beton (palen):	C45/55	36.000		

Tabel 2.5.1-1 Betonkwaliteiten

2.5.2. MILIEUKLASSE

Voor de betondelen welke meer dan 1,0 m onder maaiveld liggen geldt milieuklasse XC2
Voor de hoger gelegen betondelen is de milieuklasse afhankelijk van de aanwezigheid van openbare wegen. De wegen naar de OSP's zullen niet gestrooid worden en bovendien nauwelijks bereden worden, waardoor het wegspatten van water met dooizouten niet aan de orde is. De afstanden in onderstaande schets geldt voor snelwegen, bij ander wegen zou deze eventueel kleiner kunnen.



2.5.3. BETONDEKKING

Betondekking conform NEN EN 1992-1-1:2011

$$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\} \qquad (4.2)$$

waarin:

$c_{min,b}$	is de minimumdekking op basis van de aanhechtingseisen, zie 4.4.1.2 (3);
$c_{min,dur}$	is de minimumdekking op basis van de milieu-omstandigheden, zie 4.4.1.2 (5);
$\Delta c_{dur,\gamma}$	is een aanvullende veiligheidsmarge, zie 4.4.1.2 (6);
$\Delta c_{dur,st}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van roestvast staal, zie 4.4.1.2 (7);
$\Delta c_{dur,add}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming, zie 4.4.1.2 (8).

De verwachting is dat $c_{min;b}$ maatgevend wordt. Deze warade is afhankelijk van de staafdiameter, welk enog niet bekend is. Betondekking wordt in UO bepaald.

2.5.4. STAALKWALITEITEN

Voor het wapeningsstaal worden de volgende staalkwaliteiten aangehouden:

Omschrijving	Kwaliteit
betonstaal (staven)	B500 B
betonstaal (gepuntlaste wapeningsnetten):	B500 B

Tabel 2.5.2 Staalkwaliteiten

2.6. VEERCONSTANTE FUNDERINGSPALEN

De constructie wordt gefundeerd op prefab betonpalen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur in rapport R3N-OWR-0008.

In het model wordt gerekend met een verticale veerstijfheid van 90.000 kN/m.
Voor de horizontale bedding worden onderstaande waarden aangehouden.

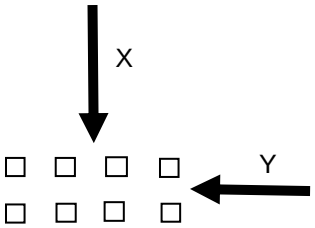
In de volgende tabellen worden deze gereduceerde beddingsconstanten gepresenteerd.

X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	[m+ NAP]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
Veen	-1.6	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-2.7	500	1,200	300	600
Veen	-5.1	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-6.0	800	1,800	400	900
Veen	-11.2	1,400	3,200	700	1,600
Zand	-12.1	13,600	30,600	6,900	15,600
Zand	-22.0	16,300	36,700	8,300	18,700

Tabel 6 - Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de X-richting

Y-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	[m+ NAP]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
Veen	-1.6	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-2.7	400	900	200	400
Veen	-5.1	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-6.0	600	1,300	300	700
Veen	-11.2	1,000	2,300	500	1,200
Zand	-12.1	9,800	22,100	5,000	11,300
Zand	-22.0	11,800	26,500	6,000	13,500

Tabel 7 - Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de Y-richting



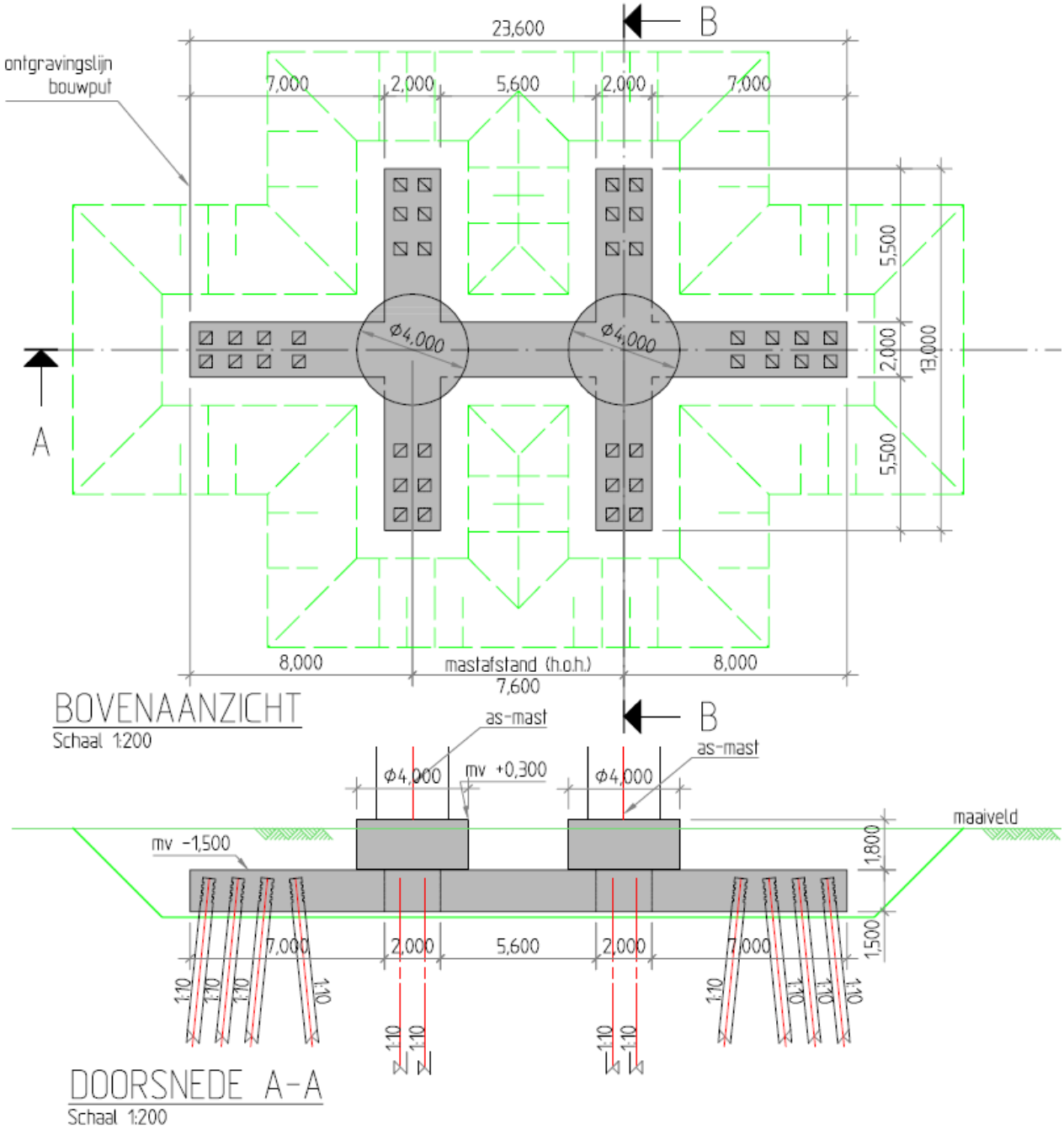
Figuur 3 Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting

Voor alle richtingen is steeds de lage waarde van de beddingsconstante, richting Y aangehouden.

3. BEREKENING POER TYPE C

3.1. GEOMETRIE

De geometrie van de type C poeren is als volgt:



3.2. BELASTINGEN EN BELASTINGCOMBINATIES

3.2.1. BELASTINGSFACTOREN

De belasting uit de poeren bestaat vooral uit lasten uit de mast cq lijnen. Deze lasten zijn, incl. partiële factoren gegeven door de opdrachtgever op basis van een rapport van KEMA.

Daarnaast zijn er lasten op de poeren zelf. Hiervoor geldt dat vergelijking 6.10 b van de EN 1990 maatgevend is. Gecombineerd met CC3 gelden de volgende partiële factoren:

γ_G (ongunstig)	=	1,3	
γ_G (gunstig)	=	0,9	(zie §3.2.2, op eigen gewicht fundering wordt factor 0,54 toegepast)
γ_Q	=	1,65	

Opm: De meeste lasten zijn door de klant incl de factoren gegeven. Bovenstaande factoren hebben dus alleen invloed op het eigen gewicht , grond en belastingen op maaiveld.

3.2.2. BELASTINGSGEVALLEN

Eigen gewichtpoer
Eigen gewicht van de b etonconstructie wordt gegenereerd in het model. Er wordt gerekend met een eigengewicht voor beton van 2500 kg/m$^{3.}$

Omdat er ook trek op de palen komt, is eigen gewicht al snel een gunstige belasting (druk eenvoudiger op te nemen dan trek).Indien de poer zich onderwater bevindt zal er een opwaartse kracht gelijk aan het gewicht van het verplaatste water op de poer aanwezig zijn. Het effectieve gewicht van de poer reduceert hierdoor tot 1500 kg/m^3. Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 1350 kg/m^3. In totaal bedraagt de factor dan dus 1350/2500 = 0,54.

Eigen gewicht grond op poer
Op de poer ligt 1,5 m grond. Indien het grondwater lager ligt, is de last:
1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2

Bij waterstand gelijk aan 0,5m onder maaiveld niveau is de last:
0,5 * 17 + 1,0 * (17-10) = 15,5 kN/m^2

Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 13,95 kN/m^2. In totaal bedraagt de factor dan dus 13,95/25,5 = 0,54.

Reken met droge grond en pas een partiële factor van 0,54 op eigen gewicht poer en grond toe in het geval deze gunstig werken.

Belastingen uit de mast
Zie rapport 'Afleiding belasting uit masten'.

Er wordt gerekend met de volgende, donker aangegeven ULS en SLS lasten uit het rapport. De overige lasten zijn met deze gevallen afgedekt.

Voor het variabele deel dat zijn oorsprong vindt in wind, wordt gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0

ULS

Mast	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W2H400+5	90 deg	3	0	37867	1025	0	943
W2H400+5	0 deg	1b	665	16478	682	23	401
W2H400+5	45 deg	1a	14930	27013	682	382	678
W2H400+5	90 deg	1a	21715	14294	385	527	379
W2H400+5	-45 deg	3	26019	14403	398	644	358
W2H400A+5 (mast 74)	0 deg	3	1034	31674	1024	36	784
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	1a	1308	36670	903	53	910
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	1a	15738	26743	678	415	667
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	1a	21715	14294	385	527	379
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	3	26019	14403	398	644	358
W2H400+10	0 deg	3	1300	38231	1280	42	829
W2H400+10	90 deg	3	0	45178	1276	0	990
W2H400+10	45 deg	1a	17515	32392	853	404	726
W2H400+10	0 deg	3	1300	26959	1176	42	582
W2H400+10	90 deg	1a	0	33107	1139	0	757
W2H400+10	90 deg	3	0	33678	1172	0	738
W2H400+10	45 deg	1a	8721	25248	855	218	575
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	3	4565	34528	1258	152	731
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	1574	41927	1127	53	931
W2H400+10 (mast 82)	-45 deg	1a	18211	30577	848	430	682
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	3	3002	24614	1167	99	522
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	1233	31402	1133	42	712
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	1b	21118	11542	847	471	245
W2H400+15	0 deg	3	1560	40126	1413	47	785
W2H400+15	90 deg	1a	0	49086	1264	0	1006
W2H400+15	45 deg	1a	20418	35375	952	433	725
W2H400+15	0 deg	1a	5546	1538	1284	167	18
W2H400+15	0 deg	3	1560	2784	1425	47	31
W2H400+15	90 deg	1a	0	21043	1265	0	422
W2H400+15	0 deg	1a	5546	1201	964	167	14

SLS

Type	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W2H400+5	0 deg	1b	2363	20045	757	81	512
W2H400+5	45 deg	1a	8801	23569	757	234	595
W2H400+5	90 deg	3	2363	31280	835	81	794
W2H400+5	-45 deg	1a	8108	23569	757	234	595
W2H400A+5 (mast 74)	0 deg	1b	3321	19716	753	120	499
W2H400A+5 (mast 74)	90 deg	3	4602	30221	821	172	751
W2H400A+5 (mast 74)	-45 deg	1a	8941	23276	753	269	583
W2H400+10	0 deg	3	3081	33806	1046	99	765
W2H400+10	45 deg	1a	10468	28323	949	253	639
W2H400+10	90 deg	1a	3081	32890	946	99	734
W2H400+10	90 deg	3	3081	37539	1043	99	843
W2H400+10 (mast 82)	0 deg	1a	4010	21112	949	130	481
W2H400+10 (mast 82)	45 deg	3	4263	32798	1029	158	726
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	1a	4307	31284	941	140	691
W2H400+10 (mast 82)	90 deg	3	5665	34675	1028	186	765
W2H400+10 (mast 82)	-45 deg	1a	10407	26626	945	283	597
W2H400+15	0 deg	3	3697	35947	1157	111	742
W2H400+15	45 deg	1a	12353	30742	1060	276	634
W2H400+15	90 deg	1a	3697	36518	1056	111	745
W2H400+15	90 deg	3	3697	40557	1154	111	830
W2H400+15	-45 deg	1a	11270	30742	1060	276	634

Belastingen op maaiveld

Op het maaiveld wordt gerekend met een verdeelde last van 10 kN/m^2 . Er is geen stempellast op de fundering voorzien. Echter, door spreiding van een puntlast over een diepte van 1,5 m, zal een lastvlak van 2 (breedte balk) x 3 (2*1,5) = 6 m^2 ontstaan, waardoor bij 10 kN/m^2 dus ook een puntlast van 60 kN toelaatbaar is.

Voor deze belastingen wordt in de combinatie gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,7	0,5	0,3

3.2.3. BELASTINGCOMBINATIES

Belastingcombinaties in ULS conform vergelijking 6.10b van NEN EN 1990, waarbij:

0,7 * 1,65 = 1,16

En de belastingsfactoren voor de last uit de masten reeds in de ingevoerde belasting is meegenomen (factor 1,0 toegepast).

ULS

Belastinggeval	Omschrijving	Combi 1	Combi 2	Combi 3	Combi 4	Combi 5	Combi 6
1	Eigen gewicht	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
2	Grond	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
3	Belasting mast ULS 1	1,0		0,6		1,0	
4	Belasting mast ULS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	1,16	1,16	1,65	1,65		

SLS

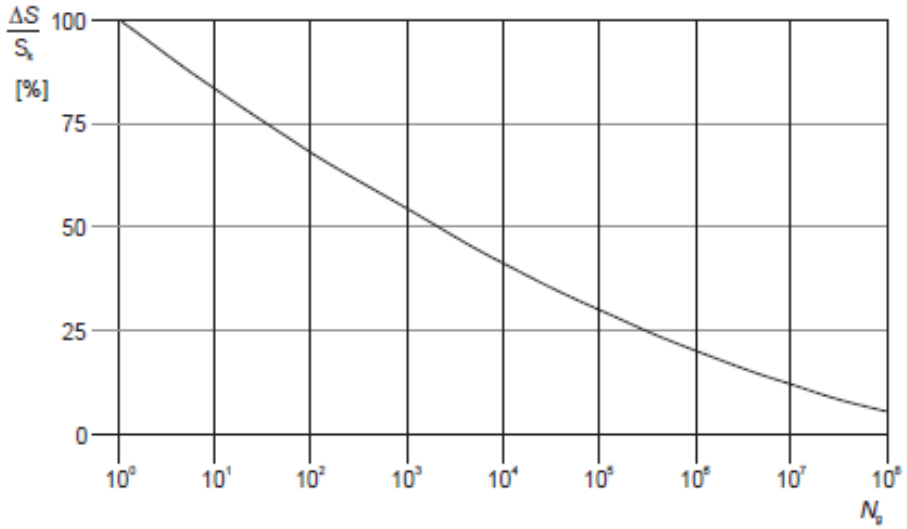
Belastinggeval	Omschrijving	Combi 7	Combi 8	Combi 9	Comb i 10	Combi 11	Combi 12
5	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
6	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0		

3.3. WISSELENDE BELASTINGEN EN VERMOEIING

Door de wisselende belastingen van wind dient belasting door vermoeiing te worden meegenomen. Bij vermoeiing is het aantal wisselingen en de grootte van de wisseling van belang. In de NEN-EN 1991-1-4:2005 is in bijlage B.3 een figuur opgenomen waarin de verhouding tussen de grootte van de windlast en het aantal keren dat deze optreedt weergegeven.

B.3 Aantal belastingen voor dynamische respons

(1) Figuur B.3 geeft het aantal keren N_g dat de waarden ΔS van een windeffect worden bereikt of overschreden gedurende een periode van 50 jaar. ΔS wordt uitgedrukt in percentage van de waarde S_k, waar S_k het effect is van een windbelasting met een herhalingstijd van 50 jaar.



Figuur B.3 — Aantal windvlaagbelastingen N_g voor een effect $\Delta S/S_k$ gedurende een herhalingstijd van 50 jaar

De relatie wordt omschreven met de volgende uitdrukking

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0{,}7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17{,}4 \cdot \log(N_g) + 100 \qquad \text{(B.9)}$$

Bij vermoeiing wordt bij een bepaald spanningsniveau het aantal wisselingen op dit spanningsniveau bepaald en vervolgens wordt dit vergeleken met het aantal toelaatbare wisselingen op dat spanningsniveau. Door dit voor de voorkomende spanningsniveaus te doen is de weerstand tegen vermoeiing te controleren.

In de ROK van RWS is bovenstaande verdeling gediscretiseerd tot onderstaande tabel:

Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)

ΔS / S_k (%)	n
100	1
98	1
90	8
75	90
61	900
48	9000
36	90000
25	900000
16	9000000
9	90000000

Van beton en wapeningsstaal is bekend hoeveel wisselingen bij een bepaald spanningsniveau toelaatbaar zijn. S_K is de spanning met een herhalingstijd van 50 jaar (de spanning waarop de constructie ontworpen is).

Met bovenstaande gegevens is te bepalen welke maximale spanning t.g.v. wind eens in de 50 jaar toelaatbaar is opdat de constructie ook voldoende weerstand tegen vermoeiing heeft.

Wapening

De totale schade van de belastingen dient volgens de beschadigingsregel van Miner kleiner dan 1 te zijn.
De toetsingsprocedure per wisseling conform NEN-EN 1992-1-1:2005, §6.8.4:
Voor de wapening is gekeken naar de toelaatbare spanning voor:

- Rechte staven
- Staven gebogen met een doordiameter 2,5*D
- Gelaste staven

Er volgt (zie berekening hieronder) dat voor gewone rechte staven er geen beperking is, echter gebogen of gelaste staven hebben de volgende spanningsbeperking:

Buigdoorn 2,5ø → 244 N/mm^2
Buigdoorn 5ø → 283 N/mm^2
Gelaste staven → 317 N/mm^2

Omdat bij de toetsing van vermoeiing een ULS toestand met veiligheid 1,0 wordt getoetst, is de spanning altijd minimaal een factor van ca. 1,3 lager dan de normale ULS toestanden.

Bij een toelaatbare spanning van 435 N/mm^2 in ULS volgt bij toetsing op vermoeiing een spanning van maximaal 335 N/mm^2. De toelaatbare spanningen bij vermoeiing zijn nog iets lager. Hier dient in de detaillering rekening mee gehouden te worden. Een toetsing achteraf zal volstaan.

Rechte staven

maximale gebruiksspanning			435	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			162,5	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	
	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	435	7275	0,000137
1	98	426	8048	0,000124
8	90	392	12320	0,000649
90	75	326	30656	0,002936
900	61	265	86133	0,010449
9000	48	209	285505	0,031523
90000	36	157	1394937	0,064519
900000	25	109	37137862	0,024234
9000000	16	70	2061565470	0,004366
90000000	9	39	365674259232	0,000246
			Totale schade	**0,139183665**

Staven gebogen met doorndiameter 2,5*D

maximale gebruiksspanning			244	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			67,4	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	244	1613	0,000620
1	98	239	1784	0,000560
8	90	220	2731	0,002929
90	75	183	6796	0,013243
900	61	149	19095	0,047134
9000	48	117	63292	0,142197
90000	36	88	266714	0,337440
900000	25	61	2466861	0,364836
9000000	16	39	136938283	0,065723
90000000	9	22	24289699180	0,003705
			Totale schade	**0,978388484**

Staven gebogen met doorndiameter 5*D

maximale gebruiksspanning			283	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			78,0	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	283	1591	0,000629
1	98	277	1760	0,000568
8	90	255	2694	0,002970
90	75	212	6702	0,013428
900	61	173	18832	0,047792
9000	48	136	62422	0,144181
90000	36	102	263044	0,342148
900000	25	71	2406099	0,374050
9000000	16	45	133565305	0,067383
90000000	9	25	23691410595	0,003799
			Totale schade	**0,996946687**

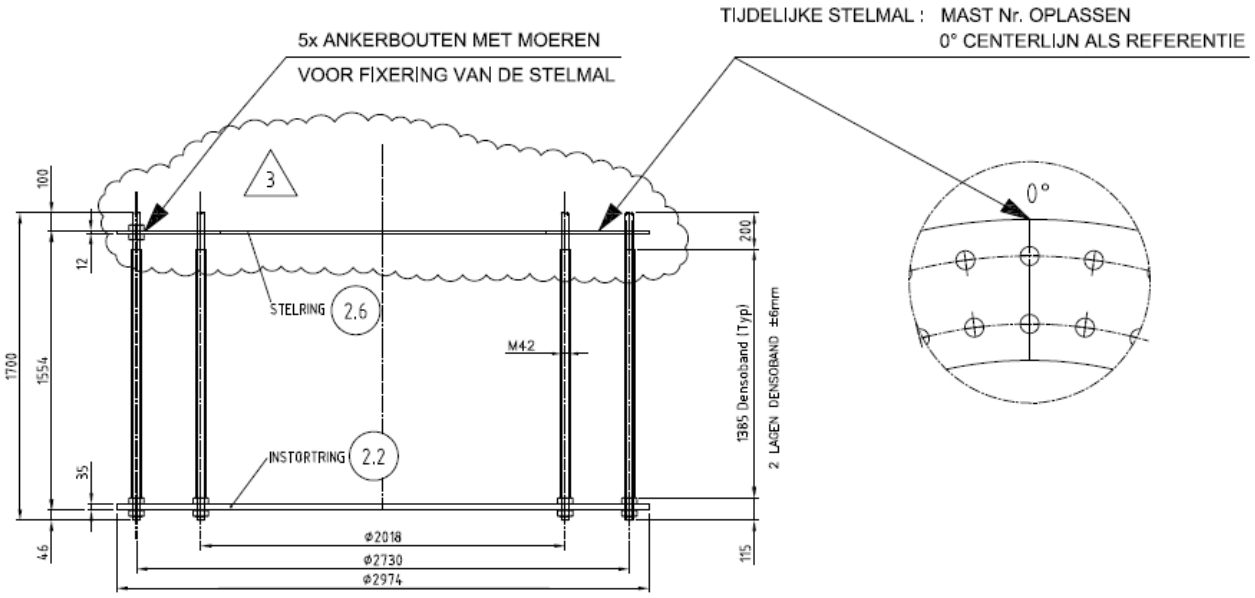
Gelaste staven

maximale gebruiksspanning			317	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			58,5	
		k1	3	
		k2	5	
		N*	1,00E+07	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	317	62848	0,000016
1	98	311	66775	0,000015
8	90	285	86211	0,000093
90	75	238	148972	0,000604
900	61	193	276886	0,003250
9000	48	152	568285	0,015837
90000	36	114	1347046	0,066813
900000	25	79	4022257	0,223755
9000000	16	51	20411885	0,440920
90000000	9	29	362468668	0,248297
			Totale schade	**0,999600179**

4. VERBINDING MAST-FUNDERING

De masten worden verbonden met de fundering d.m.v. een ingestorte ankerkooi. Een ankerkooi is hieronder weergegeven



DETAIL VERANKERING

NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV Revision: 3 Date: 5-7-2011	Material: – Quantity: 2 Equipm. no.: W4E350	**VDL KTI**	Project No.: 36002 Workprep. No.: Pos. No.: ANKERKOOI

De ankers en platen zijn berekend door Volker Infra Design bij het ontwerp van de masten. De ankerkooi bevindt zich in de ronde opstort. De ronde opstort is d.m.v. stekken verbonden met de kruisvormige balken. De stekken worden in de UO fase berekend.

4.1. BEREKENING FUNDERING

De poer is ingevoerd in een SCIA engineer model.

Er zijn 2 modellen gedraaid:

Model 1: Lage gescheurde E modulus
Model 2: Matige gescheurde E modulus

5. BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde (model 1)

Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – matige E-waarde (model 2)

BIJLAGE 1 UITVOER SCIA ENGINEER – LAGE E-WAARDE (MODEL 1)

BIJLAGE 2 UITVOER SCIA ENGINEER – MATIGE E-WAARDE (MODEL 2)

Constructieberekening mastfundaties type D

Project:
Randstad 380kV Noordring

Opdrachtgever:
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	10-07-2013	Eerste uitgave
01	19-07-2013	Opmerkingen review verwerkt
02	06-08-2013	Definitief. Tweede uitgave
03	02-10-2013	T.b.v. 3e uitgave

Documentnummer: R3N-OWR-0006

Opsteller	*Controleur*	*Vrijgever*
A.L.A. van Noort Constructeur	P. de Jager Ontwerpmanager	Arjan Hogenboom Project Manager

Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael Desmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

Inhoudsopgave

1. Inleiding *4*
1.1. Overzicht verschillende typen 4
1.1.1. Fundatietype A 5
1.1.2. Fundatietype B 5
1.1.3. Fundatietype C 6
1.1.4. Fundatietype D 6
1.1.5. Fundatietype F 7
1.2. Mastbeeld bij fundatie type D 8
1.3. Gerelateerde documenten 8
1.4. Openstaande punten 9
1.5. Revisiebeheer 9
2. Uitgangspunten en eisen *10*
2.1. Uitgangspunten 10
2.2. Gehanteerde normen 10
2.3. Eisen 10
2.4. Vermoeiing 10
2.5. Materiaalgegevens 10
2.5.1. Betonkwaliteiten 10
2.5.2. Milieuklasse *11*
2.5.3. Betondekking 11
2.6. Staalkwaliteiten 11
2.7. Veerconstante funderingspalen 11
3. Berekening poer type D *13*
3.1. Geometrie 13
3.2. Belastingen en belastingcombinaties 13
3.2.1. Belastingsfactoren 13
3.2.2. Belastingsgevallen 14
3.2.3. Belastingcombinaties 16
3.3. Wisselende belastingen en vermoeiing 17
4. Verbinding mast-fundering *20*
4.1. Controle ronde opstort 20
4.2. Berekening fundering 22
5. Bijlagen *23*
Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde 24
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – matige E-waarde 25

1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de mastfundaties. Dit betreft ook de masten welke ter plaatse van een OSP zijn gelokaliseerd. De overige onderdelen van de OSP's zijn in een afzonderlijk document berekend evenals de funderingspalen.

Dit rapport betreft een poer D. Op poer D worden de volgende masttypen geplaatst: W2H400 + 15, W4H400Z + 5 (Afstap 150kV), W4H400Z +10 (Afstap 150kV)

De wapening wordt in het UO ontwerp uitgewerkt.

1.1. OVERZICHT VERSCHILLENDE TYPEN

Binnen het project komen verschillende typen masten voor.

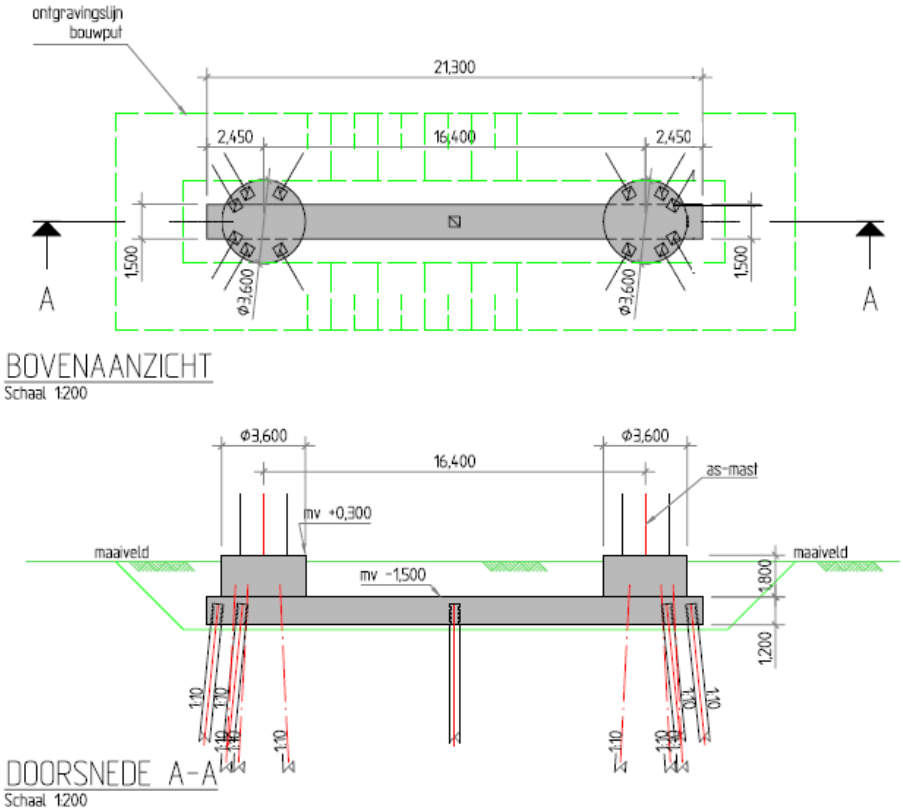
De verschillen komen voort uit:
- aantal systemen dat een mastenpaar draagt, 2 systemen (2x380 kV) of 4 systemen (2x380 kV en 2x150 kV);
- de functie van de mast, Steunmast, Hoekmast of Eindmast;
- maximale veldlengte tussen masten 350 of 400 m;
- aanpassingen aan mast (b.v. +10 m extra hoogte).

Elke mast heeft een eigen belastingpatroon. Na analyse van de verschillende belastingen en geometrische eisen zijn er uiteindelijk 5 mastfundatie typen bepaal. Met deze 5 typen is er voor elke mast een geschikte fundatie beschikbaar.

De fundatietypen zijn hieronder weergegeven

1.1.1. FUNDATIETYPE A

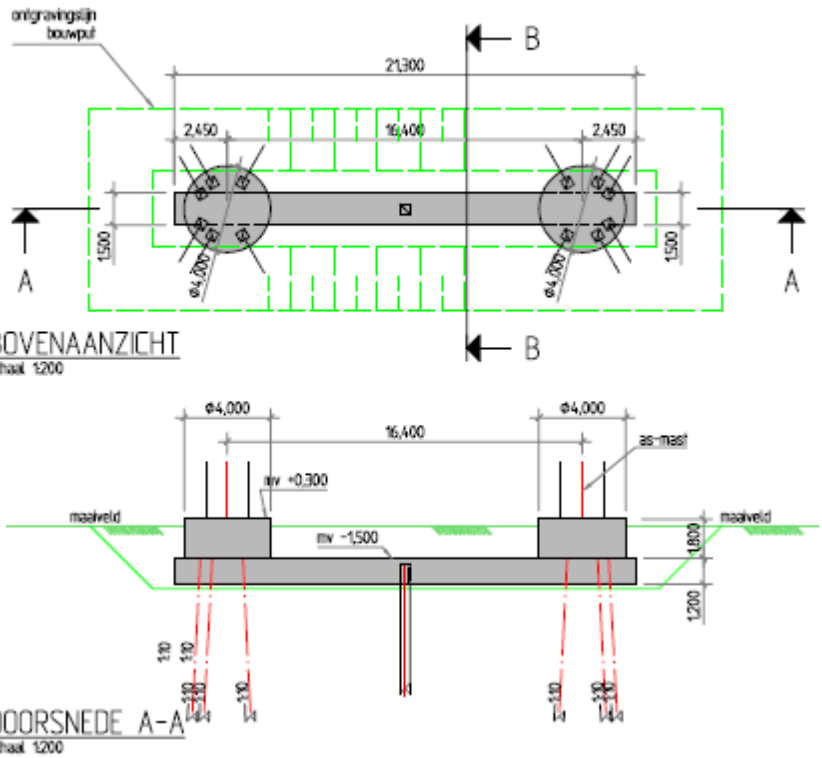
Toegepast bij masttype:
- W2S400 + 5
- W2S350 + 5
- W2S400A+10



1.1.2. FUNDATIETYPE B

Toegepast bij masttype:
- W4S400Z + 5
- W2S400 + 24
- W2S400 + 24
- W4S400Z + 14

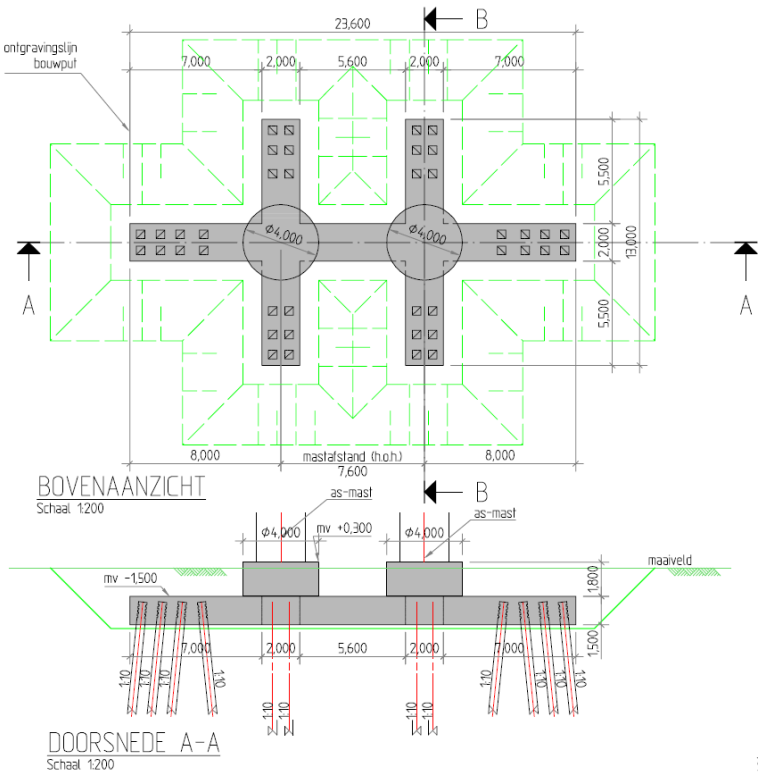
Opm: verschil met type A is diameter opstort.



1.1.3. FUNDATIETYPE C

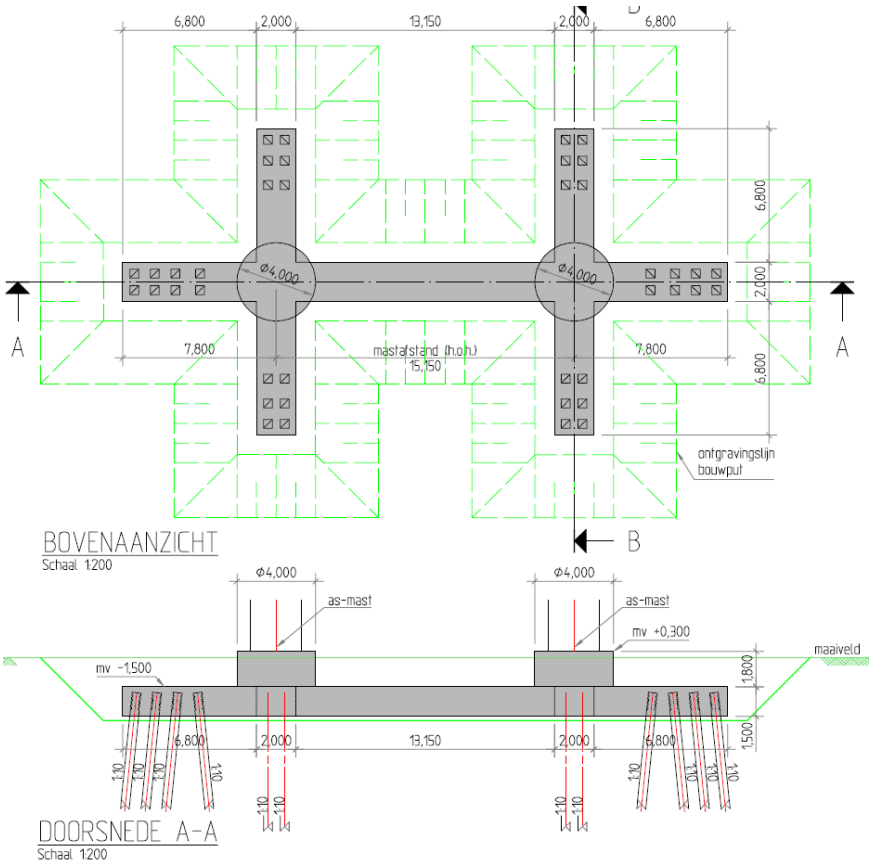
Toegepast bij masttype:
- W2H400 + 5
- W2H400 + 5
- W2H400 + 10
- W2H400 + 10 mast 133
- W2H400 + 15

Opm: mast 133 was in de oude nummering mast 82.



1.1.4. FUNDATIETYPE D

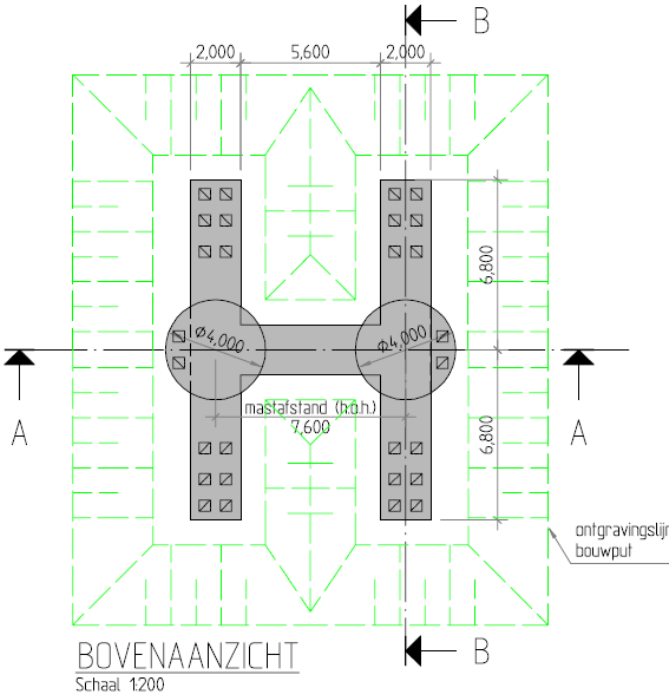
Toegepast bij masttype:
- W4H400Z + 5 (Afstap 150kV)
- W4H400Z +10 (Afstap 150kV)



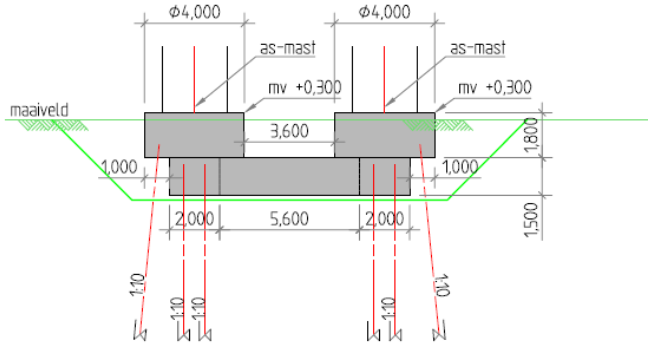
1.1.5. FUNDATIETYPE F

Toegepast bij masttype:

W2E350 + 5
W2E400
W2E350

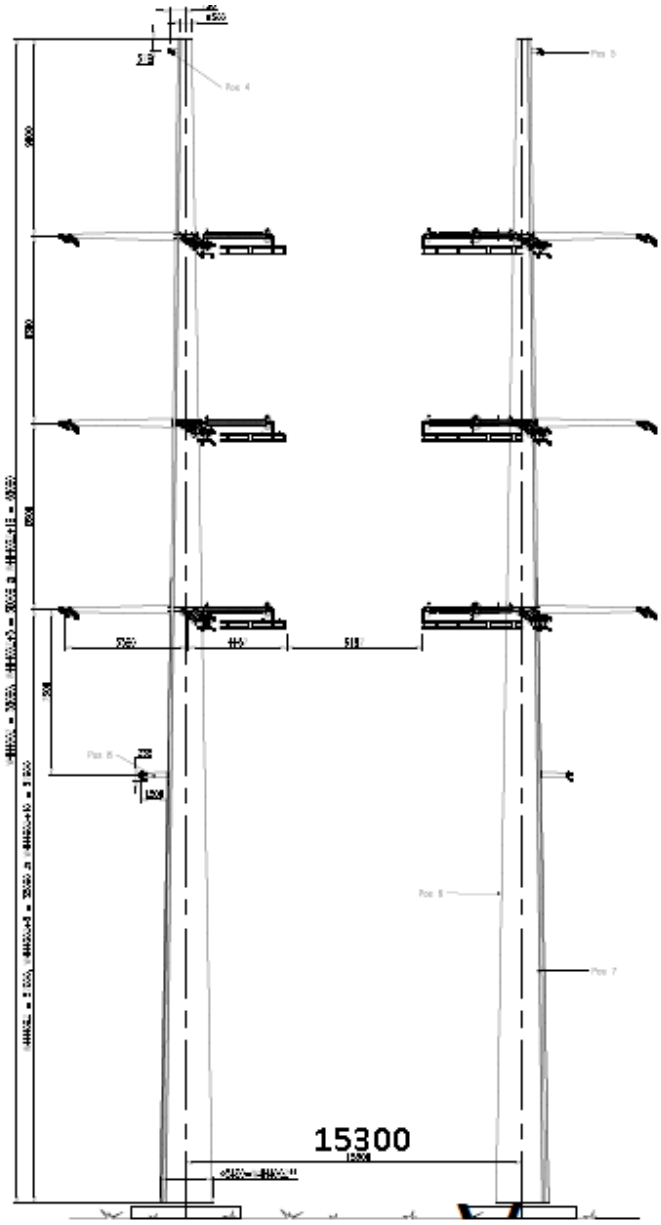


BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.2. MASTBEELD BIJ FUNDATIE TYPE D



De h.o.h. afstand van de masten bedraagt 15300 mm i.p.v. de in de berekening aangehouden 15150mm. Dit kleine verschil heeft voor de berekening geen invloed

1.3. GERELATEERDE DOCUMENTEN

R3N-OWN-0001 Ontwerpnota Systeem Noordring
R3N-OWR-0003 Constructieberekening mastfundaties type A
R3N-OWR-0004 Constructieberekening mastfundaties type B
R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C
R3N-OWR-0006 Constructieberekening mastfundaties type D
R3N-OWR-0007 Constructieberekening mastfundaties type F
R3N-OWR-0008 Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties
R3N-OWR-0033 Bepaling belastingen mastfundaties
R3N-OWR-0039 Bemalingsadvies beheersgebied Rijnland
R3N-OWR-0040 Bemalingsadvies beheersgebied Schieland en de Krimpenerwaard

1.4. OPENSTAANDE PUNTEN

De volgende punten dienen in een latere fase nader uitgewerkt te worden:

- Aarding, de wijze van aarden kan invloed hebben op de vermoeiing van het wapeningsstaal.
- Temperatuursinvloeden op fundering
- Model verbetyeren d.m.v. dummy elementen aan bovenzijde palen
- Invloed krimp op fundering
- Optimalisatie wapening
- Optimalisatie palen
- Detailontwerp prefab beton
- H.o.h. afstand masten aanpassen van 15150 naar 15300

1.5. REVISIEBEHEER

Dit is de 2e uitgave. Er zijn nog vrijwel geen grondgegevens beschikbaar. Dit rapport is een principe berekening. Toegevoegd zijn enkele betonberekeningen.

Aangepast in 3e uitgave
Dit is de 3e uitgave. In deze revisie is toegevoegd:

- Mastbeeld toegevoegd,
- Nadere uitwerking milieuklasse
- Masttype W2H400 + 15 was in het overzicht zowel bij poer type C als D genoemd. Mast komt op type C.
- Masttype W2S400A+10 ontbrak in het overzicht. Toegevoegd bij poertype A
- Toelichting koppeling mast met fundatie

2. UITGANGSPUNTEN EN EISEN

2.1. UITGANGSPUNTEN

Op de funderingen worden de lasten geplaatst zoals afgeleid in document R3N-OWR-0033 'Bepaling belasting mastfundaties'. Deze zijn afgeleid van de mastberekeningen zoals door TenneT beschikbaar gesteld.

2.2. GEHANTEERDE NORMEN

De eurocode serie NEN-EN-1990tm1997 wordt gehanteerd

NEN-EN50341

2.3. EISEN

Voor de masten gelden specifiek onderstaande eisen:

- De fundamenten van de staalconstructies ten behoeve van de masten worden gedimensioneerd op een maximale vervorming van 0.005 RAD onder representatieve waarden van de belastingen.
- Tot 1,5 m diepte mag de straalomtrek van de fundering niet groter zijn dan 1,0 m meer dan de straal van de mast.
- De ZRO-breedte tussen de (schoor)paalpunten en andere ondergrondse constructies van de masten is maximaal 2x 22 m voor de 2x 380kV (solo) verbinding en 2 x 27 m voor de 2 x 150 kV/380 kV (combi) verbinding.
- Tolerantie van mastlocatie naar buiten is 10 cm, tolerantie naar binnen is 0 cm.

2.4. VERMOEIING

De aan te leggen fundamenten worden gedimensioneerd op een vermoeiingsbelasting. De wisseling van belasting komt uit wind. Het aantal en de grote van de wisselingen gedurende 50 jaar is bepaald conform de ROK. De toetsingsprocedure van de constructie conform NEN-EN 1992-1-1:2005

2.5. MATERIAALGEGEVENS

In onderstaande paragrafen worden de gehanteerde materiaaleigenschappen benoemd.

2.5.1. BETONKWALITEITEN

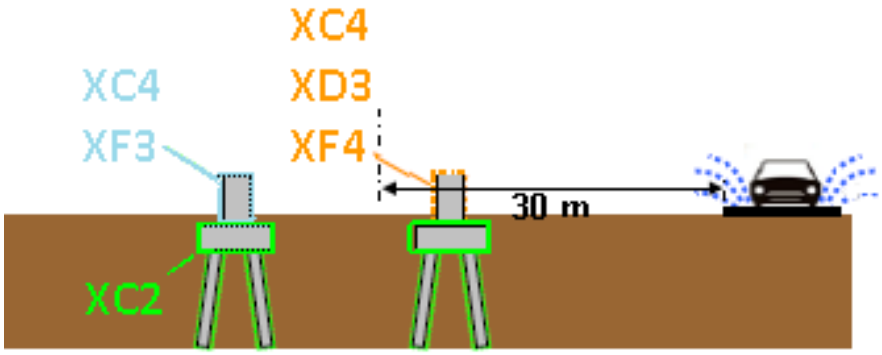
Voor het constructief beton worden bij de detaillering de volgende sterkteklassen aangehouden. De betonkwaliteit van de ronde opstort (C35/45) is voorgeschreven. Bij gescheurd beton wordt in eerste instantie gerekend met $E_{beton;gescheurd} = 1/3\ E_{beton;ongescheurd}$. Tevens is een 2 x zo hoge E-modulus beschouwd.

Onderdeel	Sterkteklasse	Elastisciteitsmodulus [N/mm²]		
		ongescheurd	Gescheurd lage E	Gescheurd matige E
in het werk gestort gewapend beton:	C30/37	31.000	11.000	22.000
in het werk gestort gewapend beton, ronde opstort	C35/45	33.500		
geprefabriceerd beton (U-bakken):	C35/45	33.500		
geprefabriceerd voorgespannen beton (palen):	C45/55	36.000		

Tabel 2.5.1-1 Betonkwaliteiten

2.5.2. MILIEUKLASSE

Voor de betondelen welke meer dan 1,0 m onder maaiveld liggen geldt milieuklasse XC2
Voor de hoger gelegen betondelen is de milieuklasse afhankelijk van de aanwezigheid van openbare wegen. De wegen naar de OSP's zullen niet gestrooid worden en bovendien nauwelijks bereden worden, waardoor het wegspatten van water met dooizouten niet aan de orde is. De afstanden in onderstaande schets geldt voor snelwegen, bij ander wegen zou deze eventueel kleiner kunnen.



2.5.3. BETONDEKKING

Betondekking conform NEN EN 1992-1-1:2011

$$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\} \qquad (4.2)$$

waarin:

$c_{min,b}$	is de minimumdekking op basis van de aanhechtingseisen, zie 4.4.1.2 (3);
$c_{min,dur}$	is de minimumdekking op basis van de milieu-omstandigheden, zie 4.4.1.2 (5);
$\Delta c_{dur,\gamma}$	is een aanvullende veiligheidsmarge, zie 4.4.1.2 (6);
$\Delta c_{dur,st}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van roestvast staal, zie 4.4.1.2 (7);
$\Delta c_{dur,add}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming, zie 4.4.1.2 (8).

De verwachting is dat $c_{min;b}$ maatgevend wordt. Deze warade is afhankelijk van de staafdiameter, welk enog niet bekend is. Betondekking wordt in UO bepaald.

2.6. STAALKWALITEITEN

Voor het wapeningsstaal worden de volgende staalkwaliteiten aangehouden:

Omschrijving	Kwaliteit
betonstaal (staven)	B500 B

Tabel 2.5.2 Staalkwaliteiten

2.7. VEERCONSTANTE FUNDERINGSPALEN

De constructie wordt gefundeerd op prefab betonpalen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur in rapport R3N-OWR-0008.

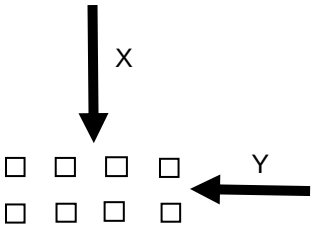
In het model wordt gerekend met een vertivcale veerstijfheid van laag 60.000 kN/m en hoog 120.000 kN/m.

Voor de horizontale bedding worden onderstaande waarden aangehouden.

In de volgende tabellen worden deze gereduceerde beddingsconstanten gepresenteerd.

X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	[m+ NAP]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
Veen	-1.6	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-2.7	500	1,200	300	600
Veen	-5.1	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-6.0	800	1,800	400	900
Veen	-11.2	1,400	3,200	700	1,600
Zand	-12.1	13,600	30,600	6,900	15,600
Zand	-22.0	16,300	36,700	8,300	18,700

Tabel 6 Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de X-richting



Y-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	[m+ NAP]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
Veen	-1.6	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-2.7	400	900	200	400
Veen	-5.1	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-6.0	600	1,300	300	700
Veen	-11.2	1,000	2,300	500	1,200
Zand	-12.1	9,800	22,100	5,000	11,300
Zand	-22.0	11,800	26,500	6,000	13,500

Tabel 7 Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de Y-richting

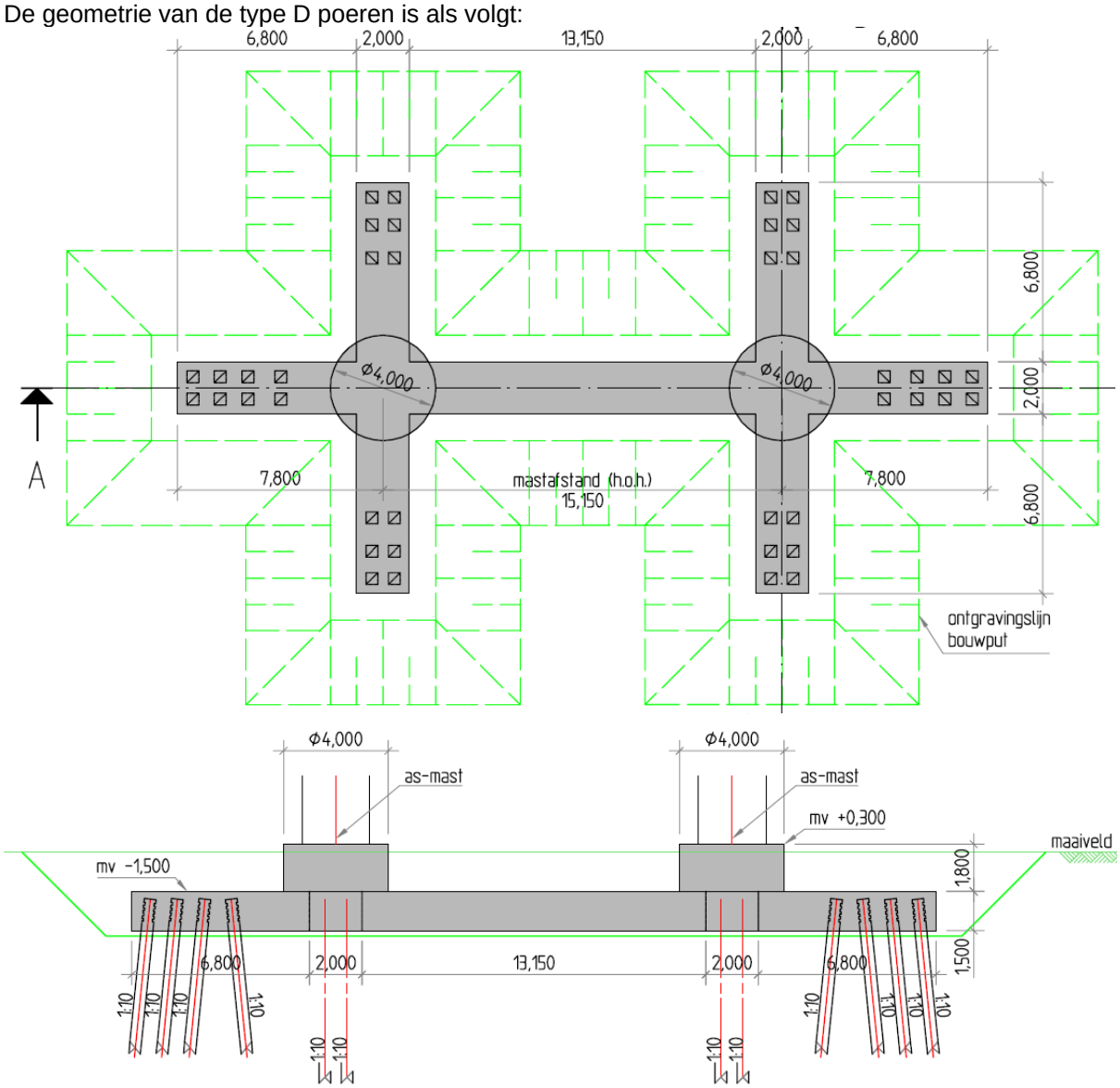
Figuur 3 - Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting

Voor alle richtingen is steeds de lage waarde van de beddingsconstante in Y-richting aangehouden.

3. BEREKENING POER TYPE D

3.1. GEOMETRIE

De geometrie van de type D poeren is als volgt:



3.2. BELASTINGEN EN BELASTINGCOMBINATIES

3.2.1. BELASTINGSFACTOREN

De belasting uit de poeren bestaat vooral uit lasten uit de mast cq lijnen. Deze lasten zijn, incl. partiële factoren gegeven door de opdrachtgever op basis van een rapport van KEMA (zie ons rapport R3N-OWR-0033).

Daarnaast zijn er lasten op de poeren zelf. Hiervoor geldt dat vergelijking 6.10 b van de EN 1990 maatgevend is. Gecombineerd met CC3 gelden de volgende partiële factoren:

γ_G (ongunstig)	=	1,3	
γ_G (gunstig)	=	0,9	(zie §3.2.2, op eigen gewicht fundering wordt factor 0,54 toegepast)
γ_Q	=	1,65	

Opm: De meeste lasten zijn door de klant incl de factoren gegeven. Bovenstaande factoren hebben dus alleen invloed op het eigen gewicht , grond en belastingen op maaiveld.

3.2.2. BELASTINGSGEVALLEN

Eigengewicht poer
Eigen gewicht van de betonconstructie wordt gegenereerd in het model. Er wordt gerekend met een eigengewicht voor beton van 2500 kg/m^3.

Omdat er ook trek op de palen komt, is eigen gewicht al snel een gunstige belasting (druk eenvoudiger op te nemen dan trek). Indien de poer zich onderwater bevindt zal er een opwaartse kracht gelijk aan het gewicht van het verplaatste water op de poer aanwezig zijn. Het effectieve gewicht van de poer reduceert hierdoor tot 1500 kg/m^3. Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 1350 kg/m^3. In totaal bedraagt de factor dan dus 1350/2500 = 0,54.

Eigen gewicht grond op poer
Op de poer ligt 1,5 m grond. Indien het grondwater lager ligt, is de last:

1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2

Bij waterstand gelijk aan 0,5m onder maaiveld niveau is de last:

0,5 * 17 + 1,0 * (17-10) = 15,5 kN/m^2

Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 13,95 kN/m^2. In totaal bedraagt de factor dan dus 13,95/25,5 = 0,54.

Reken met droge grond en pas een partiële factor van 0,54 op eigen gewicht poer en grond toe in het geval deze gunstig werken.

Belastingen uit de mast
Zie rapport 'Afleiding belasting uit masten' (§0).

Er wordt gerekend met de volgende, donker aangegeven ULS en SLS lasten uit het rapport. De overige lasten zijn met deze gevallen afgedekt.

Voor het variabele deel dat zijn oorsprong vindt in wind, wordt gerekend met

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0

ULS Mast	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W4H400Z+5	90 deg	3	0	44494	1133	0	1119
W4H400Z+5	45 deg	1a	16697	31259	749	436	799
W4H400Z+5	45 deg	3	24827	13896	943	780	434
W4H400Z+5	90 deg	1a	-9505	20923	970	-260	683
W4H400Z+5	90 deg	3	-11374	20604	992	-318	663
W4H400ZA+5	90 deg	1a	7658	15619	986	188	421
W4H400ZA+5	90 deg	3	7995	10376	1111	197	264
W4H400ZA+5	-45 deg	1a	9456	9314	986	259	254
W4H400ZA+5	90 deg	1a	5652	10385	986	139	292
W4H400ZA+5	90 deg	3	6162	8221	1014	152	212
W4H400ZA+5	90 deg	3	35215	4924	943	880	130

W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	1a	6367	23846	1084	137	570
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	43362	18257	1190	951	415
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	1a	3804	12106	971	115	390
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	4371	10353	995	132	324
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	27696	6071	948	865	191

SLS

Type	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W4H400Z+5	0 deg	1b	2098	23277	832	77	603
W4H400Z+5	45 deg	1a	9556	27308	832	259	700
W4H400Z+5	90 deg	3	2098	36338	922	77	931
W4H400ZA+5	0 deg	1b	6590	4113	821	188	126
W4H400ZA+5	45 deg	1b	6564	4721	821	187	141
W4H400ZA+5	90 deg	1a	7976	10768	821	221	289
W4H400ZA+5	90 deg	3	8480	8911	905	234	243
W4H400ZA+5	-45 deg	1b	6065	4732	821	190	141
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	0 deg	1b	7912	8572	896	205	219
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	1a	7700	16972	902	198	403
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	90 deg	3	9134	15504	972	231	372
W4H400ZA+10 (Aftakmast 92)	-45 deg	1a	9410	11965	898	253	293

Belastingen op maaiveld

Op het maaiveld wordt gerekend met een verdeelde last van 10 kN/m^2 . Er is geen stempellast op de fundering voorzien. Echter, door spreiding van een puntlast over een diepte van 1,5 m, zal een lastvlak van 2 (breedte balk) x 3 (2*1,5) = 6 m^2 ontstaan, waardoor bij 10 kN/m^2 dus ook een puntlast van 60 kN toelaatbaar is.

Voor deze belastingen wordt in de combinatie gerekend met

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,7	0,5	0,3

Belasting t.g.v. temperatuurvariaties in fundering

N.t.b.

Belasting t.g.v. krimp

N.t.b.

3.2.3. BELASTINGCOMBINATIES

Belastingcombinaties in ULS conform vergelijking 6.10b van NEN EN 1990, waarbij:

0,7 * 1,65 = 1,16

En de belastingsfactoren voor de last uit de masten reeds in de ingevoerde belasting is meegenomen (factor 1,0 toegepast)

ULS	Combinatie												
BG	Omschrijving	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Eigen gewicht	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
2	Grond	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
3	Belasting mast ULS 1	1,0		0,6		1,0		-1,0		-0,6		-1,0	
4	Belasting mast ULS 2		1,0		0,6		1,0		-1,0		-0,6		-1,0
7	Belasting op maaiveld	1,16	1,16	1,65	1,65			1,16	1,16	1,65	1,65		

SLS							
Belastinggeval	Omschrijving	Combi 7	Combi 8	Combi 9	Comb i 10	Combi 11	Combi 12
5	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
6	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0		

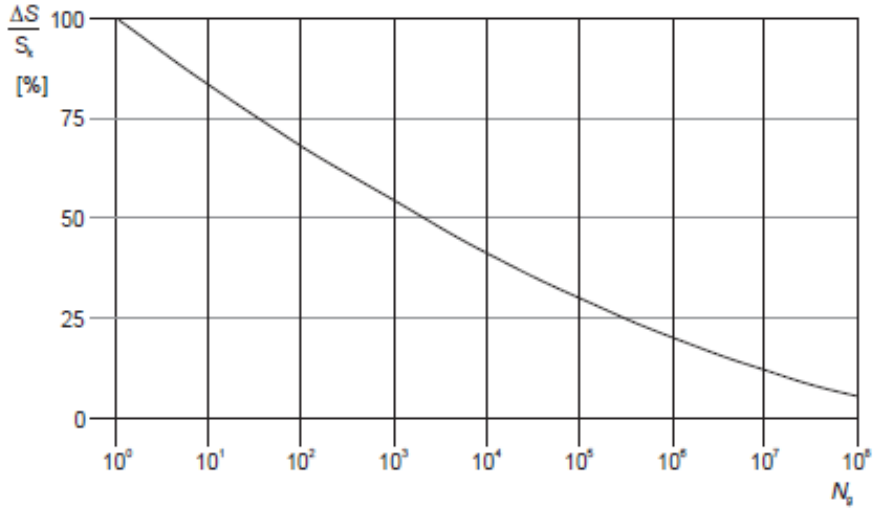
SLS	Combinatie												
BG	Omschrijving	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
2	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0		-1,0		-0,6		-1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0		-1,0		-0,6		-1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0			0,7	0,7	1,0	1,0		

3.3. WISSELENDE BELASTINGEN EN VERMOEIING

Door de wisselende belastingen van wind dient belasting door vermoeiing te worden meegenomen. Bij vermoeiing is het aantal wisselingen en de grootte van de wisseling van belang. In de NEN-EN 1991-1-4:2005 is in bijlage B.3 een figuur opgenomen waarin de verhouding tussen de grootte van de windlast en het aantal keren dat deze optreedt weergegeven.

B.3 Aantal belastingen voor dynamische respons

(1) Figuur B.3 geeft het aantal keren N_g dat de waarden ΔS van een windeffect worden bereikt of overschreden gedurende een periode van 50 jaar. ΔS wordt uitgedrukt in percentage van de waarde S_k, waar S_k het effect is van een windbelasting met een herhalingstijd van 50 jaar.



Figuur B.3 — Aantal windvlaagbelastingen N_g voor een effect $\Delta S/S_k$ gedurende een herhalingstijd van 50 jaar

De relatie wordt omschreven met de volgende uitdrukking

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0{,}7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17{,}4 \cdot \log(N_g) + 100 \qquad \text{(B.9)}$$

Bij vermoeiing wordt bij een bepaald spanningsniveau het aantal wisselingen op dit spanningsniveau bepaald en vervolgens wordt dit vergeleken met het aantal toelaatbare wisselingen op dat spanningsniveau. Door dit voor de voorkomende spanningsniveaus te doen is de weerstand tegen vermoeiing te controleren.

In de ROK van RWS is bovenstaande verdeling gediscretiseerd tot onderstaande tabel:

Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)

ΔS / S_k (%)	n
100	1
98	1
90	8
75	90
61	900
48	9000
36	90000
25	900000
16	9000000
9	90000000

Van beton en wapeningsstaal is bekend hoeveel wisselingen bij een bepaald spanningsniveau toelaatbaar zijn. S_K is de spanning met een herhalingstijd van 50 jaar (de spanning waarop de constructie ontworpen is).

Met bovenstaande gegevens is te bepalen welke maximale spanning t.g.v. wind eens in de 50 jaar toelaatbaar is opdat de constructie ook voldoende weerstand tegen vermoeiing heeft.

Wapening

De totale schade van de belastingen dient volgens de beschadigingsregel van Miner kleiner dan 1 te zijn.
De toetsingsprocedure per wisseling conform NEN-EN 1992-1-1:2005, §6.8.4:
Voor de wapening is gekeken naar de toelaatbare spanning voor:

- Rechte staven
- Staven gebogen met een doordiameter 2,5*D
- Gelaste staven

Er volgt (zie berekening hieronder) dat voor gewone rechte staven er geen beperking is, echter gebogen of gelaste staven hebben de volgende spanningsbeperking

Buigdoorn 2,5ø → 244 N/mm^2
Buigdoorn 5ø → 283 N/mm^2
Gelaste staven → 317 N/mm^2

Omdat bij de toetsing van vermoeiing een ULS toestand met veiligheid 1,0 wordt getoetst, is de spanning altijd minimaal een factor van ca. 1,3 lager dan de normale ULS toestanden.

Bij een toelaatbare spanning van 435 N/mm^2 in ULS volgt bij toetsing op vermoeiing een spanning van maximaal 335 N/mm^2. De toelaatbare spanningen bij vermoeiing zijn nog iets lager. Hier dient in de detaillering rekening mee gehouden te worden. Een toetsing achteraf zal volstaan.

Rechte staven

maximale gebruiksspanning			435	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			162,5	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	435	7275	0,000137
1	98	426	8048	0,000124
8	90	392	12320	0,000649
90	75	326	30656	0,002936
900	61	265	86133	0,010449
9000	48	209	285505	0,031523
90000	36	157	1394937	0,064519
900000	25	109	37137862	0,024234
9000000	16	70	2061565470	0,004366
90000000	9	39	365674259232	0,000246
			Totale schade	**0,139183665**

Staven gebogen met doorndiameter 2,5*D

maximale gebruiksspanning			244	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			67,4	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	244	1613	0,000620
1	98	239	1784	0,000560
8	90	220	2731	0,002929
90	75	183	6796	0,013243
900	61	149	19095	0,047134
9000	48	117	63292	0,142197
90000	36	88	266714	0,337440
900000	25	61	2466861	0,364836
9000000	16	39	136938283	0,065723
90000000	9	22	24289699180	0,003705
			Totale schade	**0,978388484**

Staven gebogen met doorndiameter 5*D

maximale gebruiksspanning			283	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			78,0	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	283	1591	0,000629
1	98	277	1760	0,000568
8	90	255	2694	0,002970
90	75	212	6702	0,013428
900	61	173	18832	0,047792
9000	48	136	62422	0,144181
90000	36	102	263044	0,342148
900000	25	71	2406099	0,374050
9000000	16	45	133565305	0,067383
90000000	9	25	23691410595	0,003799
			Totale schade	**0,996946687**

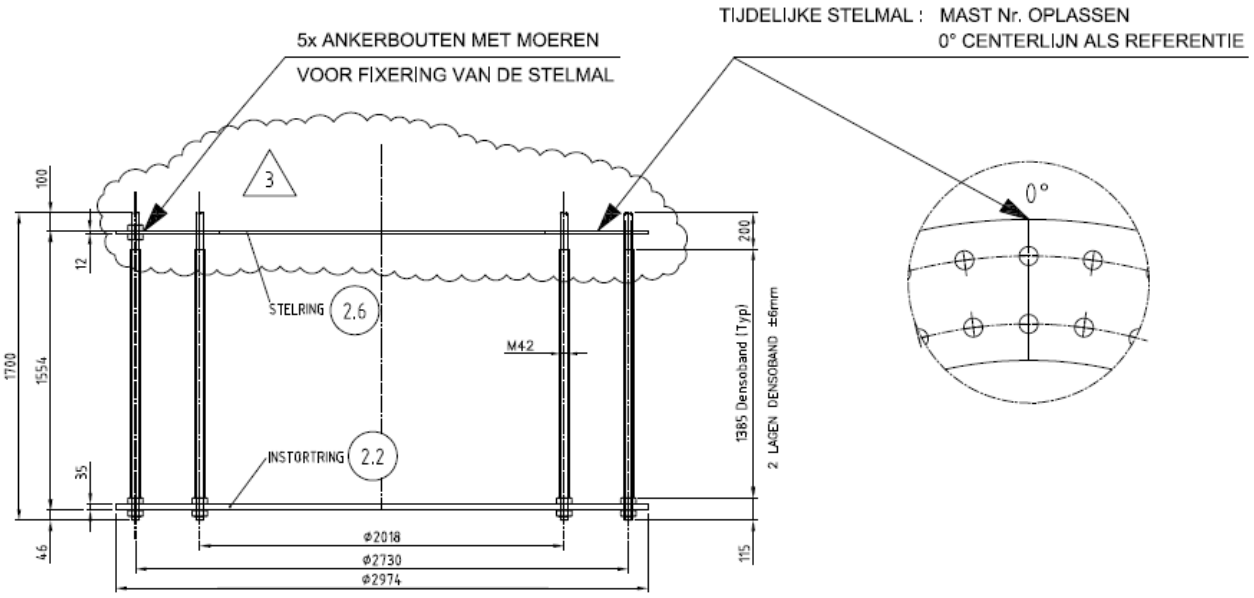
Gelaste staven

maximale gebruiksspanning			317	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			58,5	
		k1	3	
		k2	5	
		N*	1,00E+07	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	317	62848	0,000016
1	98	311	66775	0,000015
8	90	285	86211	0,000093
90	75	238	148972	0,000604
900	61	193	276886	0,003250
9000	48	152	568285	0,015837
90000	36	114	1347046	0,066813
900000	25	79	4022257	0,223755
9000000	16	51	20411885	0,440920
90000000	9	29	362468668	0,248297
			Totale schade	**0,999600179**

4. VERBINDING MAST-FUNDERING

De masten worden verbonden met de fundering d.m.v. een ingestorte ankerkooi. Een ankerkooi is hieronder weergegeven



DETAIL VERANKERING

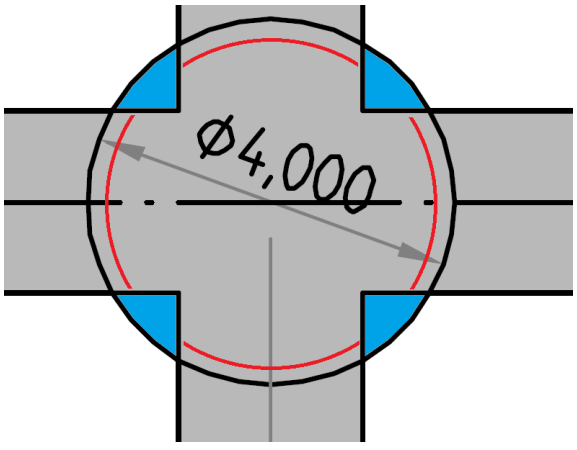
NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV Revision: 3 Date: 5-7-2011	Material: – Quantity: 2 Equipm. no.: W4E350	**VDL KTI**	Project No.: 36002 Workprep. No.: Pos. No.: ANKERKOOI

De ankers en platen zijn berekend door Volker Infra Design bij het ontwerp van de masten. De ankerkooi bevindt zich in de ronde opstort. De ronde opstort is d.m.v. stekken verbonden met de kruisvormige balken.

4.1. CONTROLE RONDE OPSTORT

De ronde opstort bevat het ankerpakket. Dit ankerpakket verschilt per masttype. De ronde opstort is op het kruisvormige balkrooster geplaatst. Hierdoor is de verbinding met de onderbouw niet continue. In de blauwe gebieden is geen verbinding.

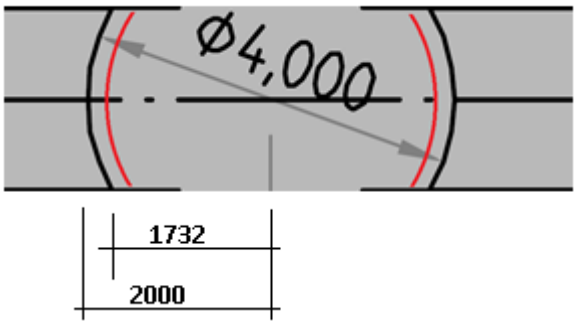


Bij de opstort is alleen de belasting uit de mast van toepassing

De diameter bij de voet van de mast is 2579 en 2758 mm. De belasting uit de mast wordt door de ankers aan de binnen en buitenzijde van de mast centrisch onder de mastwand ingeleid. In deze berekening wordt de mast met de kleinste basis beschouwd (2579mm)

De opstort wordt uitgevoerd in C35/45.

Voor opname van het moment, verwaarloos in de beschouwing het deel van de opstort dat niet boven de balken zit.



Opname horizontale belasting gelijkmatig over de 4 segmenten verdeelt.
In de berekening wordt de ronding verwaarloosd en een maat van 2x1800 = =3600 lang aangehouden.

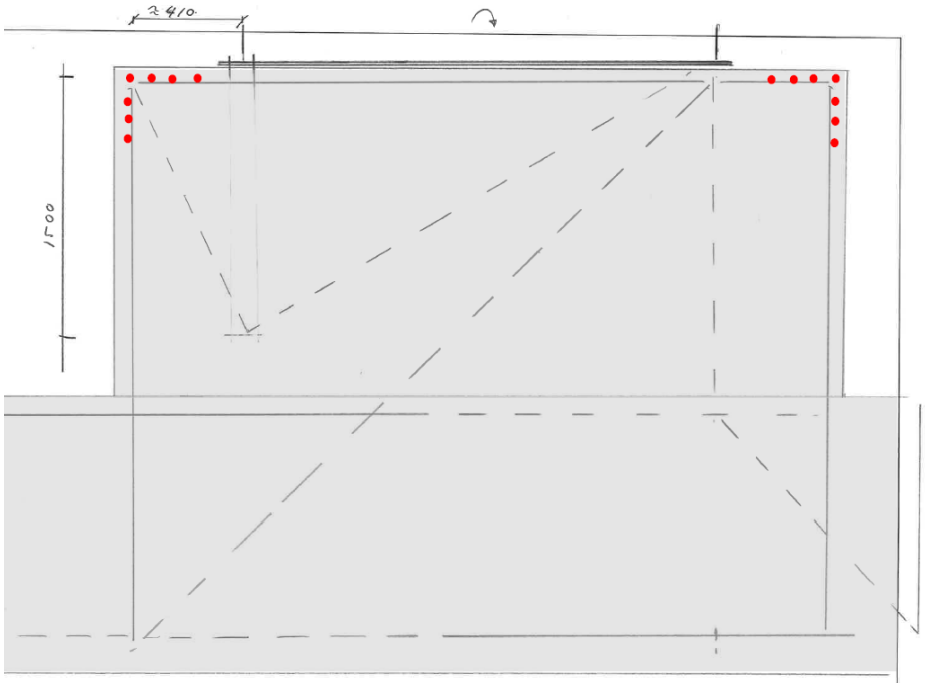
Wapening ronde opstort :
M_d = 43362 kNm
d= (0,5* 2579) + 1800-50-16-40= 2980 mm
z ≈ 2700 mm
$N_{d;trek}$ = 16060 kN
$A_{s;d}$ = 16060*10^3 / 435 = 36920 mm^2
Kies 36ø40 = 45238 mm^2
In 2 lagen. Staafafstand:
Balk 2000 mm breed, - 2x100 mm wand = 1800 mm, 18 staven per laag → h.o.h. 100 mm

Toetsing verticale wapening in SLS
$M_{rep;max}$ = 36338 kNm
Staalspanning 36338/43362 * 36920/45238 * 435 = 297 N/mm^2
Conform tabel 7.3N NEN-EN 1992-1-1 geldt bij w_k=0,3mm en h.o.h. 100 mm een toelaatbare spanning van 320 N/mm^2 > 297 N/mm^2, ok

Verankeringslengte (NEN-EN 1992-1-1 §8.4) – in funderingsbalk
$f_{bd;C30/35}$ = 2,25 * 1 * (132-40)/100 * 1,3 = 2,69
$L_{b;rqd}$ = 40/4 * 297/2,69 = 1105 mm
l_{bd} = 1 * 0,7 * 1 *1 * 1 * 1105 = 774 mm

In opstort loopt de staaf door tot bovenzijde. De staaf wordt “gelast” aan het anker, waarbij het anker alle last vanaf de verankeringsplaat in de constructie invoert. Controleer als normale overlapping, conservatief.
Anker zit 1500 mm diep, afstand van anker tot wapeningsstaaf is ca 430 mm. Benodigde overlapping:
$f_{bd;C35/45}$ = 2,25 * 1 * (132-40)/100 * 1,46 = 3,02
$L_{b;rqd}$ = 40/4 * 297/3,02 = 984 mm
l_0 = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 984 = 984
Verhoogt lengte l_0 met tussenafstand van 430 mm, volgt benodigde lengte 1414 mm. ok

Horizontale wapening bovenzijde opstort



Bepaal spanning bovenzijde met vakwerkmodel. Anker (links) geeft drukdiagonaal welke in bovenvlak evenwicht maakt. Bij verticale last van 16060 kN volgt horizontaal 16060/1500*410 = 4400 kN.
A_{sd} = 4400*10^3 / 435 = 10115 mm^2
Bovenzijde afwapenen met ø25-100 op 2 m breedte dus 21 staven aanwezig is 10290 mm^2. Daarnaast wordt er nog rondlopende wapening bovenin de opstort geplaatst. Pas hiervoor 7 ø20 toe (3 verticaal, 3 horizontaal 1 in de hoek, zie rode stippen in bovenstaande schets). Dit geeft 2 x7ø20 = 4396 mm^2 extra wapening

Toetsing horizontale wapening in SLS (last is gevolg van moment
Staalspanning 36338/43362 * 10115/(10290+4396) * 435 = 251 N/mm^2
Conform tabel 7.3N NEN-EN 1992-1-1 geldt bij w_k=0,3mm en h.o.h. 100 mm een toelaatbare spanning van 320 N/mm^2 > 251 N/mm^2, ok

Flankwapening n.t.b.

4.2. BEREKENING FUNDERING

De poer is ingevoerd in een SCIA engineer model.

Er zijn 2 modellen gedraaid:

Model 1: Lage gescheurde E modulus
Model 2: Matige gescheurde E modulus

5. BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde

Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – matige E-waarde

BIJLAGE 1 UITVOER SCIA ENGINEER – LAGE E-WAARDE

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	4
8. Subregio	4
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	5
11. Belastingsgevallen	11
11.1. Belastingsgevallen - BG1	11
11.1.1. Belasting grafisch	11
11.2. Belastingsgevallen - BG2	11
11.2.1. Vrije oppervlakte last	11
11.2.2. Genereer vrije lasten	12
11.2.3. Belasting grafisch	12
11.3. Belastingsgevallen - BG3	12
11.3.1. Vrije puntmomenten	12
11.3.2. Genereer vrije lasten	13
11.3.3. Belasting grafisch	13
11.4. Belastingsgevallen - BG4	13
11.4.1. Vrije puntmomenten	14
11.4.2. Genereer vrije lasten	14
11.4.3. Belasting grafisch	15
11.5. Belastingsgevallen - BG5	15
11.5.1. Vrije puntmomenten	15
11.5.2. Genereer vrije lasten	15
11.5.3. Belasting grafisch	16
11.6. Belastingsgevallen - BG6	16
11.6.1. Vrije puntmomenten	16
11.6.2. Genereer vrije lasten	17
11.6.3. Belasting grafisch	17
11.7. Belastingsgevallen - BG7	17
11.7.1. Lasten op oppervlak	17
11.7.2. Belasting grafisch	18
12. Combinaties	18
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	19
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	19
15. Reacties	19
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	20
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	20
18. 2D element - Interne krachten; myD+	21
19. 2D element - Interne krachten; myD-	21
20. 2D element - Interne krachten; vx	22
21. 2D element - Interne krachten; vy	22

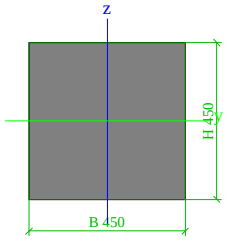
2. Overzicht

3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,1000e+04	0,2	4,5833e+03	0,00	30,00
C35/45	Beton	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000	0,000
K2	0,000	2,000	0,000
K3	6,800	2,000	0,000
K4	6,800	8,800	0,000
K5	8,800	8,800	0,000
K6	8,800	2,000	0,000
K7	21,950	2,000	0,000
K8	21,950	8,800	0,000
K9	23,950	8,800	0,000
K10	23,950	2,000	0,000
K11	30,750	2,000	0,000
K12	30,750	0,000	0,000
K13	23,950	0,000	0,000
K14	23,950	-6,800	0,000
K15	21,950	-6,800	0,000
K16	21,950	0,000	0,000
K17	8,800	0,000	0,000
K18	8,800	-6,800	0,000
K19	6,800	-6,800	0,000
K20	6,800	0,000	0,000
K21	5,800	1,000	0,000
K23	20,950	1,000	0,000
K25	6,800	-0,732	0,000
K26	8,800	-0,732	0,000
K27	7,800	-1,000	0,000
K28	9,516	0,000	0,000
K29	9,532	2,000	0,000
K30	9,800	1,000	0,000
K31	8,800	2,732	0,000
K32	6,800	2,732	0,000
K33	7,800	3,000	0,000
K34	6,065	2,000	0,000
K35	6,068	0,000	0,000
K36	21,950	-0,732	0,000
K37	23,950	-0,732	0,000
K38	22,950	-1,000	0,000
K39	24,682	0,000	0,000
K40	24,682	2,000	0,000
K41	24,950	1,000	0,000
K42	23,950	2,732	0,000
K43	21,950	2,732	0,000
K44	22,950	3,000	0,000
K45	21,257	2,000	0,000
K46	21,218	0,000	0,000
K47	0,500	0,500	0,000
K48	-1,700	0,500	-22,000
K49	1,700	0,500	0,000
K50	-0,500	0,500	-22,000
K51	2,900	0,500	0,000
K52	2,900	0,500	-22,000
K53	4,100	0,500	0,000
K54	6,300	0,500	-22,000
K55	-1,700	1,500	-22,000
K56	-0,500	1,500	-22,000
K57	2,900	1,500	-22,000
K58	6,300	1,500	-22,000
K59	0,500	1,500	0,000
K60	1,700	1,500	0,000
K61	2,900	1,500	0,000
K62	4,100	1,500	0,000
K63	24,450	0,500	-22,000
K64	27,850	0,500	-22,000
K65	31,250	0,500	-22,000
K66	24,450	1,500	-22,000
K67	27,850	1,500	-22,000
K68	31,250	1,500	-22,000
K69	26,650	0,500	0,000
K70	27,850	0,500	0,000
K71	29,050	0,500	0,000
K72	26,650	1,500	0,000
K73	27,850	1,500	0,000
K74	29,050	1,500	0,000
K75	32,450	0,500	-22,000
K76	32,450	1,500	-22,000
K77	30,250	0,500	0,000
K78	30,250	1,500	0,000
K81	7,300	-8,500	-22,000
K82	7,300	-5,300	-22,000
K85	7,300	-5,300	0,000
K86	7,300	-6,300	0,000
K87	8,300	-8,500	-22,000
K88	8,300	-5,300	-22,000
K89	8,300	-6,300	0,000
K90	8,300	-5,300	0,000
K91	7,300	-1,900	-22,000
K92	8,300	-1,900	-22,000
K93	7,300	-4,100	0,000
K94	8,300	-4,100	0,000
K95	22,475	10,500	-22,000
K96	23,475	10,500	-22,000
K97	22,475	3,900	-22,000
K98	22,475	7,100	-22,000
K99	23,475	3,900	-22,000
K100	23,475	7,100	-22,000
K101	22,475	6,100	0,000
K102	22,475	7,100	0,000
K103	23,475	6,100	0,000
K104	23,475	7,100	0,000
K105	22,475	8,300	0,000
K106	23,475	8,300	0,000
K107	22,450	-8,500	-22,000
K108	22,450	-5,300	-22,000
K109	23,450	-8,500	-22,000
K110	23,450	-5,300	-22,000
K111	22,450	-1,900	-22,000
K112	23,450	-1,900	-22,000
K113	22,450	-6,300	0,000
K114	22,450	-5,300	0,000
K115	23,450	-6,300	0,000
K116	23,450	-5,300	0,000
K117	22,450	-4,100	0,000
K118	23,450	-4,100	0,000
K131	7,325	6,100	0,000
K132	7,325	3,900	-22,000
K133	7,325	7,100	0,000
K134	7,325	7,100	-22,000
K135	8,325	6,100	0,000
K136	8,325	3,900	-22,000
K137	8,325	7,100	0,000
K138	8,325	7,100	-22,000
K139	7,325	8,300	0,000
K140	7,325	10,500	-22,000
K141	8,325	8,300	0,000
K142	8,325	10,500	-22,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S1	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K47	K48	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S2	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K49	K50	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S3	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K51	K52	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S4	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K53	K54	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S5	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K59	K55	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S6	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K60	K56	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S7	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K61	K57	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S8	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K62	K58	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S9	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K69	K63	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S10	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K70	K64	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S11	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K71	K65	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S12	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K72	K66	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S13	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K73	K67	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S14	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K74	K68	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S15	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K77	K75	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S16	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K78	K76	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S19	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K86	K81	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S20	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K85	K82	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S21	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K89	K87	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S22	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K90	K88	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S23	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K93	K91	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S24	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K94	K92	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S25	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K101	K97	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S26	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K102	K98	Algemeen (0)	standaard	Laag1

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S27	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K103	K99	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S28	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K104	K100	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S29	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K105	K95	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S30	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K106	K96	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S31	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K113	K107	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S32	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K114	K108	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S33	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K115	K109	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S34	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K116	K110	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S35	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K117	K111	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S36	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K118	K112	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S43	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K131	K132	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S44	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K133	K134	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S45	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K135	K136	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S46	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K137	K138	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S47	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K139	K140	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S48	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K141	K142	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E1	C30/37	1500	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio1	E1	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		3300	K20	Lijn
					K25	Cirkelboog
					K27	
					K26	Lijn
					K17	Lijn
					K28	Cirkelboog
					K30	
					K29	Lijn
					K6	Lijn
					K31	Cirkelboog
					K33	
					K32	Lijn
					K3	Lijn
					K34	Cirkelboog
					K21	
					K35	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio2	E1	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		3300	K16	Lijn
					K36	Cirkelboog
					K38	
					K37	Lijn
					K13	Lijn
					K39	Cirkelboog
					K41	
					K40	Lijn
					K10	Lijn
					K42	Cirkelboog
					K44	
					K43	Lijn
					K7	Lijn
					K45	Cirkelboog
					K23	
					K46	Lijn

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn1	K48	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K50	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K52	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K54	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5	K55	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn6	K56	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7	K57	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn8	K58	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K81	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K82	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K87	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12	K88	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13	K91	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K92	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15	K132	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16	K134	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn17	K136	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn18	K138	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn19	K140	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn20	K142	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn21	K63	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22	K64	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn23	K65	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn24	K66	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25	K67	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26	K68	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27	K75	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28	K76	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29	K95	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30	K96	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31	K97	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32	K98	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33	K99	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34	K100	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35	K107	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36	K108	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37	K109	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38	K110	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39	K111	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40	K112	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S1	Slb121 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb81 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb41 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb161 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb1 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb82 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb162 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb2 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb122 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb42 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb83 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb123 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb163 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb3 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb43 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S4	Slb124 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb4 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb84 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb164 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb44 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb45 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb165 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb85 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb125 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb5 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb46 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb86 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb126 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb6 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb166 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb7 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb87 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb167 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb47 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb127 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb8 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb128 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb88 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb48 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb168 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb129 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb89 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb49 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb9 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb169 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb10 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb50 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb90 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb170 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb130 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb91 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S11	Slb131 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb11 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb51 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb171 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb172 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb132 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb12 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb52 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb92 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb13 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb133 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb93 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb53 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb173 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb174 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb14 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb54 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb134 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb94 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb15 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb95 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb175 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb135 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb55 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb56 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb16 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb176 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb136 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb96 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb137 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb97 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb177 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb57 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb17 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb58 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb98 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S20	Slb18 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb138 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb178 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb19 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb179 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb139 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb59 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb99 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb180 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb100 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb140 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb60 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb20 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb141 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb181 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb61 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb21 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb101 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb62 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb182 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb142 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb22 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb102 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb183 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb23 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb63 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb103 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb143 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb24 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb104 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb184 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb64 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb144 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb145 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb65 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb185 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S27	Slb25 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb105 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb66 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb26 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb106 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb186 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb146 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb27 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb187 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb107 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb67 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb147 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb68 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb28 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb108 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb188 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb148 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb189 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb149 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb29 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb109 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb69 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb110 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb150 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb190 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb70 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb30 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb191 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb31 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb111 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb151 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb71 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb72 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb32 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb112 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb152 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S34	Slb192 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb113 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb33 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb193 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb153 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb73 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb154 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb74 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb194 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb114 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb34 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb115 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb195 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb75 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb35 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb155 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb196 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb36 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb156 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb76 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb116 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb37 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb197 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb157 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb77 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb117 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb78 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb158 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb198 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb38 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb118 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb199 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb119 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb39 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb79 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb159 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

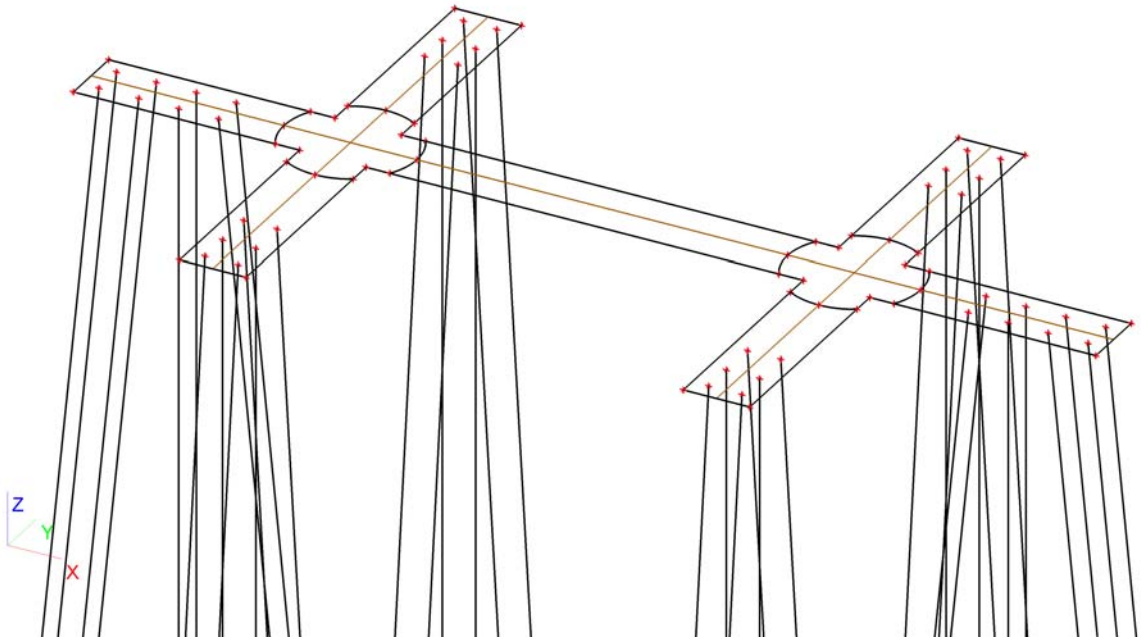
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S48	Slb200 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb120 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb80 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb40 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb160 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG1	Standaard

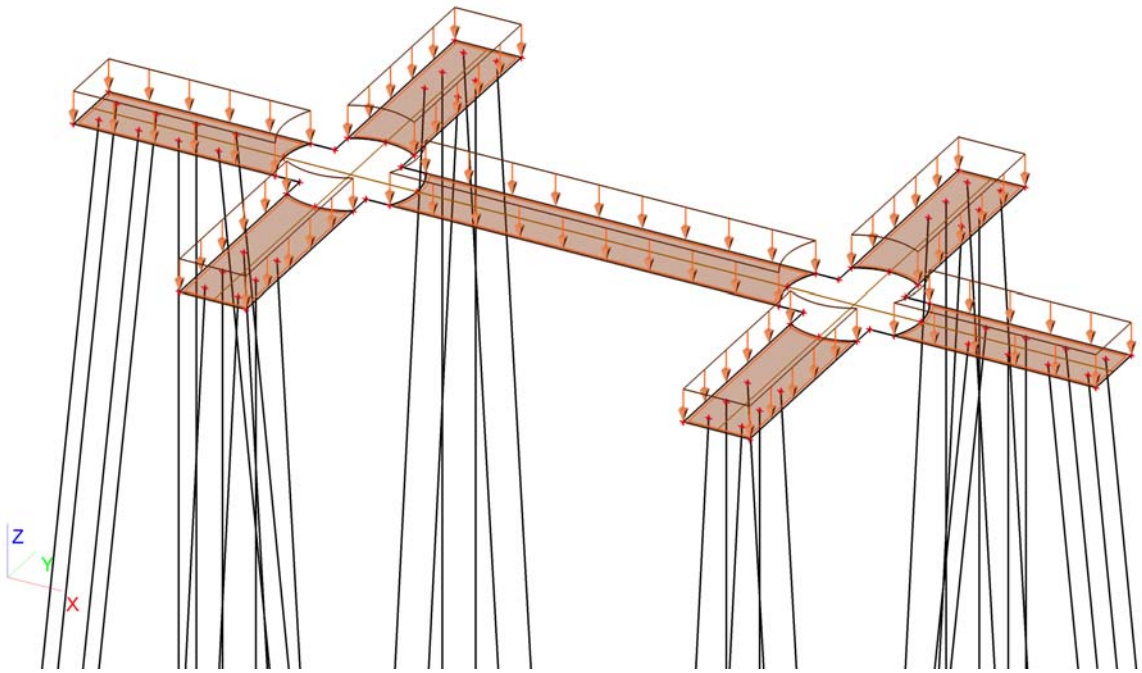
11.2.1. Vrije oppervlakte last

Naam	Belastingsgeval	Rich	Type	Verdeling	q [kN/m²]	Geldigheid	Selecteer	Systeem	Locatie
FF1	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF2	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF3	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF4	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF5	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF6	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF7	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	q [kN/m²]	Systeem Locatie
GFF43	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF1	-25,50	GCS Lengte
GFF44	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF2	-25,50	GCS Lengte
GFF45	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF3	-25,50	GCS Lengte
GFF46	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF4	-25,50	GCS Lengte
GFF47	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF5	-25,50	GCS Lengte
GFF48	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF6	-25,50	GCS Lengte
GFF49	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF7	-25,50	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



11.3. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

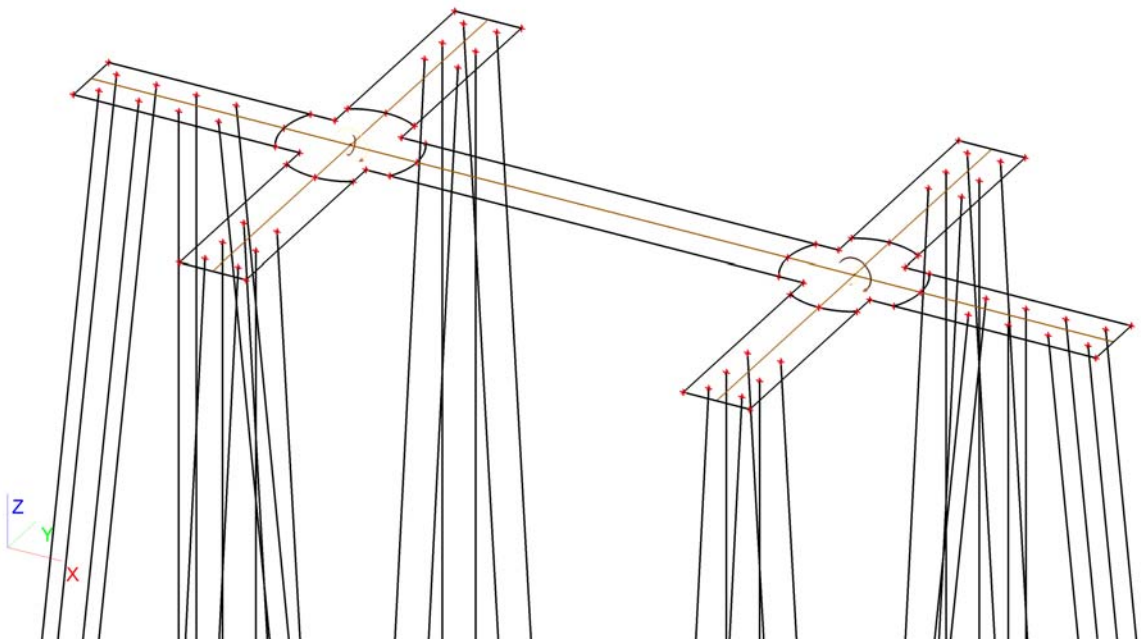
11.3.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	-16697,00	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	-16697,00	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	31259,00	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	31259,00	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	22,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	1111,80	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	1111,80	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	22,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	2037,45	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	2037,45	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS

11.3.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF1	-749,00	GCS Lengte
GFF2	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM7	2037,45	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF2	-749,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF3	436,00	GCS Lengte
GFF8	BG3 - ULS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF4	436,00	GCS Lengte
GFF9	BG3 - ULS 1	E1	X	Punt Kracht	FF5	799,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM8	2037,45	GCS Lengte
GFF11	BG3 - ULS 1	E1	X	Punt Kracht	FF6	799,00	GCS Lengte
GFF50	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM1	-16697,00	GCS Lengte
GFF51	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM2	-16697,00	GCS Lengte
GFF52	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM3	31259,00	GCS Lengte
GFF53	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM4	31259,00	GCS Lengte
GFF54	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM5	1111,80	GCS Lengte
GFF55	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM6	1111,80	GCS Lengte

11.3.3. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

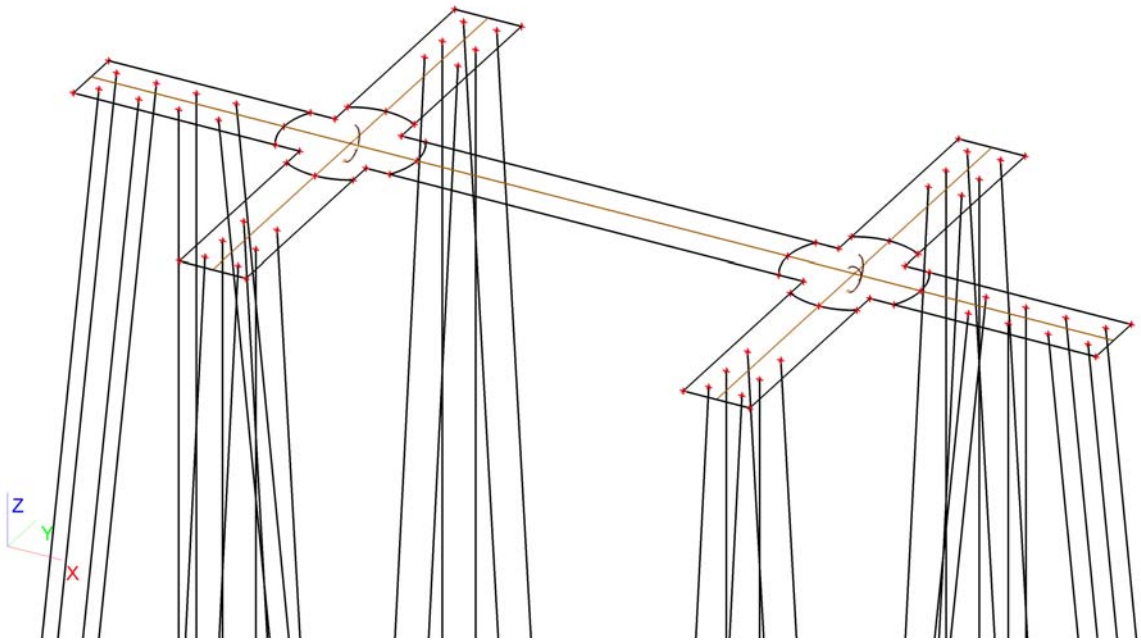
11.4.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	-43362,00	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	-43362,00	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	18257,00	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	18257,00	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	2425,05	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	2425,05	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	1058,25	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	1058,25	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG4 - ULS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF8	-1190,00	GCS Lengte
GFF5	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM12	18257,00	GCS Lengte
GFF6	BG4 - ULS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF9	951,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM9	-43362,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF7	-1190,00	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF10	951,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E1	X	Punt Kracht	FF11	415,00	GCS Lengte
GFF17	BG4 - ULS 2	E1	X	Punt Kracht	FF12	415,00	GCS Lengte
GFF32	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM14	2425,05	GCS Lengte
GFF34	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM15	1058,25	GCS Lengte
GFF39	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM10	-43362,00	GCS Lengte
GFF41	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM11	18257,00	GCS Lengte
GFF56	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM13	2425,05	GCS Lengte
GFF57	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM16	1058,25	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.5.1. Vrije puntmomenten

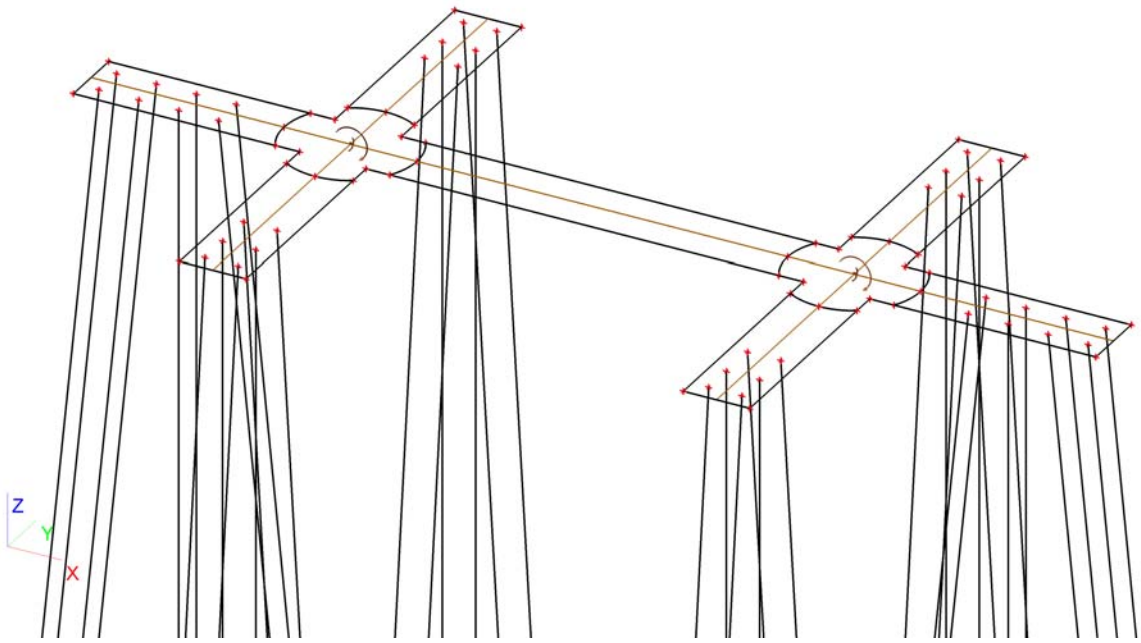
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-9556,00	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-9556,00	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	27308,00	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	27308,00	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	196,35	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	196,35	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	2374,05	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	2374,05	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF16	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM22	 660,45	GCS Lengte
GFF18	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM23	 660,45	GCS Lengte
GFF19	BG5 - SLS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF13	-832,00	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF14	-832,00	GCS Lengte
GFF22	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM29	 196,35	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF15	259,00	GCS Lengte
GFF24	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM18	 -9556,00	GCS Lengte
GFF25	BG5 - SLS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF16	259,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF26	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM19	 27308,00	GCS Lengte
GFF27	BG5 - SLS 1	E1	X	Punt Kracht	FF17	700,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM24	 660,45	GCS Lengte
GFF29	BG5 - SLS 1	E1	X	Punt Kracht	FF18	700,00	GCS Lengte
GFF36	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM20	 27308,00	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM21	 660,45	GCS Lengte
GFF58	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM17	 -9556,00	GCS Lengte
GFF61	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM30	 196,35	GCS Lengte
GFF62	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM31	 2374,05	GCS Lengte
GFF63	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM32	 2374,05	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

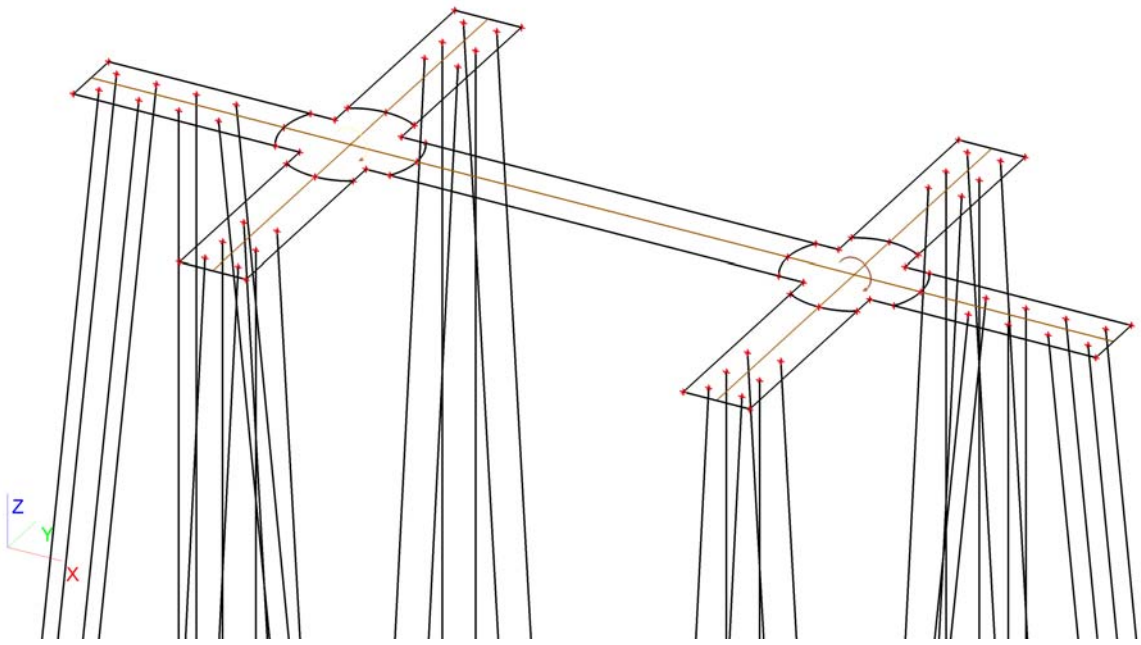
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-2098,00	BG6 - SLS 2	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-2098,00	BG6 - SLS 2	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	36338,00	BG6 - SLS 2	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	36338,00	BG6 - SLS 2	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF20	BG6 - SLS 2	E1	My	Punt Moment	FM28	 36338,00	GCS Lengte
GFF30	BG6 - SLS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM25	 -2098,00	GCS Lengte
GFF31	BG6 - SLS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF19	-922,00	GCS Lengte
GFF33	BG6 - SLS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF20	-922,00	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF21	77,00	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF22	77,00	GCS Lengte
GFF40	BG6 - SLS 2	E1	X	Punt Kracht	FF23	931,00	GCS Lengte
GFF42	BG6 - SLS 2	E1	X	Punt Kracht	FF24	931,00	GCS Lengte
GFF59	BG6 - SLS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM26	 -2098,00	GCS Lengte
GFF60	BG6 - SLS 2	E1	My	Punt Moment	FM27	 36338,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



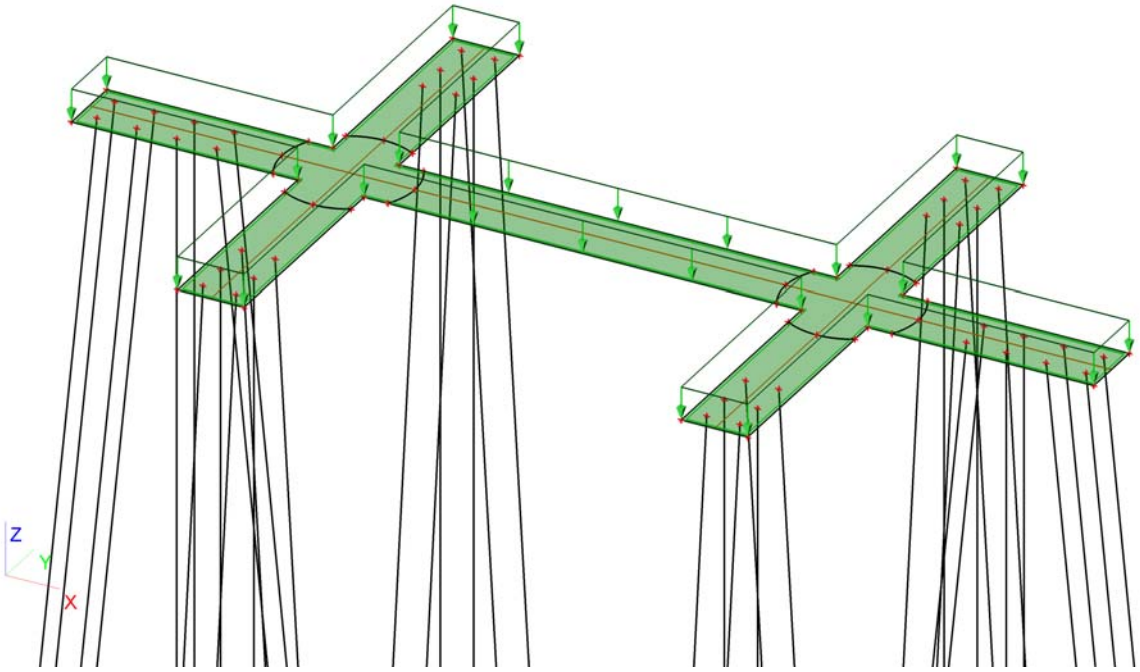
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	2D-element	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF1	Z	Kracht	-10,00	E1	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende -	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede9	158	0,000	**4,5**	1,3	1,5	0,2	2,0	-0,1
BG5	Snede3	179	0,000	**5,0**	1,3	-9,7	-0,8	2,7	0,0
BG5	Snede2	173	2,000	4,5	**1,2**	-4,1	**-0,9**	**3,3**	0,0
BG5	Snede7	170	4,000	4,9	**1,4**	-5,5	-0,7	2,9	0,0
BG5	Snede3	74	1,707	5,0	1,3	**-11,3**	-0,8	-0,2	0,0
BG5	Snede3	59	10,134	5,0	1,3	**5,5**	-0,8	0,4	0,0
BG5	Snede8	34	4,731	4,9	1,3	-2,9	**0,9**	2,4	0,0
BG5	Snede3	69	6,239	5,0	1,3	-1,5	-0,8	**-2,8**	0,0
BG5	Snede9	168	2,114	4,6	1,3	1,9	0,2	2,1	**-0,1**
BG5	Snede11	120	3,576	4,7	1,3	-1,9	0,1	2,1	**0,1**

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

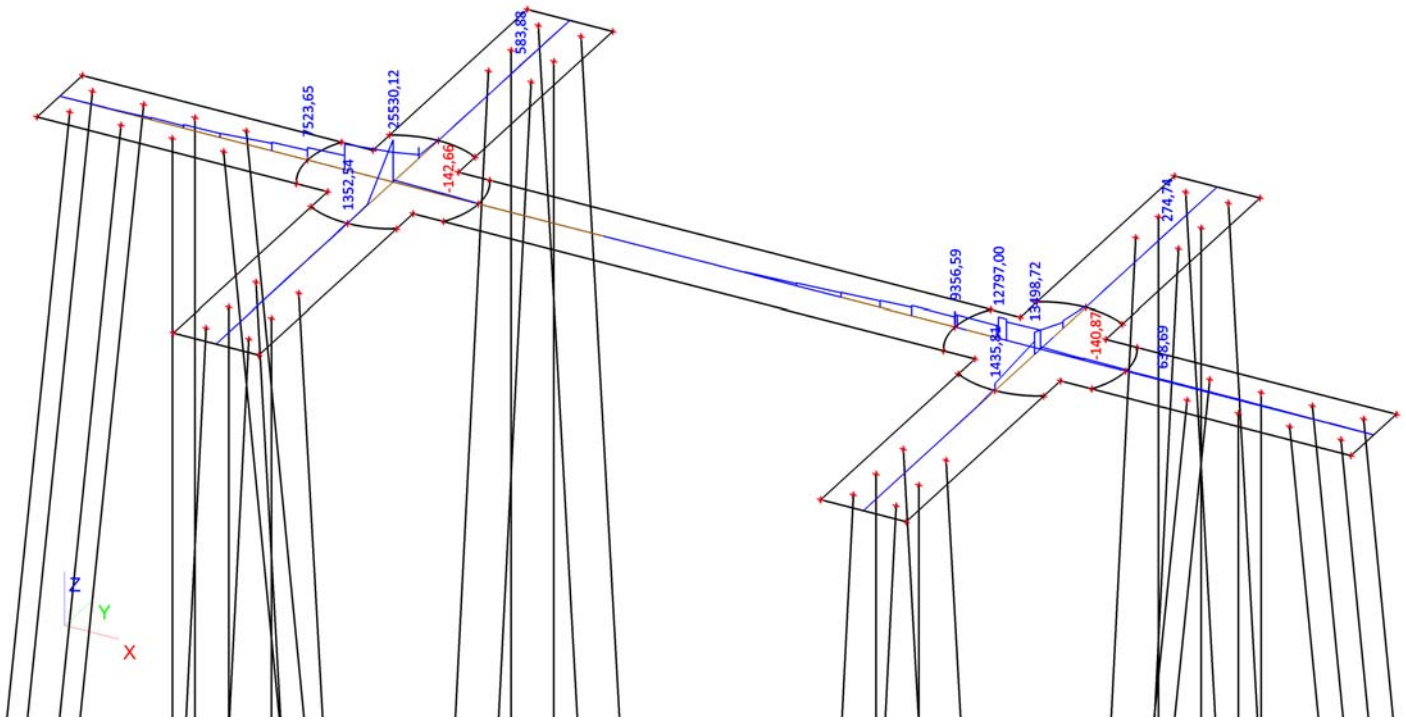
BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG6	Snede9	158	0,000	**5,7**	0,4	0,4	0,1	2,5	-0,1
BG6	Snede3	179	0,000	**6,5**	0,4	-11,5	-0,2	3,2	0,0
BG6	Snede5	131	5,800	6,2	**0,3**	-5,1	-0,2	-0,5	0,0
BG6	Snede7	170	4,000	6,3	**0,4**	-5,0	-0,1	3,4	0,0
BG6	Snede3	74	1,707	6,4	0,4	**-13,3**	-0,2	-0,2	0,0
BG6	Snede3	59	10,134	6,4	0,4	**6,8**	-0,2	0,5	0,0
BG6	Snede6	97	2,114	6,2	0,3	-1,9	**-0,8**	3,0	-0,1
BG6	Snede8	34	4,731	6,1	0,4	-1,8	**0,9**	2,9	0,1
BG6	Snede3	69	6,239	6,4	0,4	-1,5	-0,2	**-3,3**	0,0
BG6	Snede2	173	2,000	5,8	0,3	-4,8	-0,2	**4,0**	0,0
BG6	Snede9	168	2,114	5,9	0,4	0,6	0,1	2,5	**-0,1**
BG6	Snede11	120	3,576	6,0	0,4	-0,3	0,0	2,5	**0,1**

15. Reacties

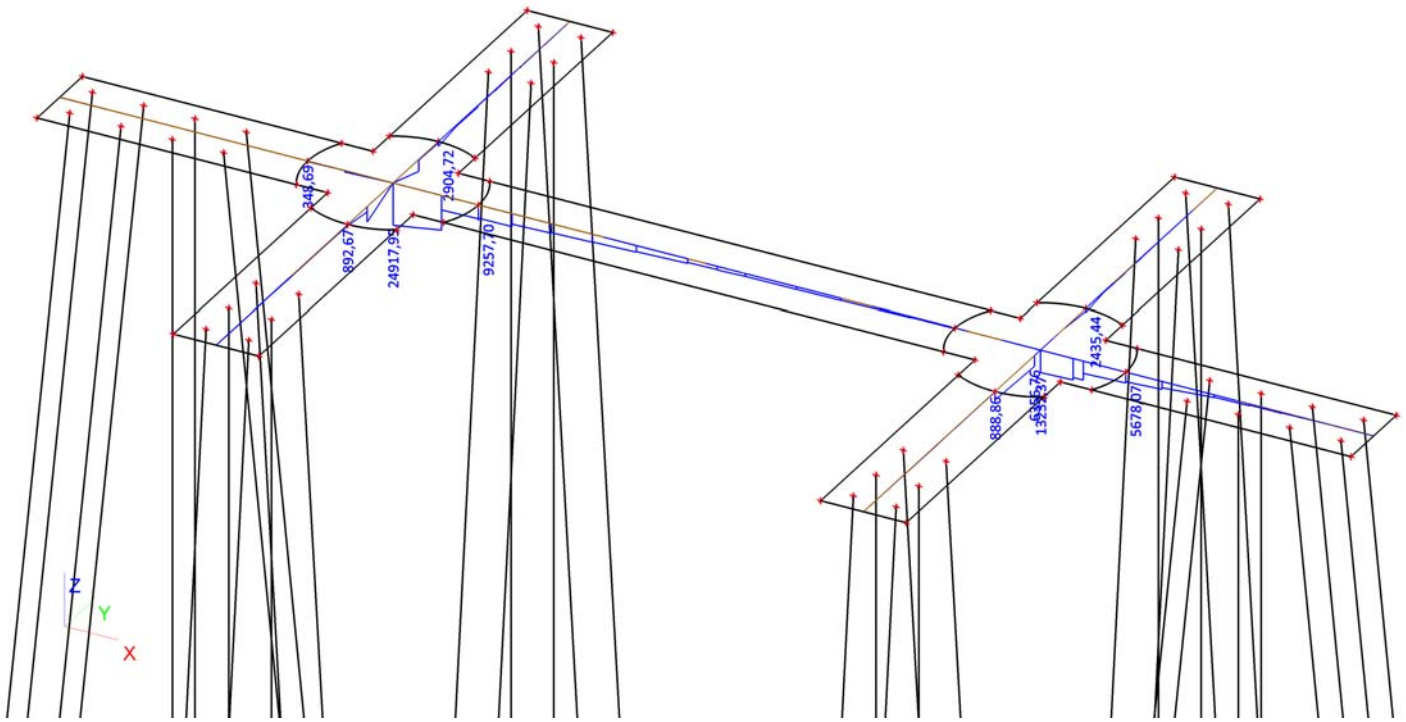
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Slb52/S12	Combi1/1	1,817	**-32,99**	-2,38	3,30	0,00	0,00	0,00
Slb172/S12	Combi1/1	21,090	**40,41**	0,01	-4,04	0,00	0,00	0,00
Slb200/S48	Combi2/2	21,090	0,02	**-49,62**	-4,96	0,00	0,00	0,00
Slb197/S45	Combi2/2	21,090	0,03	**69,49**	-6,95	0,00	0,00	0,00
Sn9/K81	Combi6/3		0,00	0,00	**-390,29**	0,00	0,00	0,00
Sn17/K136	Combi2/2		0,00	0,00	**1483,54**	0,00	0,00	0,00
Sn1/K48	Combi1/4		0,00	0,00	147,22	**0,00**	**0,00**	**0,00**

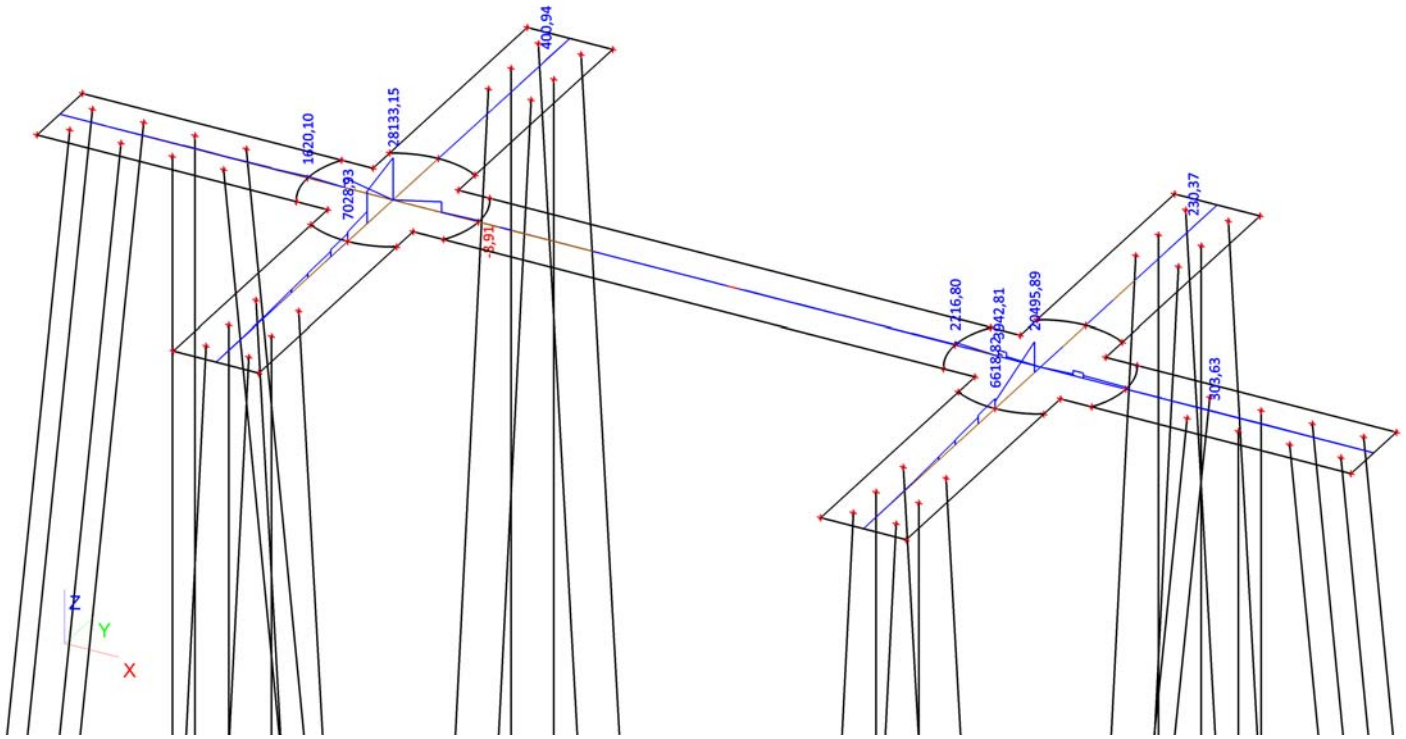
16. 2D element - Interne krachten; mxD+



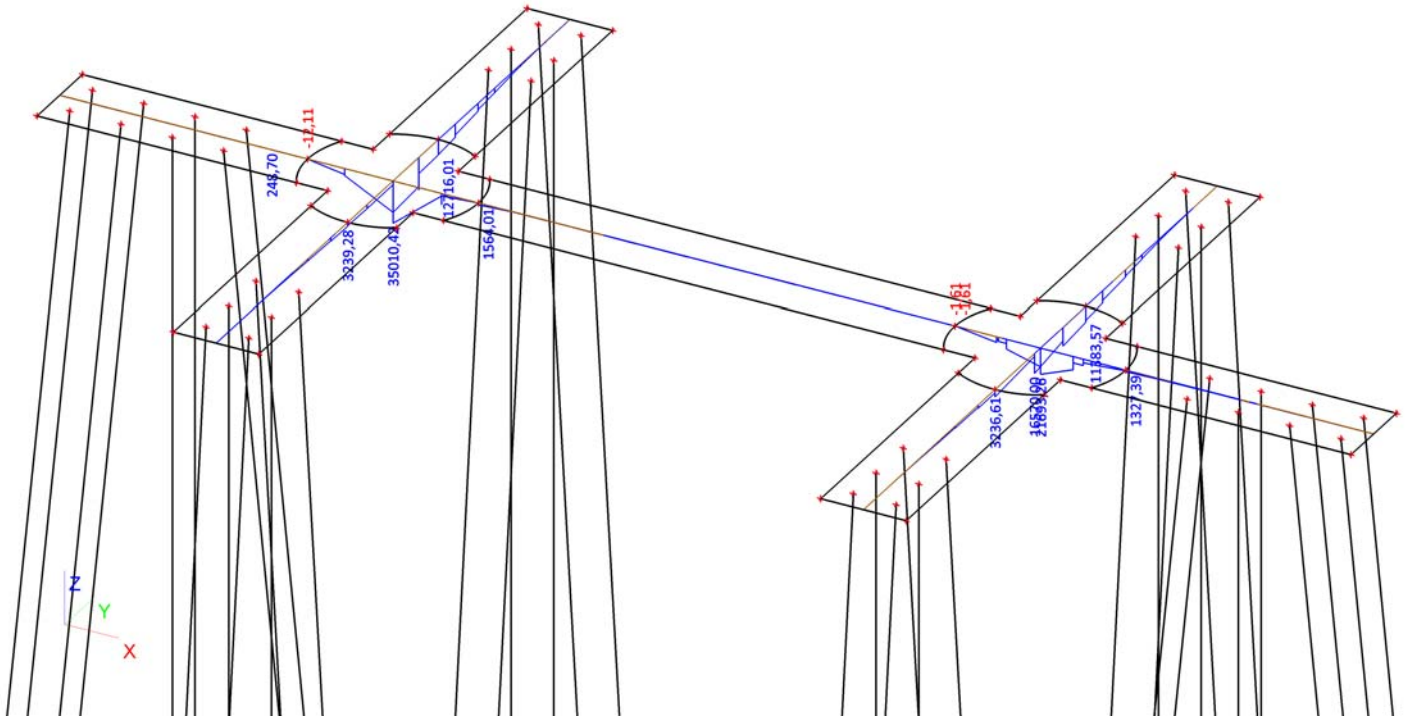
17. 2D element - Interne krachten; mxD-



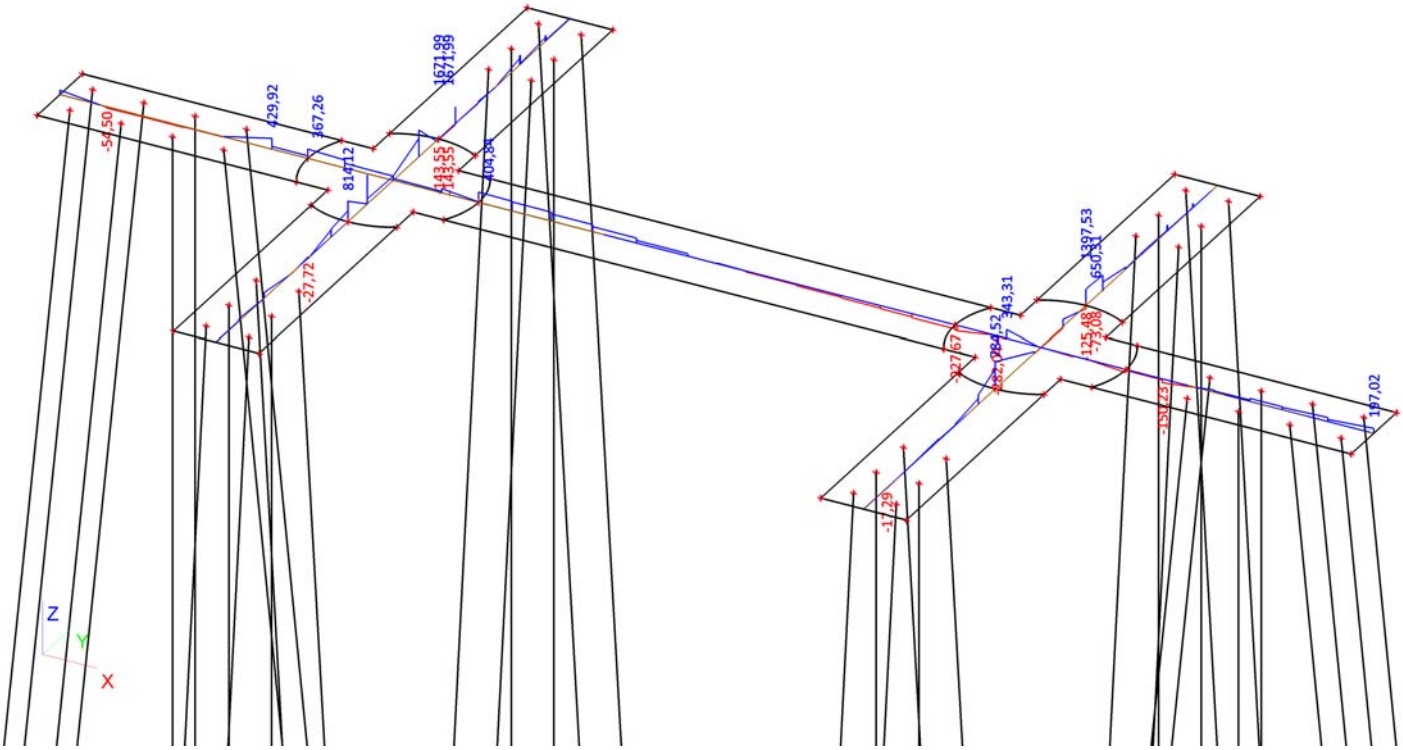
18. 2D element - Interne krachten; myD+



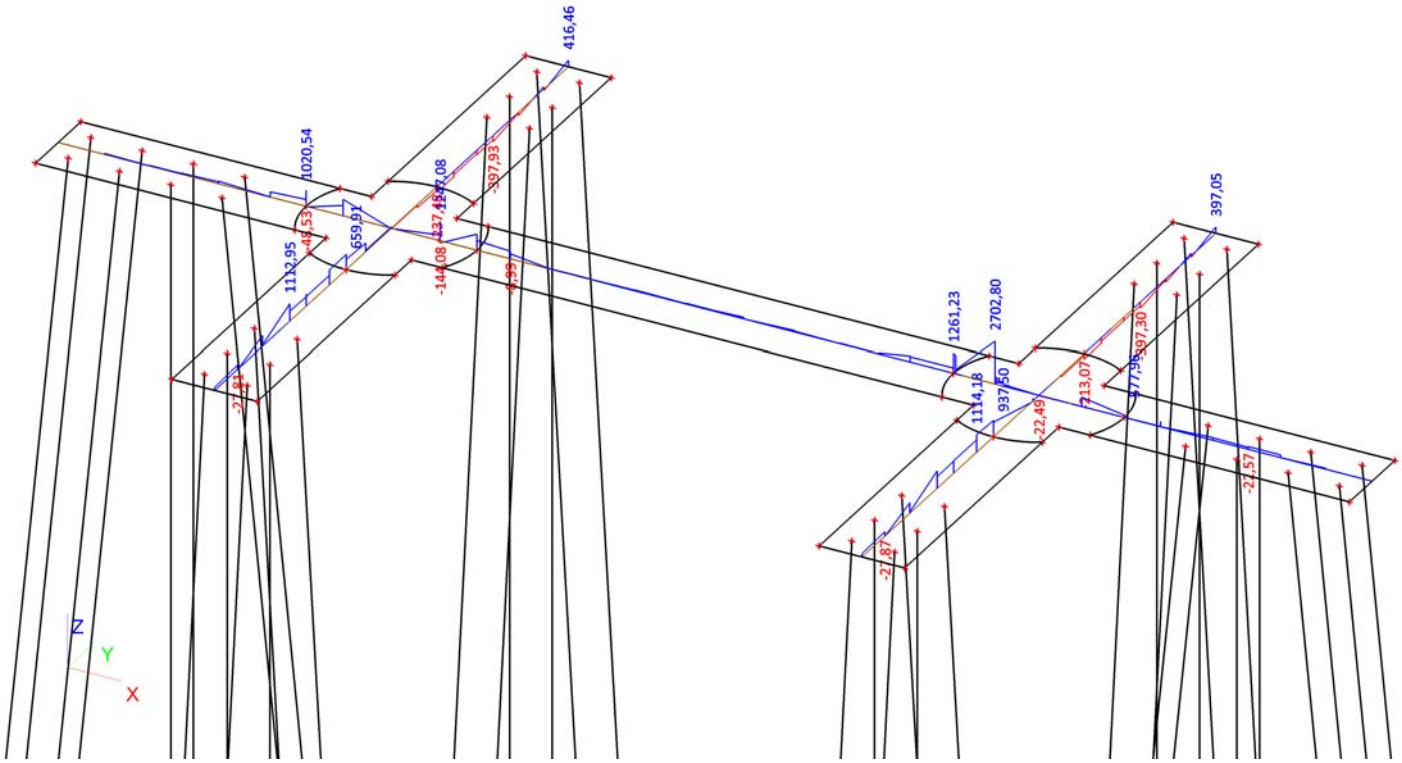
19. 2D element - Interne krachten; myD-



20. 2D element - Interne krachten; vx



21. 2D element - Interne krachten; vy



BIJLAGE 2 UITVOER SCIA ENGINEER – MATIGE E-WAARDE

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	4
8. Subregio	4
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	5
11. Belastingsgevallen	11
11.1. Belastingsgevallen - BG1	11
11.1.1. Belasting grafisch	11
11.2. Belastingsgevallen - BG2	11
11.2.1. Vrije oppervlakte last	11
11.2.2. Genereer vrije lasten	12
11.2.3. Belasting grafisch	12
11.3. Belastingsgevallen - BG3	12
11.3.1. Vrije puntmomenten	12
11.3.2. Genereer vrije lasten	13
11.3.3. Belasting grafisch	13
11.4. Belastingsgevallen - BG4	13
11.4.1. Vrije puntmomenten	14
11.4.2. Genereer vrije lasten	14
11.4.3. Belasting grafisch	15
11.5. Belastingsgevallen - BG5	15
11.5.1. Vrije puntmomenten	15
11.5.2. Genereer vrije lasten	15
11.5.3. Belasting grafisch	16
11.6. Belastingsgevallen - BG6	16
11.6.1. Vrije puntmomenten	16
11.6.2. Genereer vrije lasten	17
11.6.3. Belasting grafisch	17
11.7. Belastingsgevallen - BG7	17
11.7.1. Lasten op oppervlak	17
11.7.2. Belasting grafisch	18
12. Combinaties	18
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	19
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	19
15. Reacties	19
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	20
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	20
18. 2D element - Interne krachten; myD+	21
19. 2D element - Interne krachten; myD-	21
20. 2D element - Interne krachten; vx	22
21. 2D element - Interne krachten; vy	22

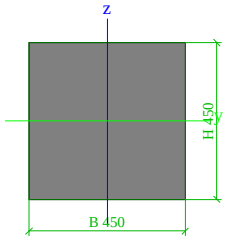
2. Overzicht

3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	2,2000e+04	0,2	9,1667e+03	0,00	30,00
C35/45	Beton	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000	0,000
K2	0,000	2,000	0,000
K3	6,800	2,000	0,000
K4	6,800	8,800	0,000
K5	8,800	8,800	0,000
K6	8,800	2,000	0,000
K7	21,950	2,000	0,000
K8	21,950	8,800	0,000
K9	23,950	8,800	0,000
K10	23,950	2,000	0,000
K11	30,750	2,000	0,000
K12	30,750	0,000	0,000
K13	23,950	0,000	0,000
K14	23,950	-6,800	0,000
K15	21,950	-6,800	0,000
K16	21,950	0,000	0,000
K17	8,800	0,000	0,000
K18	8,800	-6,800	0,000
K19	6,800	-6,800	0,000
K20	6,800	0,000	0,000
K21	5,800	1,000	0,000
K23	20,950	1,000	0,000
K25	6,800	-0,732	0,000
K26	8,800	-0,732	0,000
K27	7,800	-1,000	0,000
K28	9,516	0,000	0,000
K29	9,532	2,000	0,000
K30	9,800	1,000	0,000
K31	8,800	2,732	0,000
K32	6,800	2,732	0,000
K33	7,800	3,000	0,000
K34	6,065	2,000	0,000
K35	6,068	0,000	0,000
K36	21,950	-0,732	0,000
K37	23,950	-0,732	0,000
K38	22,950	-1,000	0,000
K39	24,682	0,000	0,000
K40	24,682	2,000	0,000
K41	24,950	1,000	0,000
K42	23,950	2,732	0,000
K43	21,950	2,732	0,000
K44	22,950	3,000	0,000
K45	21,257	2,000	0,000
K46	21,218	0,000	0,000
K47	0,500	0,500	0,000
K48	-1,700	0,500	-22,000
K49	1,700	0,500	0,000
K50	-0,500	0,500	-22,000
K51	2,900	0,500	0,000
K52	2,900	0,500	-22,000
K53	4,100	0,500	0,000
K54	6,300	0,500	-22,000
K55	-1,700	1,500	-22,000
K56	-0,500	1,500	-22,000
K57	2,900	1,500	-22,000
K58	6,300	1,500	-22,000
K59	0,500	1,500	0,000
K60	1,700	1,500	0,000
K61	2,900	1,500	0,000
K62	4,100	1,500	0,000
K63	24,450	0,500	-22,000
K64	27,850	0,500	-22,000
K65	31,250	0,500	-22,000
K66	24,450	1,500	-22,000
K67	27,850	1,500	-22,000
K68	31,250	1,500	-22,000
K69	26,650	0,500	0,000
K70	27,850	0,500	0,000
K71	29,050	0,500	0,000
K72	26,650	1,500	0,000
K73	27,850	1,500	0,000
K74	29,050	1,500	0,000
K75	32,450	0,500	-22,000
K76	32,450	1,500	-22,000
K77	30,250	0,500	0,000
K78	30,250	1,500	0,000
K81	7,300	-8,500	-22,000
K82	7,300	-5,300	-22,000
K85	7,300	-5,300	0,000
K86	7,300	-6,300	0,000
K87	8,300	-8,500	-22,000
K88	8,300	-5,300	-22,000
K89	8,300	-6,300	0,000
K90	8,300	-5,300	0,000
K91	7,300	-1,900	-22,000
K92	8,300	-1,900	-22,000
K93	7,300	-4,100	0,000
K94	8,300	-4,100	0,000
K95	22,475	10,500	-22,000
K96	23,475	10,500	-22,000
K97	22,475	3,900	-22,000
K98	22,475	7,100	-22,000
K99	23,475	3,900	-22,000
K100	23,475	7,100	-22,000
K101	22,475	6,100	0,000
K102	22,475	7,100	0,000
K103	23,475	6,100	0,000
K104	23,475	7,100	0,000
K105	22,475	8,300	0,000
K106	23,475	8,300	0,000
K107	22,450	-8,500	-22,000
K108	22,450	-5,300	-22,000
K109	23,450	-8,500	-22,000
K110	23,450	-5,300	-22,000
K111	22,450	-1,900	-22,000
K112	23,450	-1,900	-22,000
K113	22,450	-6,300	0,000
K114	22,450	-5,300	0,000
K115	23,450	-6,300	0,000
K116	23,450	-5,300	0,000
K117	22,450	-4,100	0,000
K118	23,450	-4,100	0,000
K131	7,325	6,100	0,000
K132	7,325	3,900	-22,000
K133	7,325	7,100	0,000
K134	7,325	7,100	-22,000
K135	8,325	6,100	0,000
K136	8,325	3,900	-22,000
K137	8,325	7,100	0,000
K138	8,325	7,100	-22,000
K139	7,325	8,300	0,000
K140	7,325	10,500	-22,000
K141	8,325	8,300	0,000
K142	8,325	10,500	-22,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S1	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K47	K48	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S2	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K49	K50	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S3	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K51	K52	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S4	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K53	K54	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S5	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K59	K55	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S6	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K60	K56	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S7	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K61	K57	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S8	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K62	K58	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S9	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K69	K63	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S10	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K70	K64	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S11	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K71	K65	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S12	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K72	K66	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S13	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K73	K67	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S14	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K74	K68	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S15	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K77	K75	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S16	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K78	K76	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S19	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K86	K81	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S20	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K85	K82	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S21	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K89	K87	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S22	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K90	K88	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S23	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K93	K91	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S24	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K94	K92	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S25	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K101	K97	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S26	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K102	K98	Algemeen (0)	standaard	Laag1

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S27	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K103	K99	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S28	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K104	K100	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S29	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K105	K95	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S30	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K106	K96	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S31	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K113	K107	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S32	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K114	K108	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S33	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K115	K109	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S34	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K116	K110	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S35	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K117	K111	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S36	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K118	K112	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S43	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K131	K132	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S44	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K133	K134	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S45	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K135	K136	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S46	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,000	Lijn	K137	K138	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S47	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K139	K140	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S48	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K141	K142	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E1	C30/37	1500	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio1	E1	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		3300	K20	Lijn
					K25	Cirkelboog
					K27	
					K26	Lijn
					K17	Lijn
					K28	Cirkelboog
					K30	
					K29	Lijn
					K6	Lijn
					K31	Cirkelboog
					K33	
					K32	Lijn
					K3	Lijn
					K34	Cirkelboog
					K21	
					K35	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio2	E1	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		3300	K16	Lijn
					K36	Cirkelboog
					K38	
					K37	Lijn
					K13	Lijn
					K39	Cirkelboog
					K41	
					K40	Lijn
					K10	Lijn
					K42	Cirkelboog
					K44	
					K43	Lijn
					K7	Lijn
					K45	Cirkelboog
					K23	
					K46	Lijn

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn1	K48	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K50	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K52	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K54	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5	K55	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn6	K56	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7	K57	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn8	K58	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K81	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K82	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K87	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12	K88	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13	K91	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K92	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15	K132	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16	K134	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn17	K136	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn18	K138	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn19	K140	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn20	K142	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn21	K63	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22	K64	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn23	K65	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn24	K66	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25	K67	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26	K68	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27	K75	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28	K76	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29	K95	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30	K96	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31	K97	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32	K98	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33	K99	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34	K100	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35	K107	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36	K108	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37	K109	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38	K110	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39	K111	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40	K112	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S1	Slb121 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb81 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb41 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb161 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S1	Slb1 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb82 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb162 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb2 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb122 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S2	Slb42 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb83 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb123 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb163 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb3 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S3	Slb43 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S4	Slb124 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb4 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb84 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb164 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S4	Slb44 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb45 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb165 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb85 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb125 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S5	Slb5 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb46 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb86 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb126 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb6 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S6	Slb166 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb7 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb87 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb167 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb47 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S7	Slb127 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb8 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb128 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb88 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb48 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S8	Slb168 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb129 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb89 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb49 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb9 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S9	Slb169 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb10 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb50 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb90 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb170 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S10	Slb130 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb91 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S11	Slb131 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb11 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb51 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S11	Slb171 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb172 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb132 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb12 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb52 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S12	Slb92 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb13 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb133 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb93 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb53 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S13	Slb173 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb174 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb14 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb54 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb134 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S14	Slb94 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb15 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb95 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb175 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb135 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S15	Slb55 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb56 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb16 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb176 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb136 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S16	Slb96 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb137 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb97 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb177 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb57 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S19	Slb17 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb58 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb98 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S20	Slb18 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb138 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S20	Slb178 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb19 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb179 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb139 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb59 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S21	Slb99 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb180 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb100 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb140 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb60 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S22	Slb20 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb141 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb181 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb61 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb21 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S23	Slb101 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb62 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb182 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb142 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb22 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S24	Slb102 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb183 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb23 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb63 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb103 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S25	Slb143 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb24 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb104 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb184 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb64 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S26	Slb144 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb145 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb65 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb185 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S27	Slb25 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S27	Slb105 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb66 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb26 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb106 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb186 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S28	Slb146 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb27 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb187 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb107 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb67 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S29	Slb147 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb68 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb28 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb108 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb188 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S30	Slb148 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb189 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb149 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb29 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb109 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S31	Slb69 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb110 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb150 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb190 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb70 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S32	Slb30 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb191 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb31 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb111 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb151 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S33	Slb71 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb72 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb32 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb112 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S34	Slb152 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S34	Slb192 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb113 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb33 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb193 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb153 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S35	Slb73 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb154 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb74 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb194 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb114 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S36	Slb34 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb115 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb195 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb75 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb35 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S43	Slb155 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb196 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb36 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb156 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb76 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S44	Slb116 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb37 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb197 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb157 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb77 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S45	Slb117 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb78 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb158 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb198 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb38 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S46	Slb118 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb199 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb119 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb39 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb79 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S47	Slb159 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

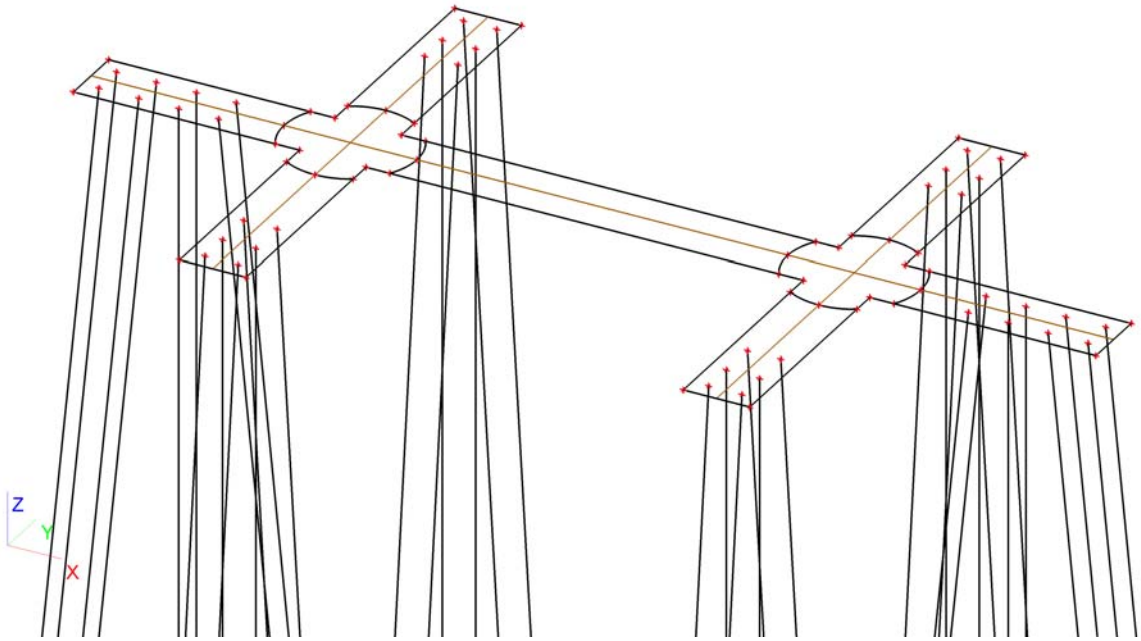
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S48	Slb200 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb120 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb80 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb40 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S48	Slb160 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG1	Standaard

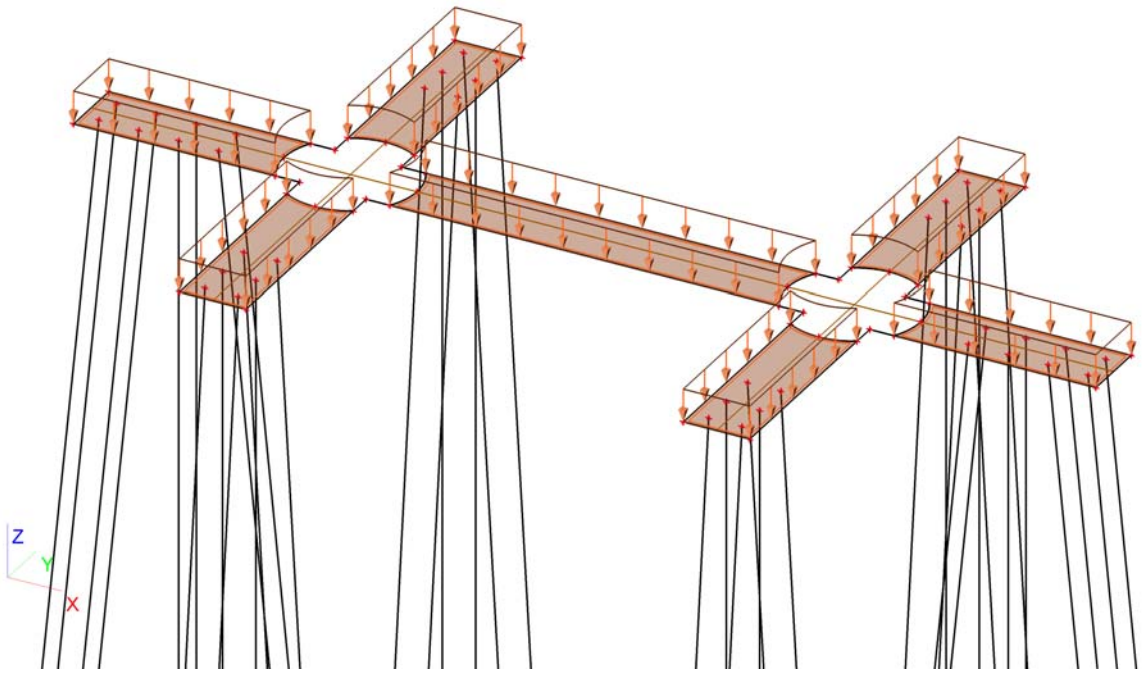
11.2.1. Vrije oppervlakte last

Naam	Belastingsgeval	Rich	Type	Verdeling	q [kN/m²]	Geldigheid	Selecteer	Systeem	Locatie
FF1	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF2	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF3	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF4	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF5	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF6	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte
FF7	BG2 - Grond	Z	Kracht	Gelijkmatig	-25,50	Alle	Auto	GCS	Lengte

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	q [kN/m²]	Systeem Locatie
GFF43	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF1	-25,50	GCS Lengte
GFF44	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF2	-25,50	GCS Lengte
GFF45	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF3	-25,50	GCS Lengte
GFF46	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF4	-25,50	GCS Lengte
GFF47	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF5	-25,50	GCS Lengte
GFF48	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF6	-25,50	GCS Lengte
GFF49	BG2 - Grond	E1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	FF7	-25,50	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



11.3. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

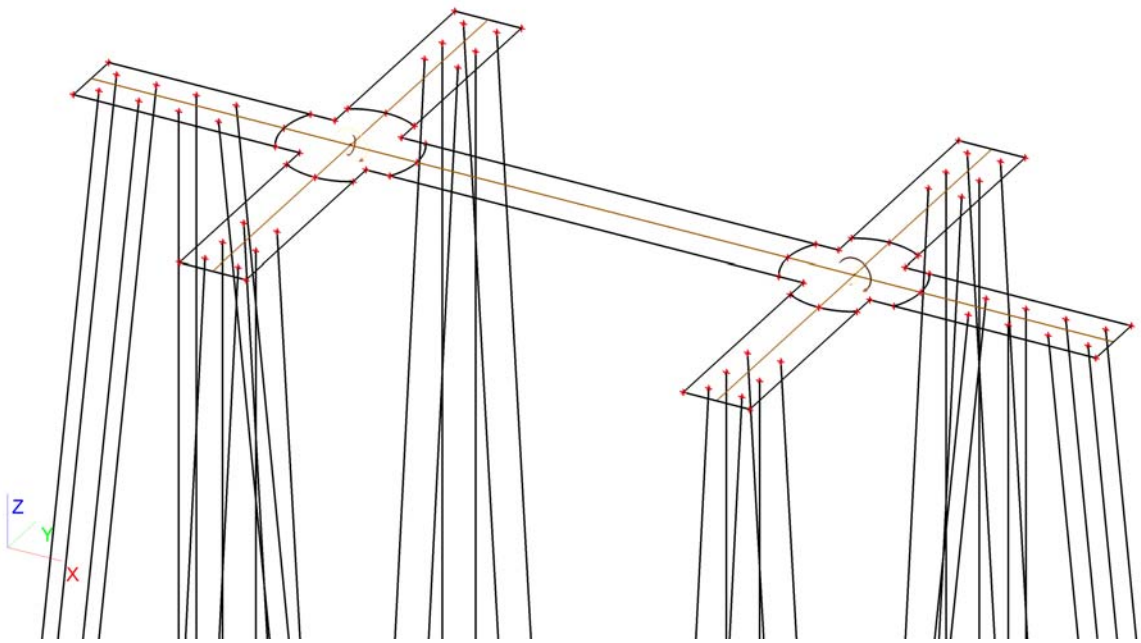
11.3.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	-16697,00	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	-16697,00	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	31259,00	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	31259,00	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	22,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	1111,80	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	7,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	1111,80	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	22,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	2037,45	BG3 - ULS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	2037,45	BG3 - ULS 1	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS

11.3.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF1	-749,00	GCS Lengte
GFF2	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM7	2037,45	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF2	-749,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF3	436,00	GCS Lengte
GFF8	BG3 - ULS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF4	436,00	GCS Lengte
GFF9	BG3 - ULS 1	E1	X	Punt Kracht	FF5	799,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM8	2037,45	GCS Lengte
GFF11	BG3 - ULS 1	E1	X	Punt Kracht	FF6	799,00	GCS Lengte
GFF50	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM1	-16697,00	GCS Lengte
GFF51	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM2	-16697,00	GCS Lengte
GFF52	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM3	31259,00	GCS Lengte
GFF53	BG3 - ULS 1	E1	My	Punt Moment	FM4	31259,00	GCS Lengte
GFF54	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM5	1111,80	GCS Lengte
GFF55	BG3 - ULS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM6	1111,80	GCS Lengte

11.3.3. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

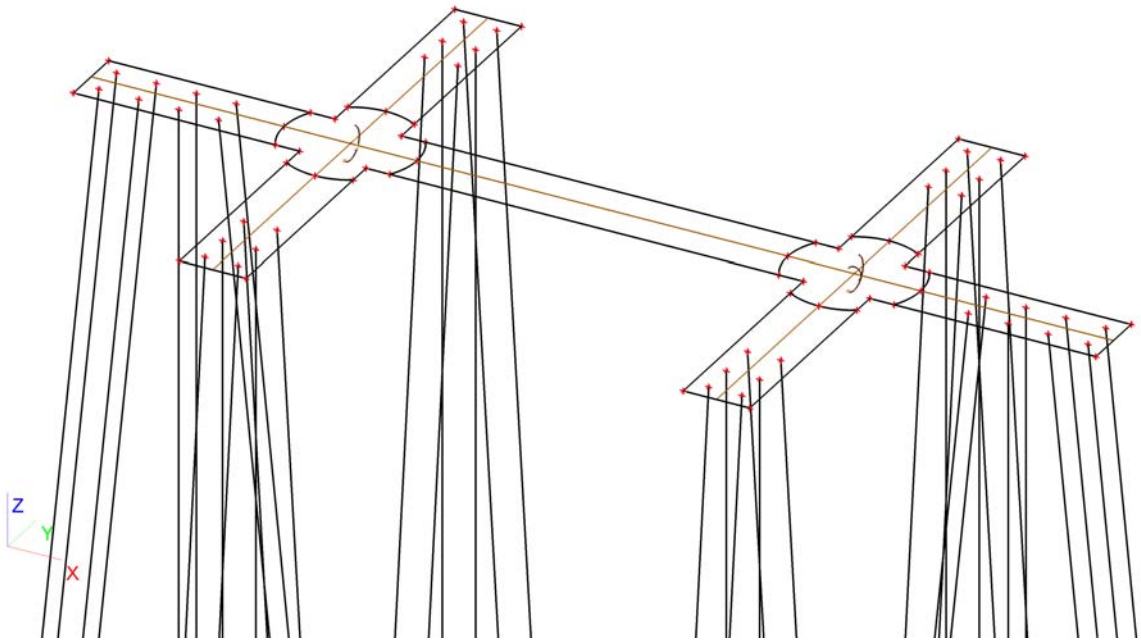
11.4.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	-43362,00	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	-43362,00	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	18257,00	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	18257,00	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	2425,05	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	2425,05	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	1058,25	BG4 - ULS 2	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	1058,25	BG4 - ULS 2	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG4 - ULS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF8	-1190,00	GCS Lengte
GFF5	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM12	18257,00	GCS Lengte
GFF6	BG4 - ULS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF9	951,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM9	-43362,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF7	-1190,00	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF10	951,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E1	X	Punt Kracht	FF11	415,00	GCS Lengte
GFF17	BG4 - ULS 2	E1	X	Punt Kracht	FF12	415,00	GCS Lengte
GFF32	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM14	2425,05	GCS Lengte
GFF34	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM15	1058,25	GCS Lengte
GFF39	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM10	-43362,00	GCS Lengte
GFF41	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM11	18257,00	GCS Lengte
GFF56	BG4 - ULS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM13	2425,05	GCS Lengte
GFF57	BG4 - ULS 2	E1	My	Punt Moment	FM16	1058,25	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.5.1. Vrije puntmomenten

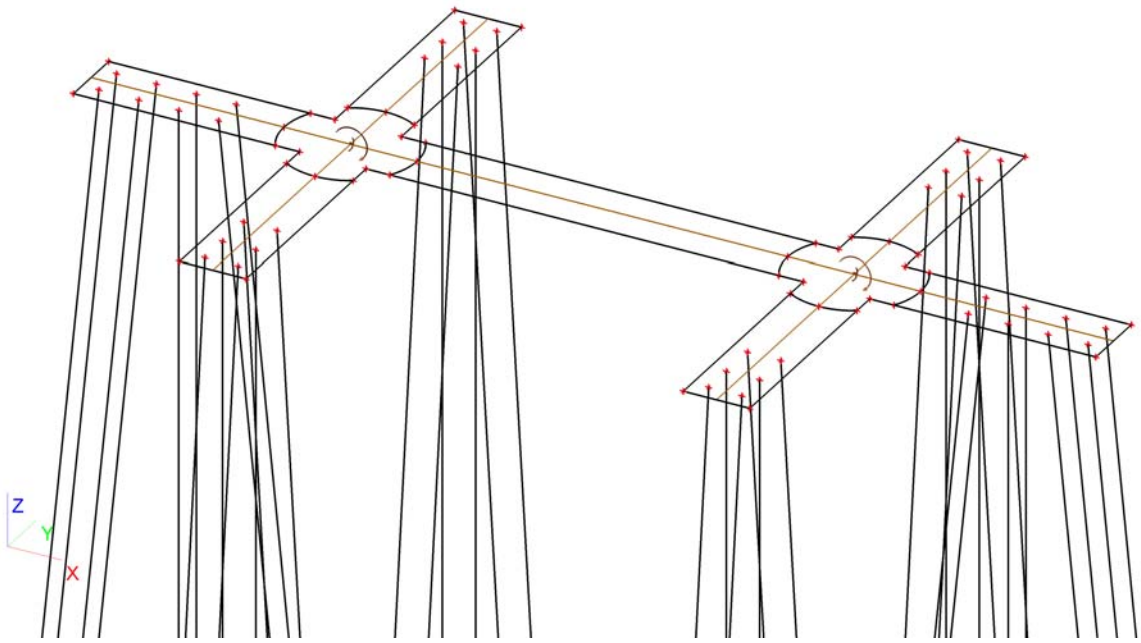
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-9556,00	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-9556,00	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	27308,00	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	27308,00	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	6,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	21,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	660,45	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	196,35	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	196,35	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	2374,05	BG5 - SLS 1	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	2374,05	BG5 - SLS 1	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF16	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM22	 660,45	GCS Lengte
GFF18	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM23	 660,45	GCS Lengte
GFF19	BG5 - SLS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF13	-832,00	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E1	Z	Punt Kracht	FF14	-832,00	GCS Lengte
GFF22	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM29	 196,35	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF15	259,00	GCS Lengte
GFF24	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM18	 -9556,00	GCS Lengte
GFF25	BG5 - SLS 1	E1	Y	Punt Kracht	FF16	259,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF26	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM19	 27308,00	GCS Lengte
GFF27	BG5 - SLS 1	E1	X	Punt Kracht	FF17	700,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM24	 660,45	GCS Lengte
GFF29	BG5 - SLS 1	E1	X	Punt Kracht	FF18	700,00	GCS Lengte
GFF36	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM20	 27308,00	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM21	 660,45	GCS Lengte
GFF58	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM17	 -9556,00	GCS Lengte
GFF61	BG5 - SLS 1	E1	Mx	Punt Moment	FM30	 196,35	GCS Lengte
GFF62	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM31	 2374,05	GCS Lengte
GFF63	BG5 - SLS 1	E1	My	Punt Moment	FM32	 2374,05	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

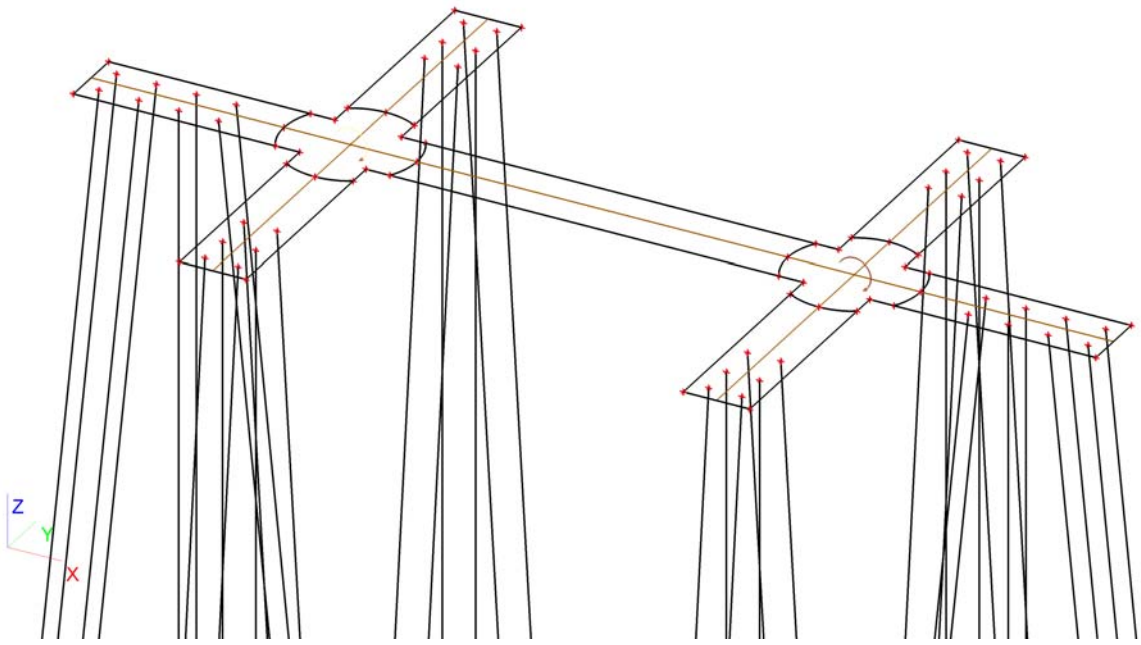
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-2098,00	BG6 - SLS 2	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-2098,00	BG6 - SLS 2	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	36338,00	BG6 - SLS 2	7,800	1,000	0,000	5,800	1,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	36338,00	BG6 - SLS 2	22,950	1,000	0,000	20,950	1,000	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF20	BG6 - SLS 2	E1	My	Punt Moment	FM28	 36338,00	GCS Lengte
GFF30	BG6 - SLS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM25	 -2098,00	GCS Lengte
GFF31	BG6 - SLS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF19	-922,00	GCS Lengte
GFF33	BG6 - SLS 2	E1	Z	Punt Kracht	FF20	-922,00	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF21	77,00	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E1	Y	Punt Kracht	FF22	77,00	GCS Lengte
GFF40	BG6 - SLS 2	E1	X	Punt Kracht	FF23	931,00	GCS Lengte
GFF42	BG6 - SLS 2	E1	X	Punt Kracht	FF24	931,00	GCS Lengte
GFF59	BG6 - SLS 2	E1	Mx	Punt Moment	FM26	 -2098,00	GCS Lengte
GFF60	BG6 - SLS 2	E1	My	Punt Moment	FM27	 36338,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



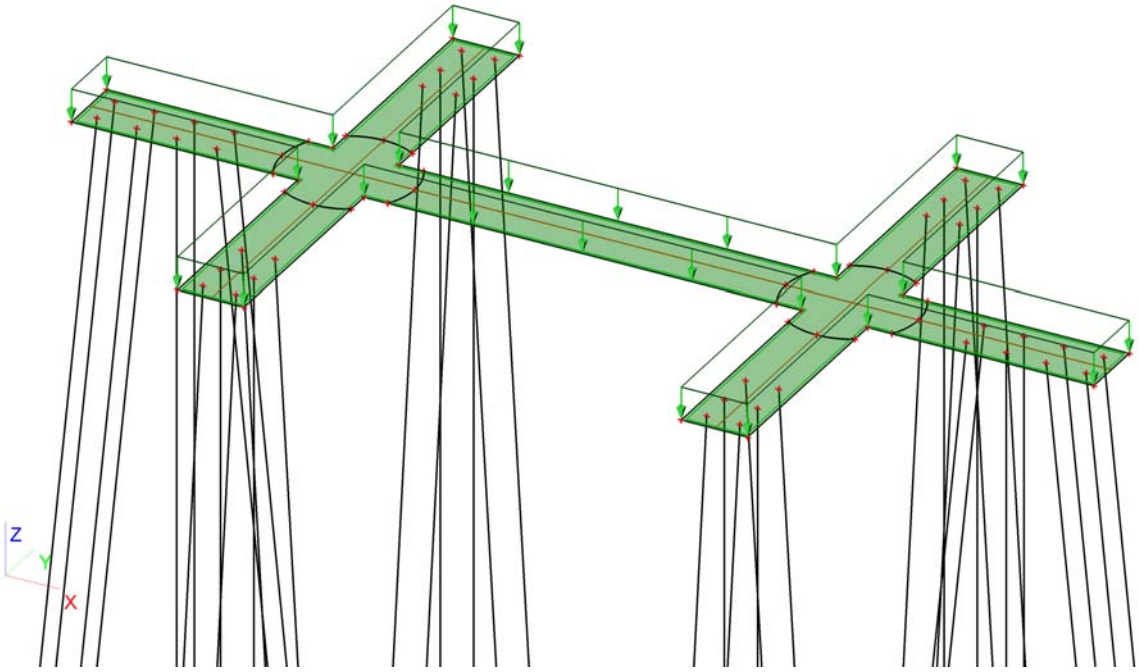
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	2D-element	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF1	Z	Kracht	-10,00	E1	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende -	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede9	158	0,000	**3,7**	1,4	1,5	-0,2	1,3	-0,1
BG5	Snede3	179	0,000	**4,3**	1,4	-5,3	-0,5	1,6	0,0
BG5	Snede5	131	5,800	4,2	**1,2**	-4,6	-0,5	-0,1	0,0
BG5	Snede3	69	6,239	4,3	**1,5**	-1,4	-0,5	**-1,4**	0,0
BG5	Snede3	74	1,707	4,3	1,5	**-6,4**	-0,5	0,0	0,0
BG5	Snede1	11	0,000	4,2	1,2	**5,0**	-0,5	0,3	0,0
BG5	Snede2	173	2,000	4,0	1,3	-2,0	**-0,6**	**2,0**	0,0
BG5	Snede8	37	5,800	3,9	1,4	-2,4	**0,2**	1,6	0,1
BG5	Snede9	158	1,011	3,8	1,4	1,3	-0,2	1,3	**-0,1**
BG5	Snede8	47	3,576	4,0	1,4	-3,0	0,2	1,6	**0,1**

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

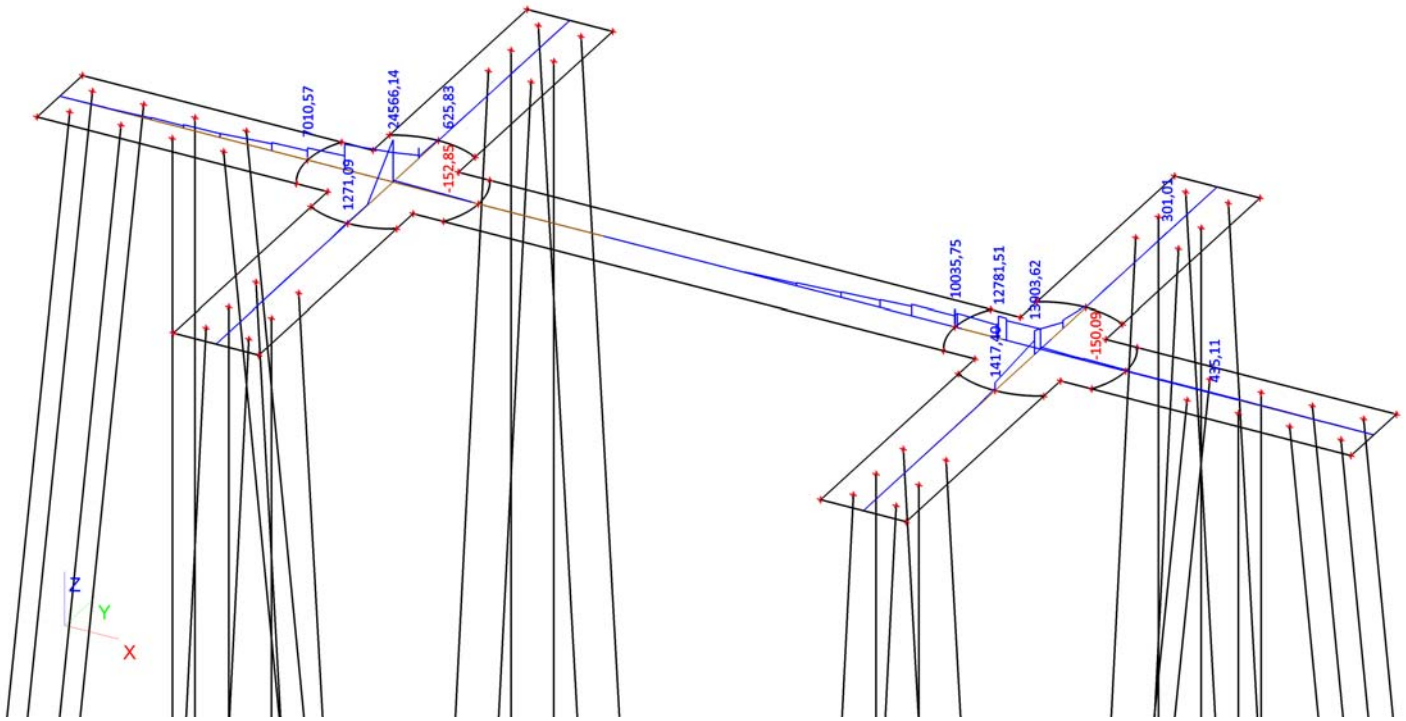
BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG6	Snede9	158	0,000	**4,9**	0,4	0,1	-0,2	1,6	-0,1
BG6	Snede3	179	0,000	**5,5**	0,4	-6,2	-0,1	1,9	0,0
BG6	Snede5	131	5,800	5,4	**0,3**	-5,6	-0,1	-0,1	0,0
BG6	Snede3	69	6,239	5,5	**0,4**	-1,5	-0,1	**-1,7**	0,0
BG6	Snede3	74	1,707	5,5	0,4	**-7,5**	-0,1	0,0	0,0
BG6	Snede1	11	0,000	5,4	0,3	**6,0**	-0,1	0,4	0,0
BG6	Snede6	87	1,011	5,2	0,4	-0,6	**-0,3**	2,0	-0,1
BG6	Snede8	34	4,731	5,1	0,4	-1,4	**0,3**	2,0	0,1
BG6	Snede2	173	2,000	5,2	0,4	-2,3	-0,1	**2,3**	0,0
BG6	Snede9	158	1,011	5,0	0,4	-0,1	-0,2	1,6	**-0,1**
BG6	Snede11	107	4,731	5,1	0,4	-0,9	0,2	1,6	**0,1**

15. Reacties

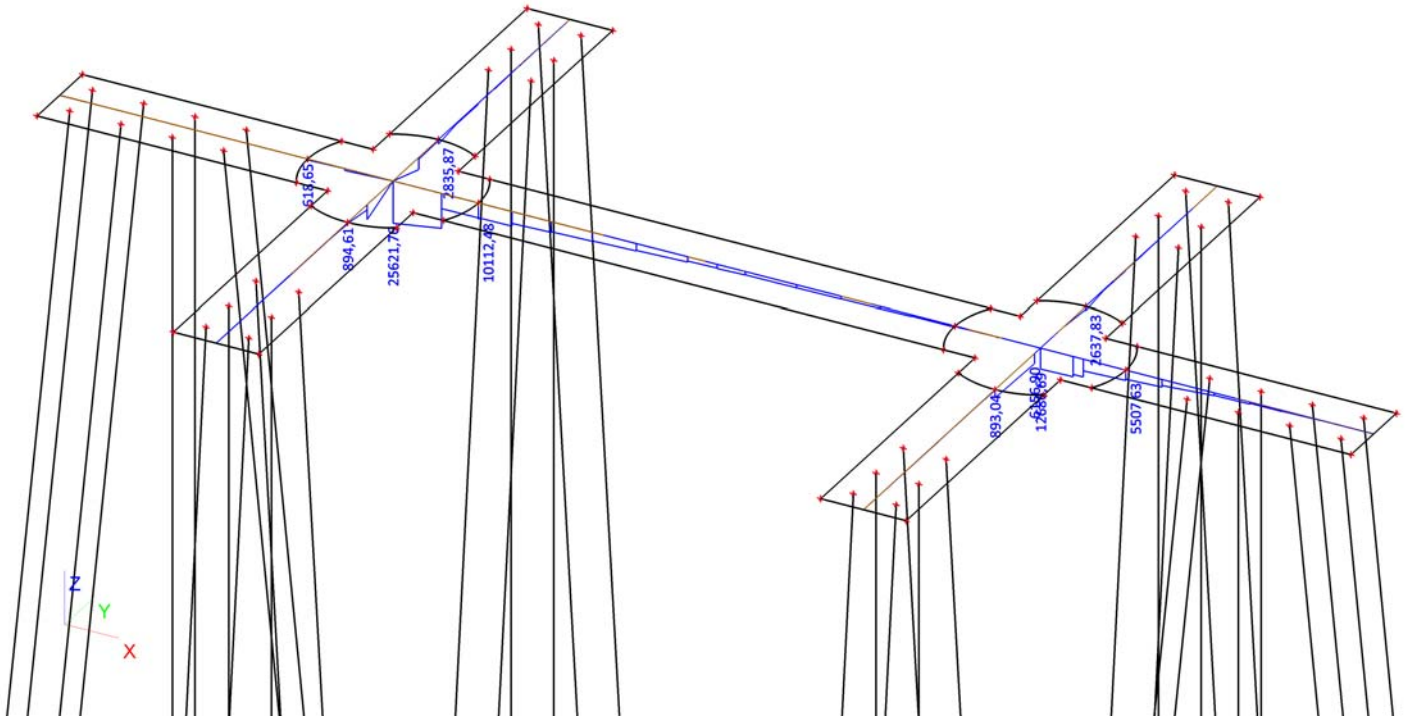
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

Steunpunt	BG	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Slb174/S14	Combi1/1	21,090	**-30,63**	0,00	-3,06	0,00	0,00	0,00
Slb172/S12	Combi1/1	21,090	**35,11**	0,00	-3,51	0,00	0,00	0,00
Slb200/S48	Combi2/2	21,090	0,02	**-53,95**	-5,39	0,00	0,00	0,00
Slb197/S45	Combi2/2	21,090	0,02	**59,20**	-5,92	0,00	0,00	0,00
Sn9/K81	Combi6/3		0,00	0,00	**-412,82**	0,00	0,00	0,00
Sn18/K138	Combi2/2		0,02	0,01	**1281,78**	0,00	0,00	0,00
Sn1/K48	Combi1/4		0,00	0,00	169,21	**0,00**	**0,00**	**0,00**

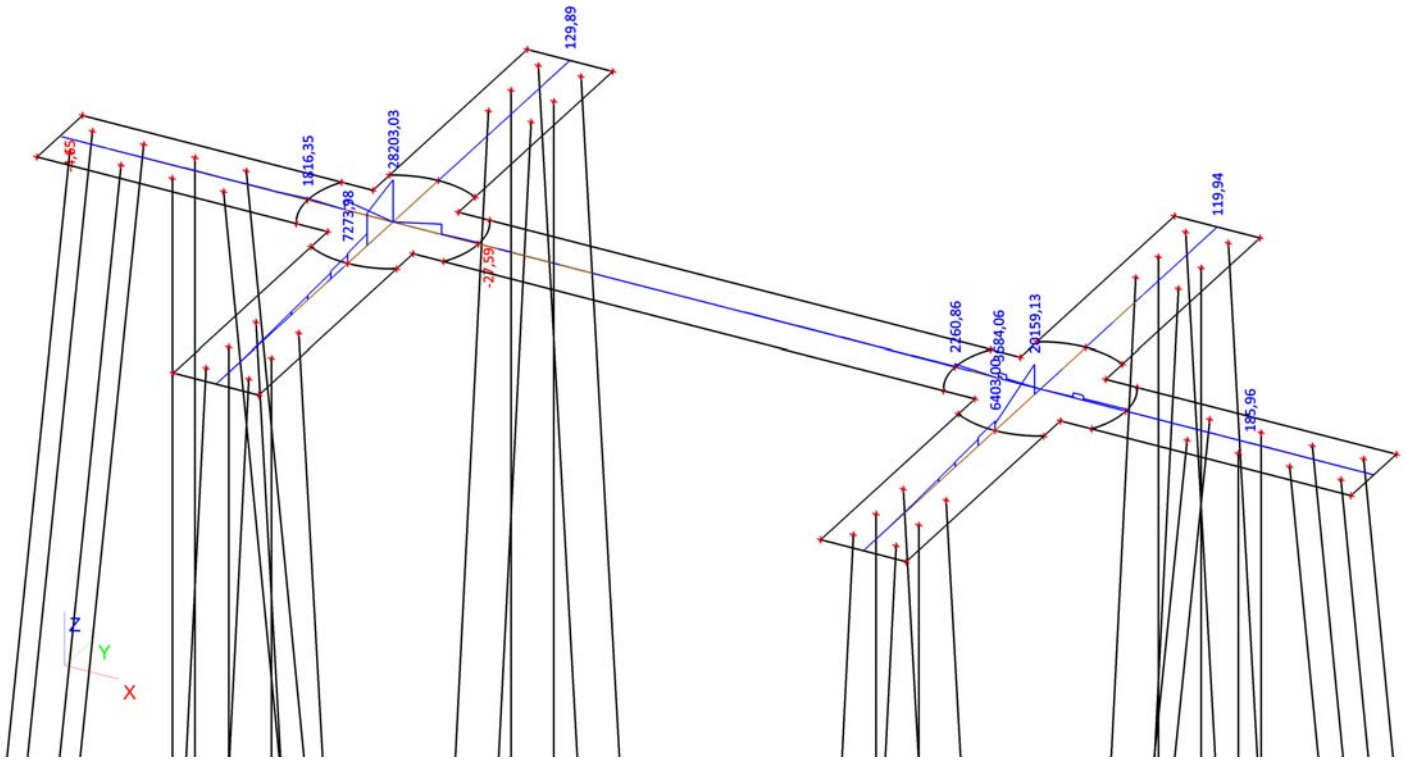
16. 2D element - Interne krachten; mxD+



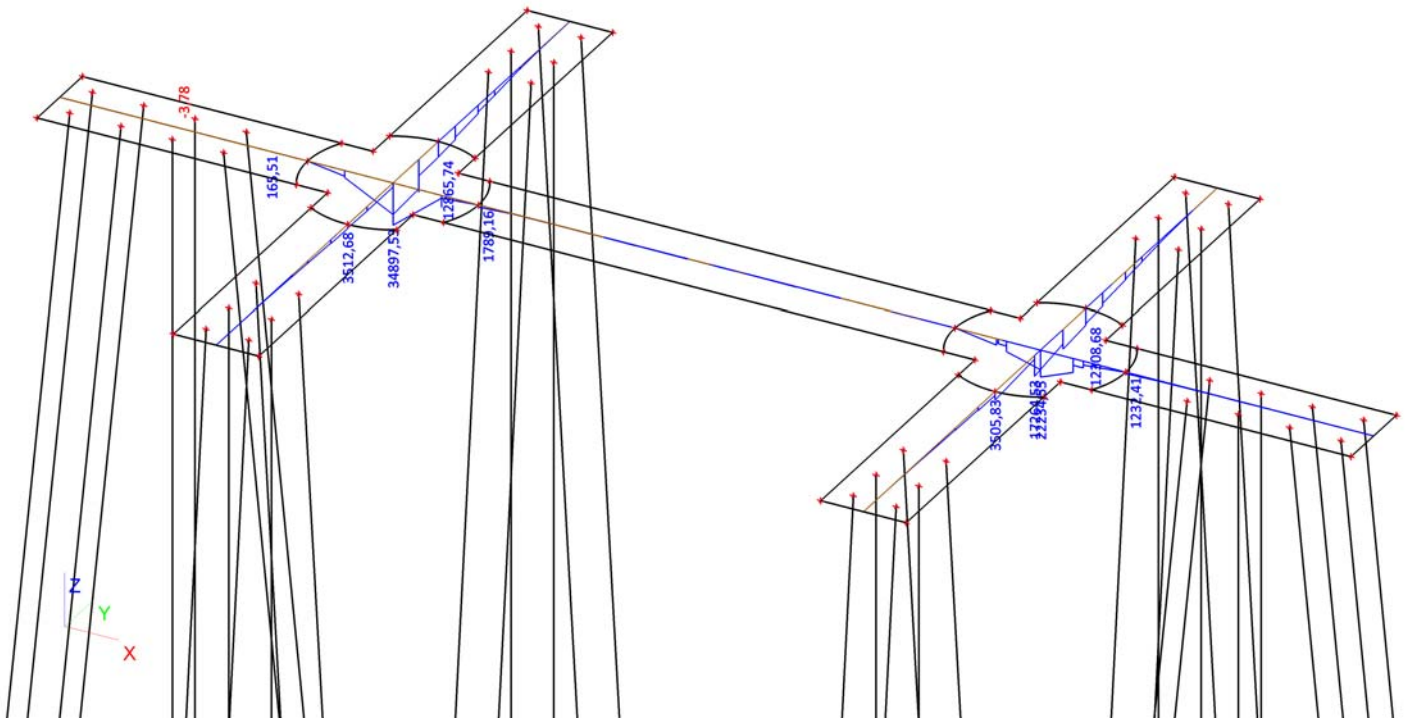
17. 2D element - Interne krachten; mxD-



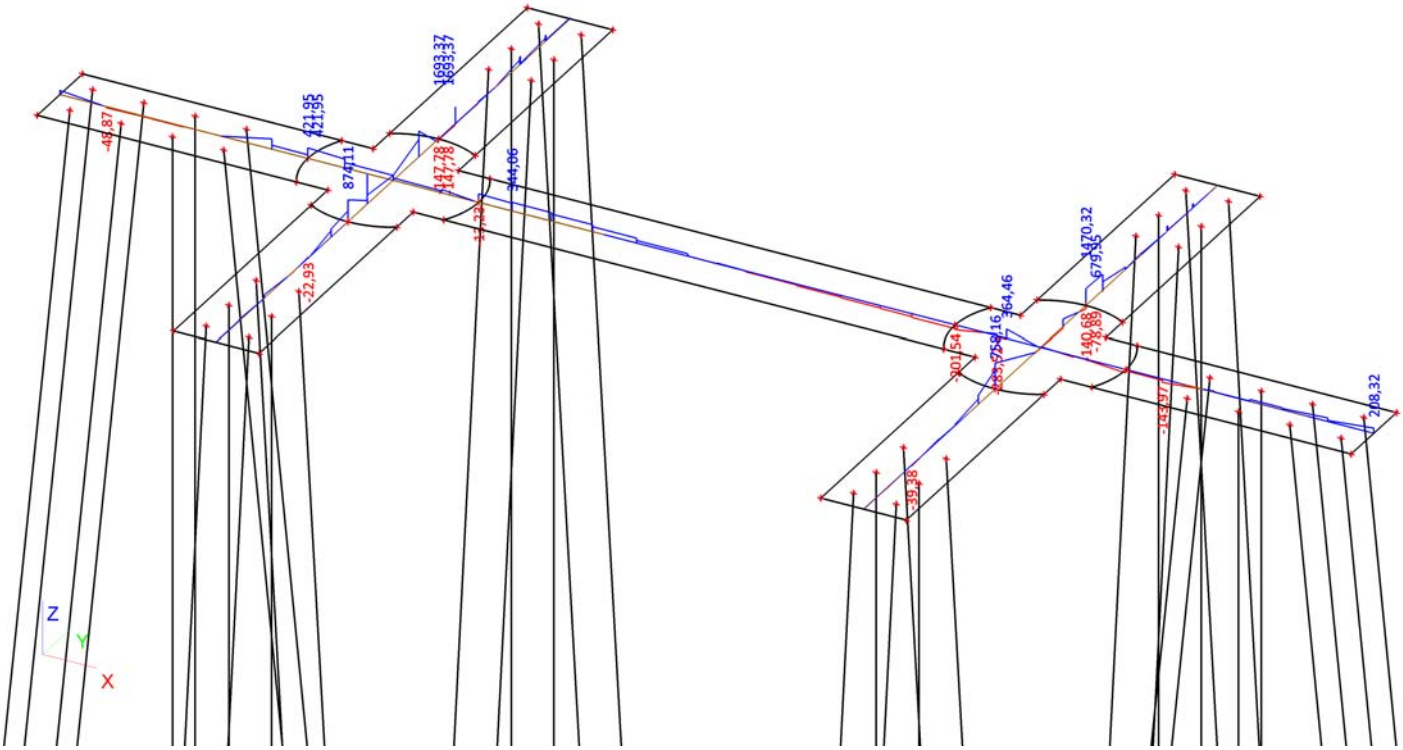
18. 2D element - Interne krachten; myD+



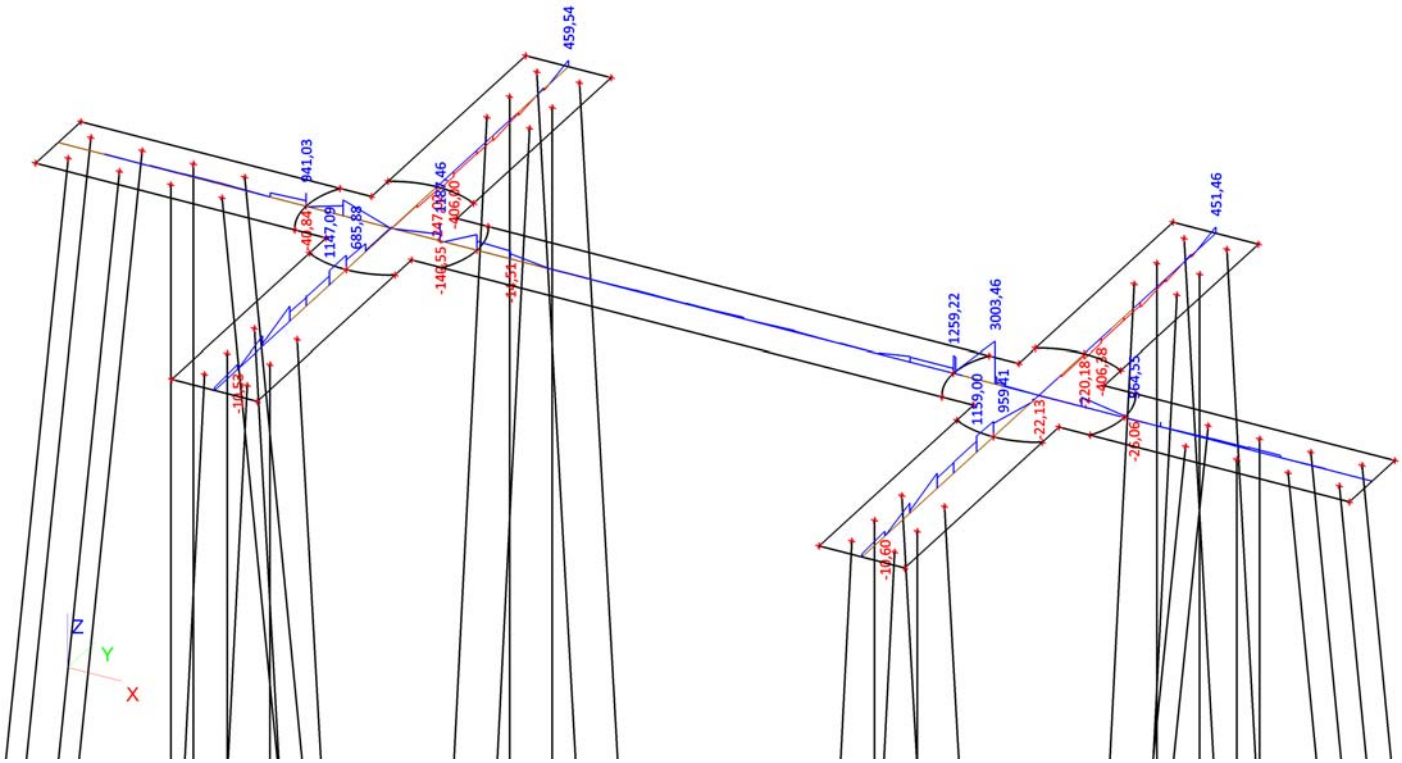
19. 2D element - Interne krachten; myD-



20. 2D element - Interne krachten; vx



21. 2D element - Interne krachten; vy



Constructieberekening mastfundatie type F

Project:
Randstad 380 Kv Noordring

Opdrachtgever:
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	19-07-2013	Eerste uitgave
01	06-08-2013	Definitief,. Tweede uitgave
02	02-10-2013	T.b.v. 3e uitgave

Documentnummer: R3N-OWR-0007

Opsteller	*Controleur*	*Vrijgever*
A.L.A. van Noort Constructeur	P. de Jager Ontwerpmanager	Arjan Hogenboom Project Manager

Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael Desmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

Inhoudsopgave

1. Inleiding *4*
1.1. Overzicht verschillende typen 4
1.1.1. Fundatietype A 5
1.1.2. Fundatietype B 5
1.1.3. Fundatietype C 6
1.1.4. Fundatietype D 6
1.1.5. Fundatietype F 7
1.2. Mastbeeld bij fundatie type F 8
1.3. Gerelateerde documenten 8
1.4. Openstaande punten 9
1.5. Revisiebeheer 9
2. Uitgangspunten en eisen *10*
2.1. Uitgangspunten 10
2.2. Gehanteerde normen 10
2.3. Eisen 10
2.4. Vermoeiing 10
2.5. Materiaalgegevens 10
2.5.1. Betonkwaliteiten 10
2.5.2. Milieuklasse *11*
2.5.3. Betondekking 11
2.5.4. Staalkwaliteiten 11
2.6. Veerconstante funderingspalen 11
3. Berekening poer type F *13*
3.1. Geometrie 13
3.2. Belastingen en belastingcombinaties 14
3.2.1. Belastingsfactoren 14
3.2.2. Belastingsgevallen 14
3.2.3. Belastingcombinaties 16
3.3. Wisselende belastingen en vermoeiing 17
3.4. Berekening fundering 20
4. Verbinding mast-fundering *20*
5. Berekening fundering *20*
6. Bijlagen *21*
Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde 22
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – Matige E-waarde 23

1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de mastfundaties. Dit betreft ook de masten welke ter plaatse van een OSP zijn gelokaliseerd. De overige onderdelen van de OSP's zijn in een afzonderlijk document berekend evenals de funderingspalen.

Dit rapport betreft poer F. Op poer F worden de volgende masttypen geplaatst: W2E350 + 5, W2E400, W2E350

De wapening wordt in het UO ontwerp uitgewerkt.

1.1. OVERZICHT VERSCHILLENDE TYPEN

Binnen het project komen verschillende typen masten voor.
De verschillen komen voort uit:

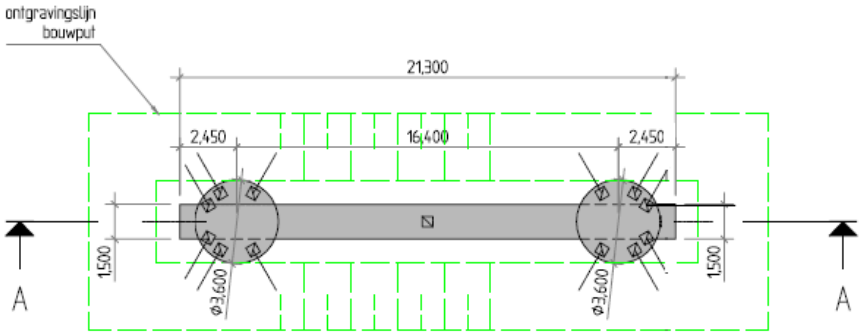
- aantal systemen dat een mastenpaar draagt, 2 systemen (2x380 kV) of 4 systemen (2x380 kV en 2x150 kV),
- de functie van de mast, Steunmast, Hoekmast of Eindmast,
- maximale veldlengte tussen masten 350 of 400 m,
- aanpassingen aan mast (b.v. +10 m extra hoogte).

Elke mast heeft een eigen belastingpatroon. Na analyse van de verschillende belastingen en geometrische eisen zijn er uiteindelijk 5 mastfundatie typen bepaal. Met deze 5 typen is er voor elke mast een geschikte fundatie beschikbaar.

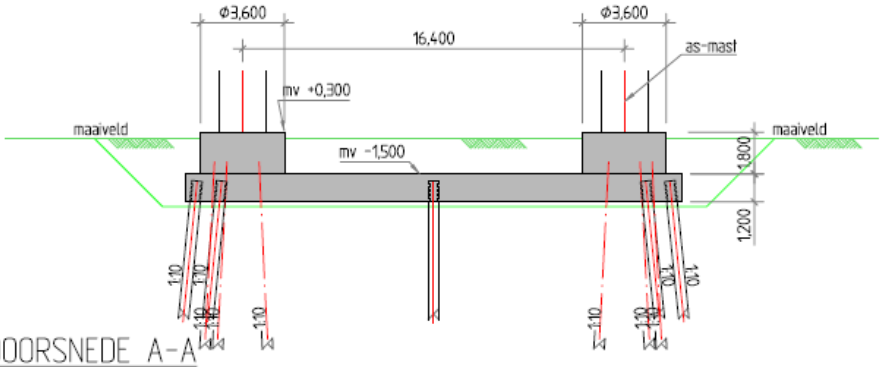
De fundatietypen zijn hieronder weergegeven.

1.1.1. FUNDATIETYPE A

Toegepast bij masttype:
- W2S400 + 5
- W2S350 + 5
- W2S400A+10



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

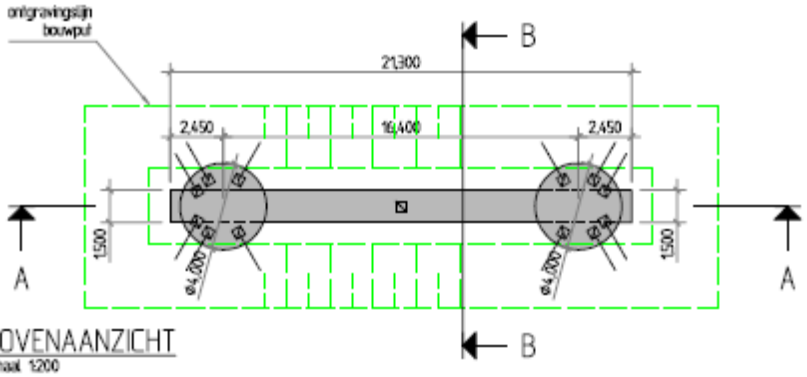


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

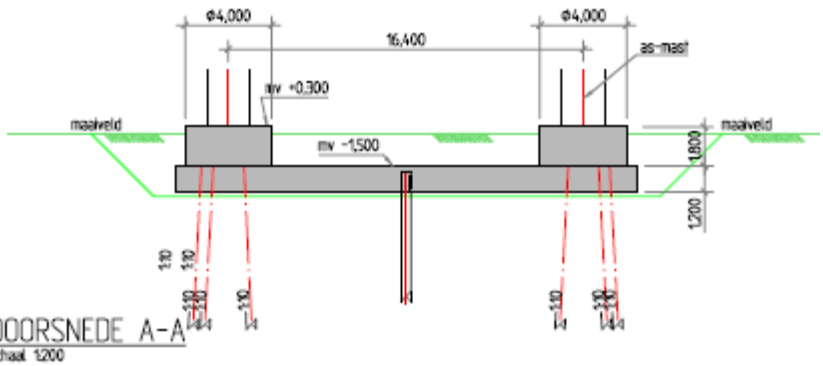
1.1.2. FUNDATIETYPE B

Toegepast bij masttype:
- W4S400Z + 5
- W2S400 + 24
- W2S400 + 24
- W4S400Z + 14

Opm: verschil met type A is diameter opstort.



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

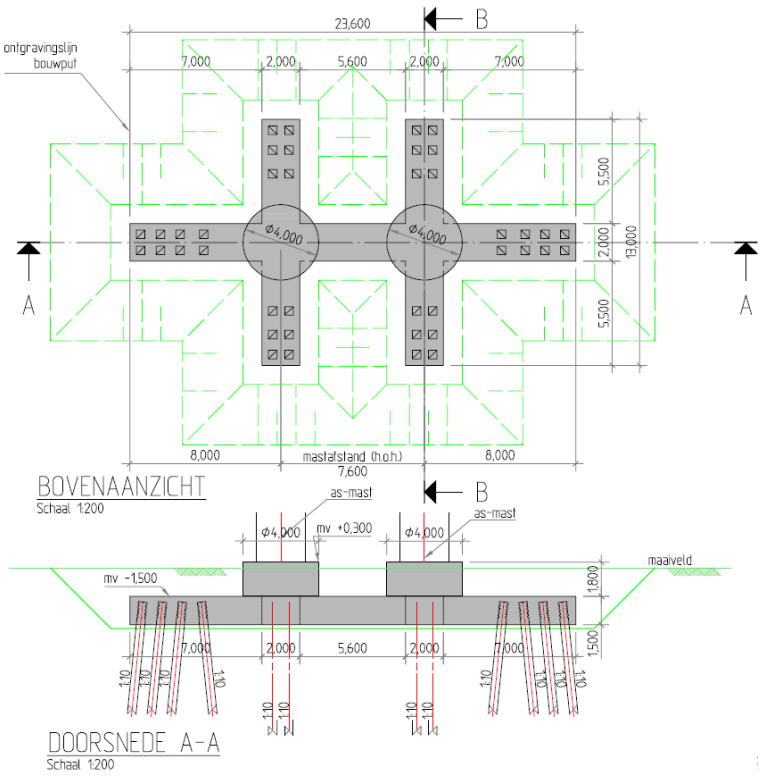


DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.1.3. FUNDATIETYPE C

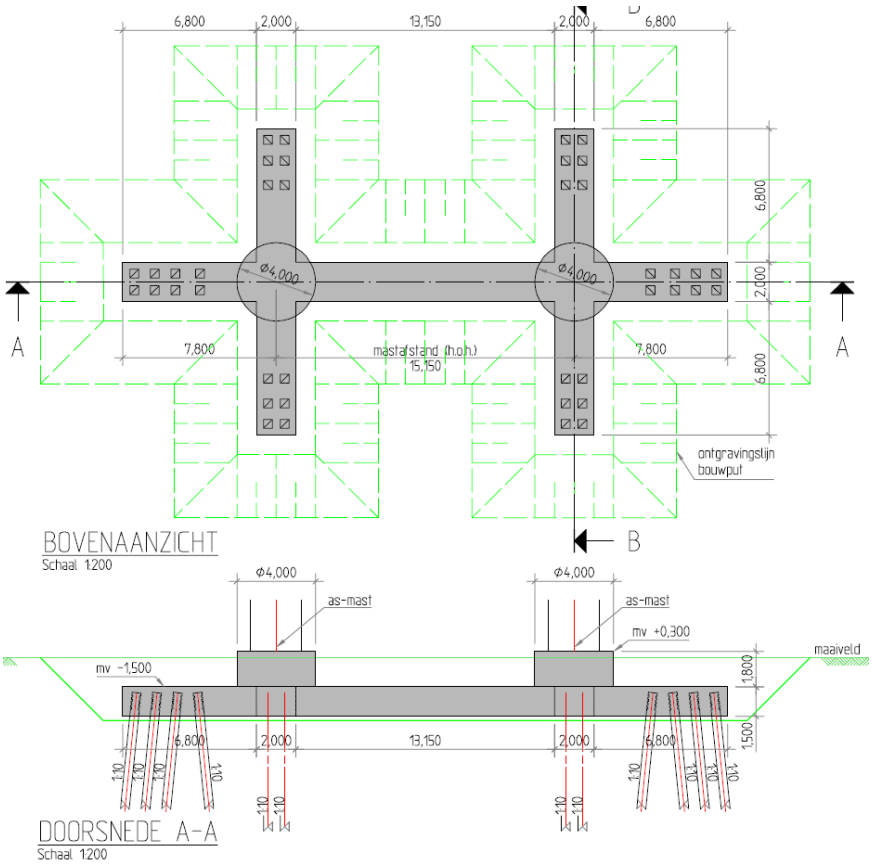
Toegepast bij masttype:
- W2H400 + 5
- W2H400 + 5
- W2H400 + 10
- W2H400 + 10 mast 133
- W2H400 + 15

Opm: mast 133 was in de oude nummering mast 82.



1.1.4. FUNDATIETYPE D

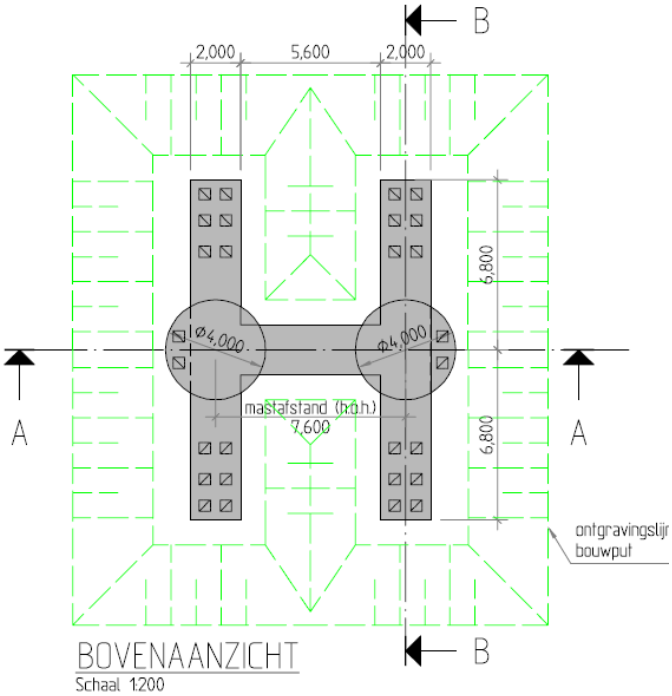
Toegepast bij masttype:
- W4H400Z + 5 (Afstap 150kV)
- W4H400Z +10 (Afstap 150kV)



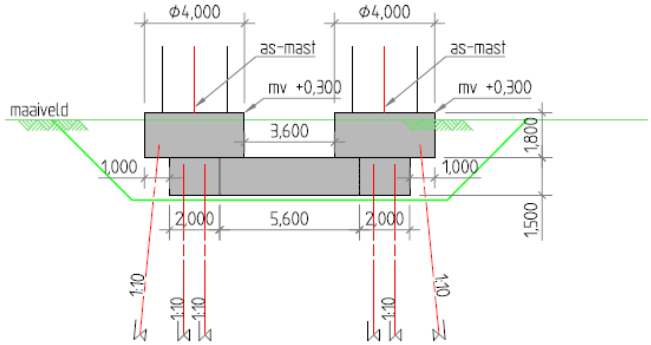
1.1.5. FUNDATIETYPE F

Toegepast bij masttype:

- W2E350 + 5
- W2E400
- W2E350

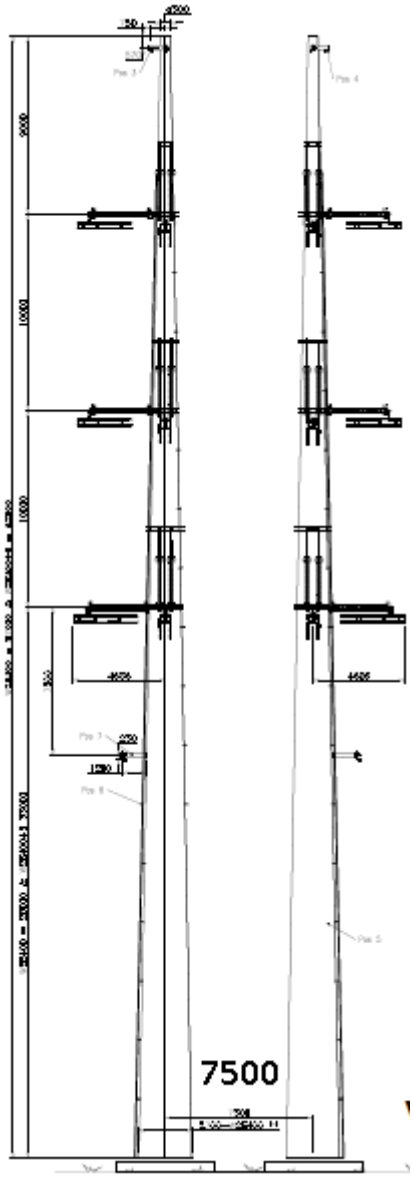


BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

1.2. MASTBEELD BIJ FUNDATIE TYPE F



De h.o.h. afstand van de masten bedraagt 7500 mm i.p.v. de in de berekening aangehouden 7600mm. Dit kleine verschil heeft voor de berekening geen invloed

1.3. GERELATEERDE DOCUMENTEN

R3N-OWN-0001 Ontwerpnota Systeem Noordring
R3N-OWR-0003 Constructieberekening mastfundaties type A
R3N-OWR-0004 Constructieberekening mastfundaties type B
R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C
R3N-OWR-0006 Constructieberekening mastfundaties type D
R3N-OWR-0007 Constructieberekening mastfundaties type F
R3N-OWR-0008 Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties
R3N-OWR-0033 Bepaling belastingen mastfundaties
R3N-OWR-0039 Bemalingsadvies beheersgebied Rijnland
R3N-OWR-0040 Bemalingsadvies beheersgebied Schieland en de Krimpenerwaard

1.4. OPENSTAANDE PUNTEN

De volgende punten dienen in een latere fase nader uitgewerkt te worden:

- Aarding
- Temperatuursinvloeden op fundering
- Model verbetyeren d.m.v. dummy elementen aan bovenzijde palen
- Invloed krimp op fundering
- Optimalisatie wapening
- Optimalisatie palen
- Detailontwerp prefab beton
- Afstand masten aanpassen van 7600mm naar 7500 mm

1.5. REVISIEBEHEER

Dit is de tweede uitgave. Er zijn nog vrijwel geen grondgegevens beschikbaar. Daarom is dit document voornamelijk bedoeld als ‘proof of concept’.

Aangepast in 3^{e} uitgave
Dit is de 3^{e} uitgave. In deze revisie is toegevoegd:

- Mastbeeld toegevoegd,
- Nadere uitwerking milieuklasse
- Masttype W2H400 + 15 was in het overzicht zowel bij poer type C als D genoemd. Mast komt op type C.
- Masttype W2S400A+10 ontbrak in het overzicht. Toegevoegd bij poertype A
- Toelichting koppeling mast met fundatie

2. UITGANGSPUNTEN EN EISEN

2.1. UITGANGSPUNTEN

Op de funderingen worden de lasten geplaatst zoals afgeleid in document R3N-OWR-0033 'Bepaling belasting mastfundaties'. Deze zijn afgeleid van de mastberekeningen zoals door TenneT beschikbaar gesteld.

2.2. GEHANTEERDE NORMEN

De eurocode serie NEN-EN-1990 tm 1997 wordt gehanteerd

NEN-EN50341

2.3. EISEN

De eisen zoals vermeld in ontwerpnota R3N-OWN-0001 §3 zijn gehanteerd bij het ontwerp.
Voor de masten gelden specifiek onderstaande eisen:

- De fundamenten van de staalconstructies ten behoeve van de masten worden gedimensioneerd op een maximale vervorming van 0.005 RAD onder representatieve waarden van de belastingen,
- Tot 1,5 m diepte mag de straalomtrek van de fundering niet groter zijn dan 1,0 m meer dan de straal van de mast,
- De ZRO-breedte tussen de (schoor)paalpunten en andere ondergrondse constructies van de masten is maximaal 2x 22 m voor de 2x 380kV (solo) verbinding en 2 x 27 m voor de 2 x 150 kV/380 kV (combi) verbinding.
- Tolerantie van mastlocatie naar buiten is 10 cm, tollerantie naar binnen is 0 cm.

2.4. VERMOEIING

De aan te leggen fundamenten worden gedimensioneerd op een vermoeiingsbelasting. De wisseling van belasting komt uit wind. Het aantal en de grote van de wisselingen gedurende 50 jaar is bepaald conform de ROK. De toetsingsprocedure van de constructie conform NEN-EN 1992-1-1:2005.

2.5. MATERIAALGEGEVENS

In onderstaande paragrafen worden de gehanteerde materiaaleigenschappen benoemd.

2.5.1. BETONKWALITEITEN

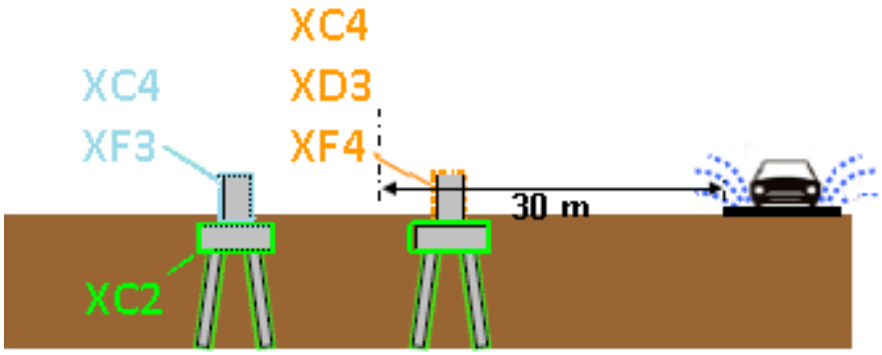
Voor het constructief beton worden bij de detaillering de volgende sterkteklassen aangehouden. De betonkwaliteit van de ronde opstort (C35/45) is voorgeschreven. Bij gescheurd beton wordt in eerste instantie gerekend met $E_{beton;gescheurd} \approx 1/3\ E_{beton;ongescheurd}$. Tevens is een ca. 2 x zo hoge E-modulus beschouwd.

Onderdeel	Sterkteklasse	Elasticiteitsmodulus [N/mm²]		
		ongescheurd	Gescheurd lage E	Gescheurd matige E
in het werk gestort gewapend beton:	C30/37	31.000	11.000	22.000
in het werk gestort gewapend beton, ronde opstort	C35/45	33.500		
geprefabriceerd beton (U-bakken):	C35/45	33.500		
geprefabriceerd voorgespannen beton (palen):	C45/55	36.000		

Tabel 2.5.1-1 Betonkwaliteiten

2.5.2. MILIEUKLASSE

Voor de betondelen welke meer dan 1,0 m onder maaiveld liggen geldt milieuklasse XC2
Voor de hoger gelegen betondelen is de milieuklasse afhankelijk van de aanwezigheid van openbare wegen. De wegen naar de OSP's zullen niet gestrooid worden en bovendien nauwelijks bereden worden, waardoor het wegspatten van water met dooizouten niet aan de orde is. De afstanden in onderstaande schets geldt voor snelwegen, bij ander wegen zou deze eventueel kleiner kunnen.



2.5.3. BETONDEKKING

Betondekking conform NEN EN 1992-1-1:2011

$$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\} \qquad (4.2)$$

waarin:

$c_{min,b}$	is de minimumdekking op basis van de aanhechtingseisen, zie 4.4.1.2 (3);
$c_{min,dur}$	is de minimumdekking op basis van de milieu-omstandigheden, zie 4.4.1.2 (5);
$\Delta c_{dur,\gamma}$	is een aanvullende veiligheidsmarge, zie 4.4.1.2 (6);
$\Delta c_{dur,st}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van roestvast staal, zie 4.4.1.2 (7);
$\Delta c_{dur,add}$	is een reductie van de minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming, zie 4.4.1.2 (8).

De verwachting is dat $c_{min;b}$ maatgevend wordt. Deze warade is afhankelijk van de staafdiameter, welk enog niet bekend is. Betondekking wordt in UO bepaald.

2.5.4. STAALKWALITEITEN

Voor het wapeningsstaal worden de volgende staalkwaliteiten aangehouden:

Omschrijving	Kwaliteit
betonstaal (staven)	B500 B

Tabel 2.5.2 Staalkwaliteiten

2.6. VEERCONSTANTE FUNDERINGSPALEN

De constructie wordt gefundeerd op prefab betonpalen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur in rapport R3N-OWR-0008.

In het model wordt gerekend met een verticale veerstijfheid van laag 90.000 kN/m

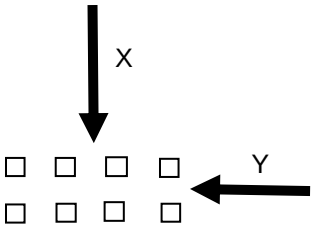
In de volgende tabellen worden deze gereduceerde beddingsconstanten gepresenteerd.

X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	[m+ NAP]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
Veen	-1.6	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-2.7	500	1,200	300	600
Veen	-5.1	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-6.0	800	1,800	400	900
Veen	-11.2	1,400	3,200	700	1,600
Zand	-12.1	13,600	30,600	6,900	15,600
Zand	-22.0	16,300	36,700	8,300	18,700

Tabel 6 - Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de X-richting

Y-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	[m+ NAP]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
Veen	-1.6	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-2.7	400	900	200	400
Veen	-5.1	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-6.0	600	1,300	300	700
Veen	-11.2	1,000	2,300	500	1,200
Zand	-12.1	9,800	22,100	5,000	11,300
Zand	-22.0	11,800	26,500	6,000	13,500

Tabel 7 - Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de Y-richting



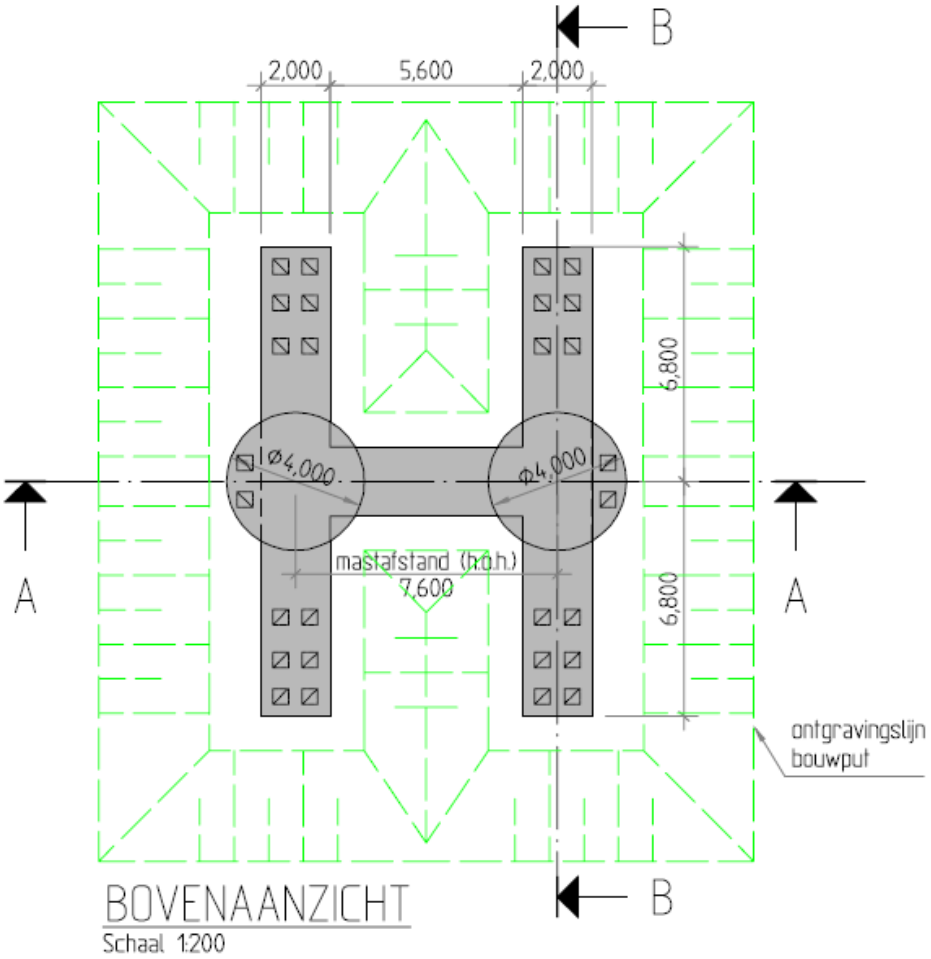
Figuur 3 Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting

Voor alle richtingen is steeds de lage waarde van de beddingsconstante aangehouden.

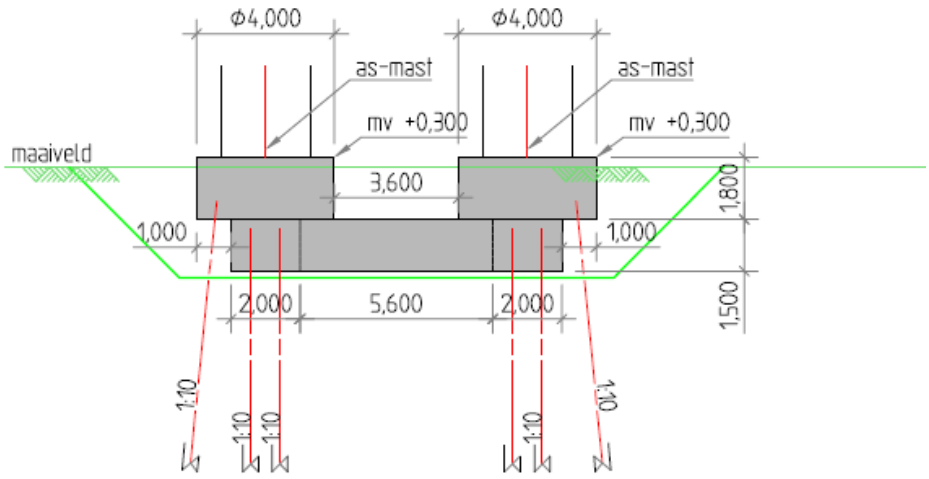
3. BEREKENING POER TYPE F

3.1. GEOMETRIE

De geometrie van de type F poeren is als volgt:



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200

3.2. BELASTINGEN EN BELASTINGCOMBINATIES

3.2.1. BELASTINGSFACTOREN

De belasting uit de poeren bestaat vooral uit lasten uit de mast cq lijnen. Deze lasten zijn, incl. partiële factoren gegeven door de opdrachtgever op basis van een rapport van KEMA.
Daarnaast zijn er lasten op de poeren zelf. Hiervoor geldt dat vergelijking 6.10 b van de EN 1990 maatgevend is. Gecombineerd met CC3 gelden de volgende partiële factoren:

γ_G (ongunstig)	=	1,3	
γ_G (gunstig)	=	0,9	(zie §3.2.2, op eigen gewicht fundering wordt factor 0,54 toegepast)
γ_Q	=	1,65	

Opm: De meeste lasten zijn door de klant incl de factoren gegeven. Bovenstaande factoren hebben dus alleen invloed op het eigen gewicht , grond en belastingen op maaiveld.

3.2.2. BELASTINGSGEVALLEN

Eigen gewichtpoer
Eigen gewicht van de betonconstructie wordt gegenereerd in het model. Er wordt gerekend met een eigengewicht voor beton van 2500 kg/m$^{3.}$

Omdat er ook trek op de palen komt, is eigen gewicht al snel een gunstige belasting (druk eenvoudiger op te nemen dan trek).Indien de poer zich onderwater bevindt zal er een opwaartse kracht gelijk aan het gewicht van het verplaatste water op de poer aanwezig zijn. Het effectieve gewicht van de poer reduceert hierdoor tot 1500 kg/m^3. Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 1350 kg/m^3. In totaal bedraagt de factor dan dus 1350/2500 = 0,54.

Eigen gewicht grond op poer
Op de poer ligt 1,5 m grond. Indien het grondwater lager ligt, is de last:
1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2

Bij waterstand gelijk aan 0,5m onder maaiveld niveau is de last:
0,5 * 17 + 1,0 * (17-10) = 15,5 kN/m^2

Inclusief partiële factor van 0,9 volgt 13,95 kN/m^2. In totaal bedraagt de factor dan dus 13,95/25,5 = 0,54.

Reken met droge grond en pas een partiële factor van 0,54 op eigen gewicht poer en grond toe in het geval deze gunstig werken.

Belastingen uit de mast
Zie rapport 'Afleiding belasting uit masten'.

Er wordt gerekend met de volgende, donker aangegeven ULS en SLS lasten uit het rapport. De overige lasten zijn met deze gevallen afgedekt.

Voor het variabele deel dat zijn oorsprong vindt in wind, wordt gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0

ULS

Mast	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W2E350+5	90 deg	1a	33589	4631	725	933	225
W2E350+5	90 deg	3	35789	3589	776	985	125
W2E350+5	-45 deg	1b	18592	1449	544	508	43
W2E400	90 deg	1a	34497	5038	819	940	235
W2E400	90 deg	3	37033	3864	877	1007	131
W2E400	45 deg	1b	18118	1547	614	489	45
W2E350	90 deg	1a	28011	3814	616	888	202
W2E350	90 deg	3	30575	2997	667	972	116
W2E350	45 deg	1b	16106	1260	462	507	42

SLS

Type	Wind	Loadcase	M_{langs}	M_{dwars}	N	V_{langs}	V_{dwars}
W2E350+5	0 deg	1b	21038	2595	604	591	91
W2E350+5	90 deg	1a	25824	4981	604	715	154
W2E350+5	90 deg	3	29952	4348	638	838	138
W2E400	0 deg	1b	20659	2688	682	573	91
W2E400	45 deg	1b	20800	2957	682	576	98
W2E400	90 deg	1a	26286	5362	682	715	161
W2E400	90 deg	3	30704	4640	721	847	143
W2E350	45 deg	1b	18150	2296	513	583	86
W2E350	90 deg	1a	21622	4034	513	684	139
W2E350	90 deg	1b	18412	2470	513	591	91
W2E350	90 deg	3	25542	3543	547	821	124

OPM: op de SLS last wordt voorlopig een extra factor van 1,4 geplaatst opdat deze lasten gelijk worden aan de lasten zoals opgenomen in rapport Volker Wessels Telecom.

Belastingen op maaiveld
Op het maaiveld wordt gerekend met een verdeelde last van 10 kN/m^2 . Er is geen stempellast op de fundering voorzien. Echter, door spreiding van een puntlast over een diepte van 1,5 m, zal een lastvlak van 2 (breedte balk) x 3 (2*1,5) = 6 m^2 ontstaan, waardoor bij 10 kN/m^2 dus ook een puntlast van 60 kN toelaatbaar is.

Voor deze belastingen wordt in de combinatie gerekend met:

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,7	0,5	0,3

3.2.3. BELASTINGCOMBINATIES

Belastingcombinaties in ULS conform vergelijking 6.10b van NEN EN 1990, waarbij:
0,7 * 1,65 = 1,16

En de belastingsfactoren voor de last uit de masten reeds in de ingevoerde belasting is meegenomen (factor 1,0 toegepast).

ULS

Belastinggeval	**Omschrijving**	**Combi 1**	**Combi 2**	**Combi 3**	**Combi 4**	**Combi 5**	**Combi 6**
1	Eigen gewicht	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
2	Grond	1,3	1,3	1,3	1,3	0,54	0,54
3	Belasting mast ULS 1	1,0		0,6		1,0	
4	Belasting mast ULS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	1,16	1,16	1,65	1,65		

SLS

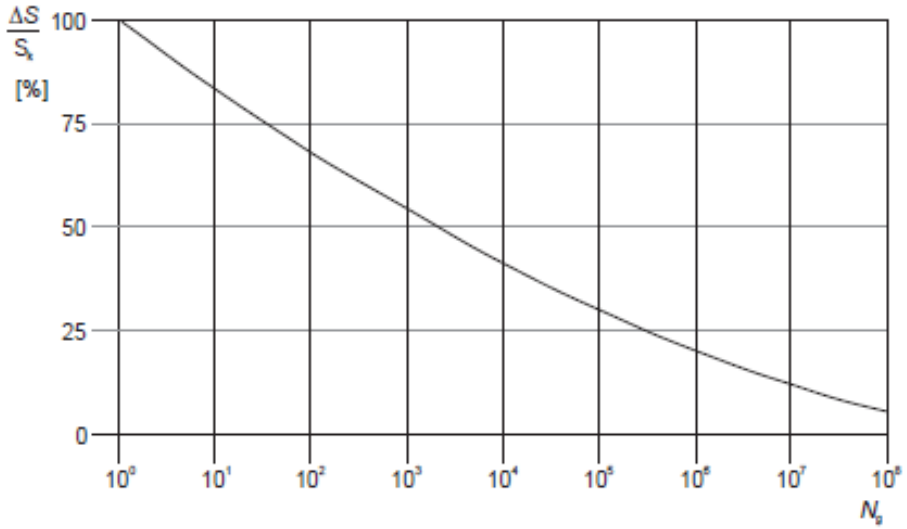
Belastinggeval	**Omschrijving**	**Combi 7**	**Combi 8**	**Combi 9**	**Comb i 10**	**Combi 11**	**Combi 12**
1	Eigen gewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
2	Grond	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
5	Belasting mast SLS 1	1,0		0,6		1,0	
6	Belasting mast SLS 2		1,0		0,6		1,0
7	Belasting op maaiveld	0,7	0,7	1,0	1,0		

3.3. WISSELENDE BELASTINGEN EN VERMOEIING

Door de wisselende belastingen van wind dient belasting door vermoeiing te worden meegenomen. Bij vermoeiing is het aantal wisselingen en de grootte van de wisseling van belang. In de NEN-EN 1991-1-4:2005 is in bijlage B.3 een figuur opgenomen waarin de verhouding tussen de grootte van de windlast en het aantal keren dat deze optreedt weergegeven.

B.3 Aantal belastingen voor dynamische respons

(1) Figuur B.3 geeft het aantal keren N_g dat de waarden ΔS van een windeffect worden bereikt of overschreden gedurende een periode van 50 jaar. ΔS wordt uitgedrukt in percentage van de waarde S_k, waar S_k het effect is van een windbelasting met een herhalingstijd van 50 jaar.



Figuur B.3 — Aantal windvlaagbelastingen N_g voor een effect $\Delta S/S_k$ gedurende een herhalingstijd van 50 jaar

De relatie wordt omschreven met de volgende uitdrukking

$$\frac{\Delta S}{S_k} = 0{,}7 \cdot (\log(N_g))^2 - 17{,}4 \cdot \log(N_g) + 100 \qquad (B.9)$$

Bij vermoeiing wordt bij een bepaald spanningsniveau het aantal wisselingen op dit spanningsniveau bepaald en vervolgens wordt dit vergeleken met het aantal toelaatbare wisselingen op dat spanningsniveau. Door dit voor de voorkomende spanningsniveaus te doen is de weerstand tegen vermoeiing te controleren.

In de ROK van RWS is bovenstaande verdeling gediscretiseerd tot onderstaande tabel:

Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)

ΔS / S_k (%)	n
100	1
98	1
90	8
75	90
61	900
48	9000
36	90000
25	900000
16	9000000
9	90000000

Van beton en wapeningsstaal is bekend hoeveel wisselingen bij een bepaald spanningsniveau toelaatbaar zijn. S_K is de spanning met een herhalingstijd van 50 jaar (de spanning waarop de constructie ontworpen is).

Met bovenstaande gegevens is te bepalen welke maximale spanning t.g.v. wind eens in de 50 jaar toelaatbaar is opdat de constructie ook voldoende weerstand tegen vermoeiing heeft.

Wapening

De totale schade van de belastingen dient volgens de beschadigingsregel van Miner kleiner dan 1 te zijn.
De toetsingsprocedure per wisseling conform NEN-EN 1992-1-1:2005, §6.8.4:
Voor de wapening is gekeken naar de toelaatbare spanning voor:

- Rechte staven
- Staven gebogen met een doordiameter 2,5*D
- Gelaste staven

Er volgt (zie berekening hieronder) dat voor gewone rechte staven er geen beperking is, echter gebogen of gelaste staven hebben de volgende spanningsbeperking:

Buigdoorn 2,5ø → 244 N/mm^2
Buigdoorn 5ø → 283 N/mm^2
Gelaste staven → 317 N/mm^2

Omdat bij de toetsing van vermoeiing een ULS toestand met veiligheid 1,0 wordt getoetst, is de spanning altijd minimaal een factor van ca. 1,3 lager dan de normale ULS toestanden.

Bij een toelaatbare spanning van 435 N/mm^2 in ULS volgt bij toetsing op vermoeiing een spanning van maximaal 335 N/mm^2. De toelaatbare spanningen bij vermoeiing zijn nog iets lager. Hier dient in de detaillering rekening mee gehouden te worden. Een toetsing achteraf zal volstaan.

Rechte staven

maximale gebruiksspanning			435	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			162,5	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	
	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	435	7275	0,000137
1	98	426	8048	0,000124
8	90	392	12320	0,000649
90	75	326	30656	0,002936
900	61	265	86133	0,010449
9000	48	209	285505	0,031523
90000	36	157	1394937	0,064519
900000	25	109	37137862	0,024234
9000000	16	70	2061565470	0,004366
90000000	9	39	365674259232	0,000246
			Totale schade	**0,139183665**

Staven gebogen met doorndiameter 2,5*D

maximale gebruiksspanning			244	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			67,4	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	244	1613	0,000620
1	98	239	1784	0,000560
8	90	220	2731	0,002929
90	75	183	6796	0,013243
900	61	149	19095	0,047134
9000	48	117	63292	0,142197
90000	36	88	266714	0,337440
900000	25	61	2466861	0,364836
9000000	16	39	136938283	0,065723
90000000	9	22	24289699180	0,003705
			Totale schade	**0,978388484**

Staven gebogen met doorndiameter 5*D

maximale gebruiksspanning			283	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			78,0	
		k1	5	
		k2	9	
		N*	1,00E+06	

	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	283	1591	0,000629
1	98	277	1760	0,000568
8	90	255	2694	0,002970
90	75	212	6702	0,013428
900	61	173	18832	0,047792
9000	48	136	62422	0,144181
90000	36	102	263044	0,342148
900000	25	71	2406099	0,374050
9000000	16	45	133565305	0,067383
90000000	9	25	23691410595	0,003799
			Totale schade	**0,996946687**

Gelaste staven

maximale gebruiksspanning			317	
Toelaatbare spanningswisseling bij N* wisselingen			58,5	
		k1	3	
		k2	5	
		N*	1,00E+07	

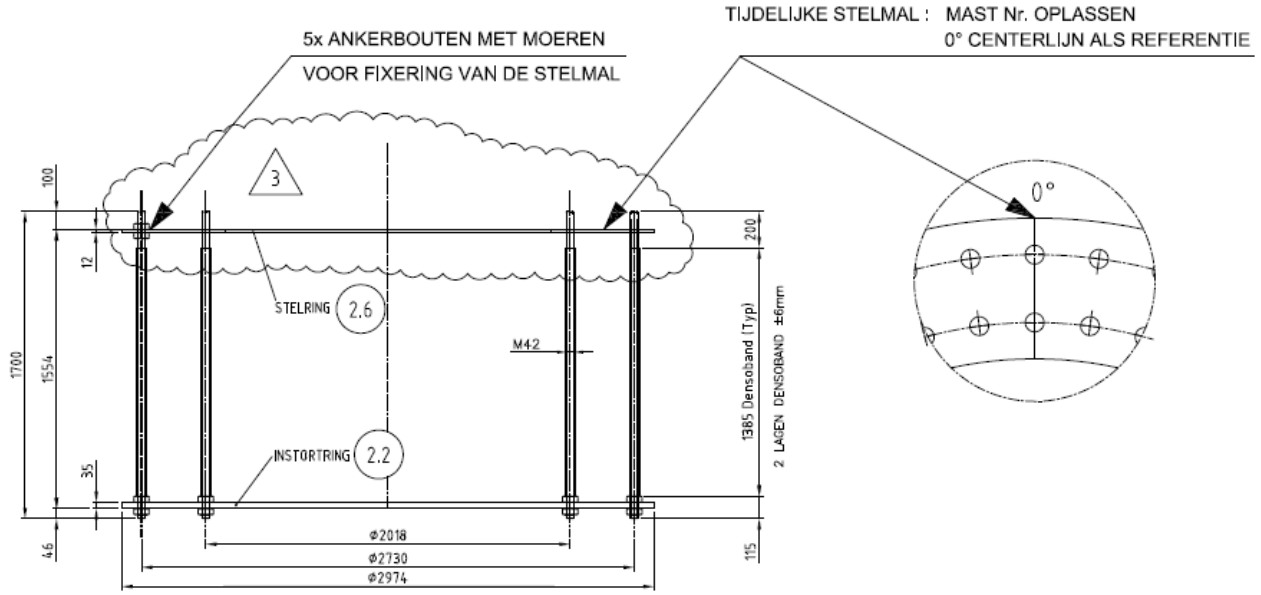
	ROK	Wisseling spanning	Toelaatbaar aantal	
aantal wisselingen	dS/S	wapening	wisselingen	Schade
[-]	[-]	[N/mm2]	[-]	[-]
1	100	317	62848	0,000016
1	98	311	66775	0,000015
8	90	285	86211	0,000093
90	75	238	148972	0,000604
900	61	193	276886	0,003250
9000	48	152	568285	0,015837
90000	36	114	1347046	0,066813
900000	25	79	4022257	0,223755
9000000	16	51	20411885	0,440920
90000000	9	29	362468668	0,248297
			Totale schade	**0,999600179**

3.4. BEREKENING FUNDERING

De poer is ingevoerd in ene SCIA engineer model. De resultaten zijn bijgesloten in de bijlage

4. VERBINDING MAST-FUNDERING

De masten worden verbonden met de fundering d.m.v. een ingestorte ankerkooi. Een ankerkooi is hieronder weergegeven



DETAIL VERANKERING

NOTA : ALLE RESTERENDE MOEREN EN ONDERLEGRINGEN WORDEN LOS MEEGELEVERD

Prepared by: LV Revision: 3 Date: 5-7-2011	Material: – Quantity: 2 Equipm. no.: W4E350	**VDL KTI**	Project No.: 36002 Workprep. No.: Pos. No.: ANKERK001

De ankers en platen zijn berekend door Volker Infra Design bij het ontwerp van de masten. De ankerkooi bevindt zich in de ronde opstort. De ronde opstort is d.m.v. stekken verbonden met de kruisvormige balken. De stekken worden in de UO fase berekend.

5. BEREKENING FUNDERING

De poer is ingevoerd in een SCIA engineer model.

Er zijn 2 modellen gedraaid:

Model 1: Lage gescheurde E modulus
Model 2: Matige gescheurde E modulus

6. BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitvoer SCIA Engineer – lage E-waarde

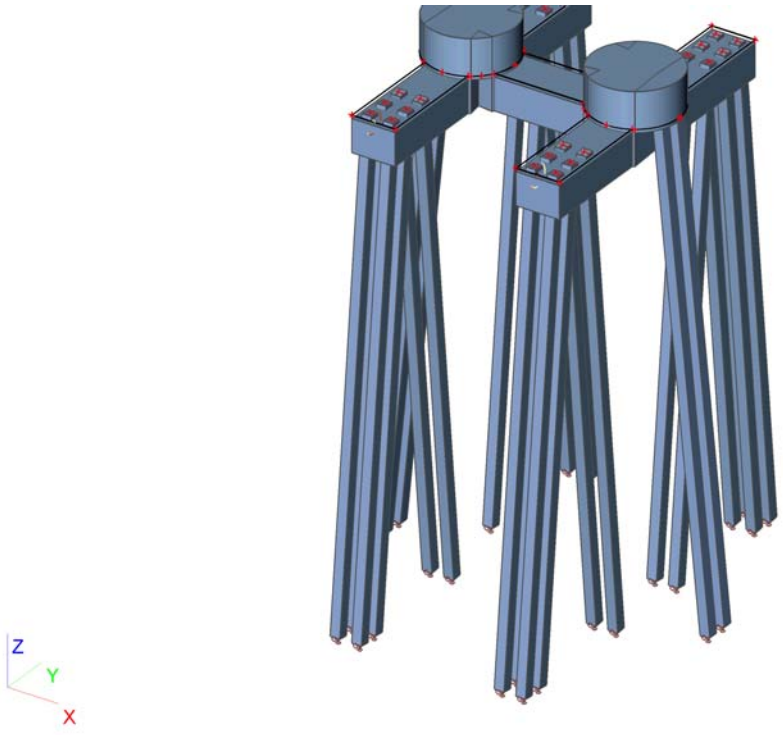
Bijlage 2 Uitvoer SCIA Engineer – Matige E-waarde

BIJLAGE 1 UITVOER SCIA ENGINEER – LAGE E-WAARDE

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	4
8. Subregio	4
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	5
11. Belastingsgevallen	9
11.1. Belastingsgevallen - BG1	9
11.1.1. Belasting grafisch	9
11.2. Belastingsgevallen - BG3	9
11.2.1. Vrije puntmomenten	10
11.2.2. Genereer vrije lasten	10
11.2.3. Belasting grafisch	11
11.3. Belastingsgevallen - BG2	11
11.3.1. Lasten op oppervlak	11
11.3.2. Belasting grafisch	12
11.4. Belastingsgevallen - BG4	12
11.4.1. Vrije puntmomenten	12
11.4.2. Genereer vrije lasten	12
11.4.3. Belasting grafisch	13
11.5. Belastingsgevallen - BG5	13
11.5.1. Vrije puntmomenten	13
11.5.2. Genereer vrije lasten	14
11.5.3. Belasting grafisch	14
11.6. Belastingsgevallen - BG6	15
11.6.1. Vrije puntmomenten	15
11.6.2. Genereer vrije lasten	15
11.6.3. Belasting grafisch	15
11.7. Belastingsgevallen - BG7	16
11.7.1. Lasten op oppervlak	16
11.7.2. Belasting grafisch	16
12. Combinaties	16
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	17
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	17
15. Reacties	17
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	18
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	19
18. 2D element - Interne krachten; myD+	19
19. 2D element - Interne krachten; myD-	20
20. 2D element - Interne krachten; vx	20
21. 2D element - Interne krachten; vy	21

2. Overzicht

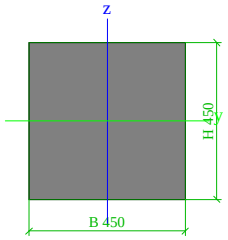


3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,1000e+04	0,2	4,5833e+03	0,00	30,00
C35/45	Beton	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K185	0,000	0,000	0,000
K186	0,000	5,070	0,000
K187	0,000	8,530	0,000
K188	-1,000	6,800	0,000
K189	0,000	13,600	0,000
K190	2,000	13,600	0,000
K191	2,000	8,530	0,000
K192	2,730	7,800	0,000
K193	2,410	8,210	0,000
K194	6,870	7,800	0,000
K195	7,600	8,530	0,000
K196	7,190	8,210	0,000
K197	7,600	13,600	0,000
K198	9,600	13,600	0,000
K199	9,600	8,530	0,000
K200	9,600	5,070	0,000
K201	10,600	6,800	0,000
K202	9,600	0,000	0,000
K203	7,600	0,000	0,000
K204	7,600	5,070	0,000
K205	6,870	5,800	0,000
K206	7,190	5,390	0,000
K207	2,730	5,800	0,000
K208	2,000	5,070	0,000
K209	2,410	5,390	0,000
K210	2,000	0,000	0,000
K211	1,000	8,800	0,000
K212	8,600	8,800	0,000
K213	1,000	4,800	0,000
K214	8,600	4,800	0,000
K215	3,000	6,800	0,000
K216	6,600	6,800	0,000
K217	2,088	5,126	0,000
K218	2,000	5,800	0,000
K219	2,674	5,712	0,000
K220	2,674	7,888	0,000
K221	2,000	7,800	0,000
K222	2,088	8,474	0,000
K223	7,600	7,800	0,000
K224	7,512	8,474	0,000
K225	6,926	7,888	0,000
K226	6,926	5,712	0,000
K227	7,600	5,800	0,000
K228	7,512	5,126	0,000
K229	9,689	8,475	0,000
K230	9,689	5,125	0,000
K231	10,597	6,905	0,000
K232	9,600	6,800	0,000
K233	-0,089	8,475	0,000
K234	0,000	6,800	0,000
K235	-0,089	5,125	0,000
K1	0,500	0,500	0,000
K236	0,500	-1,700	-19,000
K237	1,500	0,500	0,000
K238	1,500	-1,700	-19,000
K239	0,500	1,500	0,000
K240	0,500	-0,700	-19,000
K241	1,500	1,500	0,000
K242	1,500	-0,700	-19,000
K243	0,500	2,500	0,000
K244	0,500	4,700	-19,000
K245	1,500	2,500	0,000
K246	1,500	4,700	-19,000
K247	8,100	4,700	-19,000
K248	9,100	4,700	-19,000
K249	8,100	-0,700	-19,000
K250	9,100	-0,700	-19,000
K251	8,100	0,500	0,000
K252	8,100	-1,700	-19,000
K253	9,100	0,500	0,000
K254	9,100	-1,700	-19,000
K255	8,100	1,500	0,000
K256	9,100	1,500	0,000
K257	8,100	2,500	0,000
K258	9,100	2,500	0,000
K259	0,500	8,900	-19,000
K260	1,500	8,900	-19,000
K261	0,500	14,300	-19,000
K262	1,500	14,300	-19,000
K263	0,500	15,300	-19,000
K264	1,500	15,300	-19,000
K265	8,100	8,900	-19,000
K266	9,100	8,900	-19,000
K267	8,100	14,300	-19,000
K268	9,100	14,300	-19,000
K269	8,100	15,300	-19,000
K270	9,100	15,300	-19,000
K271	0,500	13,100	0,000
K272	1,500	13,100	0,000
K273	0,500	12,100	0,000
K274	1,500	12,100	0,000
K275	0,500	11,100	0,000
K276	1,500	11,100	0,000
K277	8,100	13,100	0,000
K278	9,100	13,100	0,000
K279	8,100	12,100	0,000
K280	9,100	12,100	0,000
K281	8,100	11,100	0,000
K282	9,100	11,100	0,000
K283	-0,500	6,300	0,000
K284	-2,700	6,300	-19,000
K285	-0,500	7,300	0,000
K286	-2,700	7,300	-19,000
K287	10,100	6,300	0,000
K288	12,300	6,300	-19,000
K289	10,100	7,300	0,000
K290	12,300	7,300	-19,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S58	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K1	K236	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S59	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K237	K238	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S60	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K239	K240	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S61	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K241	K242	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S62	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K243	K244	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S63	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K245	K246	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S64	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K251	K252	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S65	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K253	K254	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S66	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K255	K249	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S67	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K256	K250	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S68	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K257	K247	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S69	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K258	K248	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S70	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K271	K263	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S71	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K272	K264	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S72	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K273	K261	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S73	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K274	K262	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S74	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K275	K259	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S75	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K276	K260	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S76	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K277	K269	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S77	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K278	K270	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S78	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K279	K267	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S79	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K280	K268	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S80	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K281	K265	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S81	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K282	K266	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S82	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K283	K284	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S83	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K285	K286	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S84	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K287	K288	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S85	CS1 - Rechthoek (450; 450)	19,127	Lijn	K289	K290	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E3	C30/37	3300	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio11	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K187	Lijn
					K189	Lijn
					K190	Lijn
					K191	Cirkelboog
					K211	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio12	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K195	Lijn
					K197	Lijn
					K198	Lijn
					K199	Cirkelboog
					K212	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio13	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K186	Cirkelboog
					K213	
					K208	Lijn
					K210	Lijn
					K185	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio14	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K204	Cirkelboog
					K214	
					K200	Lijn
					K202	Lijn
					K203	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio15	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K207	Cirkelboog
					K215	
					K192	Lijn
					K194	Cirkelboog
					K216	
					K205	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio16	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K217	Lijn
					K218	Lijn
					K219	Cirkelboog
					K209	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio17	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K220	Lijn
					K221	Lijn
					K222	Cirkelboog
					K193	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio18	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K223	Lijn
					K224	Cirkelboog
					K196	
					K225	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio19	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K226	Lijn
					K227	Lijn
					K228	Cirkelboog
					K206	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio20	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K229	Cirkelboog
					K231	
					K230	Lijn
					K232	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio21	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K233	Lijn
					K234	Lijn
					K235	Cirkelboog
					K188	

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn1	K236	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K238	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K240	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K242	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5	K244	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6	K246	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn7	K247	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn8	K248	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K249	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K250	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K252	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12	K254	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13	K259	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K260	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15	K261	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16	K262	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn17	K263	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn18	K264	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn19	K265	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn20	K266	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn21	K267	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22	K268	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn23	K269	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn24	K270	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25	K284	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26	K286	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27	K288	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28	K290	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S58	Slb246 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb247 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb248 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb249 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb250 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb251 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb252 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb253 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb254 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb255 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb256 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb257 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb258 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb259 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb260 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb261 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb262 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb263 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb264 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb265 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb266 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb267 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S62	Slb268 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb269 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb270 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb271 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb272 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb273 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb274 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb275 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb276 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb277 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb278 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb279 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb280 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb281 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb282 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb283 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb284 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb285 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb286 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb287 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb288 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb289 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb290 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb291 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb292 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb293 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb294 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb295 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb296 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb297 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb298 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb299 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb300 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb301 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb302 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb303 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S69	Slb304 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb305 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb306 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb307 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb308 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb309 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb310 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb311 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb312 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb313 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb314 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb315 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb316 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb317 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb318 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb319 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb320 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb321 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb322 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb323 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb324 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb325 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb326 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb327 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb328 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb329 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb330 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb331 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb332 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb333 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb334 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb335 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb336 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb337 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb338 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb339 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S76	Slb340 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb341 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb342 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb343 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb344 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb345 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb346 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb347 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb348 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb349 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb350 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb351 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb352 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb353 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb354 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb355 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb356 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb357 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb358 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb359 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb360 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb361 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb362 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb363 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb364 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb365 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb366 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb367 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb368 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb369 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb370 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb371 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb372 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb373 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb374 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb375 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij

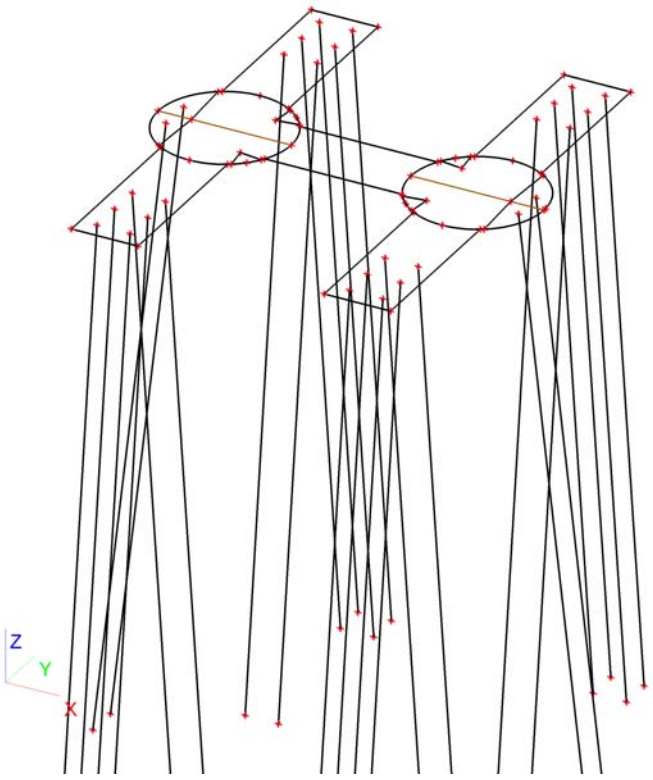
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S84	Slb376 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb377 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb378 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb379 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb380 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb381 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb382 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb383 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb384 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb385 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

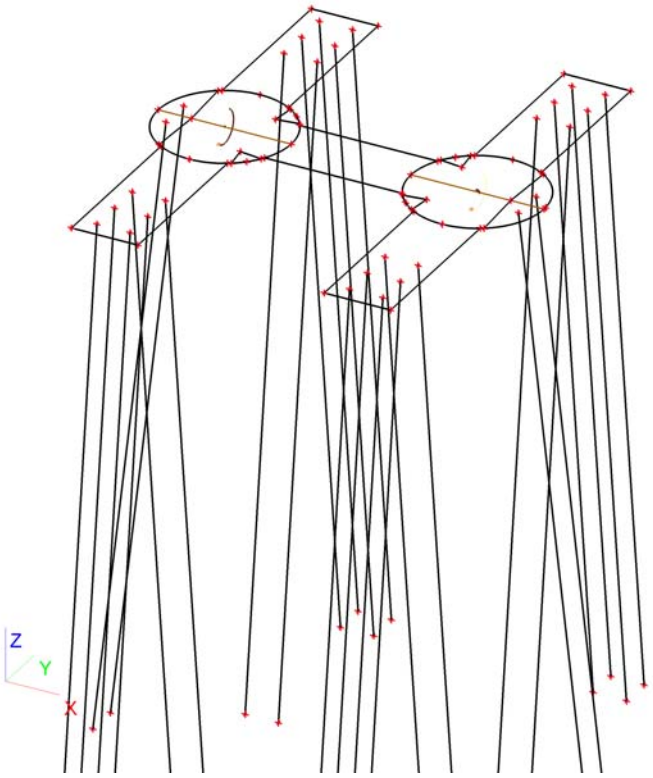
11.2.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	-33589,00	BG3 - ULS 1	1,000	6,800	0,000	1,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	-33589,00	BG3 - ULS 1	8,600	6,800	0,000	8,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	4631,00	BG3 - ULS 1	1,000	6,800	0,000	1,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	4631,00	BG3 - ULS 1	8,600	6,800	0,000	8,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	2379,15	BG3 - ULS 1	1,000	6,800	0,000	1,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	2379,15	BG3 - ULS 1	8,600	6,800	0,000	8,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	573,75	BG3 - ULS 1	1,000	6,800	0,000	-15,410	6,807	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	573,75	BG3 - ULS 1	8,600	6,800	0,000	-7,810	6,807	0,000	GCS

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF1	-725,00	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF2	-725,00	GCS Lengte
GFF5	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM6	2379,15	GCS Lengte
GFF6	BG3 - ULS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF3	933,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E3	X	Punt Kracht	FF5	225,00	GCS Lengte
GFF9	BG3 - ULS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF4	933,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E3	X	Punt Kracht	FF6	225,00	GCS Lengte
GFF25	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM7	573,75	GCS Lengte
GFF27	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM8	573,75	GCS Lengte
GFF41	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM1	-33589,00	GCS Lengte
GFF42	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM2	-33589,00	GCS Lengte
GFF43	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM3	4631,00	GCS Lengte
GFF44	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM4	4631,00	GCS Lengte
GFF45	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM5	2379,15	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



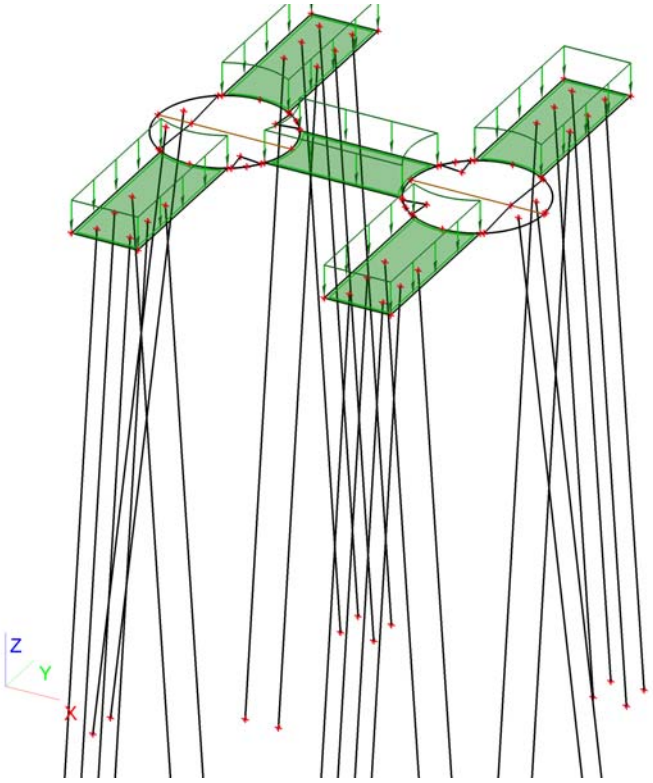
11.3. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG8	Standaard

11.3.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF8	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF9	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF10	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF11	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF12	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte

11.3.2. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.4.1. Vrije puntmomenten

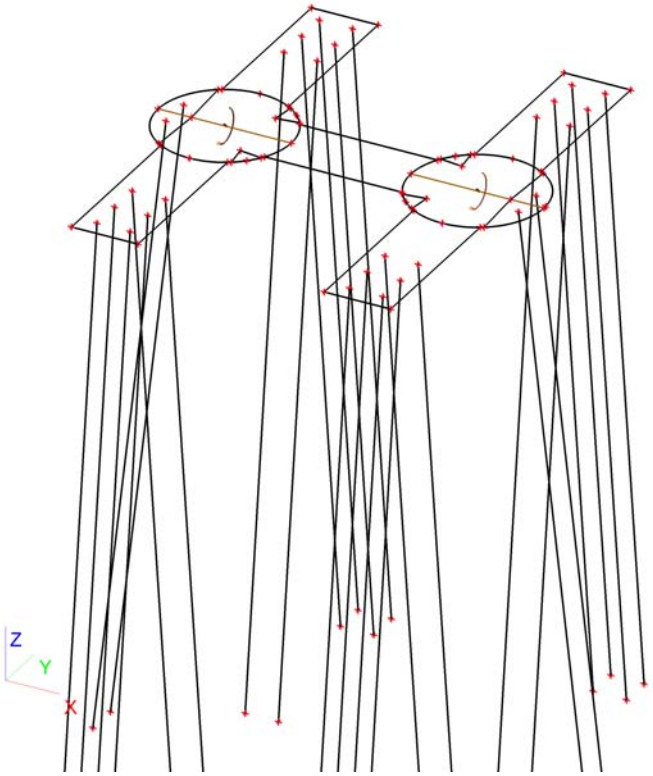
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	-37033,00	BG4 - ULS 2	1,000	6,800	0,000	2,253	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	-37033,00	BG4 - ULS 2	8,600	6,800	0,000	10,025	6,794	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	3864,00	BG4 - ULS 2	1,000	6,800	0,000	-13,975	6,794	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	3864,00	BG4 - ULS 2	8,600	6,800	0,000	-6,547	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	2567,85	BG4 - ULS 2	1,000	6,800	0,000	-15,400	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	2567,85	BG4 - ULS 2	8,600	6,800	0,000	-7,800	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	334,05	BG4 - ULS 2	1,000	6,800	0,000	-15,400	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	334,05	BG4 - ULS 2	8,600	6,800	0,000	-7,800	6,800	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF2	BG4 - ULS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF9	1007,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF7	-877,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM13	2567,85	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF8	-877,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM14	2567,85	GCS Lengte
GFF16	BG4 - ULS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF10	1007,00	GCS Lengte
GFF18	BG4 - ULS 2	E3	X	Punt Kracht	FF11	131,00	GCS Lengte
GFF19	BG4 - ULS 2	E3	X	Punt Kracht	FF12	131,00	GCS Lengte
GFF20	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM10	-37033,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF22	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM15	 334,05	GCS Lengte
GFF24	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM16	 334,05	GCS Lengte
GFF29	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM11	 3864,00	GCS Lengte
GFF31	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM12	 3864,00	GCS Lengte
GFF46	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM9	 -37033,00	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

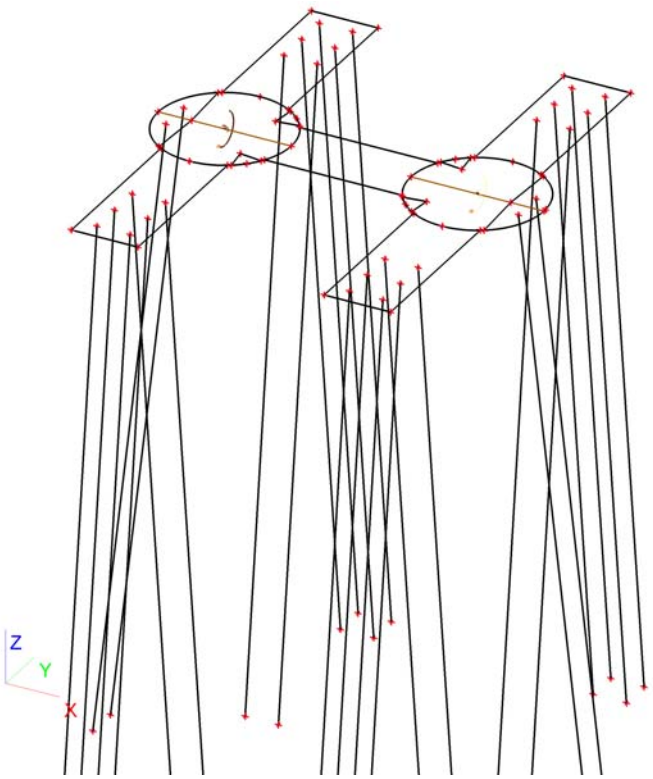
11.5.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-36800,40	BG5 - SLS 1	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-36800,40	BG5 - SLS 1	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	7506,80	BG5 - SLS 1	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	7506,80	BG5 - SLS 1	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	3023,79	BG5 - SLS 1	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	3023,79	BG5 - SLS 1	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	510,51	BG5 - SLS 1	1,000	6,800	0,000	-16,410	6,807	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	510,51	BG5 - SLS 1	8,600	6,800	0,000	-8,810	6,807	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM19	 7506,80	GCS Lengte
GFF8	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM17	 -36800,40	GCS Lengte
GFF11	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM18	 -36800,40	GCS Lengte
GFF17	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM20	 7506,80	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF13	-954,80	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF14	-954,80	GCS Lengte
GFF26	BG5 - SLS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF15	1001,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF16	1001,00	GCS Lengte
GFF30	BG5 - SLS 1	E3	X	Punt Kracht	FF17	225,40	GCS Lengte
GFF32	BG5 - SLS 1	E3	X	Punt Kracht	FF18	225,40	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM29	 3023,79	GCS Lengte
GFF40	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM30	 3023,79	GCS Lengte
GFF47	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM21	 2552,55	GCS Lengte
GFF48	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM22	 2552,55	GCS Lengte
GFF49	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM23	 2552,55	GCS Lengte
GFF50	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM24	 2552,55	GCS Lengte
GFF55	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM31	 510,51	GCS Lengte
GFF56	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM32	 510,51	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

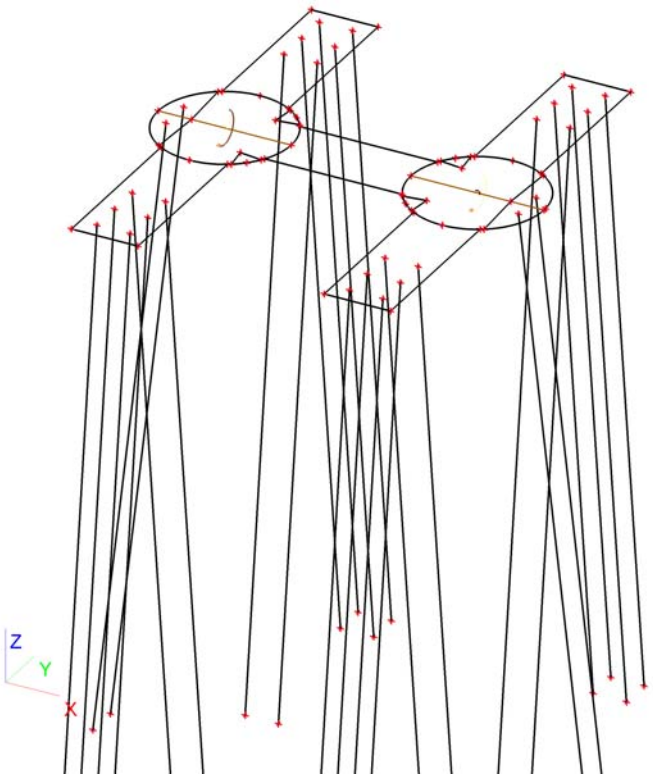
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-42985,60	BG6 - SLS 2	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-42985,60	BG6 - SLS 2	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	6496,00	BG6 - SLS 2	1,000	6,800	0,000	0,000	6,800	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	6496,00	BG6 - SLS 2	8,600	6,800	0,000	7,600	6,800	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF33	BG6 - SLS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF19	-1009,40	GCS Lengte
GFF34	BG6 - SLS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF20	-1009,40	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF21	1185,80	GCS Lengte
GFF36	BG6 - SLS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF22	1185,80	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E3	X	Punt Kracht	FF23	200,20	GCS Lengte
GFF39	BG6 - SLS 2	E3	X	Punt Kracht	FF24	200,20	GCS Lengte
GFF51	BG6 - SLS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM25	-42985,60	GCS Lengte
GFF52	BG6 - SLS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM26	-42985,60	GCS Lengte
GFF53	BG6 - SLS 2	E3	My	Punt Moment	FM27	6496,00	GCS Lengte
GFF54	BG6 - SLS 2	E3	My	Punt Moment	FM28	6496,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



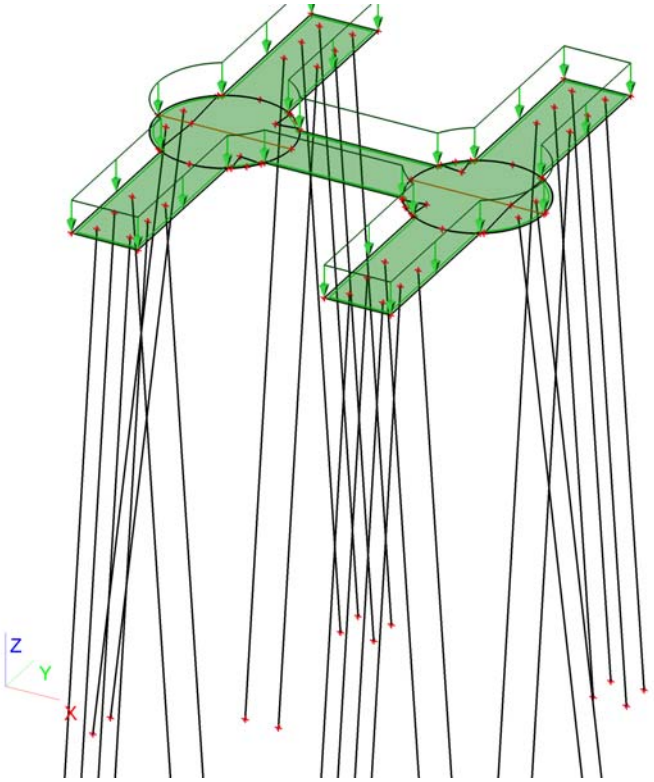
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m^2]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF7	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG5	Snede2	342	0,000	**3,0**	6,8	-2,9	-2,7	**1,1**	0,2
BG5	Snede1	1256	0,258	**3,2**	6,8	4,3	-2,7	1,5	-0,3
BG5	Snede1	110	4,000	3,2	**6,8**	-0,9	-2,7	1,3	-0,2
BG5	Snede2	229	2,048	3,0	**6,8**	-5,3	**-3,5**	1,5	0,2
BG5	Snede2	1207	4,000	3,0	6,8	**-7,7**	-2,7	1,3	0,2
BG5	Snede1	1256	0,000	3,2	6,8	**4,6**	**-2,7**	1,5	-0,3
BG5	Snede1	57	1,971	3,2	6,8	1,8	-3,5	**1,7**	-0,2
BG5	Snede1	1229	0,516	3,2	6,8	3,9	-2,8	1,5	**-0,3**
BG5	Snede2	1179	3,516	3,0	6,8	-7,1	-2,7	1,3	**0,3**

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

BG	Snede	elem	dx [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
BG6	Snede2	342	0,000	**2,2**	**8,3**	-2,6	-3,8	**0,7**	0,4
BG6	Snede1	57	1,971	**2,4**	8,4	0,3	-4,7	**1,1**	-0,5
BG6	Snede2	229	2,048	2,2	**8,4**	-4,1	**-4,8**	0,9	0,5
BG6	Snede2	1207	4,000	2,2	8,4	**-5,5**	-3,7	0,8	0,5
BG6	Snede1	1256	0,000	2,4	8,4	**2,2**	**-3,7**	1,0	-0,5
BG6	Snede1	1256	0,258	2,4	8,4	2,0	-3,8	1,0	**-0,5**
BG6	Snede2	1226	3,757	2,2	8,4	-5,3	-3,8	0,8	**0,5**

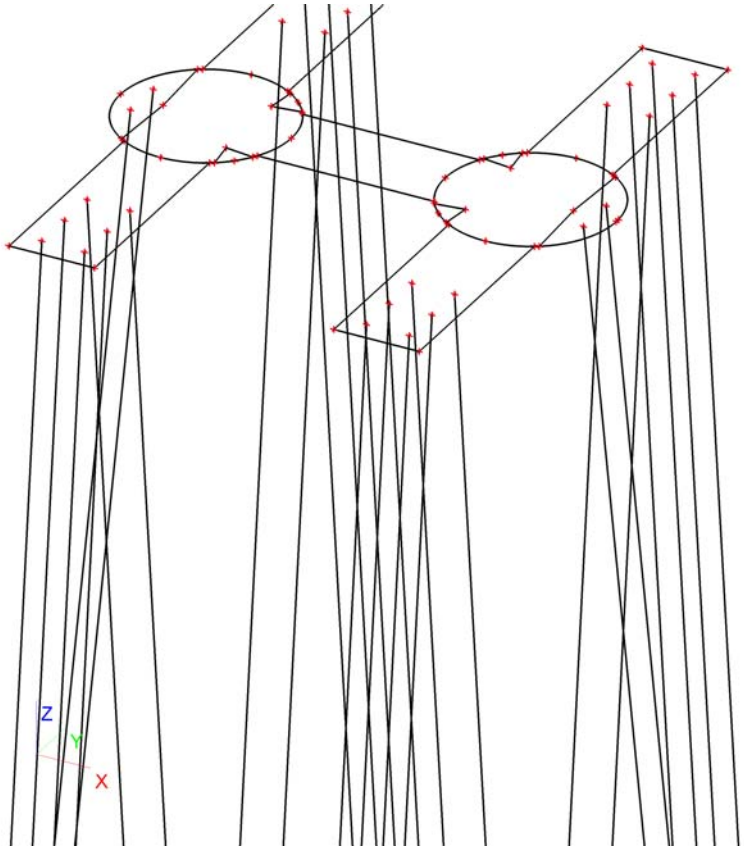
15. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

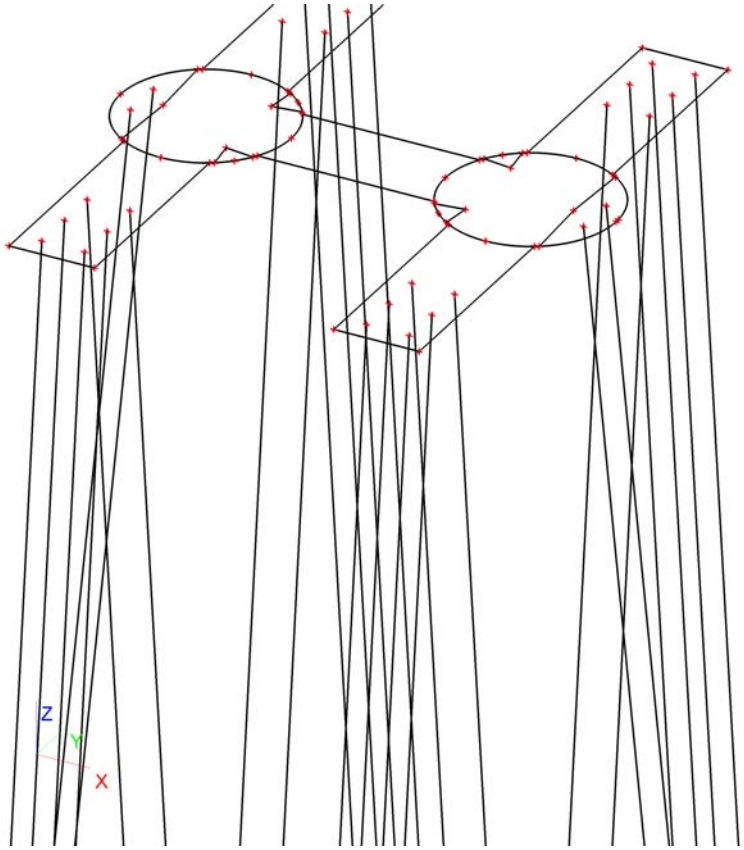
Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn28/K290	Combi1/1	**-108,27**	-0,24	835,50	0,00	0,00	0,00
Sn26/K286	Combi2/2	**61,24**	-0,25	475,94	0,00	0,00	0,00
Sn21/K267	Combi2/2	-0,05	**-135,87**	1045,75	0,00	0,00	0,00
Sn19/K265	Combi2/2	-0,06	**141,97**	**1097,02**	0,00	0,00	0,00
Sn3/K240	Combi6/3	-0,05	-61,47	**-467,04**	0,00	0,00	0,00
Sn27/K288	Combi4/4	-70,70	-0,15	547,73	**0,00**	0,00	0,00
Sn28/K290	Combi4/4	-87,83	-0,15	679,19	**0,00**	0,00	0,00
Sn2/K238	Combi3/5	-0,05	3,95	37,14	0,00	**0,00**	0,00

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn12/K254	Combi3/5	-0,05	5,30	47,43	0,00	**0,00**	0,00
Sn12/K254	Combi4/4	-0,03	0,71	12,37	0,00	0,00	**0,00**
Sn2/K238	Combi3/6	-0,01	42,50	331,71	0,00	0,00	**0,00**

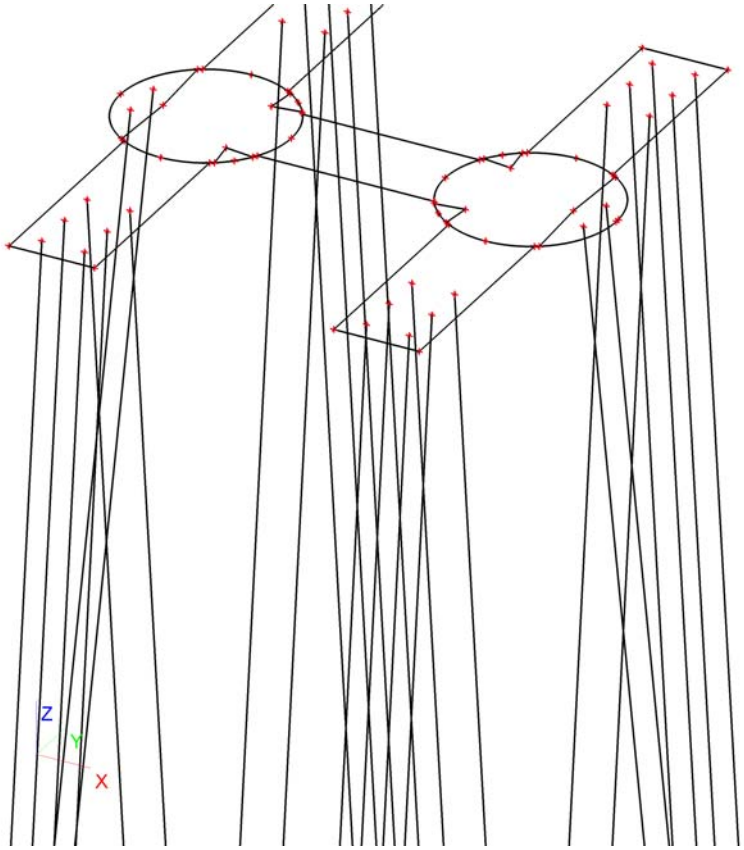
16. 2D element - Interne krachten; mxD+



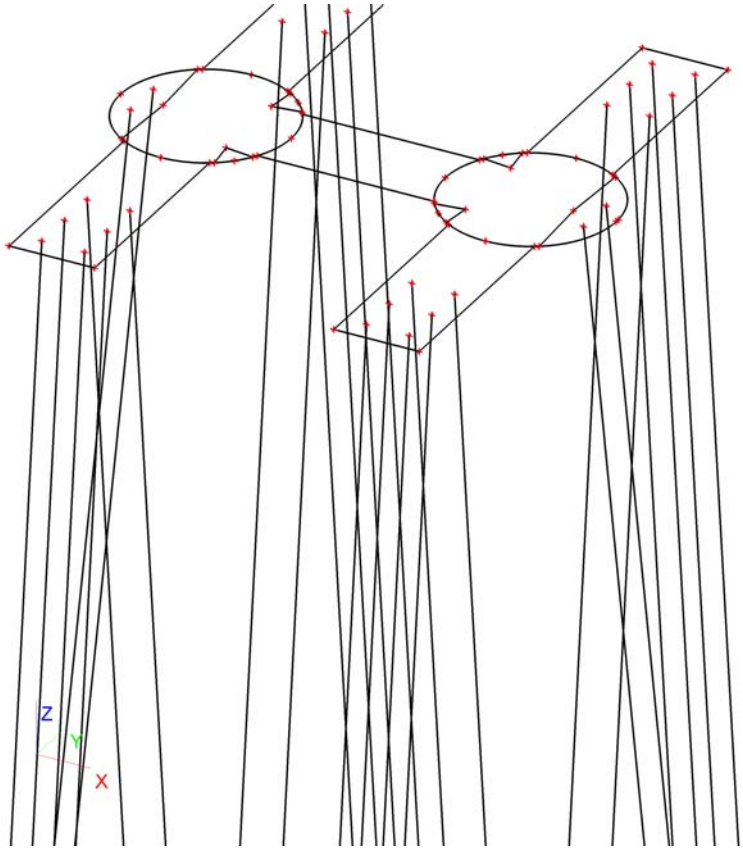
17. 2D element - Interne krachten; mxD-



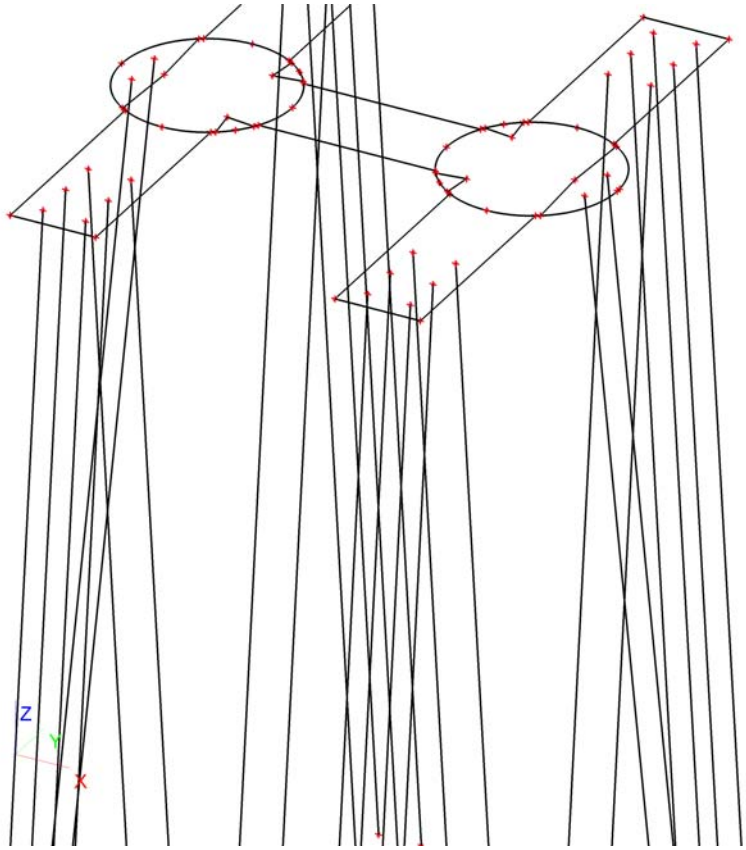
18. 2D element - Interne krachten; myD+



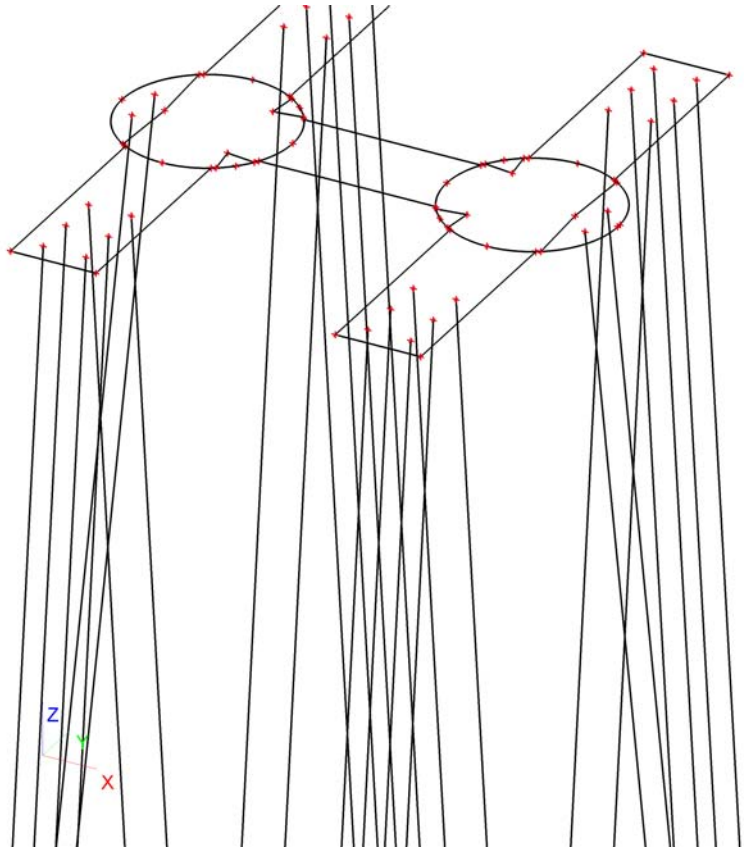
19. 2D element - Interne krachten; myD-



20. 2D element - Interne krachten; vx



21. 2D element - Interne krachten; vy

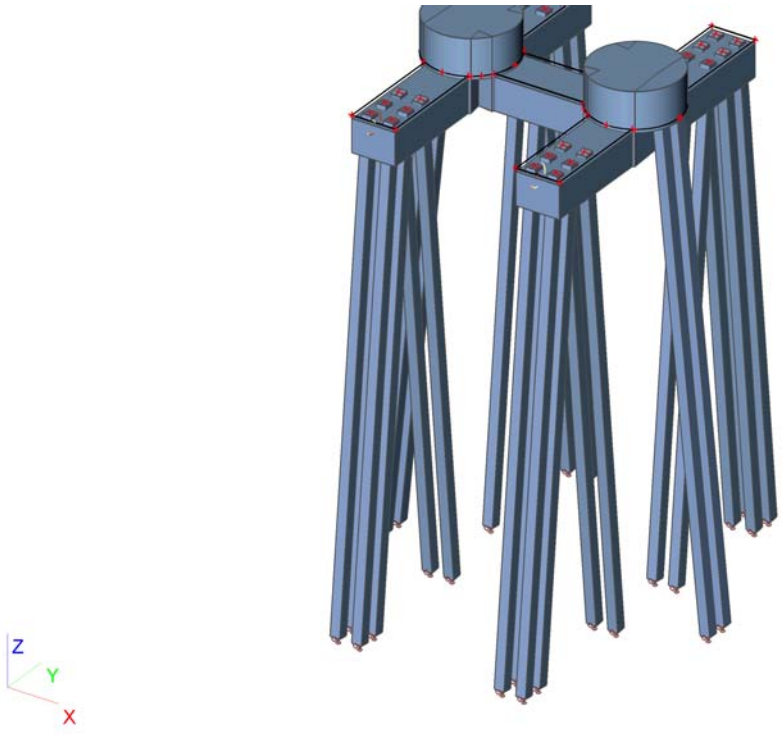


BIJLAGE 2 UITVOER SCIA ENGINEER – MATIGE E-WAARDE

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Overzicht	2
3. Materialen	2
4. Doorsneden	2
5. Knoop	3
6. 1D-staaf	3
7. 2D-element	4
8. Subregio	4
9. Knoopondersteuningen	4
10. Lijnondersteuning op staaf	5
11. Belastingsgevallen	9
11.1. Belastingsgevallen - BG1	9
11.1.1. Belasting grafisch	9
11.2. Belastingsgevallen - BG3	9
11.2.1. Vrije puntmomenten	10
11.2.2. Genereer vrije lasten	10
11.2.3. Belasting grafisch	11
11.3. Belastingsgevallen - BG2	11
11.3.1. Lasten op oppervlak	11
11.3.2. Belasting grafisch	12
11.4. Belastingsgevallen - BG4	12
11.4.1. Vrije puntmomenten	12
11.4.2. Genereer vrije lasten	12
11.4.3. Belasting grafisch	13
11.5. Belastingsgevallen - BG5	13
11.5.1. Vrije puntmomenten	13
11.5.2. Genereer vrije lasten	14
11.5.3. Belasting grafisch	14
11.6. Belastingsgevallen - BG6	15
11.6.1. Vrije puntmomenten	15
11.6.2. Genereer vrije lasten	15
11.6.3. Belasting grafisch	15
11.7. Belastingsgevallen - BG7	16
11.7.1. Lasten op oppervlak	16
11.7.2. Belasting grafisch	16
12. Combinaties	16
13. Verplaatsing van knopen SLS 1	17
14. Verplaatsing van knopen SLS 2	17
15. Reacties	17
16. 2D element - Interne krachten; mxD+	18
17. 2D element - Interne krachten; mxD-	18
18. 2D element - Interne krachten; myD+	19
19. 2D element - Interne krachten; myD-	19
20. 2D element - Interne krachten; vx	20
21. 2D element - Interne krachten; vy	20

2. Overzicht

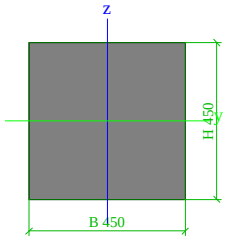


3. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	2,2000e+04	0,2	9,1667e+03	0,00	30,00
C35/45	Beton	2500,0	3,4100e+04	0,2	1,4208e+04	0,00	35,00

4. Doorsneden

Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	450; 450	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	Algemeen	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	



A [m²]	2,0250e-01	
A y, z [m²]	1,6875e-01	1,6875e-01
I y, z [m⁴]	3,4172e-03	3,4172e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	5,7655e-03
Wel y, z [m³]	1,5188e-02	1,5188e-02
Wpl y, z [m³]	2,2781e-02	2,2781e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	225	225
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	1,8000e+00	

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K185	0,000	0,000	0,000
K186	0,000	5,070	0,000
K187	0,000	8,530	0,000
K188	-1,000	6,800	0,000
K189	0,000	13,600	0,000
K190	2,000	13,600	0,000
K191	2,000	8,530	0,000
K192	2,730	7,800	0,000
K193	2,410	8,210	0,000
K194	6,870	7,800	0,000
K195	7,600	8,530	0,000
K196	7,190	8,210	0,000
K197	7,600	13,600	0,000
K198	9,600	13,600	0,000
K199	9,600	8,530	0,000
K200	9,600	5,070	0,000
K201	10,600	6,800	0,000
K202	9,600	0,000	0,000
K203	7,600	0,000	0,000
K204	7,600	5,070	0,000
K205	6,870	5,800	0,000
K206	7,190	5,390	0,000
K207	2,730	5,800	0,000
K208	2,000	5,070	0,000
K209	2,410	5,390	0,000
K210	2,000	0,000	0,000
K211	1,000	8,800	0,000
K212	8,600	8,800	0,000
K213	1,000	4,800	0,000
K214	8,600	4,800	0,000
K215	3,000	6,800	0,000
K216	6,600	6,800	0,000
K217	2,088	5,126	0,000
K218	2,000	5,800	0,000
K219	2,674	5,712	0,000
K220	2,674	7,888	0,000
K221	2,000	7,800	0,000
K222	2,088	8,474	0,000
K223	7,600	7,800	0,000
K224	7,512	8,474	0,000
K225	6,926	7,888	0,000
K226	6,926	5,712	0,000
K227	7,600	5,800	0,000
K228	7,512	5,126	0,000
K229	9,689	8,475	0,000
K230	9,689	5,125	0,000
K231	10,597	6,905	0,000
K232	9,600	6,800	0,000
K233	-0,089	8,475	0,000
K234	0,000	6,800	0,000
K235	-0,089	5,125	0,000
K1	0,500	0,500	0,000
K236	0,500	-1,700	-22,000
K237	1,500	0,500	0,000
K238	1,500	-1,700	-22,000
K239	0,500	1,500	0,000
K240	0,500	-0,700	-22,000
K241	1,500	1,500	0,000
K242	1,500	-0,700	-22,000
K243	0,500	2,500	0,000
K244	0,500	4,700	-22,000
K245	1,500	2,500	0,000
K246	1,500	4,700	-22,000
K247	8,100	4,700	-22,000
K248	9,100	4,700	-22,000
K249	8,100	-0,700	-22,000
K250	9,100	-0,700	-22,000
K251	8,100	0,500	0,000
K252	8,100	-1,700	-22,000
K253	9,100	0,500	0,000
K254	9,100	-1,700	-22,000
K255	8,100	1,500	0,000
K256	9,100	1,500	0,000
K257	8,100	2,500	0,000
K258	9,100	2,500	0,000
K259	0,500	8,900	-22,000
K260	1,500	8,900	-22,000
K261	0,500	14,300	-22,000
K262	1,500	14,300	-22,000
K263	0,500	15,300	-22,000
K264	1,500	15,300	-22,000
K265	8,100	8,900	-22,000
K266	9,100	8,900	-22,000
K267	8,100	14,300	-22,000
K268	9,100	14,300	-22,000
K269	8,100	15,300	-22,000
K270	9,100	15,300	-22,000
K271	0,500	13,100	0,000
K272	1,500	13,100	0,000
K273	0,500	12,100	0,000
K274	1,500	12,100	0,000
K275	0,500	11,100	0,000
K276	1,500	11,100	0,000
K277	8,100	13,100	0,000
K278	9,100	13,100	0,000
K279	8,100	12,100	0,000
K280	9,100	12,100	0,000
K281	8,100	11,100	0,000
K282	9,100	11,100	0,000
K283	-0,500	6,300	0,000
K284	-2,700	6,300	-22,000
K285	-0,500	7,300	0,000
K286	-2,700	7,300	-22,000
K287	10,100	6,300	0,000
K288	12,300	6,300	-22,000
K289	10,100	7,300	0,000
K290	12,300	7,300	-22,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [m]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S58	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K1	K236	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S59	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K237	K238	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S60	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K239	K240	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S61	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K241	K242	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S62	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K243	K244	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S63	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K245	K246	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S64	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K251	K252	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S65	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K253	K254	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S66	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K255	K249	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S67	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K256	K250	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S68	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K257	K247	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S69	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K258	K248	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S70	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K271	K263	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S71	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K272	K264	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S72	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K273	K261	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S73	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K274	K262	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S74	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K275	K259	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S75	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K276	K260	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S76	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K277	K269	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S77	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K278	K270	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S78	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K279	K267	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S79	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K280	K268	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S80	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K281	K265	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S81	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K282	K266	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S82	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K283	K284	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S83	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K285	K286	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S84	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K287	K288	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S85	CS1 - Rechthoek (450; 450)	22,110	Lijn	K289	K290	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
E3	C30/37	3300	konstant	vloer (90)	Laag1

8. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio11	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K187	Lijn
					K189	Lijn
					K190	Lijn
					K191	Cirkelboog
					K211	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio12	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K195	Lijn
					K197	Lijn
					K198	Lijn
					K199	Cirkelboog
					K212	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio13	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K186	Cirkelboog
					K213	
					K208	Lijn
					K210	Lijn
					K185	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio14	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K204	Cirkelboog
					K214	
					K200	Lijn
					K202	Lijn
					K203	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio15	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Onder	0		1500	K207	Cirkelboog
					K215	
					K192	Lijn
					K194	Cirkelboog
					K216	
					K205	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio16	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K217	Lijn
					K218	Lijn
					K219	Cirkelboog
					K209	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio17	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K220	Lijn
					K221	Lijn
					K222	Cirkelboog
					K193	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio18	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K223	Lijn
					K224	Cirkelboog
					K196	
					K225	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio19	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K226	Lijn
					K227	Lijn
					K228	Cirkelboog
					K206	

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio20	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K229	Cirkelboog
					K231	
					K230	Lijn
					K232	Lijn

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Regio21	E3	C30/37	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Boven	0		1800	K233	Lijn
					K234	Lijn
					K235	Cirkelboog
					K188	

9. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn1	K236	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2	K238	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3	K240	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4	K242	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5	K244	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6	K246	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Stijfheid Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn7	K247	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn8	K248	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9	K249	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10	K250	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11	K252	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12	K254	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13	K259	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14	K260	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15	K261	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16	K262	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn17	K263	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn18	K264	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn19	K265	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn20	K266	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn21	K267	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22	K268	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn23	K269	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn24	K270	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25	K284	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26	K286	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27	K288	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28	K290	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	9,0000e+01	Vrij	Vrij	Vrij

10. Lijnondersteuning op staaf

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S58	Slb246 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb247 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb248 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb249 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S58	Slb250 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb251 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb252 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb253 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb254 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S59	Slb255 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb256 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb257 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb258 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb259 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S60	Slb260 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb261 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb262 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb263 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb264 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S61	Slb265 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb266 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb267 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S62	Slb268 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb269 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S62	Slb270 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb271 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb272 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb273 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb274 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S63	Slb275 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb276 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb277 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb278 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb279 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S64	Slb280 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb281 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb282 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb283 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb284 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S65	Slb285 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb286 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb287 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb288 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb289 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S66	Slb290 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb291 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb292 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb293 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb294 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S67	Slb295 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb296 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb297 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb298 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb299 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S68	Slb300 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb301 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb302 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb303 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S69	Slb304 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S69	Slb305 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb306 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb307 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb308 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb309 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S70	Slb310 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb311 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb312 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb313 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb314 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S71	Slb315 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb316 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb317 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb318 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb319 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S72	Slb320 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb321 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb322 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb323 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb324 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S73	Slb325 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb326 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb327 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb328 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb329 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S74	Slb330 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb331 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb332 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb333 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb334 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S75	Slb335 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb336 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb337 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb338 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S76	Slb339 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij

Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S76	Slb340 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb341 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb342 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb343 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb344 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S77	Slb345 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb346 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb347 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb348 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb349 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S78	Slb350 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb351 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb352 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb353 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb354 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S79	Slb355 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb356 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb357 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb358 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb359 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S80	Slb360 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb361 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb362 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb363 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb364 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S81	Slb365 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb366 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb367 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb368 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb369 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S82	Slb370 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb371 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb372 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb373 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb374 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S83	Slb375 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij

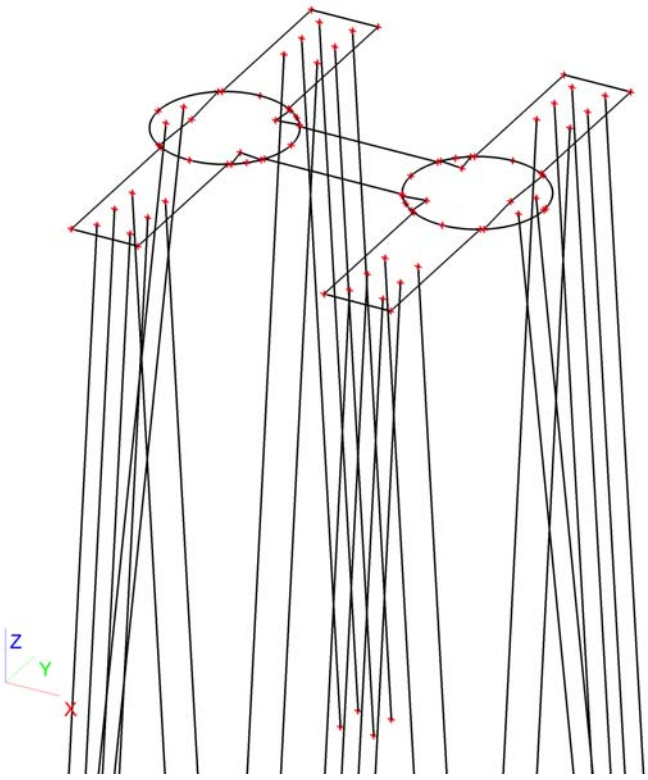
Staaf	Naam Systeem	Pos x_1 [m] Pos x_2 [m]	Coör Oors	X	Y	Stijfheid Y [MN/m²]	Z	Stijfheid Z [MN/m²]	Rx	Ry	Rz
S84	Slb376 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb377 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb378 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb379 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S84	Slb380 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb381 LCS	0,000 0,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb382 LCS	0,900 6,400	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	6,0000e+00	Verend	6,0000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb383 LCS	6,400 10,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,2000e+00	Verend	1,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb384 LCS	10,900 12,900	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	7,2000e+00	Verend	7,2000e+00	Vrij	Vrij	Vrij
S85	Slb385 LCS	12,900 22,000	Abso Vanaf begin	Vrij	Verend	1,4400e+01	Verend	1,4400e+01	Vrij	Vrij	Vrij

11. Belastingsgevallen

11.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG8	Eigen gewicht	-Z

11.1.1. Belasting grafisch



11.2. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG3	ULS 1	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

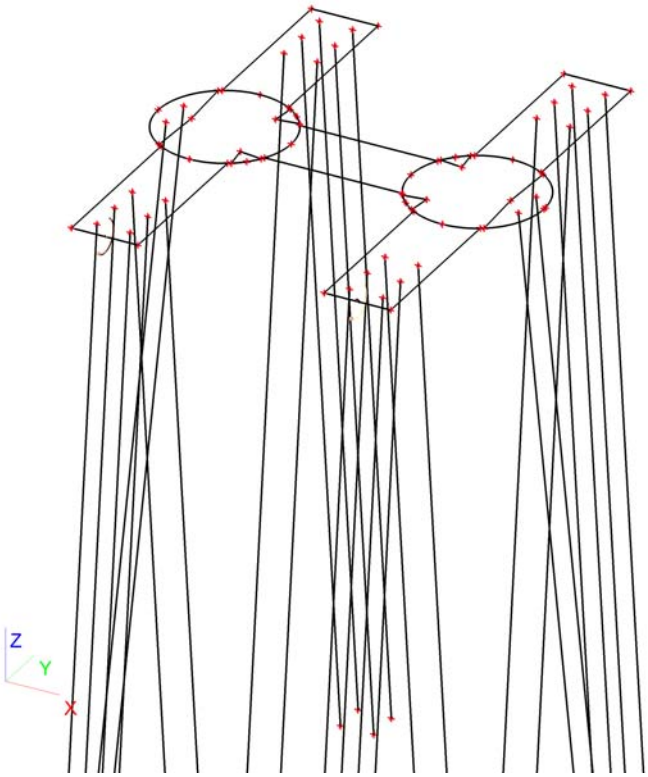
11.2.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM1	Mx	Moment	Alle	Auto	-33589,00	BG3 - ULS 1	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM2	Mx	Moment	Alle	Auto	-33589,00	BG3 - ULS 1	8,600	0,000	0,000	8,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM3	My	Moment	Alle	Auto	4631,00	BG3 - ULS 1	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM4	My	Moment	Alle	Auto	4631,00	BG3 - ULS 1	8,600	0,000	0,000	8,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM5	Mx	Moment	Alle	Auto	2379,15	BG3 - ULS 1	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM6	Mx	Moment	Alle	Auto	2379,15	BG3 - ULS 1	8,600	0,000	0,000	8,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM7	My	Moment	Alle	Auto	573,75	BG3 - ULS 1	1,000	0,000	0,000	-15,410	0,007	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM8	My	Moment	Alle	Auto	573,75	BG3 - ULS 1	8,600	0,000	0,000	-7,810	0,007	0,000	GCS

11.2.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF1	BG3 - ULS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF1	-725,00	GCS Lengte
GFF4	BG3 - ULS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF2	-725,00	GCS Lengte
GFF5	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM6	2379,15	GCS Lengte
GFF6	BG3 - ULS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF3	933,00	GCS Lengte
GFF7	BG3 - ULS 1	E3	X	Punt Kracht	FF5	225,00	GCS Lengte
GFF9	BG3 - ULS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF4	933,00	GCS Lengte
GFF10	BG3 - ULS 1	E3	X	Punt Kracht	FF6	225,00	GCS Lengte
GFF25	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM7	573,75	GCS Lengte
GFF27	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM8	573,75	GCS Lengte
GFF41	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM1	-33589,00	GCS Lengte
GFF42	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM2	-33589,00	GCS Lengte
GFF43	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM3	4631,00	GCS Lengte
GFF44	BG3 - ULS 1	E3	My	Punt Moment	FM4	4631,00	GCS Lengte
GFF45	BG3 - ULS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM5	2379,15	GCS Lengte

11.2.3. Belasting grafisch



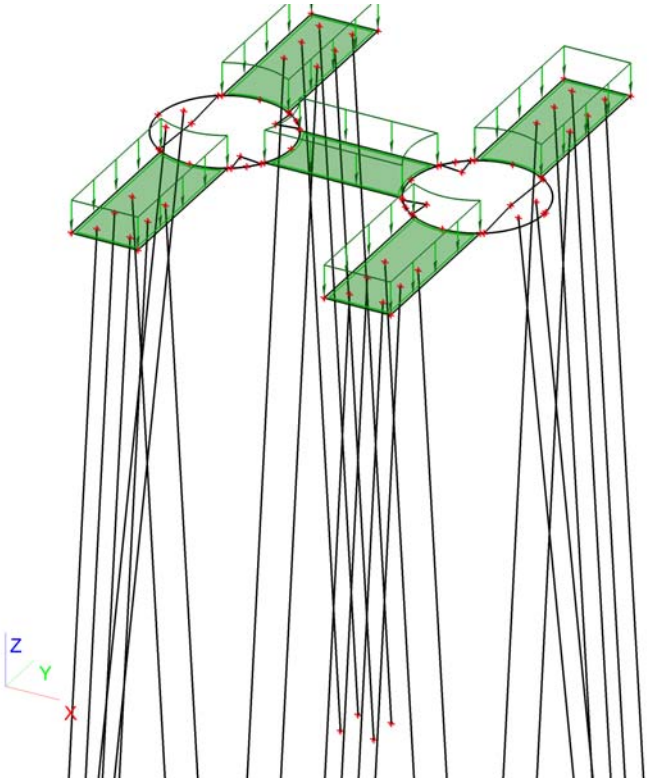
11.3. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype
BG2	Grond	Permanent	LG8	Standaard

11.3.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m²]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF8	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF9	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF10	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF11	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte
SF12	Z	Kracht	-25,50	BG2 - Grond	LCS	Lengte

11.3.2. Belasting grafisch



11.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG4	ULS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.4.1. Vrije puntmomenten

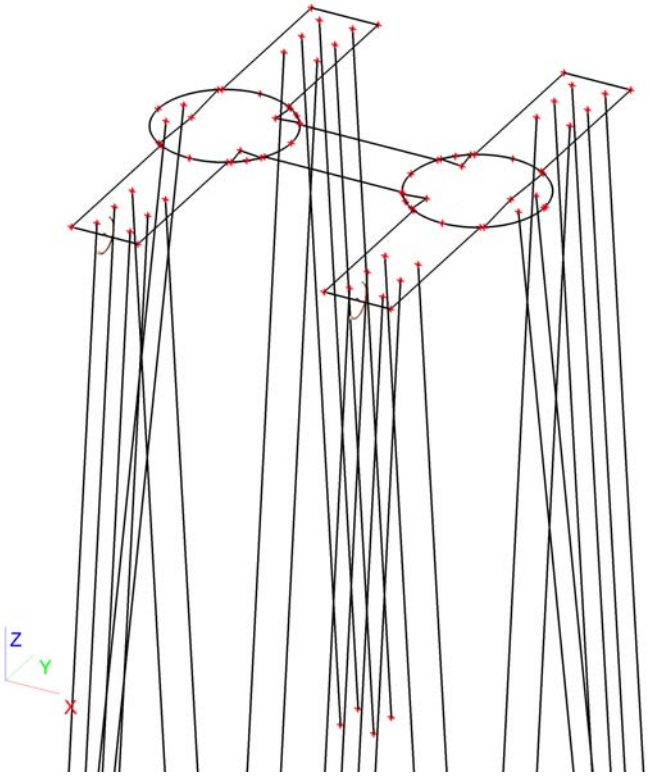
Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM9	Mx	Moment	Alle	Auto	-37033,00	BG4 - ULS 2	1,000	0,000	0,000	2,253	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM10	Mx	Moment	Alle	Auto	-37033,00	BG4 - ULS 2	8,600	0,000	0,000	10,025	-0,006	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM11	My	Moment	Alle	Auto	3864,00	BG4 - ULS 2	1,000	0,000	0,000	-13,975	-0,006	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM12	My	Moment	Alle	Auto	3864,00	BG4 - ULS 2	8,600	0,000	0,000	-6,547	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM13	Mx	Moment	Alle	Auto	2567,85	BG4 - ULS 2	1,000	0,000	0,000	-15,400	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM14	Mx	Moment	Alle	Auto	2567,85	BG4 - ULS 2	8,600	0,000	0,000	-7,800	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM15	My	Moment	Alle	Auto	334,05	BG4 - ULS 2	1,000	0,000	0,000	-15,400	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM16	My	Moment	Alle	Auto	334,05	BG4 - ULS 2	8,600	0,000	0,000	-7,800	0,000	0,000	GCS

11.4.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF2	BG4 - ULS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF9	1007,00	GCS Lengte
GFF12	BG4 - ULS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF7	-877,00	GCS Lengte
GFF13	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM13	2567,85	GCS Lengte
GFF14	BG4 - ULS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF8	-877,00	GCS Lengte
GFF15	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM14	2567,85	GCS Lengte
GFF16	BG4 - ULS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF10	1007,00	GCS Lengte
GFF18	BG4 - ULS 2	E3	X	Punt Kracht	FF11	131,00	GCS Lengte
GFF19	BG4 - ULS 2	E3	X	Punt Kracht	FF12	131,00	GCS Lengte
GFF20	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM10	-37033,00	GCS Lengte

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF22	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM15	 334,05	GCS Lengte
GFF24	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM16	 334,05	GCS Lengte
GFF29	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM11	 3864,00	GCS Lengte
GFF31	BG4 - ULS 2	E3	My	Punt Moment	FM12	 3864,00	GCS Lengte
GFF46	BG4 - ULS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM9	 -37033,00	GCS Lengte

11.4.3. Belasting grafisch



11.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG5	SLS 1	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

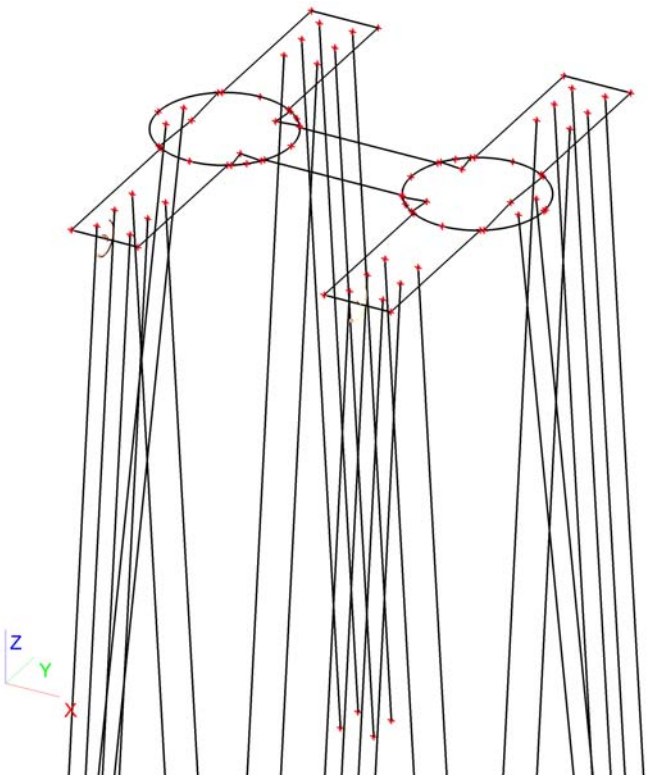
11.5.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM17	Mx	Moment	Alle	Auto	-36800,40	BG5 - SLS 1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM18	Mx	Moment	Alle	Auto	-36800,40	BG5 - SLS 1	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM19	My	Moment	Alle	Auto	7506,80	BG5 - SLS 1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM20	My	Moment	Alle	Auto	7506,80	BG5 - SLS 1	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM21	Mx	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM22	Mx	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM23	My	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM24	My	Moment	Alle	Auto	2552,55	BG5 - SLS 1	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM29	Mx	Moment	Alle	Auto	3023,79	BG5 - SLS 1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM30	Mx	Moment	Alle	Auto	3023,79	BG5 - SLS 1	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM31	My	Moment	Alle	Auto	510,51	BG5 - SLS 1	1,000	0,000	0,000	-16,410	0,007	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM32	My	Moment	Alle	Auto	510,51	BG5 - SLS 1	8,600	0,000	0,000	-8,810	0,007	0,000	GCS

11.5.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF3	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM19	 7506,80	GCS Lengte
GFF8	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM17	 -36800,40	GCS Lengte
GFF11	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM18	 -36800,40	GCS Lengte
GFF17	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM20	 7506,80	GCS Lengte
GFF21	BG5 - SLS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF13	-954,80	GCS Lengte
GFF23	BG5 - SLS 1	E3	Z	Punt Kracht	FF14	-954,80	GCS Lengte
GFF26	BG5 - SLS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF15	1001,00	GCS Lengte
GFF28	BG5 - SLS 1	E3	Y	Punt Kracht	FF16	1001,00	GCS Lengte
GFF30	BG5 - SLS 1	E3	X	Punt Kracht	FF17	225,40	GCS Lengte
GFF32	BG5 - SLS 1	E3	X	Punt Kracht	FF18	225,40	GCS Lengte
GFF38	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM29	 3023,79	GCS Lengte
GFF40	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM30	 3023,79	GCS Lengte
GFF47	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM21	 2552,55	GCS Lengte
GFF48	BG5 - SLS 1	E3	Mx	Punt Moment	FM22	 2552,55	GCS Lengte
GFF49	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM23	 2552,55	GCS Lengte
GFF50	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM24	 2552,55	GCS Lengte
GFF55	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM31	 510,51	GCS Lengte
GFF56	BG5 - SLS 1	E3	My	Punt Moment	FM32	 510,51	GCS Lengte

11.5.3. Belasting grafisch



11.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG6	SLS 2	Variabel	LG9	Statisch	Standaard	Kort	Geen

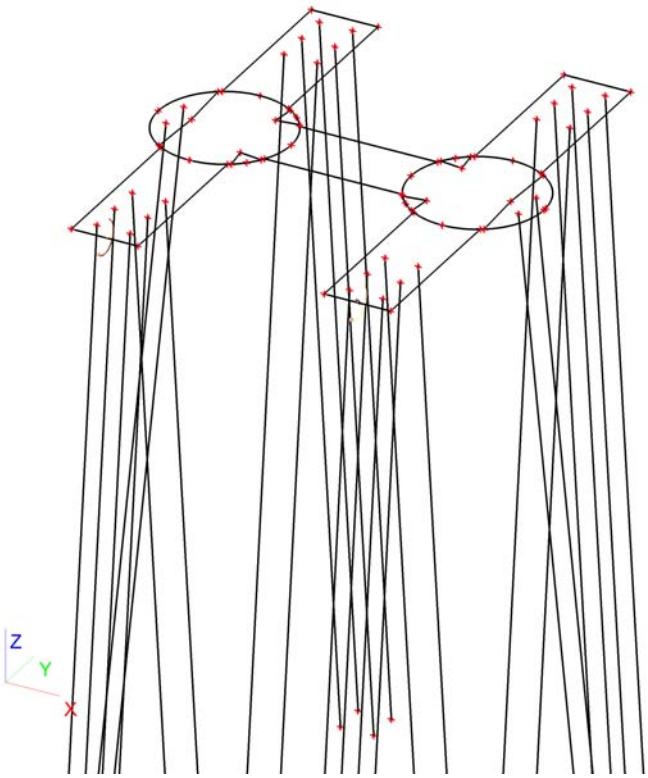
11.6.1. Vrije puntmomenten

Typenaam	Naam	Rich	Type	Geldigheid	Selecteer	Waarde - F [kNm]	Belastingsgeval	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]	Coördinaat ux [m]	Coördinaat uy [m]	Coördinaat uz [m]	Systeem
Vrij puntmoment	FM25	Mx	Moment	Alle	Auto	-42985,60	BG6 - SLS 2	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM26	Mx	Moment	Alle	Auto	-42985,60	BG6 - SLS 2	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM27	My	Moment	Alle	Auto	6496,00	BG6 - SLS 2	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	GCS
Vrij puntmoment	FM28	My	Moment	Alle	Auto	6496,00	BG6 - SLS 2	8,600	0,000	0,000	7,600	0,000	0,000	GCS

11.6.2. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Waarde - F [kN] Waarde - F [kNm]	Systeem Locatie
GFF33	BG6 - SLS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF19	-1009,40	GCS Lengte
GFF34	BG6 - SLS 2	E3	Z	Punt Kracht	FF20	-1009,40	GCS Lengte
GFF35	BG6 - SLS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF21	1185,80	GCS Lengte
GFF36	BG6 - SLS 2	E3	Y	Punt Kracht	FF22	1185,80	GCS Lengte
GFF37	BG6 - SLS 2	E3	X	Punt Kracht	FF23	200,20	GCS Lengte
GFF39	BG6 - SLS 2	E3	X	Punt Kracht	FF24	200,20	GCS Lengte
GFF51	BG6 - SLS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM25	-42985,60	GCS Lengte
GFF52	BG6 - SLS 2	E3	Mx	Punt Moment	FM26	-42985,60	GCS Lengte
GFF53	BG6 - SLS 2	E3	My	Punt Moment	FM27	6496,00	GCS Lengte
GFF54	BG6 - SLS 2	E3	My	Punt Moment	FM28	6496,00	GCS Lengte

11.6.3. Belasting grafisch



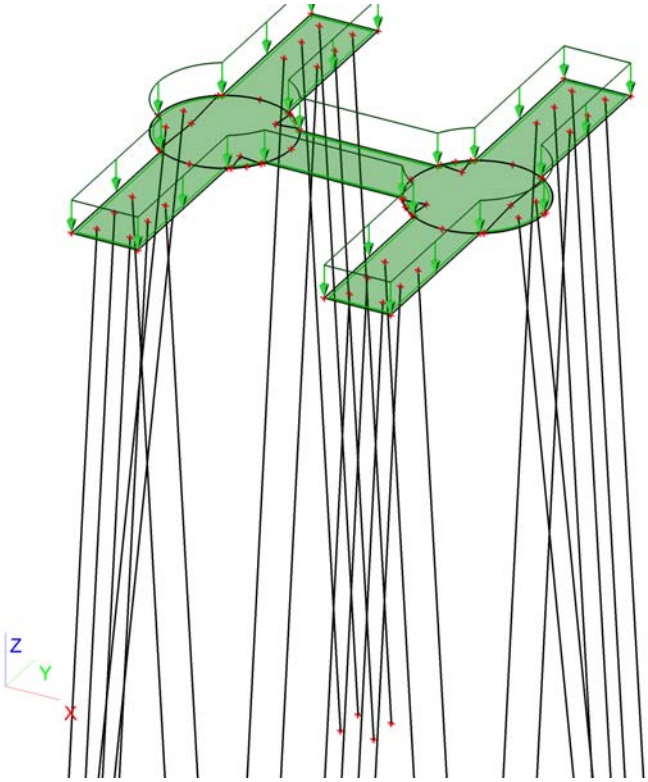
11.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG7	Belasting op maaiveld	Variabel	LG7	Statisch	Standaard	Kort	Geen

11.7.1. Lasten op oppervlak

Naam	Rich	Type	Waarde [kN/m^2]	Belastingsgeval	Systeem	Loc
SF7	Z	Kracht	-10,00	BG7 - Belasting op maaiveld	LCS	Lengte

11.7.2. Belasting grafisch



12. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi1	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi2	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,30
Combi3	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG3 - ULS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi4	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	1,30
		BG4 - ULS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,65
		BG2 - Grond	1,30
Combi5	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG3 - ULS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,54
Combi6	Omhullende - uiterst	BG1 - Eigengewicht	0,54
		BG4 - ULS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,54

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
Combi7	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,16
		BG2 - Grond	1,00
Combi8	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG7 - Belasting op maaiveld	0,70
		BG2 - Grond	1,00
Combi9	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG5 - SLS 1	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi10	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	1,00
		BG6 - SLS 2	0,60
		BG7 - Belasting op maaiveld	1,00
		BG2 - Grond	1,00
Combi11	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG5 - SLS 1	1,00
		BG2 - Grond	0,60
Combi12	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Eigengewicht	0,60
		BG6 - SLS 2	1,00
		BG2 - Grond	0,60

13. Verplaatsing van knopen SLS 1

Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

14. Verplaatsing van knopen SLS 2

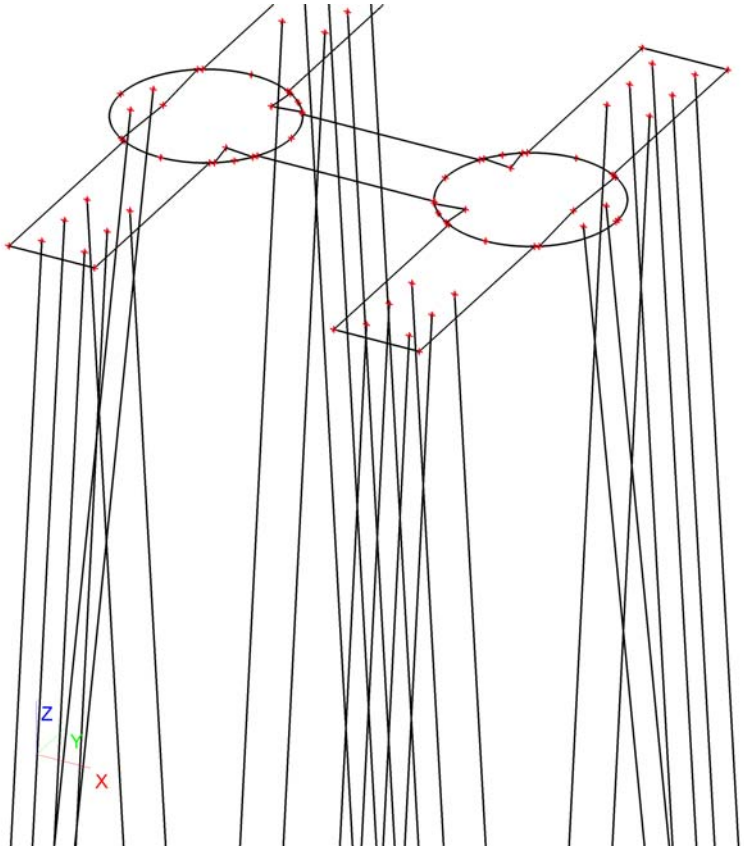
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

15. Reacties

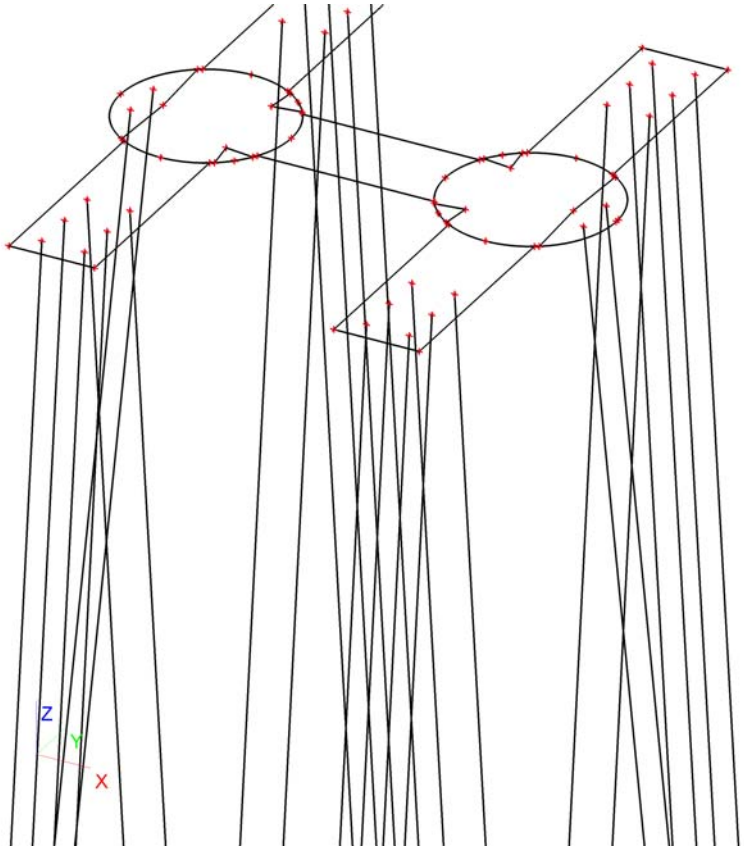
Lineaire berekening, Extreem : Globaal
Selectie : Alle
Klasse : UGT

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn28/K290	Combi2/1	**-123,76**	0,06	**1053,93**	0,00	0,00	0,00
Sn26/K286	Combi2/1	**92,58**	0,05	789,86	0,00	0,00	0,00
Sn1/K236	Combi6/2	0,06	**-115,12**	**-973,32**	0,00	0,00	0,00
Sn19/K265	Combi2/1	0,00	**104,54**	891,12	0,00	0,00	0,00
Sn1/K236	Combi1/3	0,01	37,02	320,01	**0,00**	**0,00**	**0,00**

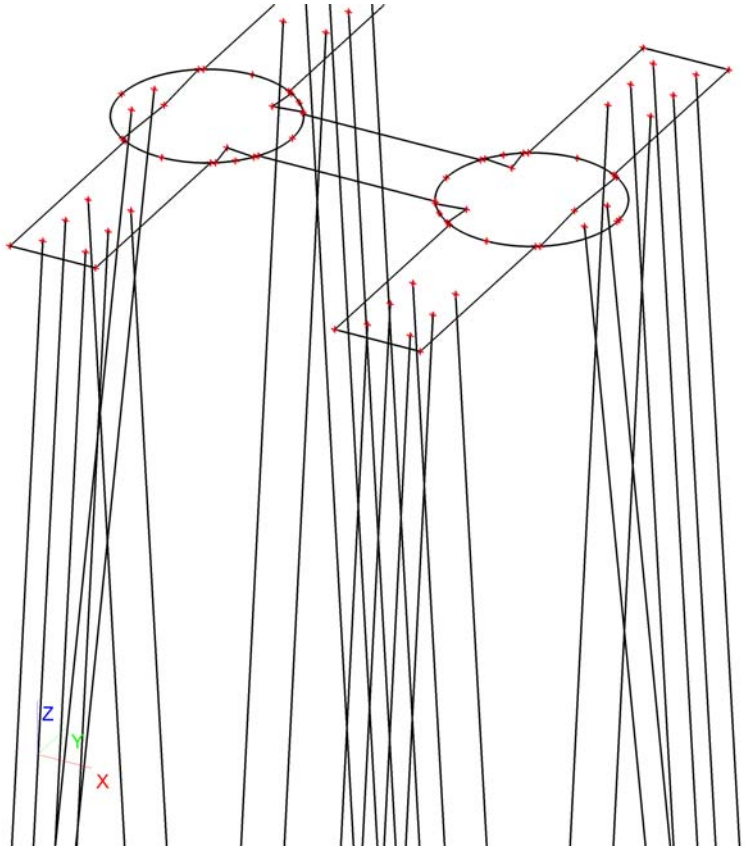
16. 2D element - Interne krachten; mxD+



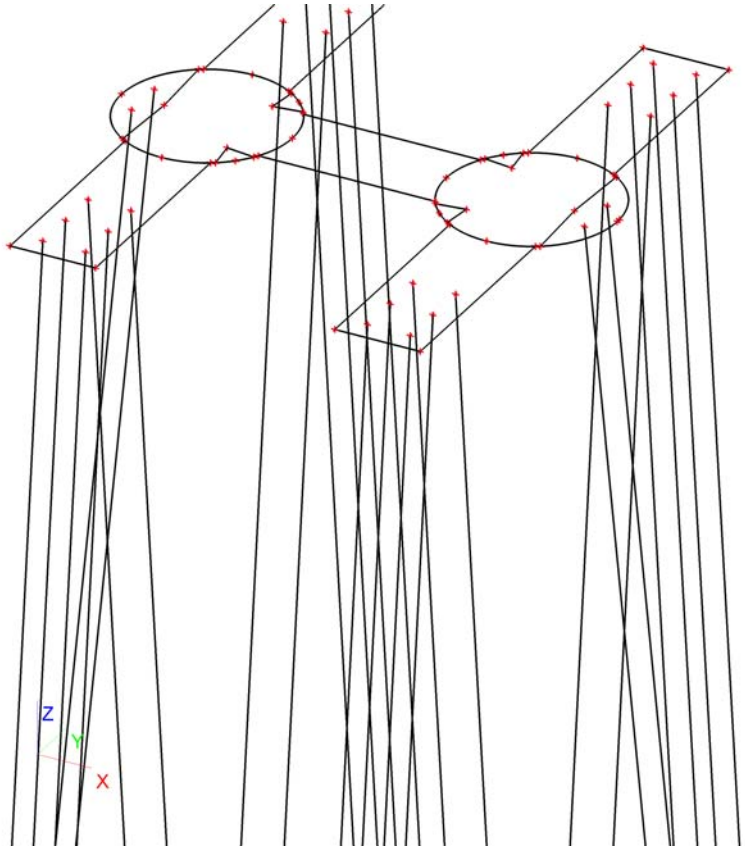
17. 2D element - Interne krachten; mxD-



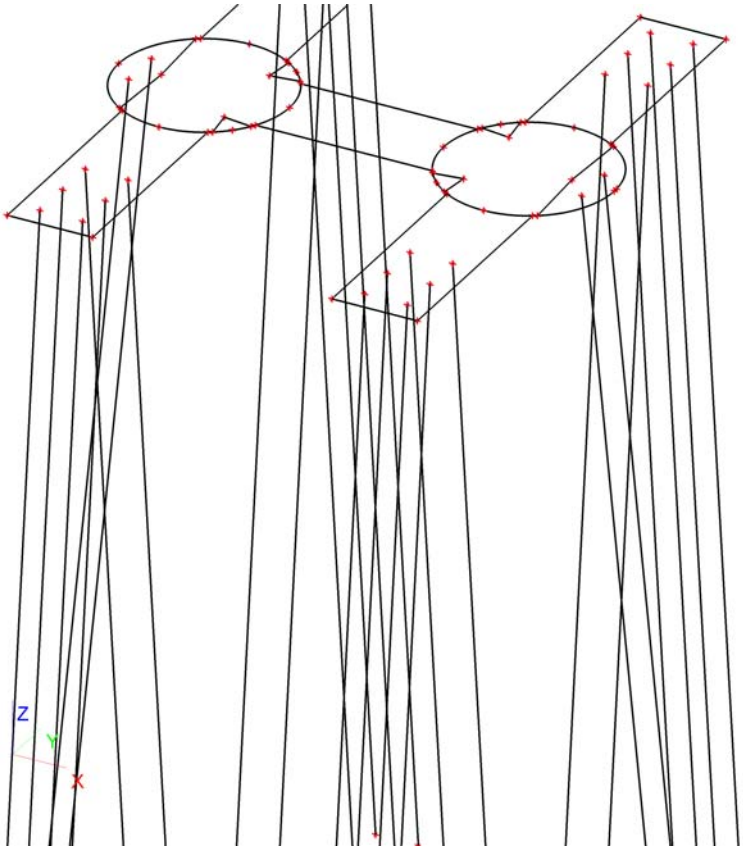
18. 2D element - Interne krachten; myD+



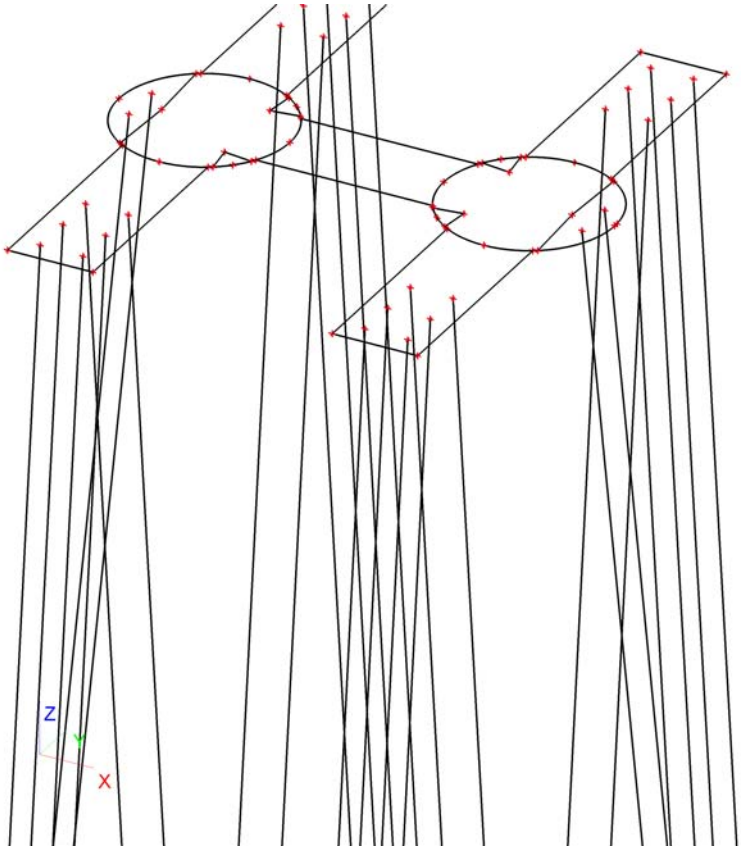
19. 2D element - Interne krachten; myD-



20. 2D element - Interne krachten; vx



21. 2D element - Interne krachten; vy



Ontwerpberekening paalfundering mastfundaties

Project:
Randstad 380 kV Noordring

Opdrachtgever:
TenneT TSO

Revisie	Datum	Wijzigingen ten opzichte van vorige revisie
00	18-07-2013	Eerste uitgave
01	05-08-2013	Definitief - aanvulling naar aanleiding overleg Tennet TSO

Documentnummer: R3N-OWR-0008

Opsteller	*Controleur*	*Vrijgever*
R. Meeuwsen Geotechnisch specialist	P. de Jager Ontwerp Manager	Arjan Hogenboom Project Manager

Distributie

Naam	Bedrijf
Extern	
Guido Volman	TenneT TSO
Intern	
Arjan Hogenboom	BAM
Pieter de Jager	BAM
Eric van Rooijen	BAM
David van Loenen	BAM
Rob Bakker	BAM
Erwin ten Cate	BAM
Michael Desmet	Fabricom
Hein Pijnappel	Mott MacDonald

Beheer

De documentbeheerder van de combinatie verzorgt de distributie. Alleen houders van een geregistreerde kopie ontvangen automatisch aanvullingen en/of wijzigingen. Het is de verantwoordelijkheid van de houders het document up to date te houden. De laatste versie is altijd beschikbaar in ThinkProject!

Indien documenten worden geprint, geldt het volgende: een geregistreerde kopie is geldig vanaf de datum van uitgifte. Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande versie automatisch haar geldigheid. Kopiehouders dienen het voorblad van een ongeldige versie te markeren met een diagonale lijn samen met de tekst 'vervallen'.

Neem bij twijfel over de geldende versie contact op met de documentbeheerder.

Inhoudsopgave

1. Inleiding *4*
2. Uitgangspunten *5*
2.1. Inleiding 5
2.2. Normen, richtlijnen en gebruikte programmateur 5
2.3. Grondonderzoek en bodemopbouw 5
2.4. Negatieve kleef 6
2.5. Paalconfiguratie en belastingen 6
2.6. Overige uitgangspunten 7
3. Uitwerking ontwerp *8*
3.1. Berekening draagkracht palen op druk en trek 8
3.2. Berekening vervormingen door verticale belasting 8
3.3. Berekening horizontale beddingsconstanten 9
4. Conclusies en aanbevelingen *11*
4.1. Conclusies 11
5. Bijlagen *12*
Bijlage 1 Sonderingen (DKM428 en DKM430) 13
Bijlage 2 Berekening palen op druk 17
Bijlage 3 Berekening palen op trek 27
Bijlage 4 Berekening horizontale beddingsconstanten 37

1. INLEIDING

De komende jaren werken het ministerie van Economische Zaken en TenneT aan de aanleg van een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding in de Randstad. De nieuwe verbinding stelt de voorziening van elektriciteit in de Randstad veilig.

Het ontwerptracé van de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is sinds eind 2008 bekend. De plannen gaan uit van twee ringen, tussen Wateringen en Zoetermeer (de Zuidring) en tussen Zoetermeer en Beverwijk (de Noordring). Eind 2012 heeft Tennet de aanbesteding opgestart voor het gedeelte van de Noordring tussen station Vijfhuizen en Bleiswijk. Het contract is opgedeeld in twee percelen, waarbij de grens ligt bij Zuidelijke Ringvaart. Dit document heeft betrekking op perceel 2 (het zuidelijke gedeelte).

BAM heeft op 8 juli 2013 het contract ondertekend met TenneT voor het ontwerp en realiseren van perceel 2. Het voorliggende document is onderdeel van het Definitief Ontwerp en behandelt de paalfundering van de mastfundaties.

Op dit moment is nog niet ter plaatse van alle masten grondonderzoek beschikbaar. Om toch inzicht te krijgen of het gekozen paalsysteem kan voldoen is een representatieve mastlocatie gekozen om door te rekenen. Op basis van het wel beschikbare grondonderzoek is gekozen voor mast 133. In het uitvoeringsontwerp (UO) zullen de berekeningen voor alle masten worden uitgevoerd.

2. UITGANGSPUNTEN

2.1. INLEIDING

Op dit moment is het aanwezige grondonderzoek nog zeer summier. Het is dan ook niet mogelijk of zinvol om voor alle poeren een berekening van het paaldraagvermogen te maken.

Om toch een beeld van de mogelijk opneembare belastingen op en de veerstijfheid van de palen te verkrijgen is ervoor gekozen om voor één poer een berekening te maken.

De verschillende typen funderingen zijn zo ontworpen dat de palen een maximale trek van ca. 500 kN krijgen. Verder worden overall palen 450x450 toegepast. Belastingtechnisch gezien worden veel palen dus ongeveer gelijk belast.

Er is gekozen voor poer type C omdat bij deze poer de palen relatief dicht op elkaar in een groep staan. De nadelige groepswerking komt daarbij het beste tot uiting. Door de groepswerking neemt de horizontale bedding van de palen af en wordt ook het verticaal trekvermogen beperkt.

Extra druk of trekvermogen is te behalen door palen dieper te slaan. De horizontale bedding is echter niet eenvoudig te verhogen. Dit maakt dat de berekening van poer C een goede veilige indicatie geeft voor de overige poeren.

2.2. NORMEN, RICHTLIJNEN EN GEBRUIKTE PROGRAMMATEUR

De berekeningen van de draagkracht van de palen op druk en trek is uitgevoerd conform NEN –EN 9997, Eurocode 7, inclusief nationale bijlage.

De berekening van de paaldraagkracht is uitgevoerd met het programma D-Foundations versie 8.1. De berekening van de horizontale beddingsconstanten is uitgevoerd met een spread sheet volgens Ménard.

2.3. GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW

Bij mast 133 zijn twee bruikbare sonderingen beschikbaar, te weten de sonderingen DKM428 en DMK430, waarvan DKM428 maatgevend is.

De sonderingen zijn opgenomen in bijlage 1.

De grondwaterstand is aangehouden op 0,5m onder maaiveld.

In tabel 1 is de globale bodemopbouw opgenomen, met bijbehorende parameters.

Bovenkant laag (m t.o.v. NAP)	Grondsoort	□/□□$_s$ (kN/m^3)	□' (°)	c' (kPa)
-1,6	Veen	10,5/10,5	15	2
-2,7	Klei humeus	14,4/14,4	17,5	2
-5,1	Veen	10,5/10,5	15	2
-6,0	Klei siltig	15,8/15,8	22,5	3,8
-11,2	Basisveen	10,8/10,8	15	2
-12,1	Zand	18/20	30	0

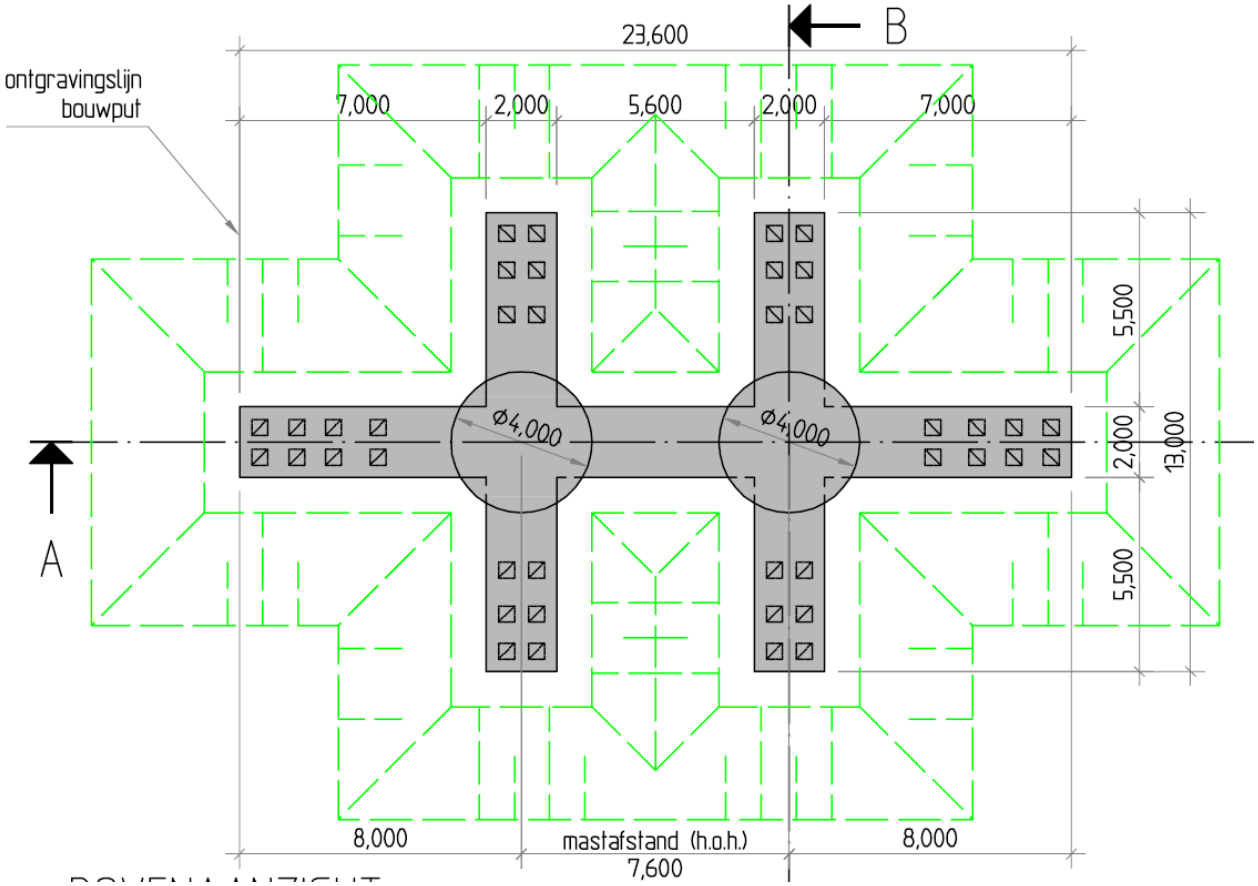
Tabel 1 Bodemopbouw op basis van DKM428

2.4. NEGATIEVE KLEEF

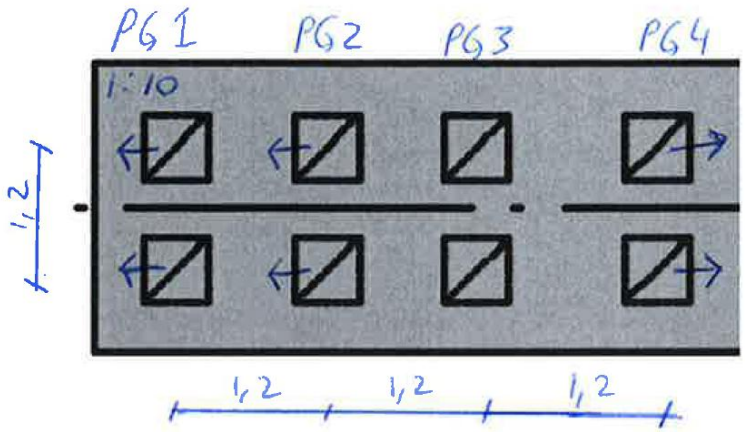
Voor de drukpalen is gerekend met negatieve kleef op de palen tot aan de onderkant basisveenlaag op NAP-12,1 m, voor trekpalen is de kleef uit het Holoceen verwaarloosd. Hoewel er geen sprake is van bovenbelasting, is enige maaiveldzakking niet uitgesloten gezien de sterk samendrukbare ondergrond. Er is geen ophoging in rekening gebracht.

2.5. PAALCONFIGURATIE EN BELASTINGEN

Er is uitgegaan van prefab betonnen palen 450 x 450 mm^2. De palen staan schoor onder 1:10. Op basis van de paalconfiguratie (weergegeven in figuur 1) en de belastingen op de constructie is een paalbelasting afgeleid (R3N-OWR-0005 Constructieberekening mastfundaties type C).



Figuur 1 Overzicht gehele fundering



Figuur 2 Paalconfiguratie ter bepaling van draagvermogen en horizontale beddingsconstanten, paalgroep 1 t/m 4

De maximale paalbelasting is conform opgaaf weergegeven in tabel 2.

Mast 133 funderingtype C	Druk		Trek	
	$F_{c;d}$ (kN)	$F_{c;k}$ (kN)	$F_{t;d}$ (kN)	$F_{t;k}$ (kN)
paalgroep 1	785	581	268	199
paalgroep 2	805	596	282	209
paalgroep 3	837	620	299	221
paalgroep 4	875	648	319	236

Tabel 2 Paalbelastingen

De representatieve belasting is in dit geval aangehouden als de rekenwaarde van de belasting / 1,35.

Horizontale belasting is niet apart beschouwd. Daarentegen zijn horizontale beddingsconstanten bepaald waarmee in een raamwerkmodel de vervormingen van de paal en de momenten in de paal berekend kunnen worden, invoer hiervoor is de beddingsconstante.

2.6. OVERIGE UITGANGSPUNTEN

Er is ter plaatse van de constructie geen reductie als gevolg van ontgraven toegepast. Ontgraving van een sleuf t.b.v. constructie van de poer is verwaarloosd, gezien de smalle afmetingen en de diepte van de draagkrachtige laag.

Voor de ξ_3 is een waarde van 1,20 gehanteerd, voor ξ_4 is een waarde van 0,96 gehanteerd (stijve constructie) en voor γ_R een waarde van 1,2 voor drukpalen en 1,35 voor trekpalen (conform de NEN 9997-1).

Door windbelasting ontstaat afwisselend druk en trek in de palen. Hierdoor is ter bepaling van het trekdraagvermogen gerekend met γ_{VAR} =1,50. De gehanteerde paalklassefactoren zijn die van geprefabriceerde betonpalen conform tabel 7.c uit NEN-9997-1 ; α_p= 1,0, α_s = 0,010 en α_t = 0,007.

Voor de berekening van het groepseffect voor horizontaal belaste palen is een reductiefactor berekend op basis van de methode van Reese en van Impe. Voor een beschrijving van deze methode wordt verwezen naar ‘Single piles and pile groups under lateral loading’, Reese L.C., van Impe W.F.

3. UITWERKING ONTWERP

3.1. BEREKENING DRAAGKRACHT PALEN OP DRUK EN TREK

De berekening van de draagkracht van de palen op druk ter plaatse van mast 133 is bijgevoegd in bijlage 2.
De berekening van de draagkracht van de palen op trek ter plaatse van mast 133 is bijgevoegd in bijlage 3.

Belasting op trek is maatgevend. Voor de rekenwaarde van de palen op trek is onderscheid gemaakt tussen de vier paalgroepen, zie figuur 2. Alle palen kunnen gelijktijdig op trek belast worden.

De berekende negatieve kleef door maaiveldzakking is 127kN.

In tabel 3 zijn de rekenwaarde van de draagkracht met paalpuntniveau NAP-21,5 m ter plaatse van mast 133 weergegeven.

Mast 133	Druk	Trek
funderingtype C	$R_{c;d}$ (kN)	$R_{t;d}$ (kN)
paalgroep 1	2118	316
paalgroep 2	2118	282
paalgroep 3	2118	325
paalgroep 4	2118	359

Tabel 3 Paalpuntniveau (NAP -21,5m) en bijhorende draagkracht

Bij een paalpuntniveau van NAP -21,5 m voldoet de paal juist voor maatgevende paalgroep 2.

3.2. BEREKENING VERVORMINGEN DOOR VERTICALE BELASTING

In bijlage 2 is een berekening van de zakking van de paal belast op druk opgenomen. De maximale zakking van de paal is 18mm. Dit is grotendeels toe te rekenen aan s_2, zakking van de paalgroep door samendrukking van de lagen tot 4D onder de paalpunt (zie 7.6.4.2, NEN9997-1). De gemiddelde elasticiteitsmodulus van deze laag is aangenomen op $E_{ea;gem} = 5xq_c \approx 50.000kN/m^2$. Aangezien de kracht grotendeels wordt afgedragen via de schacht (±75%) is ter bepaling van de veerconstante de helft van de berekende s_2 meegenomen.

Rijzing van de paal op trek is berekend conform paragraaf 7.6.4.3 van NEN 9997-1. De rijzing van paalpunt (s_b) als gevolg van belasting op de paal is bepaald volgens figuur 7.o van paragraaf 7.6.4.2 van NEN 9997-1 uit de verhouding $R_{s;cal;i}$ / $R_{s;cal;max;i}$ en bedraagt ca. 2 mm.

De gemiddelde axiale veerstijfheid voor druk en trek zijn weergegeven in tabel 4 en tabel 5.

Axiale veerstijfheid Druk			
	$R_{c;k}$ (kN)	s (mm)	$k_{v;SLS}$ (kN/m)
paalgroep1	581	10	58100
paalgroep2	596	10	59600
paalgroep3	620	10	62000
paalgroep4	648	10	64800

Tabel 4 Axiale veerstijfheid druk

Axiale veerstijfheid Trek			
	$R_{c;k}$ (kN)	s (mm)	$k_{v;SLS}$ (kN/m)
paalgroep1	199	2	99500
paalgroep2	209	2	104500
paalgroep3	221	2	110500
paalgroep4	236	2	118000

Tabel 5 Axiale veerstijfheid trek

Elastische vervorming is buiten beschouwing gelaten en dient in het raamwerkmodel ESA te worden meegenomen.

3.3. BEREKENING HORIZONTALE BEDDINGSCONSTANTEN

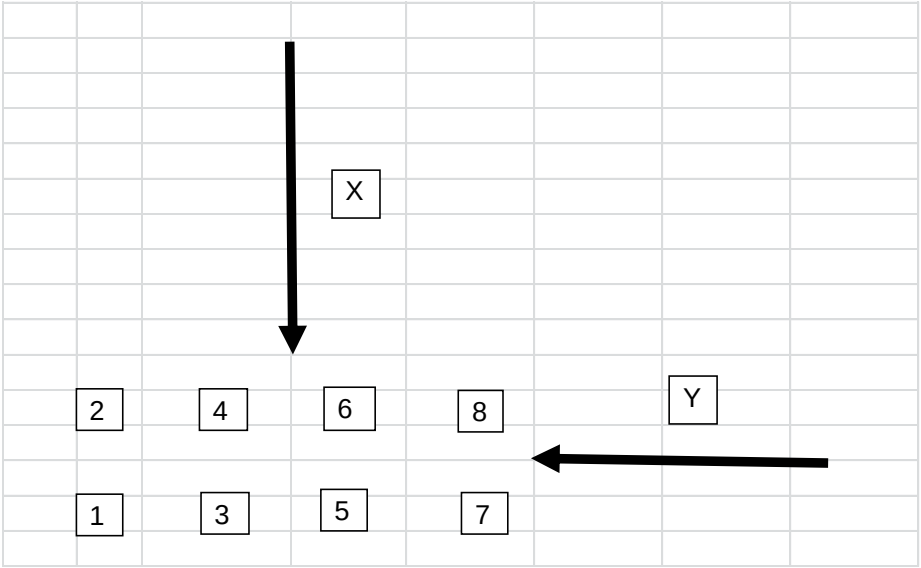
De horizontale beddingsconstanten zijn berekend volgens de methode Ménard op basis van conusweerstand en grondsoort.

In bijlage 4 is de berekening van de horizontale beddingsconstanten opgenomen. De horizontale beddingsconstanten die als input voor ESA gebruikt kunnen worden zijn te vinden in tabellen 6 en 7. Tabel 6 geldt indien de horizontale belasting uit de X-richting komt en tabel 7 wanneer de belasting uit de Y-richting komt, zie figuur 3.

De verschillen in horizontale beddingsconstanten per richting wordt veroorzaakt door groepswerking. Komt de belasting uit de X-richting wordt een kleiner grondmassief gemobiliseerd dan wanneer de belasting uit de Y-richting komt. Ter illustratie;

Wanneer de belasting uit de X-richting komt, vervormen alle palen in het verlengde van de belasting. De vervorming wordt gehinderd door de grond. Palen 2, 4, 6 en 8 ondervinden minder weerstand van de grond, omdat palen 1, 3, 5 en 7 ook vervormen en de grond waar palen 2, 4, 6 en 8 weerstand van zouden moeten ondervinden, al wordt ontspannen.

De gemiddelde groepsfactor over de 8 palen is berekend op 0,54 in de X-richting en 0,39 in de Y-richting. Deze gemiddelde reductie kan op de beddingsconstanten worden gezet die in ESA worden gebruikt.



Figuur 3 Horizontale beddingsconstanten per belastingsrichting

In de volgende tabellen worden deze gereduceerde beddingsconstanten gepresenteerd. $k_{h;rep;laag}$ en $k_{h;rep;hoog}$ zijn berekend door een deling respectievelijk vermenigvuldiging van 1,5 van de verwachtingswaarde.

X-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	(m+ NAP)	$k_{h,rep,laag}$ (kN/m^3)	$k_{h,rep,hoog}$ (kN/m^3)	$k_{h,rep,laag}$ (kN/m/m)	$k_{h,rep,hoog}$ (kN/m/m)
Veen	-1.6	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-2.7	500	1,200	300	600
Veen	-5.1	1,400	3,200	700	1,600
Klei	-6.0	800	1,800	400	900
Veen	-11.2	1,400	3,200	700	1,600
Zand	-12.1	13,600	30,600	6,900	15,600
Zand	-22.0	16,300	36,700	8,300	18,700

Tabel 6 Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de X-richting (zie figuur 3)

Y-richting		Voor ESA berekeningen			
soort	b.k. laag	per m^2 paal		per m'paal	
	(m+ NAP)	$k_{h,rep,laag}$ (kN/m^3)	$k_{h,rep,hoog}$ (kN/m^3)	$k_{h,rep,laag}$ (kN/m/m)	$k_{h,rep,hoog}$ (kN/m/m)
Veen	-1.6	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-2.7	400	900	200	400
Veen	-5.1	1,000	2,300	500	1,200
Klei	-6.0	600	1,300	300	700
Veen	-11.2	1,000	2,300	500	1,200
Zand	-12.1	9,800	22,100	5,000	11,300
Zand	-22.0	11,800	26,500	6,000	13,500

Tabel 7 Horizontale beddingsconstanten voor belasting uit de Y-richting (zie figuur 3)

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1. CONCLUSIES

Mast 133 kan gefundeerd worden op 450x450 prefab beton palen tot een diepte van -21,5m NAP. De palen hebben een lengte van ca. 20,0m. Trek voor paalgroep 2 is maatgevend.

In het uitvoeringsontwerp (UO) – als al het grondonderzoek beschikbaar is gekomen – worden de paalfunderingsberekeningen voor alle masten uitgevoerd.

5. BIJLAGEN

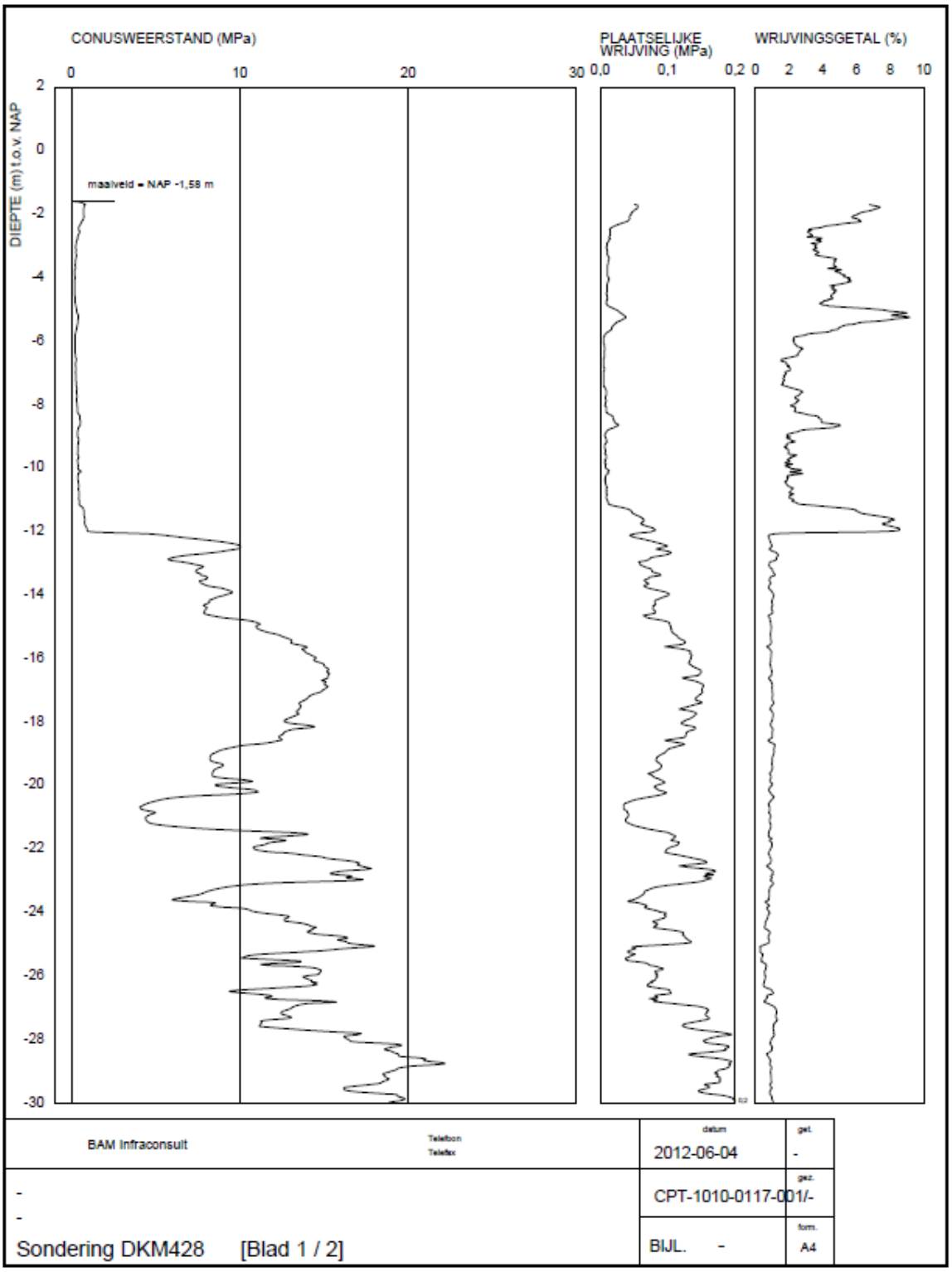
Bijlage 1 Sonderingen (DKM428 en DKM430)

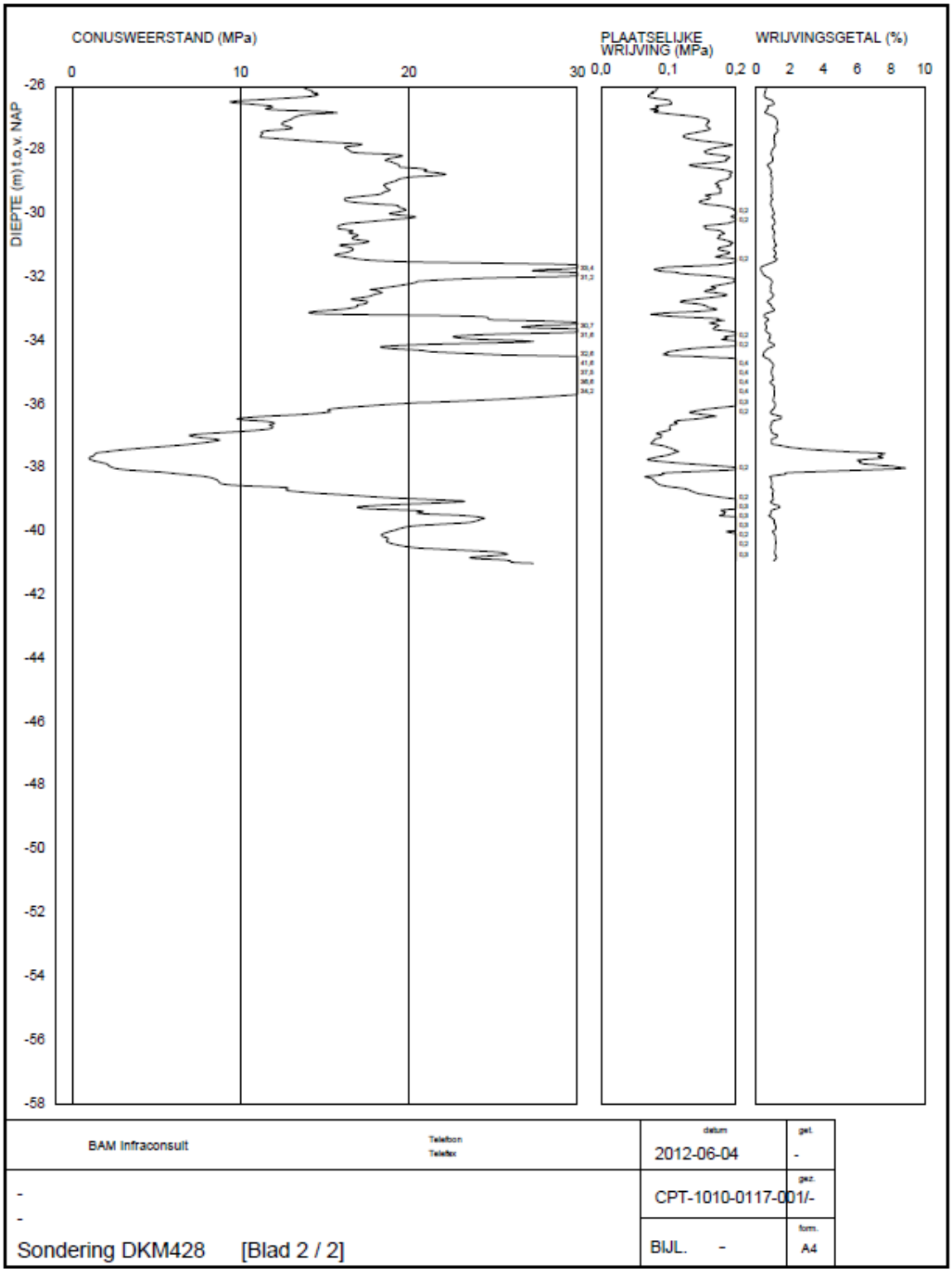
Bijlage 2 Berekening palen op druk

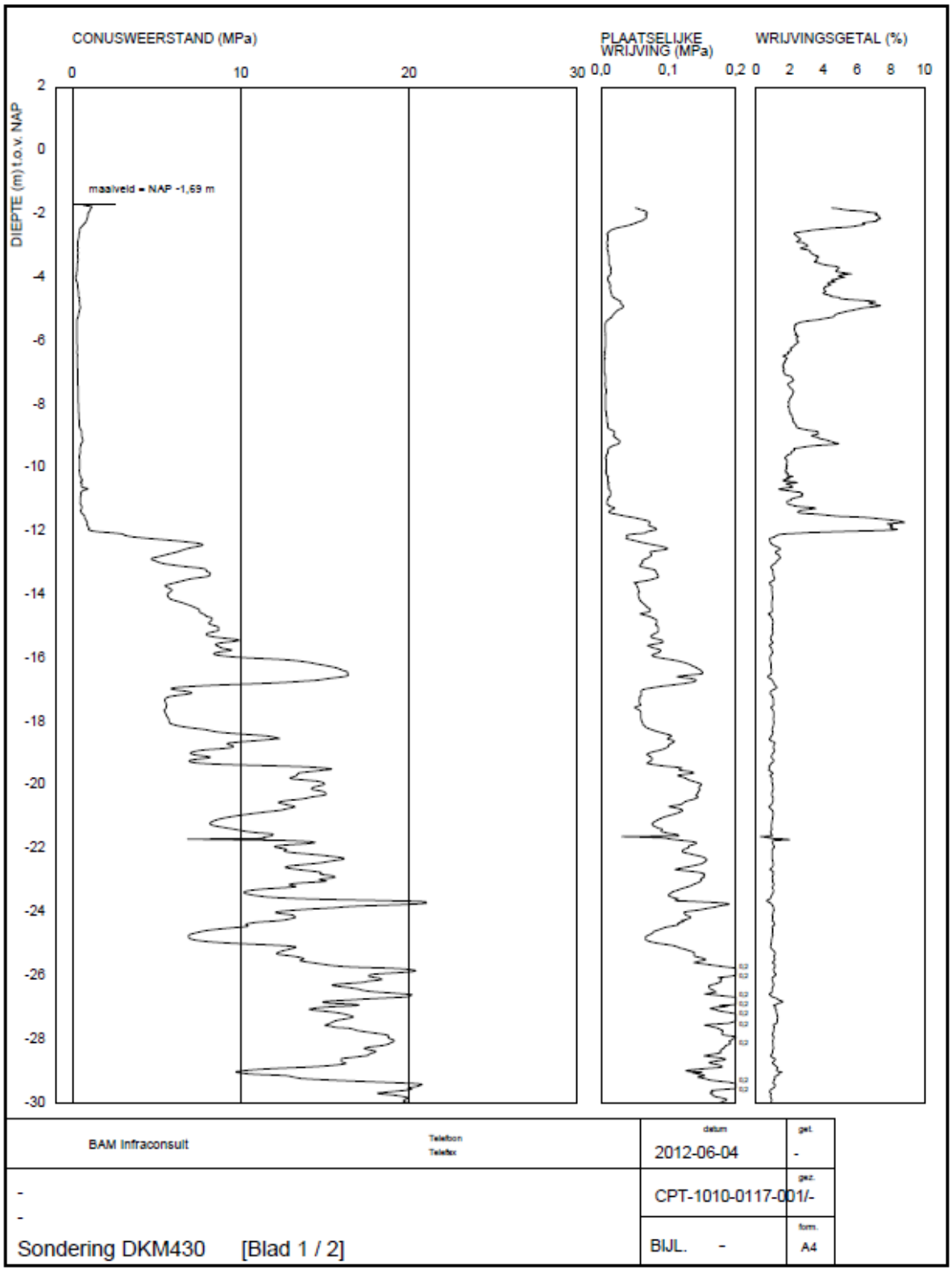
Bijlage 3 Berekening palen op trek

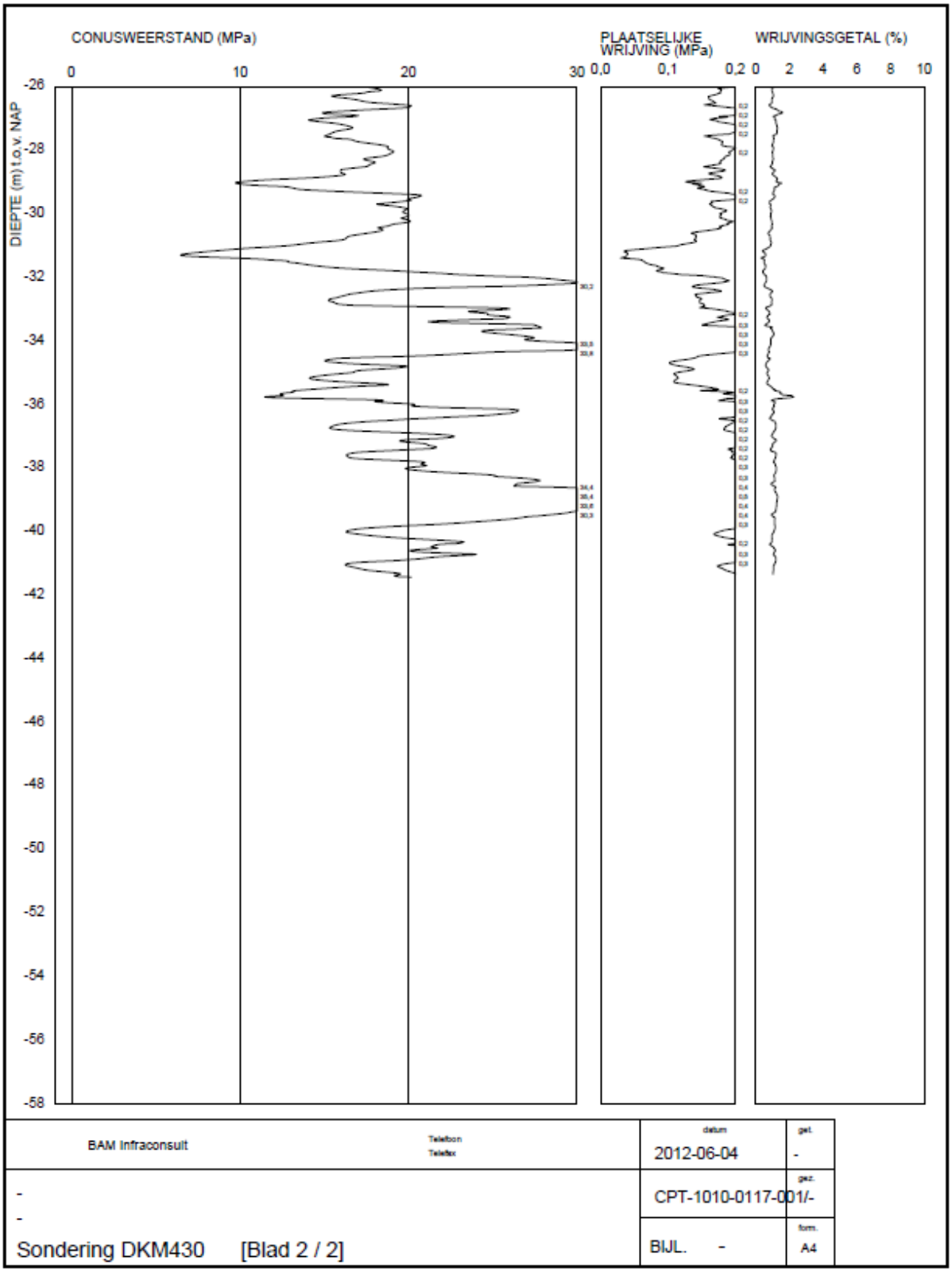
Bijlage 4 Berekening horizontale beddingsconstanten

BIJLAGE 1 SONDERINGEN (DKM428 EN DKM430)




CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
0
10
20
30
0,0
0,1
0,2
0
2
4
6
8
10
-26
-28
-30
-32
-34
-36
-38
-40
-42
-44
-46
-48
-50
-52
-54
-56
-58
BAM Infraconsult
Telefoon
Telefax
datum
2012-06-04
gel.
-
-
-
CPT-1010-0117-001/-
gez.
Sondering DKM428 [Blad 2 / 2]
BIJL. -
form.
A4


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,69 m
BAM Infraconsult
2012-06-04
CPT-1010-0117-001/-
Sondering DKM430 [Blad 1 / 2]
BIJL. -
A4


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
0
10
20
30
0,0
0,1
0,2
0
2
4
6
8
10
-26
-28
-30
-32
-34
-36
-38
-40
-42
-44
-46
-48
-50
-52
-54
-56
-58
BAM Infraconsult
Telefoon
Telefax
datum
2012-06-04
gel.
-
-
-
gez.
CPT-1010-0117-001/-
Sondering DKM430 [Blad 2 / 2]
BIJL. -
form.
A4

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	BAM Infraconsult
Date of report:	15-7-2013
Time of report:	12:31:28
Date of calculation:	15-7-2013
Time of calculation:	12:31:22
Filename:	D:\..\berekeningen\Dfoundations\druk\Mast 133_DKM428-430 DRUK DO
Project identification:	
	D-Foundations Mast 133_DKM428-430 DRUK DO

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Bearing Piles 3
2.4 Superstructure 3
2.5 General CPT Data 3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.6 Soil Data 4
2.6.1 Soil Profile DKM428 4
2.6.2 Soil Profile DKM430 4
2.7 Pile Types 5
2.7.1 Pile type : Rect 450x450 5
2.8 Foundation Plan 6
2.8.1 View of Foundation Plan 6
2.9 Excavation Data 6
2.10 Totalized Loads (design values) 7
2.11 Requirements 7
2.12 Overruled Parameters 7
2.13 Calculation Options 7
2.14 Model Options 7
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Complete Verification 8
3.1 Errors and Warnings 8
3.2 Remarks 8
3.3 Calculation Parameters 8
3.3.1 Pile Factors 8
3.3.2 Pile type : Rect 450x450 8
3.4 Verification of Limit State EQU 9
3.5 Verification of Limit State GEO 9
3.6 Verification of Serviceability limit state 9
3.7 Additional Information 9
3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state GEO 10
3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State 10

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	
Design engineer superstructure :	
Principal :	
Title 1 :	
Title 2 :	
Title 3 :	D-Foundations Mast 133_DKM428-430 DRUK DO
Number of project :	-
Location of project :	

2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

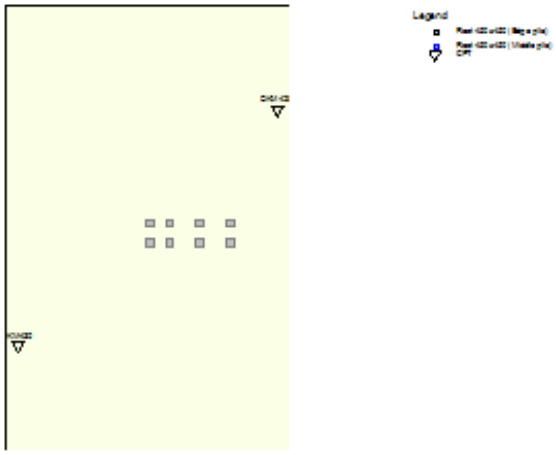
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure :	Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



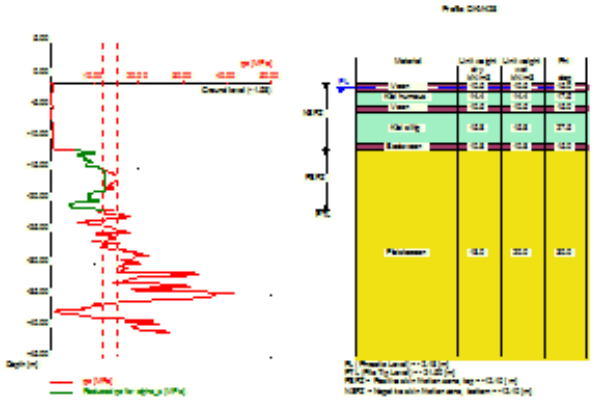
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]
1: DKM428	-21.50	-12.10	-12.10	99583.01	459853.26
2: DKM430	-21.50	-12.00	-12.00	99566.81	459838.51

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.6.1 Soil Profile DKM428

Belonging to CPT	DKM428
Surface level in [m. reference level] :	-1.580
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.180
Pile tip level in [m. reference level] :	-21.500
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.100
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.100
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.110
Number of layers in profile :	6

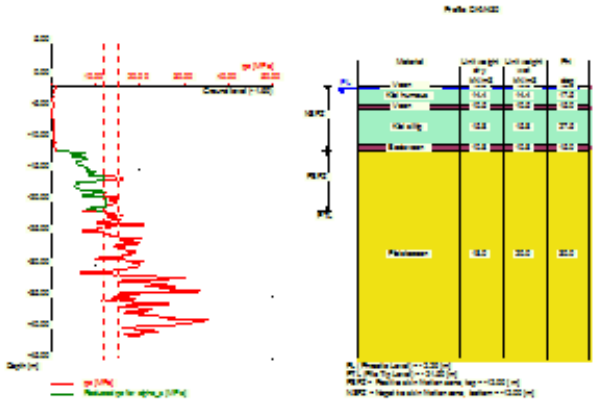


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1.580	10.50	10.50	15.00	Peat	--
2	-2.700	14.40	14.40	17.50	Clay	--
3	-5.100	10.50	10.50	15.00	Peat	--
4	-6.000	15.80	15.80	27.50	Clay	--
5	-11.200	10.80	10.80	15.00	Peat	--
6	-12.100	18.00	20.00	30.00	Sand	0.200

2.6.2 Soil Profile DKM430

Belonging to CPT	DKM430
Surface level in [m. reference level] :	-1.690
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.290

Pile tip level in [m. reference level] :	-21.500
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.000
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.000
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.110
Number of layers in profile :	6



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1.690	10.50	10.50	15.00	Peat	--
2	-2.200	14.40	14.40	17.50	Clay	--
3	-4.800	10.50	10.50	15.00	Peat	--
4	-5.500	15.80	15.80	27.50	Clay	--
5	-11.100	10.80	10.80	15.00	Peat	--
6	-12.000	18.00	20.00	30.00	Sand	0.200

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Rect 450x450

Pile type :	Prefabricated concrete pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Rectangular pile

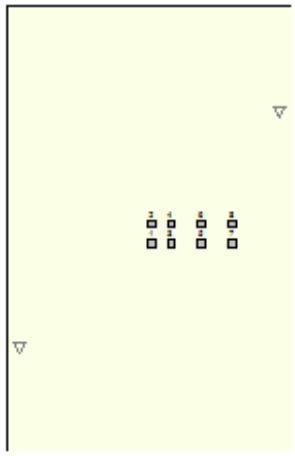
beta (Shape factor) according to figure 7I, NEN-EN 1997-1:2005.
s (factor for the influence of the shape of the crossection of the pile base) according to NEN-EN 1997-1:2005.

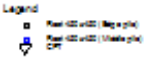
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.450
Largest side pile tip [m] :	0.450

2.8 Foundation Plan

Number of piles : 8
Number of collaborating piles* : 8
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.8.1 View of Foundation Plan

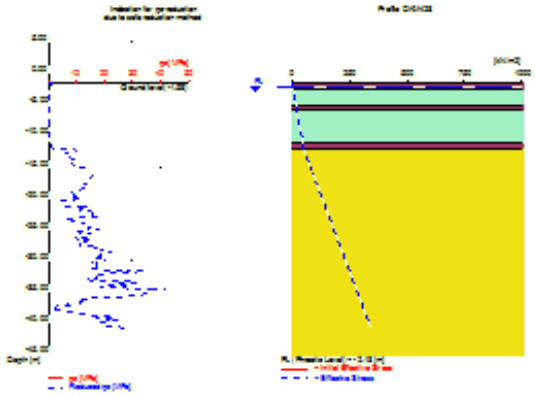




Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (EQU/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	99575.00	459845.00	785.00	581.00	0.00	-1.69
2: 2	99575.00	459846.20	785.00	581.00	0.00	-1.69
3: 3	99576.20	459845.00	805.00	596.00	0.00	-1.69
4: 4	99576.20	459846.20	805.00	596.00	0.00	-1.69
5: 5	99578.10	459845.00	837.00	620.00	0.00	-1.69
6: 6	99578.10	459846.20	837.00	620.00	0.00	-1.69
7: 7	99580.00	459845.00	875.00	648.00	0.00	-1.69
8: 8	99580.00	459846.20	875.00	648.00	0.00	-1.69

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -1.580
Reduction model : Safe (NEN)



2.10 Totalized Loads (design values)

Total load on all piles
For limit state EQU/GEO in [kN] : 6604.00
For Serviceability limit state in [kN] : 4890.00

2.11 Requirements

Limit state GEO
Maximum allowed settlement in [m] : 0.150
Serviceability Limit State
Maximum allowed settlement in [m] : 0.150

2.12 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1.20
User defined Factor xi4 [-] : 0.96

2.13 Calculation Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
Do not create intermediate results file
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
Suppress the influence of excavations.

2.14 Model Options

Selected pile types :
-Rect 450x450

Selected profiles :
-DKM428
-DKM430

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Complete Verification

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Soil profile DKM428
Warning : The lowest pile head level lies below the surface level. The maximum value for the top of the friction zones is therefor reset to -1.69 m relative to reference level.

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9097-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Performing the check on NEN 9097-1 par 3.2.3, the average distance between the different CPT's used for this check is 25 m.
The requirements set by NEN 9097-1 par 3.2.3 are met.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN-EN 1997-1:2005, annex A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/GEO) :	1.20
gamma;b (NEN-EN 1997-1:2005, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
gamma;s (NEN-EN 1997-1:2005, annex A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/GEO) :	1.20
gamma;s (NEN-EN 1997-1:2005, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
xi3 (user defined) :	1.20
xi4 (user defined) :	0.96

Note: The excavation(s) is not taken into account in the calculation!

3.3.2 Pile type : Rect 450x450

Pile type :	Prefabricated concrete pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Rectangular pile
beta (Shape factor: figuur 7I, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN 9097-1 : Pile tip) :	1.00
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN 9097-1 : factor for the influence of the shape of the crossection of the pile base) :	1.00
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.450
Largest side pile tip [m] :	0.450

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
DKM428	0.0100	--	1.0000
DKM430	0.0100	--	1.0000

3.4 Verification of Limit State EQU

Required by NEN-EN 1997-1 section 2.4.7 / 2.4.8: Ed <= Cd.
Rigid superstructure, verify total load on all piles with total bearing capacity

Fc;d = 6604.000 [kN]
Rc;d = 17427.252 [kN]

The requirements of limit state EQU are met, limit state EQU is ok.

Note: Negative skin friction plays NO part in Limit State EQU. Its influence is incorporated in the tests for Limit State GEO and the Serviceability limit state. The intermediate results provide a full overview of all values that are calculated for the negative skin friction.
Purely indicative, the values for the negative skin friction vary from 118 [kN] to 127 [kN] per pile.

3.5 Verification of Limit State GEO

Required by NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: Sd <= Sreq.

Sd = 0.027 [m]
Sreq = 0.150 [m]

The settlement requirements of limit state GEO are met, this is ok.

As the superstructure was indicated to be rigid, settlement differences may be neglected, so rotations are not taken into consideration (NEN EN 1997 1:2005 par. 6.6.2: NEN 9097-1 part c)!

3.6 Verification of Serviceability limit state

Required by NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: Sd <= Sreq.
For houses, the requirement is : Sreq = 0.05 m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

Sd = 0.020 [m]
Sreq = 0.150 [m]

The settlement requirements of the Serviceability Limit State are met, this is ok.

As the superstructure was indicated to be rigid, settlement differences may be neglected, so rotations are not taken into consideration (NEN EN 1997 1:2005 par. 6.6.2: NEN 9097-1 part c)!

3.7 Additional Information

The design values of the maximum shaft tensions (calculated at the transition of positive to negative skin friction) are

At Limit state EQU, GEO :sigma = 4.95 [N/mm2]
At Serviceability Limit Statesigma = 3.83 [N/mm2]

The maximum settlement was found at :
Limit state GEO
CPT name DKM428
Pile name: 7

Components of the maximum settlement are :
sneg = 0.000 [m]
sb = 0.002 [m]
sel;d = 0.004 [m]
s2 = 0.023 [m]

Serviceability Limit State
CPT name DKM428
Pile name: 7

Components of the maximum settlement are :
sneg = 0.000 [m]

sb =	0.001 [m]
sel;d =	0.003 [m]
s2 =	0.018 [m]

sneg stands for the settlement due to negative skin friction when the expected ground level settlement (egls) is within the next boundaries : 0.02 <= egls <= 0.10 meter.

For expected ground level settlement beyond the boundaries, sneg = 0.

3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state GEO

name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
DKM428	1136.166	981.897	2118.063
DKM430	1012.161	1226.590	2238.751

3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State

name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
DKM428	1363.399	1178.276	2541.675
DKM430	1214.593	1471.908	2686.501

End of Report

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	BAM Infraconsult
Date of report:	15-7-2013
Time of report:	12:42:45
Date of calculation:	15-7-2013
Time of calculation:	12:42:38
Filename:	D:\..\berekeningen\D\foundations\trek\Mast 133_DKM428-430 TREK DO
Project identification:	
	D-Foundations Mast 133_DKM428-430 TREK DO

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN) 3
2.4 General CPT Data 3
2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.5 Soil Data 4
2.5.1 Soil Profile DKM428 4
2.5.2 Soil Profile DKM430 5
2.6 Pile Types 5
2.6.1 Pile type : Rect 450x450 6
2.7 Foundation Plan 6
2.7.1 View of Foundation Plan 6
2.8 Excavation Data 7
2.9 Optional Parameters 7
2.10 Overruled Parameters 7
2.11 Calculation Options 7
2.12 Model Options 7
3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels 8
3.1 Errors and Warnings 8
3.2 Remarks 8
3.3 Calculation Parameters 8
3.3.1 Pile Factors 8
3.3.2 Pile type : Rect 450x450 8
3.4 Results for all CPT's 8
3.4.1 Results for pile type : Rect 450x450 8
3.4.1.1 Pile group 1 8
3.4.1.2 Pile group 2 8
3.4.1.3 Pile group 3 9
3.4.1.4 Pile group 4 9
3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3 9
3.5.1 Results for pile type : Rect 450x450 9
3.5.1.1 Pile group 1 9
3.5.1.2 Pile group 2 9
3.5.1.3 Pile group 3 10
3.5.1.4 Pile group 4 10

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Tension Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	
Design engineer superstructure :	
Principal :	
Title 1 :	
Title 2 :	
Title 3 :	D-Foundations Mast 133_DKM428-430 TREK DO
Number of project :	-
Location of project :	

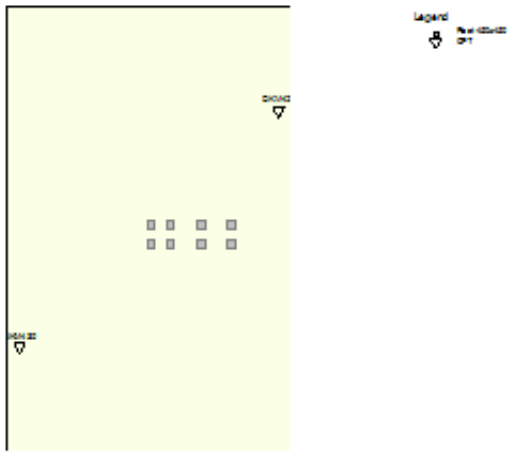
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

The design and verifications performed by the TENSION PILES (NEN-EN) model of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause tensile forces in the piles. Pilegroup effects are taken into account. Calculation of pile forces is based on Cone Penetration Tests. Pile capacities are based on the NEN-EN 1997-1, chapter 7 and where pile/safety factors are concerned, on Dutch Standards NEN-EN 1997-1. Horizontal displacements of piles are not taken into account. Vertical displacements of piles are not calculated. Design of Tension piles based on NEN-EN 1997-1 is limited to piles with lengths between 7 and 50 m and a minimum Length over (equivalent) diameter ratio of 13.5.

2.4 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Excavation - Install

2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan



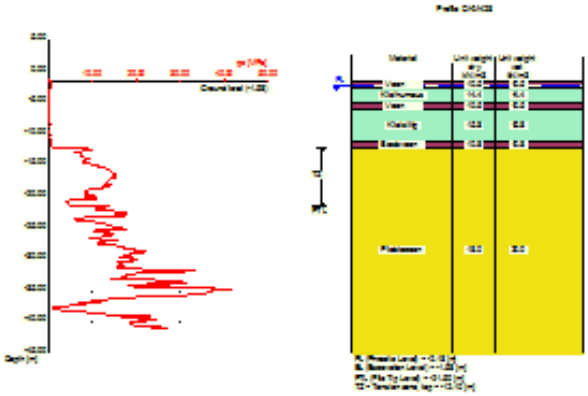
Number/name CPT	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]
1: DKM428	99583.01	459853.26
2: DKM430	99566.81	459838.51

2.5 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.5.1 Soil Profile DKM428

Belonging to CPT	DKM428
Surface level in [m. reference level] :	-1.580
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.180
Top of tension zone [m. reference level]:	-12.100
Pile tip level in [m. reference level] :	-21.500
Number of layers in profile :	6



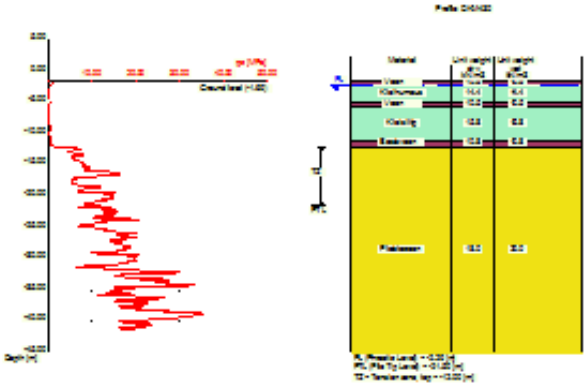
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1.580	Peat	10.50	10.50	0.40	0.80		12/15	Standard
2	-2.700	Clay	14.40	14.40	0.40	0.80		12/15	Standard
3	-5.100	Peat	10.50	10.50	0.40	0.80		12/15	Standard
4	-6.000	Clay	15.80	15.80	0.40	0.80		12/15	Standard
5	-11.200	Peat	10.80	10.80	0.40	0.80		12/15	Standard
6	-12.100	Sand	18.00	20.00	0.40	0.80	0.200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1.580	Peat	15.00	0.00	0.00	1.000	False
2	-2.700	Clay	17.50	0.00	0.00	1.000	True
3	-5.100	Peat	15.00	0.00	0.00	1.000	False
4	-6.000	Clay	27.50	0.00	0.00	1.000	True
5	-11.200	Peat	15.00	0.00	0.00	1.000	False

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
6	-12.100	Sand	30.00	0.00	0.00	1.000	True

2.5.2 Soil Profile DKM430

Belonging to CPT	DKM430
Surface level in [m. reference level] :	-1.690
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.290
Top of tension zone [m. reference level]:	-12.000
Pile tip level in [m. reference level] :	-21.500
Number of layers in profile :	6



Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1.690	Peat	10.50	10.50	0.40	0.80		12/15	Standard
2	-2.200	Clay	14.40	14.40	0.40	0.80		12/15	Standard
3	-4.800	Peat	10.50	10.50	0.40	0.80		12/15	Standard
4	-5.500	Clay	15.80	15.80	0.40	0.80		12/15	Standard
5	-11.100	Peat	10.80	10.80	0.40	0.80		12/15	Standard
6	-12.000	Sand	18.00	20.00	0.40	0.80	0.200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1.690	Peat	15.00	0.00	0.00	1.000	False
2	-2.200	Clay	17.50	0.00	0.00	1.000	True
3	-4.800	Peat	15.00	0.00	0.00	1.000	False
4	-5.500	Clay	27.50	0.00	0.00	1.000	True
5	-11.100	Peat	15.00	0.00	0.00	1.000	False
6	-12.000	Sand	30.00	0.00	0.00	1.000	True

2.6 Pile Types

Note : If alpha;t is not user defined, the next rules apply :
- alpha;t according to table 7.g and table 7.h of NEN 9097-1

- for clay: alpha;t depends on the CPT-value and relative depth
- for peat: alpha;t = 0
- for sand/gravel: alpha;t also depends on the median

Number of pile types : 1

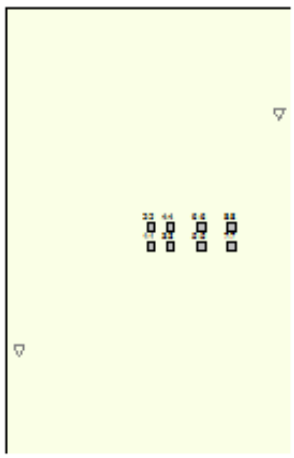
2.6.1 Pile type : Rect 450x450

Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam :	Driven straight-sided precast concrete pile
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay :	According to standard
Material/type for pile :	Concrete
Pile shape :	Rectangular pile
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.450
Largest side pile tip [m] :	0.450

2.7 Foundation Plan

Number of piles : 8
Number of collaborating piles* : 8
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.7.1 View of Foundation Plan

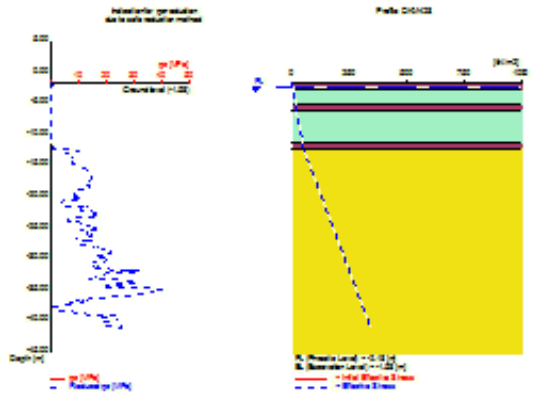


Pile nr./code	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1:1	99575.00	459845.00	199.00	-581.00	-1.69	True	1.50
2: 2:2	99575.00	459846.20	199.00	-581.00	-1.69	True	1.50
3: 3:3	99576.20	459845.00	209.00	-596.00	-1.69	True	1.50
4: 4:4	99576.20	459846.20	209.00	-596.00	-1.69	True	1.50
5: 5:5	99578.10	459845.00	221.00	-620.00	-1.69	True	1.50
6: 6:6	99578.10	459846.20	221.00	-620.00	-1.69	True	1.50
7: 7:7	99580.00	459845.00	236.00	-648.00	-1.69	True	1.50
8: 8:8	99580.00	459846.20	236.00	-648.00	-1.69	True	1.50

Note regarding the loads: tension forces are positive, compressive forces are negative

2.8 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :	-1.580
Reduction model :	Safe (NEN)



2.9 Optional Parameters

Unit weight water [kN/m3] :	9.81
Surcharge [kN/m2] :	0.00

2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xl3 [-] :	1.20
User defined Factor xl4 [-] :	0.96

2.11 Calculation Options

Suppress compaction
If compaction is used, according to NEN 9097-1 CPT's should be made after installation to verify this assumption
Suppress the influence of excavations.
Use excess pore pressure

2.12 Model Options

Selected pile types :
-Rect 450x450

Selected profiles :
-DKM428
-DKM430

3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xl3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xl4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When calculating the max. mobilized soil weight, the topangle is used according to NEN 9097-1.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

xl3 (user defined) :	1.20
xl4 (user defined) :	0.96
For factor gamma;var values, see FOUNDATION PLAN table	
Factor gamma;st according to NEN 1997-1 annex A.3.3.2 [-]	1.350
Factor gamma;gamma according to NEN-EN 1997-1 annex A.3 table A2 [-]	
Above excavation level	1.0
Below excavation level	1.1

3.3.2 Pile type : Rect 450x450

Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam :	Driven straight-sided precast concrete pile
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay :	According to standard
Materialtype for pile :	Concrete
Pile shape :	Rectangular pile
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.450
Largest side pile tip [m] :	0.450

3.4 Results for all CPT's

3.4.1 Results for pile type : Rect 450x450

3.4.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
1:1
2:2

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-21.50	352.73	315.80	315.80	Ksi3

3.4.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
3:3
4:4

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-21.50	308.38	281.79	281.79	Ksi3

3.4.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
5:5
6:6

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-21.50	360.52	325.39	325.39	Ksi3

3.4.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
7:7
8:8

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-21.50	404.87	359.40	359.40	Ksi3

3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3

3.5.1 Results for pile type : Rect 450x450

3.5.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
1:1
2:2

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
DKM428	-21.50	322.64	4265.61	49.15	0.00
DKM430	-21.50	308.96	4623.72	49.36	0.00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
DKM428	0.0070	0.0070	0.0000
DKM430	0.0070	0.0070	0.0000

3.5.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
3:3
4:4

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
DKM428	-21.50	283.87	1363.76	49.15	0.00
DKM430	-21.50	279.70	1461.80	49.36	0.00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
DKM428	0.0070	0.0070	0.0000
DKM430	0.0070	0.0070	0.0000

3.5.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
5:5
6:6

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
DKM428	-21.50	329.59	1480.63	49.15	0.00
DKM430	-21.50	321.19	1582.52	49.36	0.00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
DKM428	0.0070	0.0070	0.0000
DKM430	0.0070	0.0070	0.0000

3.5.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 2
Names of piles belonging to this pile group
7:7
8:8

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
DKM428	-21.50	368.36	4382.49	49.15	0.00
DKM430	-21.50	350.45	4744.44	49.36	0.00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
DKM428	0.0070	0.0070	0.0000
DKM430	0.0070	0.0070	0.0000

End of Report

BIJLAGE 4 BEREKENING HORIZONTALE BEDDINGSCONSTANTEN

bam infra
BAM Infraconsult bv

Horizontale beddingsconstante paal volgens Menard
Auteur: Vincent Bosch
Versie: Augustus 2010
Ref: CUR 228 - Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen

Adviseur	Robert Meeuwsen
Datum	15-07-13
Project	Tennet A380 Noordring
Locatie	Mast 133 (x-richting)
Sondering	DKM428
D_{eq}	0.51 m

b.k. laag	soort	q_c	β	E_p	α	$k_{h\ R>0.3}$	$k_{h\ R<0.3}$	$k_{h,gem}$	corr.	Voor ESA berekeningen			
										per m^2 paal		per m'paal	
[m+ NAP]		[MPa]	[-]	[kPa]	[-]	[kN/m^3]	[kN/m^3]	**[kN/m^3]**	**factor** *)	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
-1.6	Veen	0.5	3.00	1,500	1.00	3970	3893	**3893**	**0.54**	1,400	3,200	700	1,600
-2.7	Klei	0.2	2.00	400	0.67	1428	1461	**1461**	**0.54**	500	1,200	300	600
-5.1	Veen	0.5	3.00	1,500	1.00	3970	3893	**3893**	**0.54**	1,400	3,200	700	1,600
-6.0	Klei	0.3	2.00	600	0.67	2142	2192	**2192**	**0.54**	800	1,800	400	900
-11.2	Veen	0.5	3.00	1,500	1.00	3970	3893	**3893**	**0.54**	1,400	3,200	700	1,600
-12.1	Zand	10.0	0.70	7,000	0.33	35221	37804	**37804**	**0.54**	13,600	30,600	6,900	15,600
-22.0	Zand	12.0	0.70	8,400	0.33	42265	45364	**45364**	**0.54**	16,300	36,700	8,300	18,700

*) In geval van dynamische belastingen: beddingsconstanten vergroten met een factor 3
In geval van kleine h.o.h. afstanden: beddingsconstanten reduceren met groepsfactor

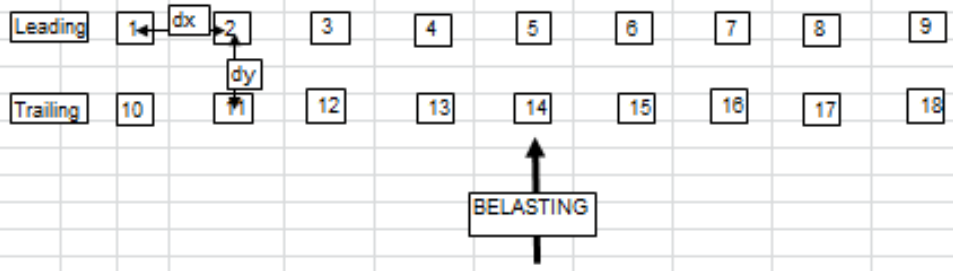
Reductiefactoren Horizontale beddingsconstante palen door groepswerking

vlg. Reese en van Impe ('Single Piles and Pile Groups under Lateral Loading')

Deq	0.51	m
dx	1.2	m
dy	1.2	m

Paal:	X	Y	L= Leading	Paalnummer								
	[m]	[m]	T = Trailing	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	0	0	L	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.2	0	L	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	2.4	0	L	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	3.6	0	L	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	100	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00
6	101	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00
7	102	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00
8	104	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86
9	105	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00
10	0	1.2	T	0.87	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.2	1.2	T	0.96	0.87	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	2.4	1.2	T	1.00	0.96	0.87	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	3.6	1.2	T	1.00	1.00	0.96	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	100	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.96	1.00	1.00	1.00
15	101	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87	0.96	1.00	1.00
16	102	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87	0.96	1.00
17	104	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87	0.96
18	105	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87
			redfactor:	**0.72**	**0.59**	**0.59**	**0.72**	**0.72**	**0.59**	**0.59**	**0.59**	**0.72**

				Paalnummer								
				10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
1			L	0.66	0.87	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2			L	0.87	0.66	0.87	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3			L	0.98	0.87	0.66	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4			L	1.00	0.98	0.87	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5			L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66	0.87	0.98	1.00	1.00
6			L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.66	0.87	0.98	1.00
7			L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.87	0.66	0.87	0.98
8			L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.87	0.66	0.87
9			L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.87	0.66
10			T	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11			T	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12			T	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13			T	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00
15			T	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00
16			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00
17			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86
18			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00
			redfactor:	**0.48**	**0.36**	**0.36**	**0.48**	**0.48**	**0.36**	**0.35**	**0.36**	**0.48**



bam infra
BAM Infraconsult bv

Horizontale beddingsconstante paal volgens Menard

Auteur: Vincent Bosch
Versie: Augustus 2010
Ref: CUR 228 - Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen

Adviseur	Robert Meeuwsen
Datum	15-07-13
Project	Tennet A380 Noordring
Locatie	Mast 133 (y-richting)

Sondering	DKM428
D_{eq}	0.51 m

b.k. laag	soort	q_c	β	E_p	α	$k_{h\ R>0.3}$	$k_{h\ R<0.3}$	$k_{h,gem}$	corr.	Voor ESA berekeningen			
										per m^2 paal		per m'paal	
[m+ NAP]		[MPa]	[-]	[kPa]	[-]	[kN/m^3]	[kN/m^3]	**[kN/m^3]**	**factor *)**	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m^3]	$k_{h,rep,laag}$ [kN/m/m]	$k_{h,rep,hoog}$ [kN/m/m]
-1.6	Veen	0.5	3.00	1,500	1.00	3970	3893	**3893**	**0.39**	1,000	2,300	500	1,200
-2.7	Klei	0.2	2.00	400	0.67	1428	1461	**1461**	**0.39**	400	900	200	400
-5.1	Veen	0.5	3.00	1,500	1.00	3970	3893	**3893**	**0.39**	1,000	2,300	500	1,200
-6.0	Klei	0.3	2.00	600	0.67	2142	2192	**2192**	**0.39**	600	1,300	300	700
-11.2	Veen	0.5	3.00	1,500	1.00	3970	3893	**3893**	**0.39**	1,000	2,300	500	1,200
-12.1	Zand	10.0	0.70	7,000	0.33	35221	37804	**37804**	**0.39**	9,800	22,100	5,000	11,300
-22.0	Zand	12.0	0.70	8,400	0.33	42265	45364	**45364**	**0.39**	11,800	26,500	6,000	13,500

*) In geval van dynamische belastingen: beddingsconstanten vergroten met een factor 3
In geval van kleine h.o.h. afstanden: beddingsconstanten reduceren met groepsfactor

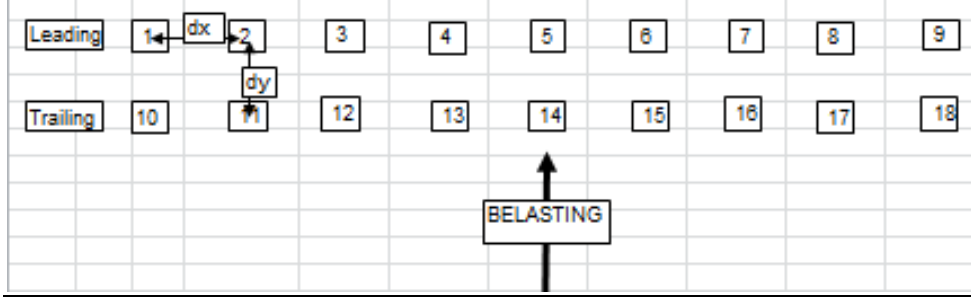
Reductiefactoren Horizontale beddingsconstante palen door groepswerking

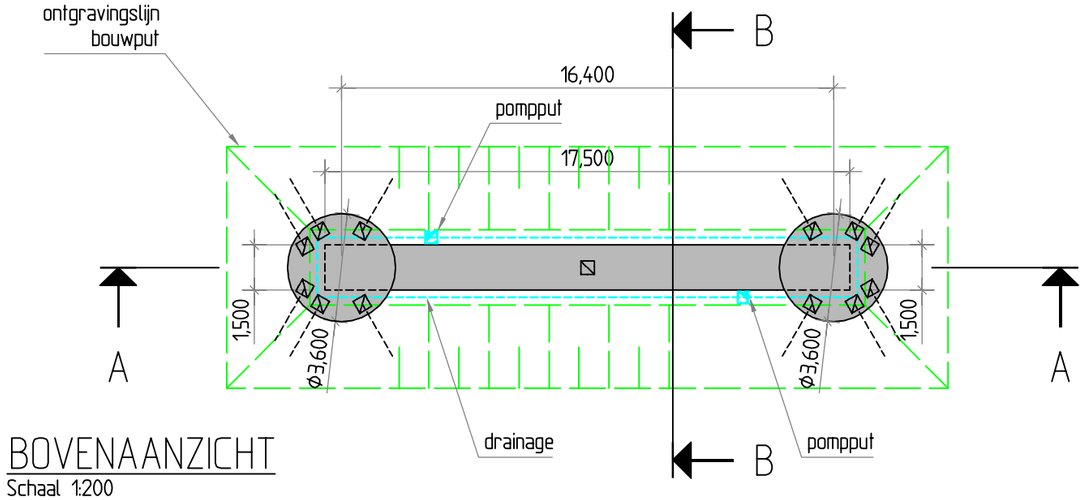
vlg. Reese en van Impe ('Single Piles and Pile Groups under Lateral Loading')

Deq	0.51	m
dx	1.2	m
dy	1.2	m

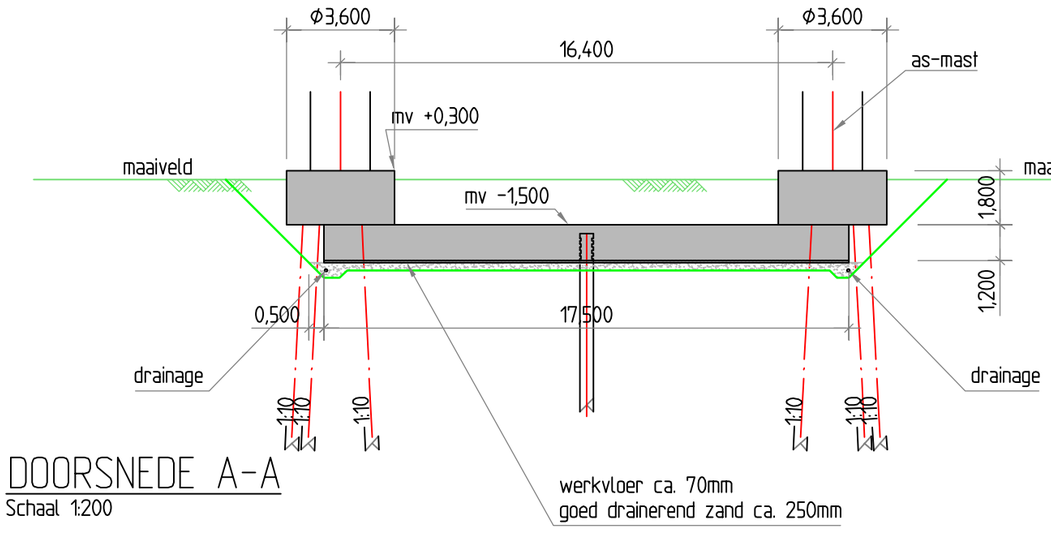
Paal:	X	Y	L= Leading	Paalnummer								
	[m]	[m]	T = Trailing	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	0	0	L	1.00	0.66	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0	1.2	T	0.87	1.00	0.66	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	0	2.4	T	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	0	3.6	T	1.00	0.86	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	100	100	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00
6	101	100	L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00
7	102	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00
8	104	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86
9	105	0	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00
10	1.2	0	L	0.86	0.87	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.2	1.2	T	0.96	0.86	0.87	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.2	2.4	T	1.00	0.87	0.86	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.2	3.6	T	1.00	0.92	0.87	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	100	101	T	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.96	1.00	1.00	1.00
15	101	101	T	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87	1.00	1.00	1.00
16	102	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.96	1.00
17	104	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87	0.96
18	105	1.2	T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.87
			redfactor:	**0.72**	**0.23**	**0.23**	**0.39**	**0.72**	**0.72**	**0.72**	**0.59**	**0.72**

				Paalnummer								
				10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
1			L	0.86	0.87	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2			T	0.96	0.86	0.87	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3			T	1.00	0.87	0.86	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4			T	1.00	0.92	0.87	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5			L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66	0.87	1.00	1.00	1.00
6			L	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.66	1.00	1.00	1.00
7			L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66	0.87	0.98
8			L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.66	0.87
9			L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.87	0.66
10			L	1.00	0.66	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11			T	0.87	1.00	0.66	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12			T	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13			T	1.00	0.86	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00
15			T	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00
16			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00
17			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	0.86
18			T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00
			redfactor:	**0.72**	**0.23**	**0.23**	**0.39**	**0.43**	**0.43**	**0.48**	**0.37**	**0.48**

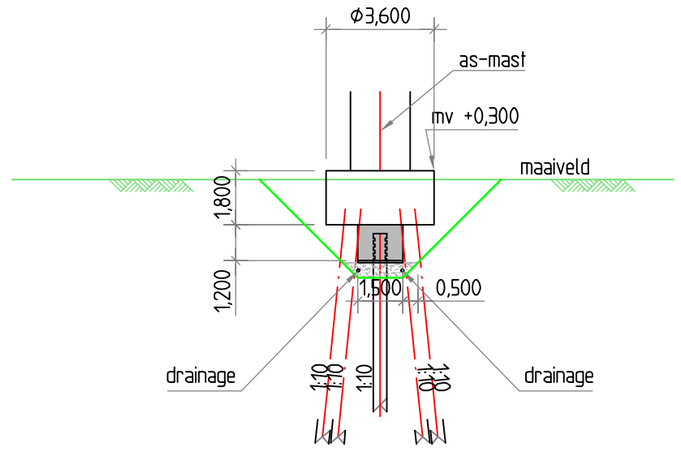




BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200



DOORSNEDE B-B
Schaal 1:200

OPMERKINGEN:

Aantal van deze funderingen op verschillende locaties tbv. masten type A = 25 stuks

Toe te passen palen: beton 450mm x 450mm, lengte n.t.b.

Toe te passen betonwerk;
- Betonkwaliteit onderbalk C30/37, montagebalk C35/45, milieuklasse XC2
- Wapeningsstaal kwaliteit B500B

wijzigingen rev 02:
Onderbalk aangepast, ontgravingsprofiel aangepast, werkvloer, zandbed, drainage en pompputten toegevoegd.
Aantal aangepast (mast 126 heeft funderingstype C gekregen).

Combining Knowledge and Experience

bam COFELY FABRICOM GDF SUEZ

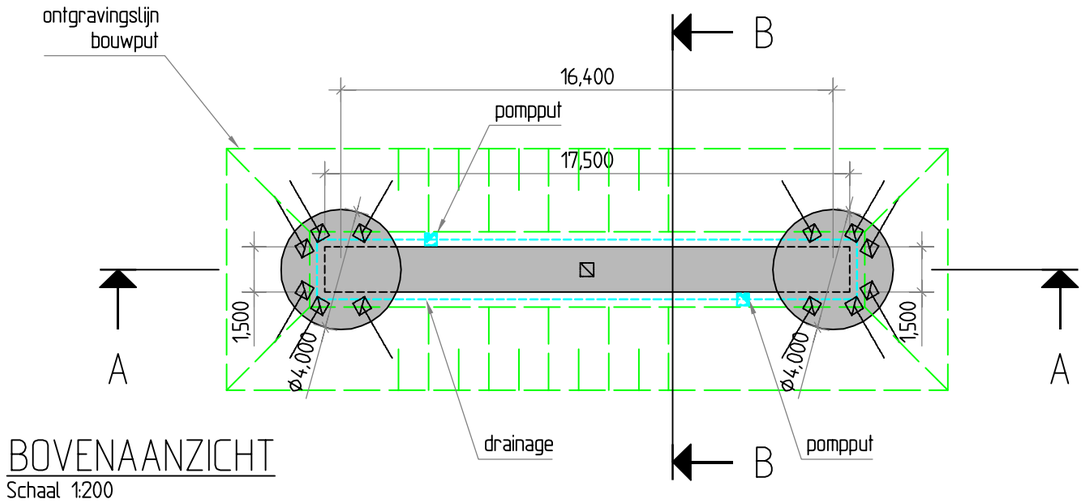
Randstad 380kV Noordring

			P. de Jager	A. Hogenboom
			Controleur	Vrijgegeven door
Omschrijving: Definitief Ontwerp Mastfundaties Mastfundatie type A	03			
	02	onderbalk, ontgraving,drain	04-10-2013	R.G.J. Caspers
	01	zie opmerkingen	06-08-2013	R.G.J. Caspers
	Rev.	Wijziging	Datum	Naam
	Schaal: 1:100		Formaat: A3	
Projekt: Randstad 380kV Noordring	Naam: R.G.J. Caspers		Datum: 19-07-2013	

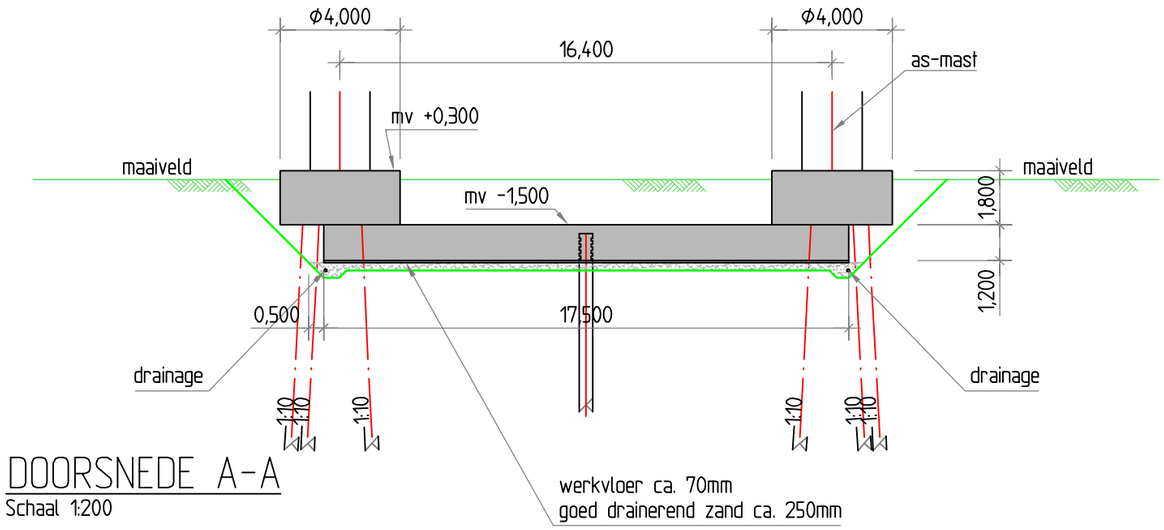
TenneT Taking power further

Tekeningnummer: R3N-TEK-0019 blad 001

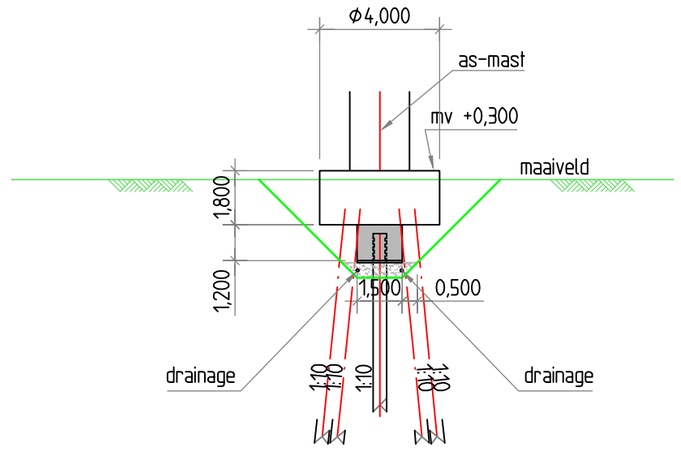
AutoCAD filename:: Systnr:



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200



DOORSNEDE B-B
Schaal 1:200

OPMERKINGEN:

Aantal van deze funderingen op verschillende locaties tbv. masten type B = 15 stuks

Toe te passen palen: beton 450mm x 450mm, lengte n.t.b.

Toe te passen betonwerk;
- Betonkwaliteit onderbalk C30/37, montagebalk C35/45, milieuklasse XC2
- Wapeningsstaal kwaliteit B500B

wijzigingen rev 02:
Onderbalk aangepast, ontgravingsprofiel aangepast, werkvloer, zandbed, drainage en pompputten toegevoegd.
Aantal aangepast (mast 118 heeft funderingstype D gekregen).

Combining Knowledge and Experience

bam COFELY FABRICOM GDF SUEZ

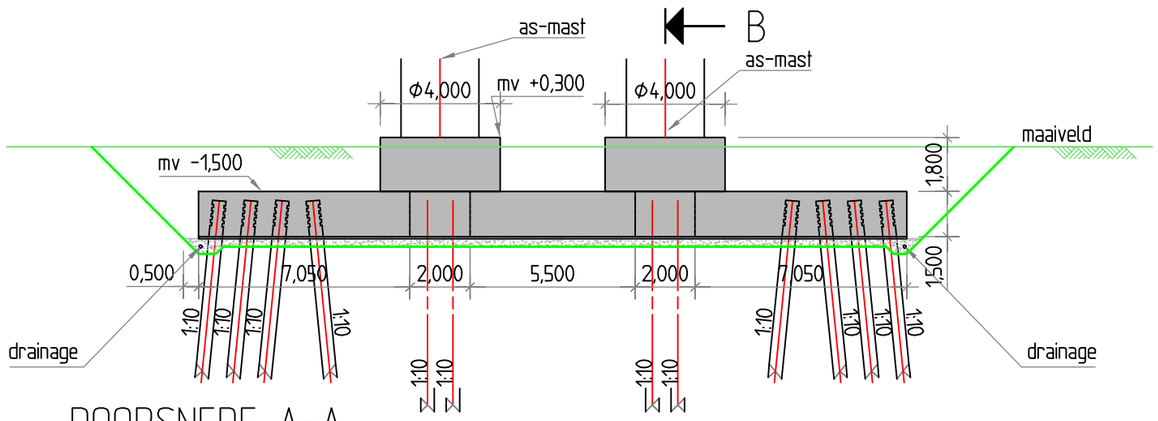
Randstad 380kV Noordring

			P. de Jager	A. Hogenboom
			Controleur	Vrijgegeven door
Omschrijving: Definitief Ontwerp Mastfundaties Mastfundatie type B	03			
	02	onderbalk, ontgraving,drain	04-10-2013	R.G.J. Caspers
	01	zie opmerkingen	06-08-2013	R.G.J. Caspers
	Rev.	Wijziging	Datum	Naam
	Schaal: 1:100		Formaat: A3	
Projekt: Randstad 380kV Noordring	Naam: R.G.J. Caspers		Datum: 19-07-2013	

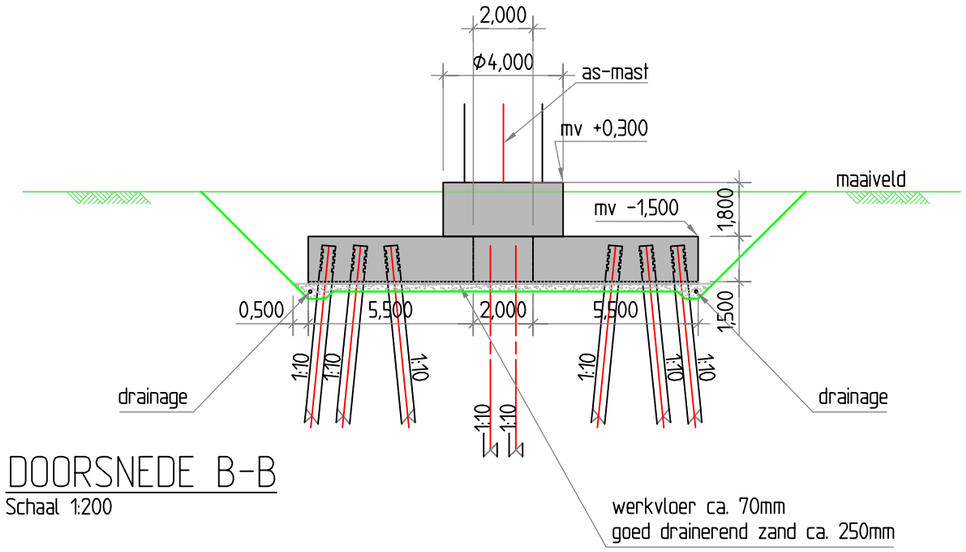
TenneT Taking power further

Tekeningnummer: R3N-TEK-0020 blad 001

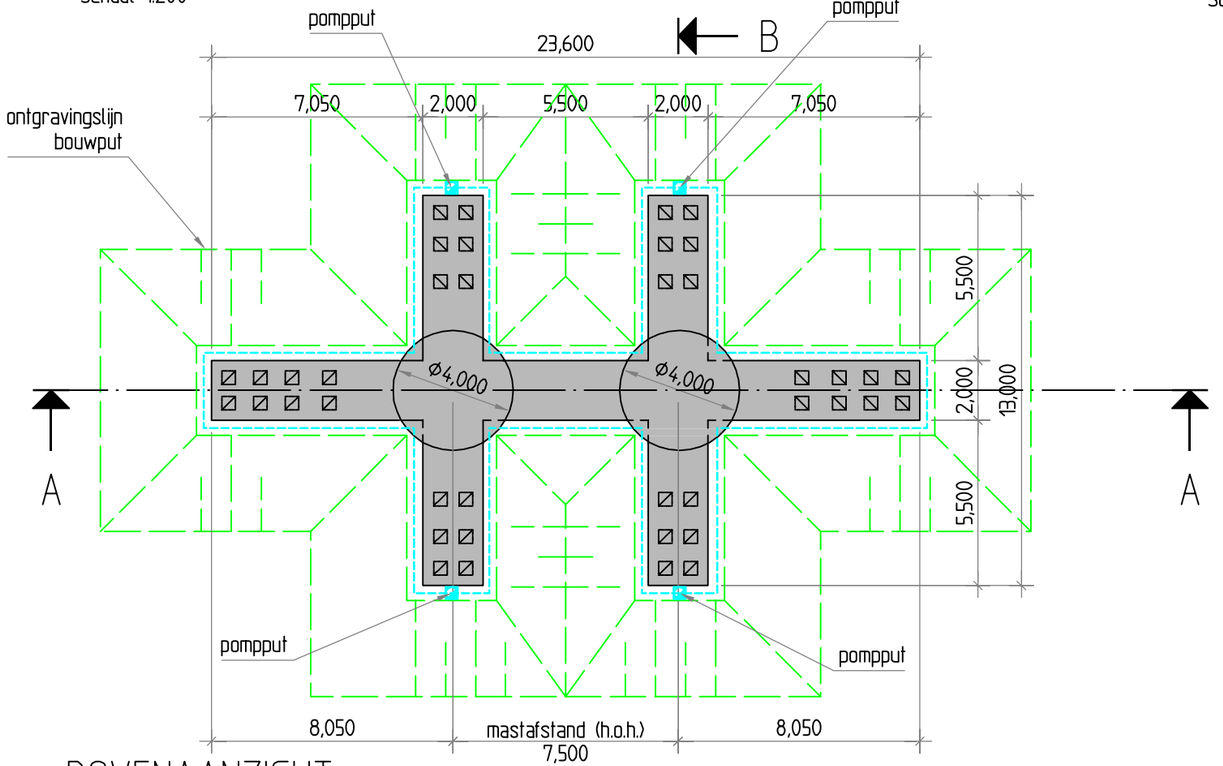
AutoCAD filename:: Systnr:



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200



DOORSNEDE B-B
Schaal 1:200



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

OPMERKINGEN:

Aantal van deze funderingen op verschillende locaties tbv. masten type C = 14 stuks

Toe te passen palen: beton 450mm x 450mm, lengte n.t.b.

Toe te passen betonwerk;
- Betonkwaliteit onderbalk C28/35, montagebalk C35/45, milieuklasse XC2
- Wapeningsstaal kwaliteit B500B

wijzigingen rev 02:
Ontgravingsprofiel aangepast, werkvloer, zandbed, drainage en pompputten toegevoegd.
Aantal aangepast (mast 126 heeft nu ook funderingstype C gekregen).

Combining Knowledge and Experience

bam COFELY FABRICOM GDF SUEZ

Randstad 380kV Noordring

		P. de Jager (Controleur)	A. Hogenboom (Vrijgegeven door)
03			
02	Ontgravingen en voorz.	04-10-2013	R.G.J. caspers
01	AFW-0050: mastafstand	06-09-2013	R.G.J. Caspers
Rev.	Wijziging	Datum	Naam

Omschrijving: Definitief Ontwerp
Mastfundaties
Mastfundatie type C

Schaal: 1:100 | Formaat: A3

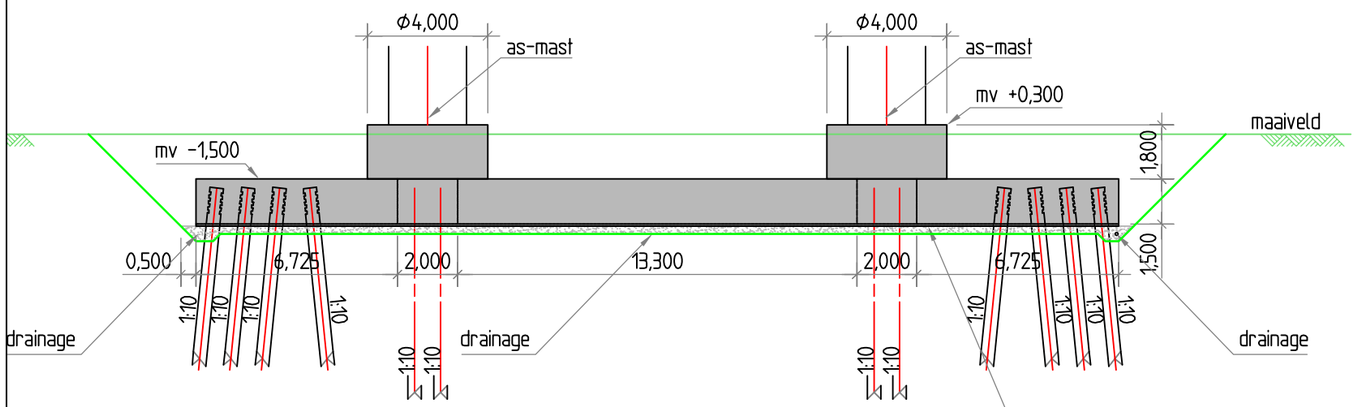
Projekt: Randstad 380kV Noordring

Naam: R.G.J. Caspers | Datum: 19-07-2013

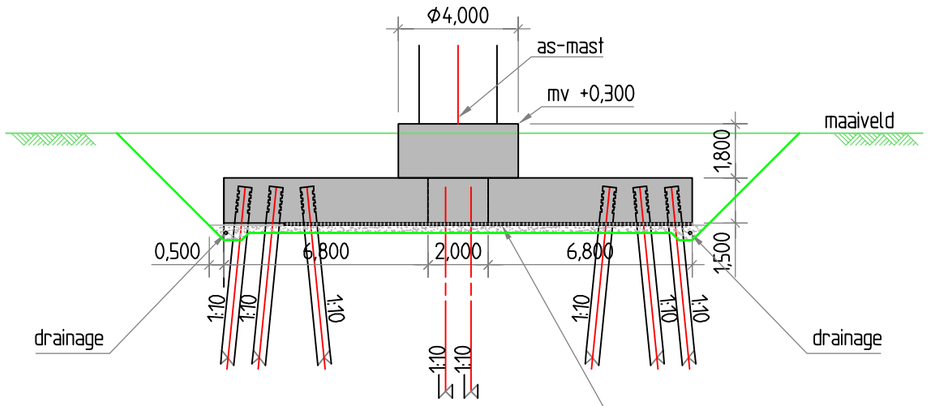
TenneT Taking power further

Tekeningnummer: R3N-TEK-0021 blad 001

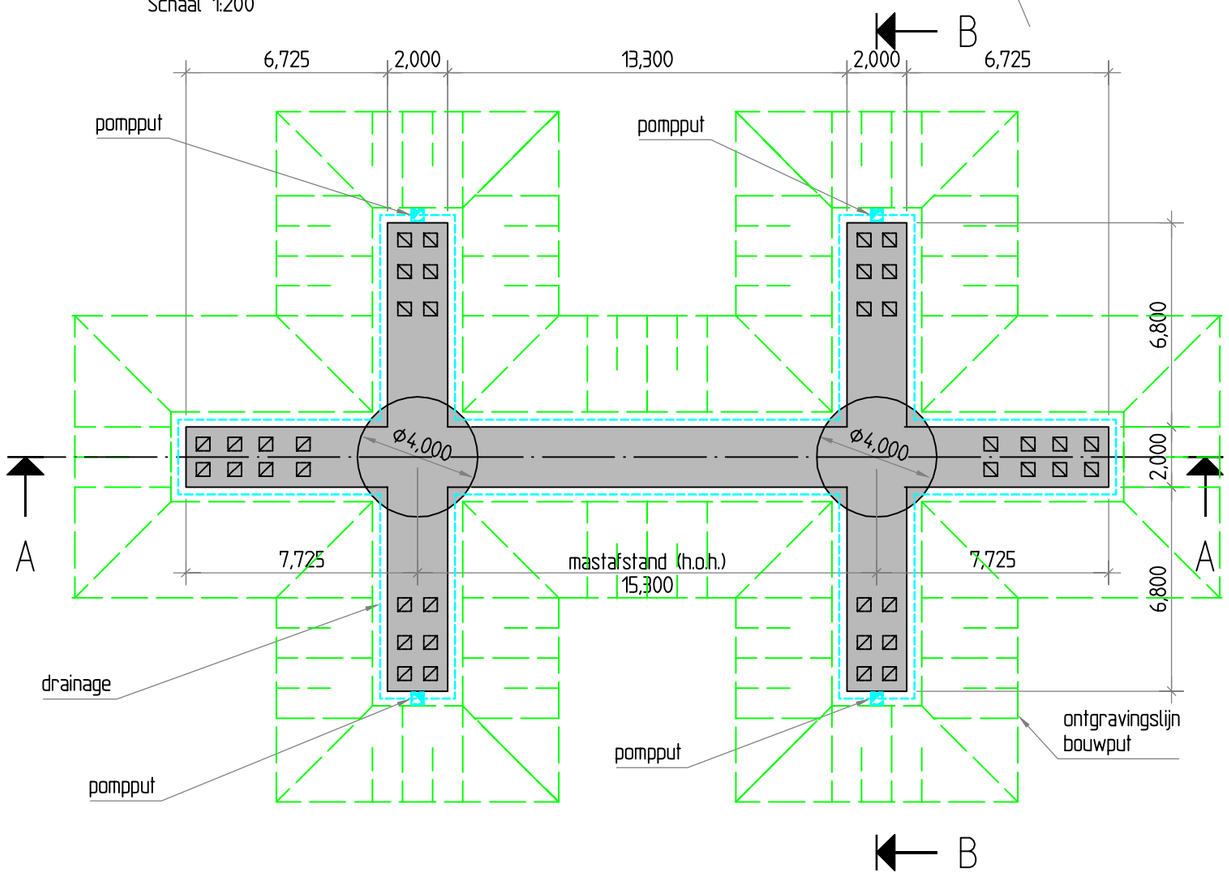
AutoCAD filename: | Systnr:



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200



DOORSNEDE B-B
Schaal 1:200



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

OPMERKINGEN:

Aantal van deze funderingen op verschillende locaties tbv. masten type D = 4 stuks

Toe te passen palen: beton 450mm x 450mm, lengte n.t.b.

Toe te passen betonwerk;
- Betonkwaliteit onderbalk C28/35, montagebalk C35/45, milieuklasse XC2
- Wapeningsstaal kwaliteit B500B

wijzigingen rev 02:
Ontgravingsprofiel aangepast, werkvloer, zandbed, drainage en pompputten toegevoegd.
Aantal aangepast (mast 118 heeft nu ook funderingstype D gekregen).

Combining Knowledge and Experience

bam COFELY FABRICOM GDF SUEZ

Randstad 380kV Noordring

		P. de Jager	A. Hogenboom
		Controleur	Vrijgegeven door
03			
02	Ontgravingen en voorz.	04-10-2013	R.G.J. Caspers
01	AFW-0050: mastafstand	06-09-2013	R.G.J. Caspers
Rev.	Wijziging	Datum	Naam

Omschrijving: Definitief Ontwerp
Mastfundaties
Mastfundatie type D

Schaal: 1:100 | Formaat: A3

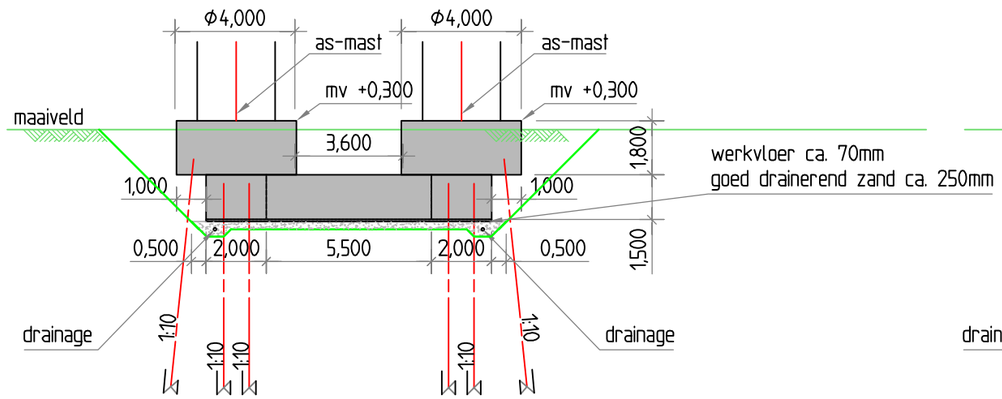
Projekt: Randstad 380kV Noordring

Naam: R.G.J. Caspers | Datum: 19-07-2013

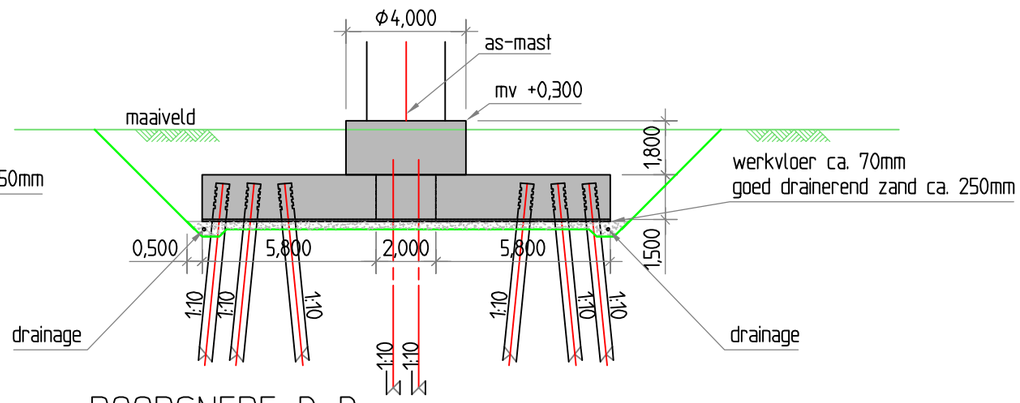
TenneT Taking power further

Tekeningnummer: R3N-TEK-0022 blad 001

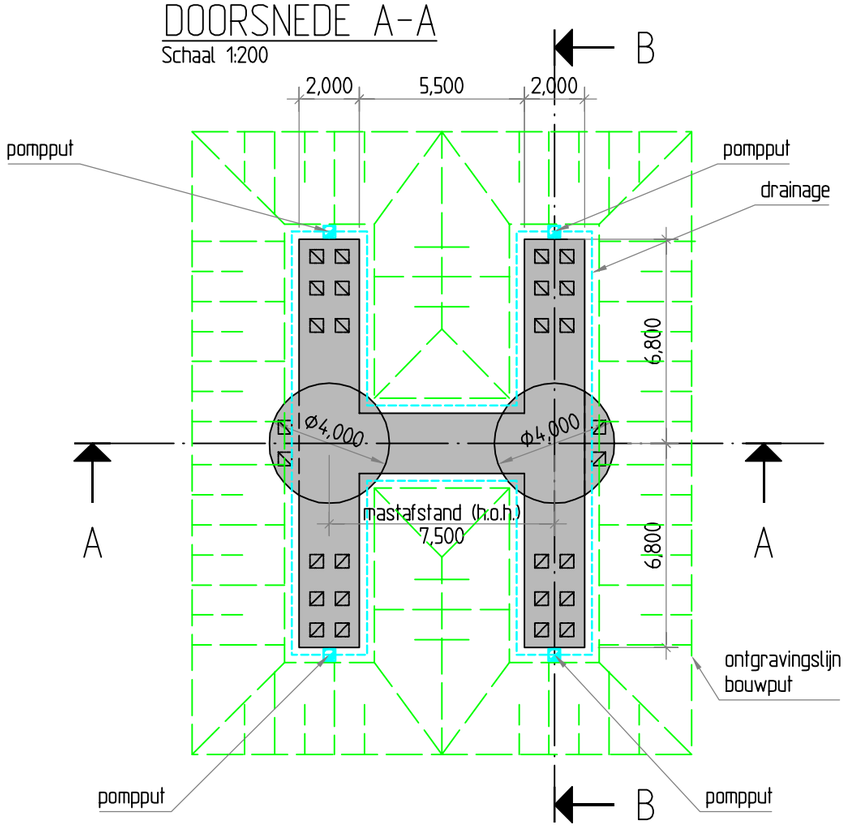
AutoCAD filename:: | Systnr:



DOORSNEDE A-A
Schaal 1:200



DOORSNEDE B-B
Schaal 1:200



BOVENAANZICHT
Schaal 1:200

OPMERKINGEN:

Aantal van deze funderingen op verschillende locaties tbv. masten type F = 3 stuks

Toe te passen palen: beton 450mm x 450mm, lengte n.t.b.

Toe te passen betonwerk;
- Betonkwaliteit onderbalk C28/35, montagebalk C35/45, milieuklasse XC2
- Wapeningsstaal kwaliteit B500B

Combining Knowledge and Experience

bam COFELY FABRICOM GDF SUEZ

Randstad 380kV Noordring

			P. de Jager (Controleur)	A. Hogenboom (Vrijgegeven door)
Omschrijving: Defintief Ontwerp Mastfundaties Mastfundatie type F	03			
	02	Ontgraving en voorz.	04-10-2013	R.G.J. Caspers
	01	AFW-0050: mastafstand	06-09-2013	R.G.J. Caspers
	Rev.	Wijziging	Datum	Naam
	Schaal: 1:100		Formaat: A3	
Projekt: Randstad 380kV Noordring	Naam: R.G.J. Caspers		Datum: 19-07-2013	

TenneT Taking power further

Tekeningnummer: R3N-TEK-0023 blad 001

AutoCAD filename:: Systnr: