Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Haarlemmermeer
T.a.v. C. Minck
Postbus 250
2130 AG HOOFDDORP

DATUM	1 mei 2014
ONZE REFERENTIE	000.007.40.0154763
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	026 373 20 34
E-MAIL	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	11

BETREFT Aanvraag omgevingsvergunning Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen)

Geachte mevrouw Minck,

Hierbij ontvangt u een aanvraag voor omgevingsvergunning in het kader van artikel 2.1 en 2.2 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen). Om de hoogspanningsverbinding mogelijk te maken, is het noodzakelijk om de volgende activiteiten uit te voeren:

- Bouwen – 380 kV masten 213-163
- Bouwen – 380 kV/150 kV opstijgpunten:
  - OSP 380 kV/150 kV – mast 213
  - OSP 380 kV/150 kV – mast 200
  - OSP 380 kV/150 kV – mast 199
  - OSP 150 kV – mast 181
- Bouwen – tijdelijke 150 kV masten T6 t/m T1
- Kappen – diverse bomen
- Uitritten Gemeente – definitieve uitritten naar de 380 kV/150 kV opstijgpunten 213, 200 en 199 en de tijdelijke uitritten t.b.v. de werkwegen en werkterreinen
- Uitritten Provincie – definitieve uitrit naar het 150kV opstijgpunt, nabij mast 181 vanaf de Leimuiderweg (N207) en de tijdelijke uitrit vanaf de Drie Merenweg (N205) tussen masten 189 en 190
- Tijdelijk strijdig gebruik – tijdelijke werkwegen en werkterreinen alsmede de tijdelijke 150 kV verbinding
- Definitief strijdig gebruik – definitieve toegangsweg opstijgpunt 213

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 2.1 en 2.2 de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht 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:

GE1001DD UN1008

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 ontheffing
1. Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Zuidelijke Ringvaart - Vijfhuizen)
2. Kadastrale kaarten
3. Lengteprofielen
4. Gegevens strijdig gebruik
5. Constructietekeningen en berekeningen masten
6. Tekeningen LIB beperkingengebied (mast 213 – 200)
7. Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties
8. Constructietekeningen berekeningen opstijgpunten
9. Gegevens tijdelijke 150 kV verbinding
10. Tekeningen werkwegen en uitritten
11. Bomeninventarisatie

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

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 Randstad 380 kV

GE1001DD VN1006

Overzicht bijlagen

Bijlage	Naam – kenmerk
1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Zuidelijke Ringvaart - Vijfhuizen) VKT 5.0, d.d. 12-02-2014
2	Kadastrale kaarten (blad 1 t/m 17 van 17) VKT 5.0, d.d. 11-02-2014
3	Lengteprofielen (blad 1 t/m 5 van 11) VKT 5.0, d.d. 03-02-2014
4	Gegevens strijdig gebruik Ruimtelijke onderbouwing strijdig gebruik: - Tijdelijke 150 kV verbinding - Tijdelijke werkwegen en werkterreinen - Definitieve toegangsweg OSP 213 Overzicht bestemmingsplannen Situatietekeningen tijdelijke werkwegen en werkterreinen in relatie tot bestemmingsplannen VKT5.0, d.d. 29-04-2014
5a	Constructietekeningen masten Mastenlijst gemeente Haarlemmermeer W2S400 + 27,6 W2H400 + 5 W2S400 + 5 W2H400 W2S350 + 5 W2S400 W2H350 + 5 W4H400ZA + 5 W4S400Z + 5 W4H400Z + 5 W4S350 + 5 W4E350 W4H350
5b	Constructieberekeningen masten W2S400 + 27,6 W2H400 + 5 W2S400 + 5 W2H400 W2S350 + 5

GE1001DD.UN1008

	W2S400 W2H350 + 5 W4H400ZA + 5 W4S400Z + 5 W4H400Z + 5 W4S350 + 5 W4E350 W4H350
6	Tekeningen LIB beperkingengebied (mast 211 – 203) Tekening LIB beperkingengebied, VKT 5.0, d.d. 12-0-2014 Tekening obstakelmarkering
7	Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties Berekeningen mastfundatie VIR-0.000.400 Poer Type 1 Palenplan, vorm en wapening VIR-0.000.410 Poer Type 1, Principe situatietekening VIR-0.000.411 Poer Type 2 Palenplan, vorm en wapening VIR-0.000.420 Poer Type 2 Principe situatietekening VIR-0.000.421 Poer Type 3 Palenplan, vorm en wapening VIR-0.000.430 Poer Type 3 Principe situatietekening VIR-0.000.431 Poer Type 4 Vorm en wapening VIR-0.000.440 Poer Type 4 Palenplan VIR-0.000.441 Poer Type 4 Vorm VIR-0.000.442 Ontwerpnota Fundamenten VIR-0.000.498 Werktuigenplan Fundamenten VIR-0.000.499
8	Constructietekeningen en berekeningen opstijgpunten Berekening poeren OSP's VIR-0.000.401 OSP 213 Palenplan aarding VIR-0.000.450 OSP 213 Vorm VIR-0.000.451 OSP 213 Kabelgoot VIR-0.000.452 OSP 213 Situatie VIR-0.000.453 OSP 200 Palenplan aarding VIR-0.000.460 OSP 200 Vorm VIR-0.000.461 OSP 200 Kabelgoot VIR-0.000.462 OSP 200 Situatie VIR-0.000.463 OSP 199 Palenplan aarding VIR-0.000.470 OSP 199 Vorm VIR-0.000.471 OSP 199 Kabelgoot VIR-0.000.472 OSP 199 Situatie VIR-0.000.473 OSP 181 Palenplan aarding VIR-0.000.480 OSP 181 Vorm VIR-0.000.481 OSP 181 Situatie VIR-0.000.483

GE10010D UN1006

9	Gegevens tijdelijke 150 kV verbinding Lengteprofiel tijdelijke lijnen Mastbeeld A6 en A8 Mastbeeld JUK 2 Elementen Mastbeeld S6 Berekening afspanmast Berekening portaal Berekening steunmast Planning tijdelijke lijnen
10	Tekeningen werkwegen en uitritten Ontwerpnota Werkwegen en Werkterreinen VIR-0.000.699 Overzicht situatie incl. bladnummering VIR-0.000.245 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel 1.1 VIR-0.000.200 t/m VIR-0.000.211 en VIR-0.000.700 t/m VIR-0.000.707 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel 1.2 VIR-0.000.216 t/m VIR-0.000.230 en VIR-0.000.826 t/m VIR-0.000.830 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel 1.3 VIR-0.000.650 t/m VIR-0.000.676 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel 1.4 VIR-0.000.248 t/m VIR-0.000.272 en VIR-0.000.825 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel 1.5 VIR-0.000.273 t/m VIR 0.000295 en VIR-0.000.692 t/m VIR-0.000.694 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel 1.6 VIR-0.000.296 t/m VIR 0.000308 en VIR-0.000.715 t/m VIR-0.000.724 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel A1 VIR-0.000.311 t/m VIR-0.000.345 Werkterreintekeningen en werkwegen tracédeel A2 VIR-0.000.348 t/m VIR-0.000.383 en VIR-0.000.823 t/m VIR-0.000.824 Ontwerp definitieve toegangsweg OSP 213 VIR-0.000.384 Ontwerp definitieve toegangsweg OSP 200 VIR-0.000.386 Ontwerp definitieve toegangsweg OSP 199 VIR-0.000.388 Ontwerp definitieve toegangsweg OSP 181 VIR-0.000.398 Argumentatie tijdelijke uitrit N205 en definitieve uitrit N207
11	Bomeninventarisatie Tekening locaties te kappen bomen VKT5.0, d.d. 29-04-2014

GE1001DD UN1008

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied
T.a.v. mevr. T. Borgardijn- van Zuijlen
Postbus 209
1500 EE ZAANDAM

DATUM 6 augustus 2014
ONZE REFERENTIE 000.007.40 0264675
BEHANDELD DOOR Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT 026 373 20 34
E-MAIL Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN 23

BETREFT Aanvulling aanvraag omgevingsvergunning Randstad 380 kV Noordring (Bleiswijk-Vijfhuizen)

Geachte mevrouw Borgardijn,

Op donderdag 1 mei heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Vijfhuizen - Bleiswijk). Op 14 juli jl. heeft u per mail een aantal vragen gesteld met betrekking tot deze ingediende aanvraag omgevingsvergunning. Onderstaand treft u de antwoorden op de door u gestelde vragen, zoals deze ook op 31 juli jl. per mail aan u zijn verzonden. In de bijlage treft u tevens een aantal tekeningen die de locaties van de gemeentelijke uitwegen verduidelijken. Deze tekeningen heeft u tevens op 31 juli jl. per mail ontvangen.

Werkstroken naar de Ringdijk Haarlemmermeer

1. Welk type werkverkeer gaat er rijden over deze werkstroken? 4x4 voertuigen, tractoren, rupsvoertuigen en vrachtwagens t.b.v. uitventen en opnemen leidingwerk, zie lozingsplan vanaf pagina 19.
2. Gaat er overslag plaats vinden vanaf de Ringvaart naar de Ringdijk? Wat wordt bedoeld met overslag? Als bedoeld wordt de lozing van bemalingswater dan gebeurt dat via jumpers.
3. Wordt er gebruik gemaakt van bestaande aanlegplaatsen? Wat wordt bedoeld met aanlegplaatsen? We kunnen sowieso stellen dat scheepvaart niet wordt gehinderd. Zie lozingsplan.
4. Zijn er verkeersmaatregelen nodig om het verkeer op de Ringdijk te attenderen op de overslag? Ja, deze zijn noodzakelijk. Diverse vergunningen en toestemmingen dienen nog te worden verkregen voor bijvoorbeeld oprichten jumpers, zie lozingsplan.
5. Wat is de geluidsbelasting per keer dat er overslag plats vindt met name op de woningen die (zeer) dicht in de buurt staan? Dit is nog niet bekend, wij houden ons aan de bestaande wet en regelgeving. Bij voorziene overschrijding passen we preventieve maatregelen toe of vragen we een ontheffing aan.
6. Wat is de trillingsbelasting voor deze woningen? NB de meeste woningen aan de Ringdijk zijn niet onderheid omdat het niet is toegestaan te heien in de waterkering. Dit is nog niet bekend, wij houden ons aan de bestaande wet en regelgeving. Bij voorziene overschrijding passen we preventieve maatregelen toe of vragen we een ontheffing aan.
7. Wat is de verkeersdruk? Dit is nog niet bekend, wij houden ons aan de bestaande wet en regelgeving. Bij voorziene overschrijding passen we preventieve maatregelen toe of vragen we een ontheffing aan.

8. Kan per werkweg naar de dijk aangegeven worden hoe lang de tijdelijke situatie zal zijn? De exacte duur kan niet aangegeven worden. De verwachting is dat het 3 maanden zal duren. E.e.a. is afhankelijk van uitvoeringperiode i.v.m. weersinvloeden. Dit heeft consequenties voor de legsnelheden van de kabel.

Gemeentelijke uitwegen

1. De locatie van enkele gemeentelijke uitwegen moeten nog verduidelijkt worden. Graag de coördinaten, kadastrale gegevens en/of huisnummering in de omgeving doorgeven van de volgende uitwegen:
- Hillegommerdijk 10 1-3 p.23
- Bennebroekerdijk 10 1-3 p.26

Ter verduidelijking hebben we de 4 nieuwe tekeningen toegevoegd van de uitritten in de bijlage (kenmerk 280262-01A01-A, 280262-02A01-A, 280262-03A01-A, 280262-04A01-A).

2. Graag aangeven welke uitwegen tijdelijk zijn en voor hoe lang, en welke uitwegen zijn definitief zijn. De werkwegen naar de opstijgpunten (mast 181,199, 200 en 213) zijn definitief, alle overige werkwegen zijn tijdelijk van aard.

Naar aanleiding van overleg met het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn een aantal tekeningen uit bijlage 10 gewijzigd. Wij verzoeken u om deze tekeningen te vervangen. Het betreft alleen wijzigingen die van belang zijn voor het Hoogheemraadschap van Rijnland, zoals de aanleg van duikers. Deze wijzigingen betreffen dus geen vergunningplichtige activiteiten voor de omgevingsdienst NZKG. We verzoeken u wel om de nieuwe versie (versie 5.0) van deze tekeningen mee te nemen in de ontwerpbesluiten omwille van de eenheid van alle samenhangende besluiten in het kader van de rijkscoördinatieregeling.

Hopende u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

J. (Jaap) ter Haar
Clustermanager

Nieuwe bijlagen (reeds per mail ontvangen):

- 280262-01A01-A
- 280262-02A01-A
- 280262-03A01-A
- 280262-04A01-A

Te vervangen bijlagen:

- VIR-0.000.222

- VIR-0.000.225
- VIR-0.000.226
- VIR-0.000.228
- VIR-0.000.229
- VIR-0.000.256
- VIR-0.000.265
- VIR-0.000.286
- VIR-0.000.380
- VIR-0.000.384
- VIR-0.000.386
- VIR-0.000.388
- VIR-0.000.398
- VIR-0.000.653
- VIR-0.000.672
- VIR-0.000.676
- VIR-0.000.701
- VIR-0.000.706
- VIR-0.000.717

Inhoudsopgave

0	Aanvraagformulier Omgevingsvergunning Haarlemmermeer
Bijlage 1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring (Zuidelijke Ringvaart- Vijfhuizen) VKT 5.0 d.d. 12-02-2014
Bijlage 2	Kadastrale kaarten (blad 1 t/m 17 van 17) VKT 5.0, d.d. 11-02-2014
Bijlage 3	Lengteprofielen (blad 1 t/m 5 van 11) VKT 5.0, d.d. 03-02-2014
Bijlage 4	Gegevens strijdig gebruik
	Ruimtelijke onderbouwing strijdig gebruik: - Tijdelijke 1SO kV verbinding - Tijdelijke werkwegen en werkterreinen - Definitieve toegangsweg OSP 213
	Overzicht bestemmingsplannen
	Situatietekeningen tijdelijke werkwegen en werkterreinen in relatie tot bestemmingsplannen VKT 5.0, d.d. 29-04-2014
Bijlage 5a	Constructietekeningen masten
	Mastenlijst gemeente Haarlemmermeer

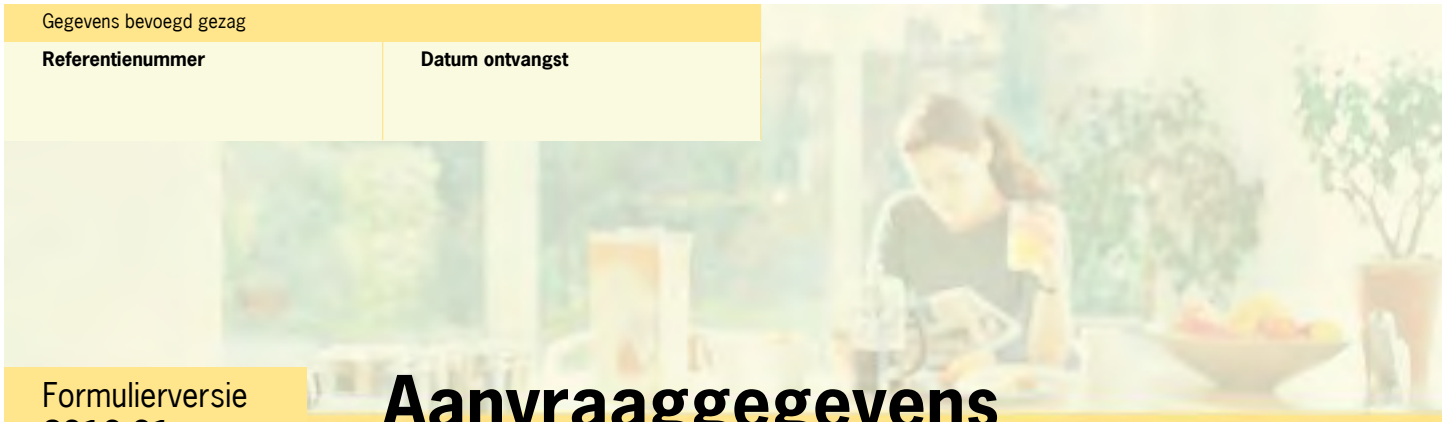
W2H350 + 5	W4E350
W2H400	W4H350
W2H400 + 5	W4H400Z + 5
W2S350 + 5	W4H400ZA + 5
W2S400	W4S350 + 5
W2S400 + 5	W4S400Z + 5
W2S400 + 27,6	

Bijlage 5b	Constructieberekeningen masten

W2H350 + 5	W4E350
W2H400 + 5	W4H350
W2H400	W4H400Z + 5
W2S350 + 5	W4H400ZA + 5
W2S400	W4S350 + 5
W2S400 + 5	W4S400Z + 5
W2S400 + 27,6	

Gegevens bevoegd gezag

Referentienummer	**Datum ontvangst**



Formulierversie
2013.01

Aanvraaggegevens

Ingediende aanvraag/melding

Aanvraagnummer	1175601
Aanvraagnaam	R380 NR Omgevingsvergunning Haarlemmermeer
Uw referentiecode	4e UM GH-OMGV lijn VB
Ingediend op	01-05-2014
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	Nee
Kosten openbaar maken	Nee
Bijlagen die later komen	n.v.t.
Bijlagen n.v.t. of al bekend	n.v.t.

Bevoegd gezag

Naam:	Gemeente Haarlemmermeer
Telefoonnummer:	0900-1852
E-mailadres algemeen:	info@haarlemmermeer.nl
Website:	www.haarlemmermeer.nl
Contactpersoon:	Cluster Dienstverlening

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

- Overig bouwwerk bouwen
  - Bouwen
- Uitrit aanleggen of veranderen
  - Uitrit aanleggen of veranderen
- Overig bouwwerk bouwen 2
  - Bouwen
- Uitrit aanleggen of veranderen 2
  - Uitrit aanleggen of veranderen
- Overig bouwwerk bouwen 3
  - Bouwen
- Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening
  - Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening
- Kappen
  - Kappen
- Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening 2
  - Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening
- Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening 3
  - Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Bijlagen

Kosten

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

Adres	Utrechtseweg 310 6812AR ARNHEM

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	026-373 31 65
Faxnummer	026-373 16 42
E-mailadres	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu

Formulierversie
2013.01

Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente	Haarlemmermeer
Kadastrale gemeente	☑ Haarlemmermeer
Kadastrale sectie	AB
Kadastraal perceelnummer	723
Bouwplannaam	1771
Bouwnummer	-
Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?	☑ Ja ☐ Nee
Specificatie locatie	Zie bijlage 2.

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

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☑ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	Bouwen nieuwe 380 kV hoogspanningsmasten nrs. 213-163
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	40

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	74

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	40

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee
Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.	De gronden worden momenteel conform vigerende bestemming gebruikt door derden.
Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.	Nieuwe 380 kV hoogspanningsmasten.

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst			
Cel			
Gezondheidszorg			
Industrie			
Kantoor			
Logies			
Onderwijs			
Sport			
Winkel			
Overige gebruiksfuncties			

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels		
- Plint gebouw		
- Gevelbekleding		
- Borstweringen		
- Voegwerk		
Kozijnen		
- Ramen		
- Deuren		
- Luiken		
Dakgoten en boeidelen		
Dakbedekking		

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in.

Zie bijlage 5.

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
- ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Uitrit aanleggen of veranderen

1 Uitrit op provinciale weg

Betreft het een in- of uitrit op een provinciale weg?	☐ Ja ☑ Nee

2 Uitrit aanleggen of veranderen

Wat wilt u precies gaan doen?	☑ Een nieuwe in- of uitrit aanleggen ☐ Een bestaande in- of uitrit veranderen ☐ Anders
Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.	Aanleg van definitieve uitritten naar de 380kV/150kV opstijgpunten 213, 200 en 199. Aanleg van tijdelijke uitritten ten behoeve van het bouwverkeer van de aanleg van de 380 kV verbinding en het verwijderen van de 150 kV verbinding.
Aan welk erf ligt de in- of uitrit?	☑ Voorerf ☐ Zijerf ☐ Achtererf
Vul de straatnaam in waar de in- of uitrit op uitkomt.	Zie bijlage 10

3 Details uitrit

Wat zijn de afmetingen van de nieuwe in- of uitrit?	Zie bijlage 10.
Welk materiaal wordt gebruikt?	Zie bijlage 10.
Zijn er obstakels aanwezig die het aanleggen of het gebruiken van de in- of uitrit in de weg staan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 2

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☑ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	Bouwen opstijgpunt 380 kV/ 150 kV (mast 213). Bouwen opstijgpunt 380 kV/ 150 kV (mast 200). Bouwen opstijgpunt 380 kV/ 150 kV (mast 199). Bouwen opstijgpunt 150 kV (mast 181).
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	6600

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☐ Ja ☑ Nee

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	6600

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee
Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.	De gronden worden momenteel conform vigerende bestemming gebruikt door derden.
Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.	Nieuwe opstijgpunten project Randstad 380 kV.

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst			
Cel			
Gezondheidszorg			
Industrie			
Kantoor			
Logies			
Onderwijs			
Sport			
Winkel			
Overige gebruiksfuncties			

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels		
- Plint gebouw		
- Gevelbekleding		
- Borstweringen		
- Voegwerk		
Kozijnen		
- Ramen		
- Deuren		
- Luiken		
Dakgoten en boeidelen		
Dakbedekking		

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in.

Zie bijlage 5.

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
- ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Uitrit aanleggen of veranderen

Uitrit aanleggen of veranderen 2

1 Uitrit op provinciale weg

Betreft het een in- of uitrit op een provinciale weg?	☑ Ja ☐ Nee

2 Uitrit aanleggen of veranderen

Wat wilt u precies gaan doen?	☑ Een nieuwe in- of uitrit aanleggen ☐ Een bestaande in- of uitrit veranderen ☐ Anders
Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.	Aanleg van een definitieve uitrit naar het 150 kV opstijgpunt 181 op de N207. Aanleg van een tijdelijke uitrit ten behoeve van het bouwverkeer op de N205.
Aan welk erf ligt de in- of uitrit?	☑ Voorerf ☐ Zijerf ☐ Achtererf
Vul de straatnaam in waar de in- of uitrit op uitkomt.	Zie bijlage 10.

3 Details uitrit

Wat zijn de afmetingen van de nieuwe in- of uitrit?	Zie bijlage 10.
Welk materiaal wordt gebruikt?	Zie bijlage 10.
Zijn er obstakels aanwezig die het aanleggen of het gebruiken van de in- of uitrit in de weg staan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 3

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?	☐ Het wordt geheel vervangen ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen ☑ Het wordt nieuw geplaatst
Eventuele toelichting	Bouwen tijdelijke 150 kV verbinding (nabij 380 kV opstijgpunt 213/ 150 kV mast 81).
Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?	☐ Ja ☑ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?	Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	40

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	☑ Ja ☐ Nee

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	0
Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?	40

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?	☐ Ja ☑ Nee
Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?	☑ Ja ☐ Nee
Hoeveel hele jaren blijft het bouwwerk op de locatie bestaan?	5
Hoeveel maanden?	0

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.	De gronden worden momenteel conform vigerende bestemming gebruikt door derden.
Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?	☐ Wonen ☑ Overige gebruiksfuncties
Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.	Een tijdelijke 150 kV verbinsing ten behoeve van het project Randstad 380 kV, ter plaatse van het nieuwe 380 kV opstijgpunt mast 213.

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst			
Cel			
Gezondheidszorg			
Industrie			
Kantoor			
Logies			
Onderwijs			
Sport			
Winkel			
Overige gebruiksfuncties			

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels		
- Plint gebouw		
- Gevelbekleding		
- Borstweringen		
- Voegwerk		
Kozijnen		
- Ramen		
- Deuren		
- Luiken		
Dakgoten en boeidelen		
Dakbedekking		

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in.

Zie bijlage 9.

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan mondeling toelichten voor de welstandscommissie/ stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
- ☑ Nee

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Formulierversie
2013.01

1 Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Met welke regels voor ruimtelijke ordening zijn de voorgenomen werkzaamheden in strijd?	☑ Bestemmingsplan ☐ Beheersverordening ☐ Exploitatieplan ☐ Regels op grond van de provinciale verordening ☐ Regels op grond van een AMvB ☐ Regels van het voorbereidingsbesluit
Beschrijf hoe en in welke mate de voorgenomen werkzaamheden in strijd zijn met de regels voor ruimtelijke ordening.	De definitieve toegangsweg t.b.v. OSP 213 is in strijdt met het vigerende bestemmmingsplan.
Beschrijf het huidige gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Zie bestemmingsplan
Beschrijf het beoogde gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Definitieve toegangsweg OSP 213
Beschrijf de gevolgen van het beoogde gebruik voor de ruimtelijke ordening.	De definitieve toegangsweg t.b.v. OSP 213 is in strijdt met het vigerende bestemmmingsplan.
Is het beoogde gebruik tijdelijk van aard?	☐ Ja ☑ Nee
Hebt u een rapport nodig waarin de archeologische waarde van het terrein dat zal worden verstoord in voldoende mate is vastgelegd?	☐ Ja ☑ Nee
Wordt er afgeweken van het exploitatieplan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Kappen

1 Kappen

Wat wilt u gaan doen?	☑ Kappen ☐ Anders
Om hoeveel houtopstanden gaat het?	1
Beschrijf per houtopstand om welk soort houtopstand het gaat.	Zie bomeninventarisatie bijlage 11.
Beschrijf per houtopstand de locatie op het voor-, zij-, of achtererf.	Zie bomeninventarisatie en locatietekeningen bijlage 11.
Geef per houtopstand de diameter van de stam in centimeter, gemeten op 1,30 m boven het maaiveld.	Zie bomeninventarisatie bijlage 11.
Beschrijf per houtopstand of er een mogelijkheid is tot herbeplanten en, zo ja, of u dat van plan bent. Geef in het geval van herbeplanten aan op welke locatie en met welke soorten u dat wilt gaan doen.	-
Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.	-

2 Gemeentespecifieke vragen

Staat de boom op gemeentelijk terrein?	☑ Ja ☐ Nee
Staat de te kappen boom op de lijst van monumentale bomen of waardevolle toekomstbomen?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening 2

1 Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Met welke regels voor ruimtelijke ordening zijn de voorgenomen werkzaamheden in strijd?	☑ Bestemmingsplan ☐ Beheersverordening ☐ Exploitatieplan ☐ Regels op grond van de provinciale verordening ☐ Regels op grond van een AMvB ☐ Regels van het voorbereidingsbesluit
Beschrijf hoe en in welke mate de voorgenomen werkzaamheden in strijd zijn met de regels voor ruimtelijke ordening.	De tijdelijke werkwegen en werkterreinen zijn ten behoeve van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Vijfhuizen - Bleiswijk) en derhalve in strijdt met het vigerende bestemmingsplan.
Beschrijf het huidige gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Zie bestemmingsplannen
Beschrijf het beoogde gebruik van de gronden of het bouwwerk.	De tijdelijke werkwegen en werkterreinen zijn ten behoeve van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Vijfhuizen - Bleiswijk).
Beschrijf de gevolgen van het beoogde gebruik voor de ruimtelijke ordening.	Zie Ruimtelijke onderbouwing, bijlage 4.
Is het beoogde gebruik tijdelijk van aard?	☑ Ja ☐ Nee
Hoeveel hele jaren duurt het gebruik?	3
Hoeveel maanden duurt het gebruik?	0
Hebt u een rapport nodig waarin de archeologische waarde van het terrein dat zal worden verstoord in voldoende mate is vastgelegd?	☐ Ja ☑ Nee
Wordt er afgeweken van het exploitatieplan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening 3

1 Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening

Met welke regels voor ruimtelijke ordening zijn de voorgenomen werkzaamheden in strijd?	☑ Bestemmingsplan ☐ Beheersverordening ☐ Exploitatieplan ☐ Regels op grond van de provinciale verordening ☐ Regels op grond van een AMvB ☐ Regels van het voorbereidingsbesluit
Beschrijf hoe en in welke mate de voorgenomen werkzaamheden in strijd zijn met de regels voor ruimtelijke ordening.	De tijdelijke 150 kV verbinding is ten behoeve van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Vijfhuizen - Bleiswijk) en derhalve in strijdt met het vigerende bestemmingsplan.
Beschrijf het huidige gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Zie bestemmingsplannen
Beschrijf het beoogde gebruik van de gronden of het bouwwerk.	Tijdelijke 150 kV verbinding ten behoeve van de hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV Noordring (Vijfhuizen - Bleiswijk).
Beschrijf de gevolgen van het beoogde gebruik voor de ruimtelijke ordening.	Zie Ruimtelijke onderbouwing, bijlage 4
Is het beoogde gebruik tijdelijk van aard?	☑ Ja ☐ Nee
Hoeveel hele jaren duurt het gebruik?	1
Hoeveel maanden duurt het gebruik?	6
Hebt u een rapport nodig waarin de archeologische waarde van het terrein dat zal worden verstoord in voldoende mate is vastgelegd?	☐ Ja ☑ Nee
Wordt er afgeweken van het exploitatieplan?	☐ Ja ☑ Nee

Formulierversie
2013.01

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 1 tracekaart_pdf	Bijlage 1 tracekaart.pdf	Anders	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 2 Kadastrale kaarten_pdf	Bijlage 2 Kadastrale kaarten.pdf	Anders	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 3 Lengteprofiele-n_pdf	Bijlage 3 Lengteprofielen.pdf	Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 4 Gegevens strijdig gebruik_pdf	Bijlage 4 Gegevens strijdig gebruik.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Gegevens Handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 5a Constructietek masten_pdf	Bijlage 5a Constructietek-eningen masten.pdf	Overige gegevens veiligheid Constructieve veiligheid complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Welstand Installaties complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 5b Constructieber masten_pdf	Bijlage 5b Constructieberekeni-ngen masten.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken Welstand Installaties complexere bouwwerken	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 6 LIB gegevens_pdf	Bijlage 6 LIB gegevens.pdf	Welstand	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 7 Constructiegeg fundaties_pdf	Bijlage 7 Constructiegegevens fundaties.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 8 Constructiegeg-evens OSP_pdf	Bijlage 8 Constructiegegevens opstijgpunten.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 9 Tijdelijke verbinding_pdf	Bijlage 9 Gegevens tijdelijke 150 kV verbinding.pdf	Constructieve veiligheid complexere bouwwerken	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 Werkwegen en uitritten_pdf	Bijlage 10 Tekeningen werkwegen en uitritten.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace 1_1_pdf	Bijlage 10 trace 1_1.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
Bijlage 10 trace 1_2_pdf	Bijlage 10 trace 1_2.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace 1_3_pdf	Bijlage 10 trace 1_3.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace 1_4_pdf	Bijlage 10 trace 1_4.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace 1_5_pdf	Bijlage 10 trace 1_5.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace 1_6_pdf	Bijlage 10 trace 1_6.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace A1_pdf	Bijlage 10 trace A1.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 10 trace A2_pdf	Bijlage 10 trace A2.pdf	Situatietekening uitrit	01-05-2014	In behandeling
Bijlage 11 Bomeninventarisatie_pdf	Bijlage 11 Bomeninventari-satie-.pdf	Situatietekening kappen Gegevens houtopstanden	01-05-2014	In behandeling
Aanvraagbrief_pdf	Aanvraagbrief.pdf	Anders	01-05-2014	In behandeling

Formulierversie
2013.01

Kosten

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	24214814

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 2

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	6916851

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 3

Wat zijn de geschatte kosten in euro's (exclusief BTW)?	140000

Projectkosten

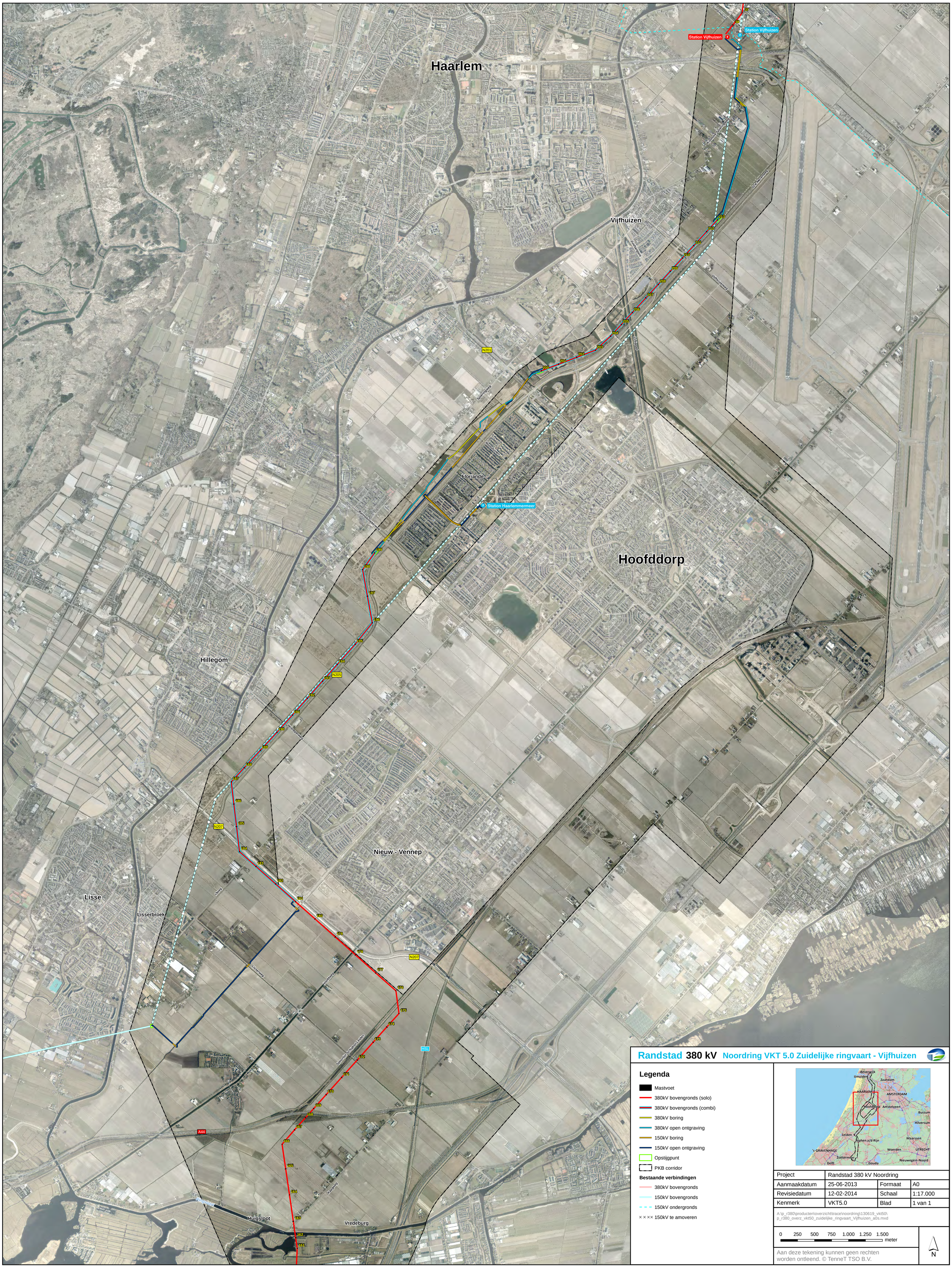
Wat zijn de geschatte kosten voor het totale project in euro's (exclusief BTW)?	49725129

Bijlage 1

Tracékaart Randstad 380 kV Noordring Zuidelijke Ringvaart-Vijfhuizen

Randstad 380 kV

Noordring VKT 5.0 Zuidelijke ringvaart - Vijfhuizen



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	1:17.000
Kenmerk	VKT5.0	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\overzicht\trace\noordring\130619_vkt50\p_r380_overz_vkt50_zuidelijke_ringvaart_Vijfhuizen_a0s.mxd

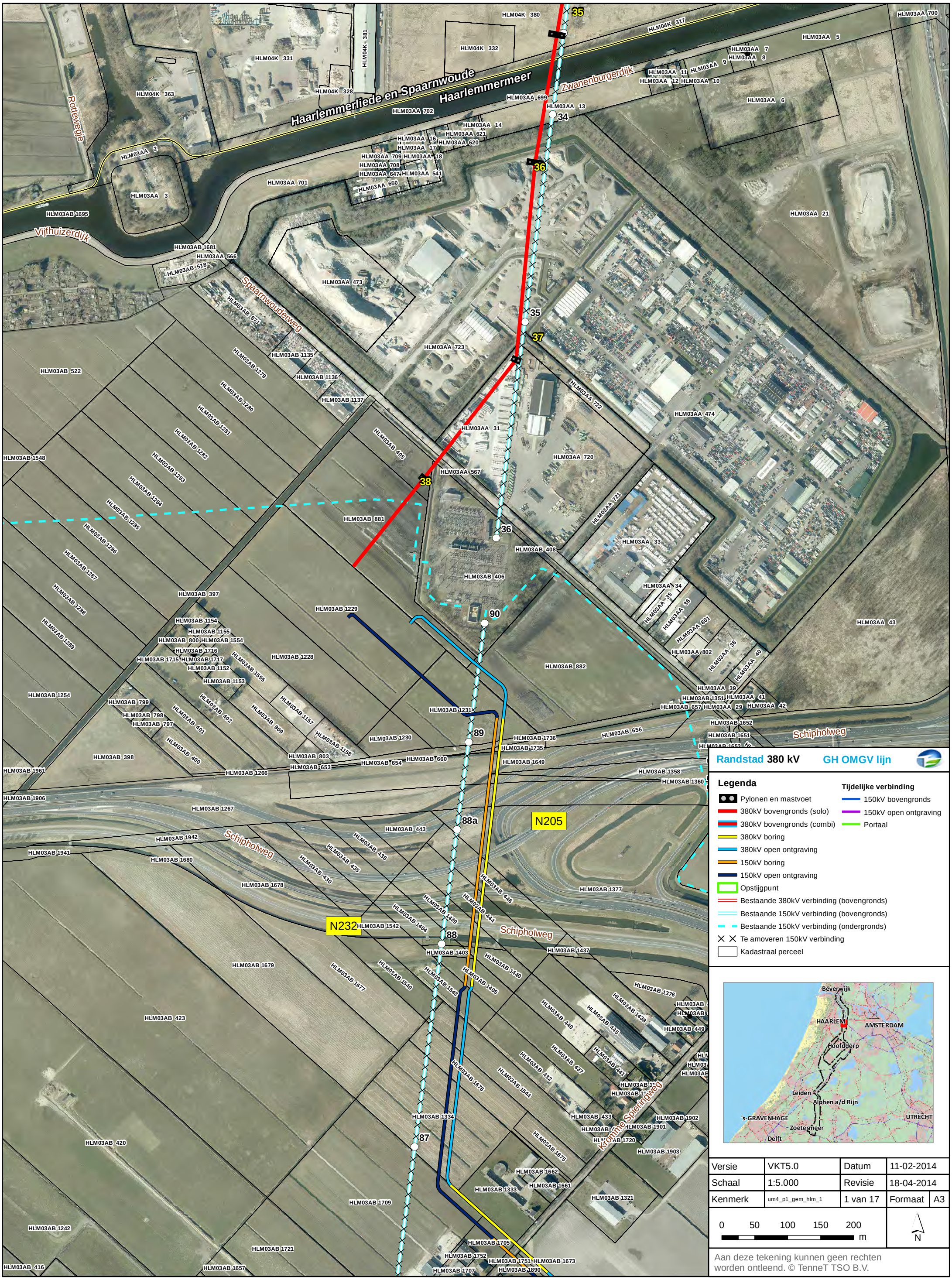
0 250 500 750 1.000 1.250 1.500 meter

N

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

Bijlage 2
kadastrale kaarten

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Randstad 380 kV **GH OMGV lijn**

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

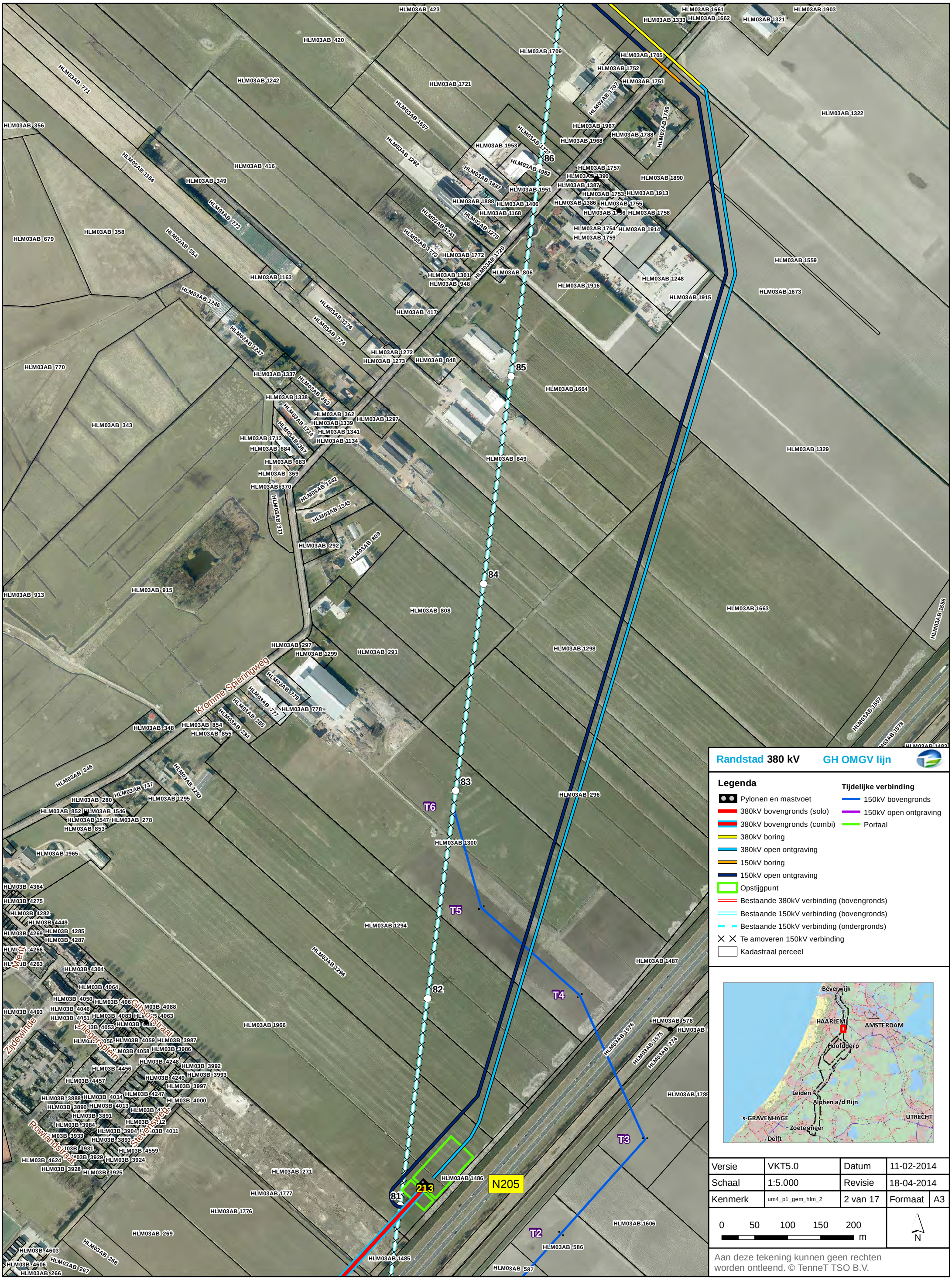
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_1	1 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

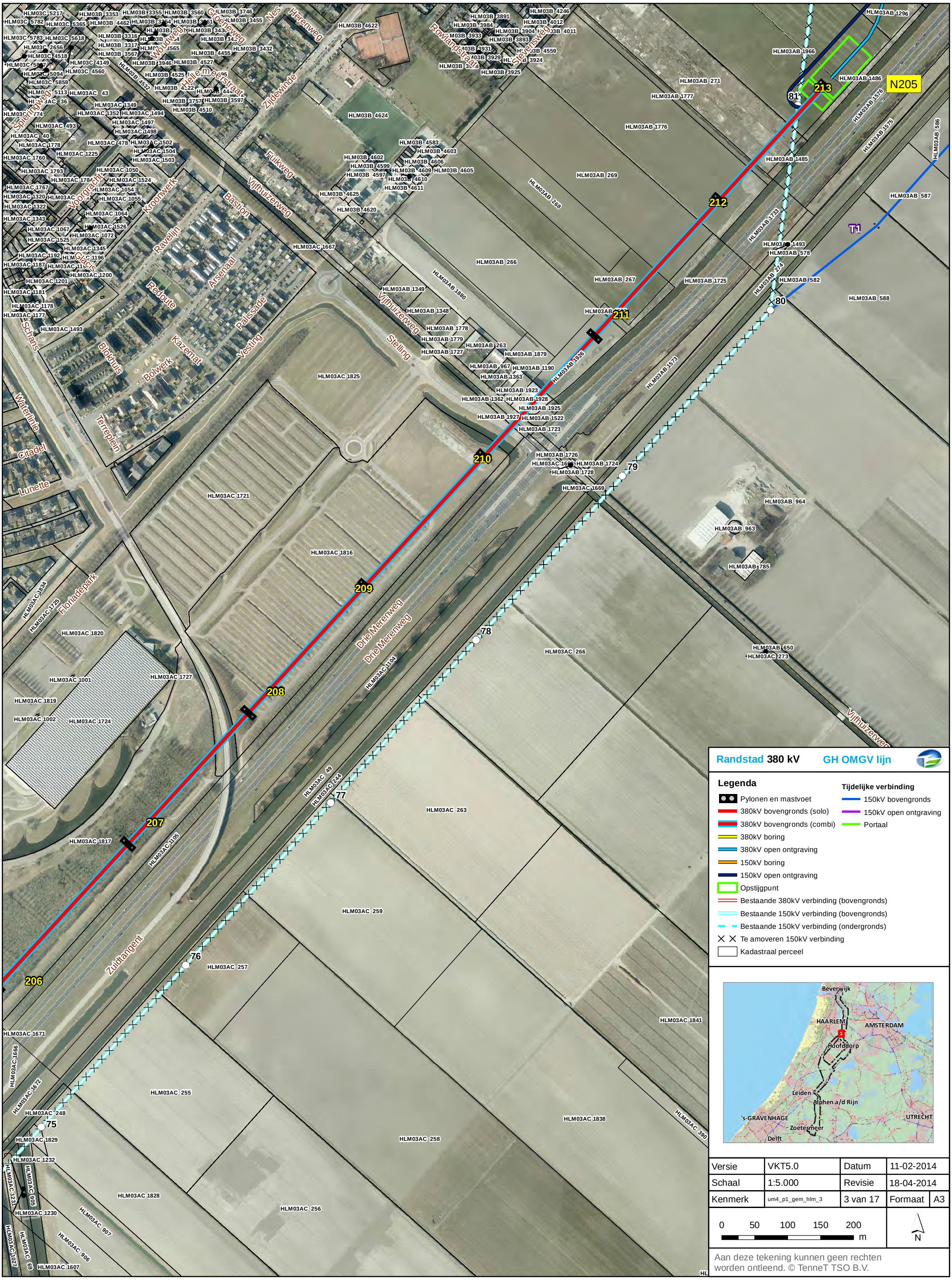
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_2	2 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_3	3 van 17	Formaat A3

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

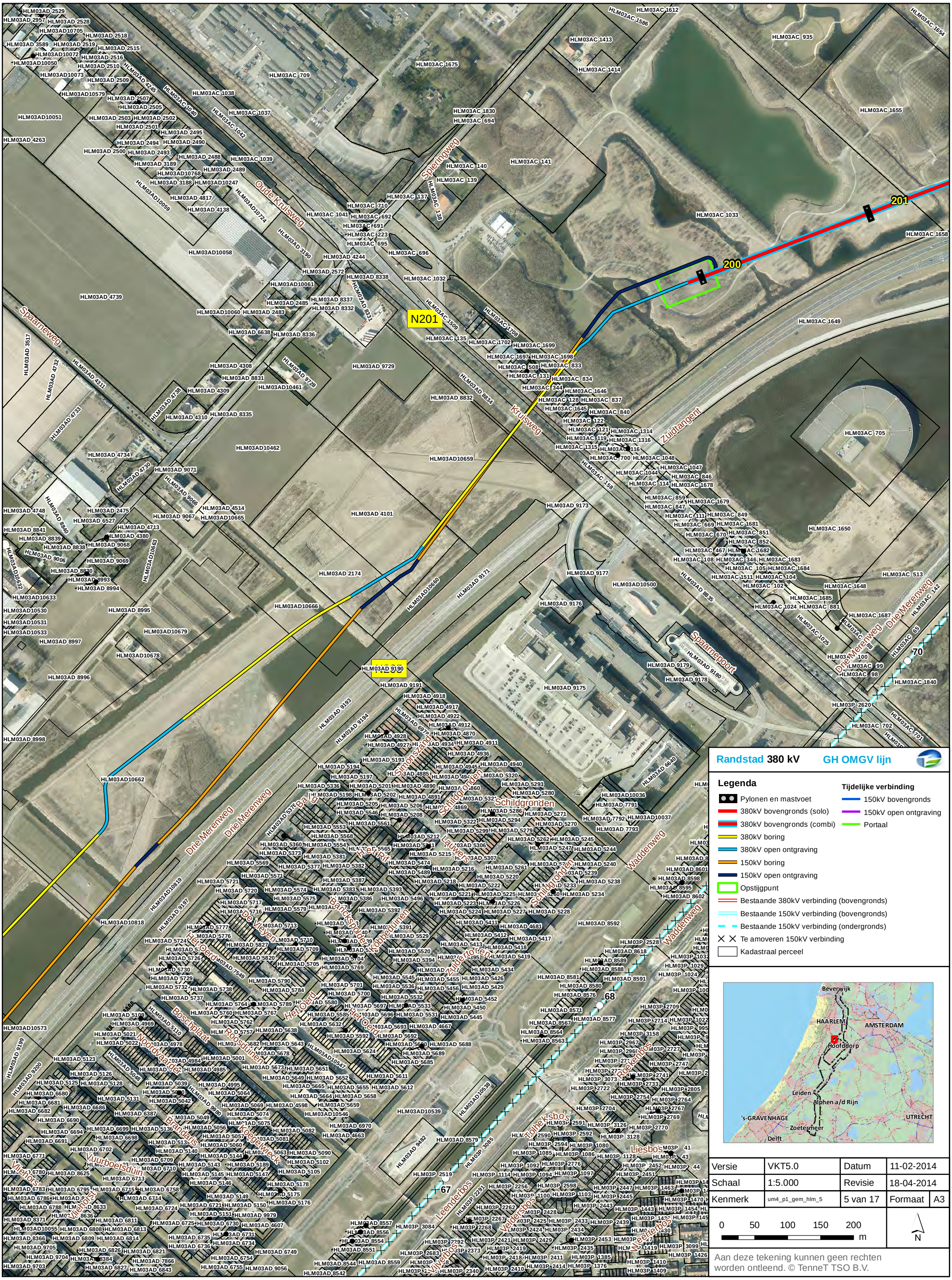
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_4	4 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

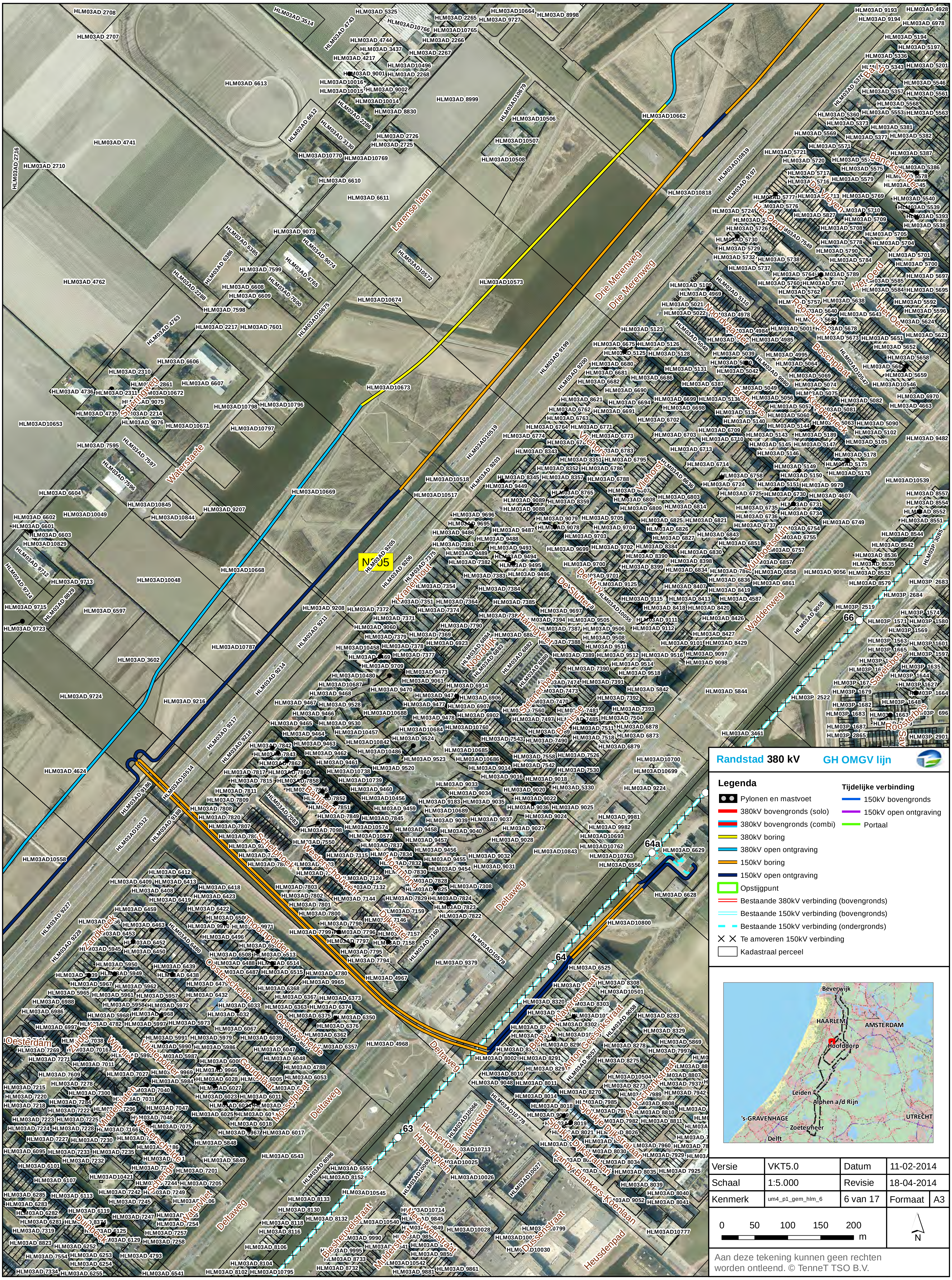
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_5	5 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV   GH OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014	
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014	
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_6	6 van 17	Formaat	A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

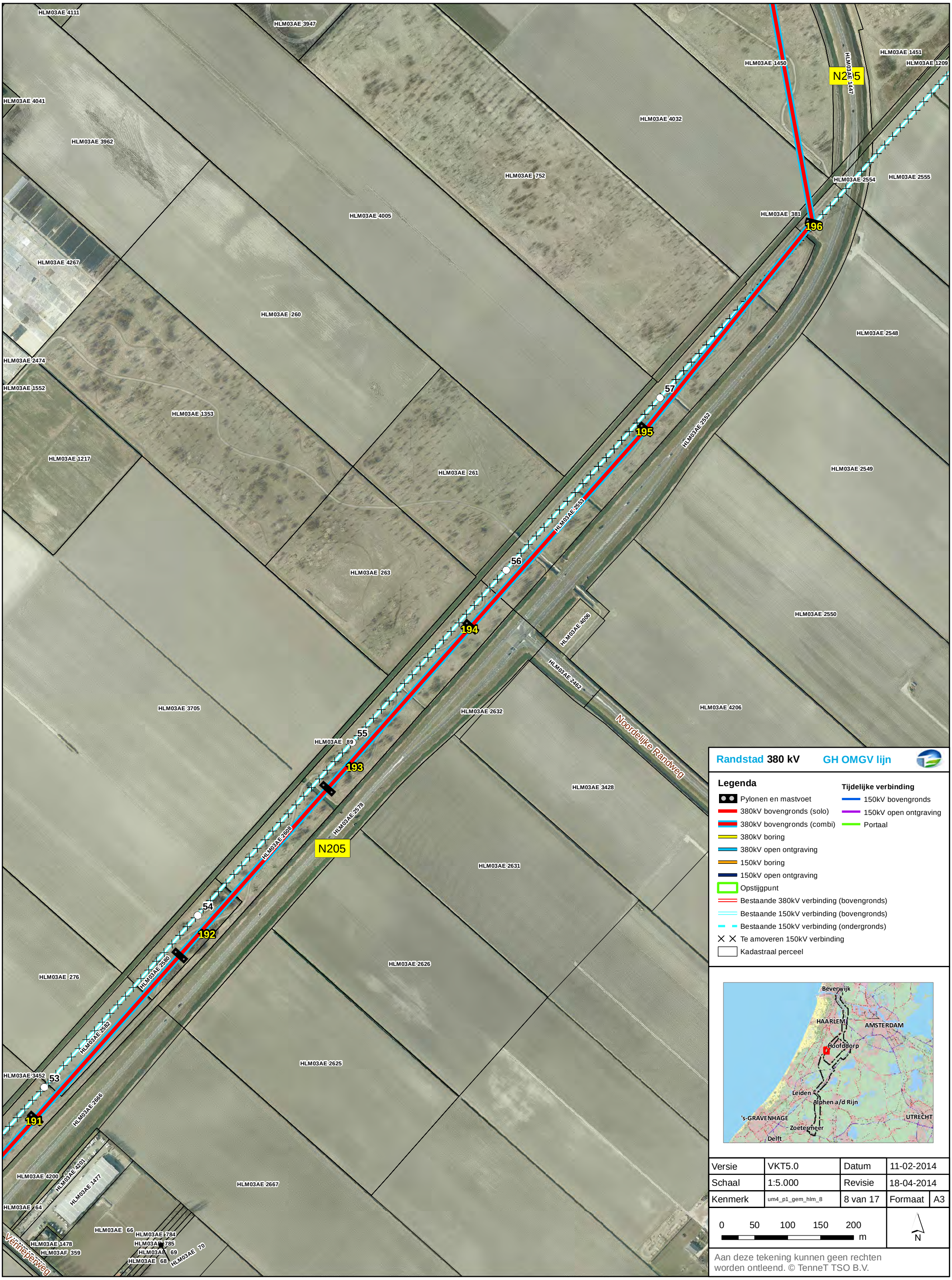
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_7	7 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

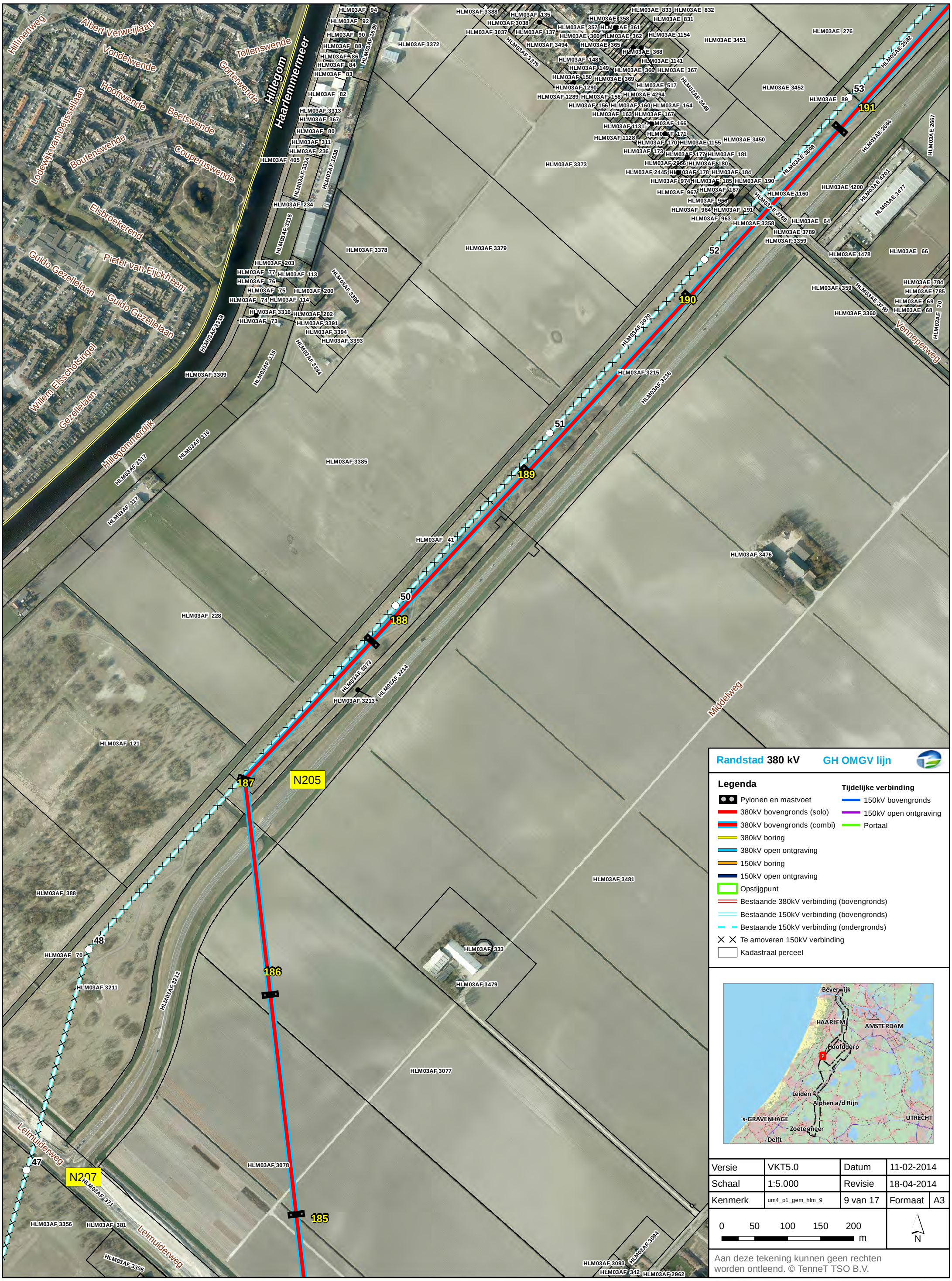
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_8	8 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_9	9 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

185
184
183
182
N207
HLM03AF 3077
HLM03AF 3078
HLM03AF 3094
HLM03AF 3481
HLM03AF 3479
HLM03AF 3361
HLM03AF 342
HLM03AF 3093
HLM03AF 407
HLM03AF 331
HLM03AF 2962
HLM03AF 2956
HLM03AF 3203
HLM03AF 2957
HLM03AF 279
HLM03AF 2958
HLM03AF 3340
HLM03AF 3339
HLM03AF 2959
HLM03AF 3091
HLM03AF 3092
HLM03AF 3401
HLM03AF 3355
HLM03AF 3354
HLM03AF 3399
HLM03AF 3357
HLM03AF 371
HLM03AF 3400
HLM03AF 381
HLM03AF 3356
HLM03AF 3402
HLM03AF 3403
HLM03AF 3404
HLM03AF 3202
HLM03AF 205
HLM03AF 269
HLM03AF 207
HLM03AF 362
HLM03AF 282
HLM03AF 325
HLM03AF 363
HLM03AF 3200
HLM03AF 327
HLM03AF 3405
HLM03AF 281
HLM03AF 3380
HLM03AF 364
HLM03AF 3198
HLM03AF 3082
HLM03AF 3199
HLM03AF 365
HLM03AF 2960
HLM03AF 326
HLM03AF 328
HLM03AF 3381
HLM03AF 3084
HLM03AF 3464
HLM03AF 305
HLM03AF 196
HLM03AF 215
HLM03AF 3483
HLM03AF 3370
HLM03AF 304
HLM03AF 3369
HLM03AF 3368
HLM03AF 3482
HLM03AF 3367
HLM03AF 3365
HLM03AF 3362
HLM03AF 286
HLM03AF 3489
HLM03AF 3488
HLM03AF 3484
HLM03AG 1564
HLM03AG 853
HLM03AF 39
HLM03AG 854
HLM03AF 288
HLM03AG 1429
HLM03AF 3497
Middelweg
Laagveld
Wechelerveld
Stepelerveld
Loenerveld
Vledderveld
Mandeveld
Leusveld
Wapserveld
Weleveld
Ilperveld
Frederiksveld
Bramerveld
IJweg
Leimuiderweg
Getsewoudweg
Zuidtak-Zuidtangent
Lisserweg

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

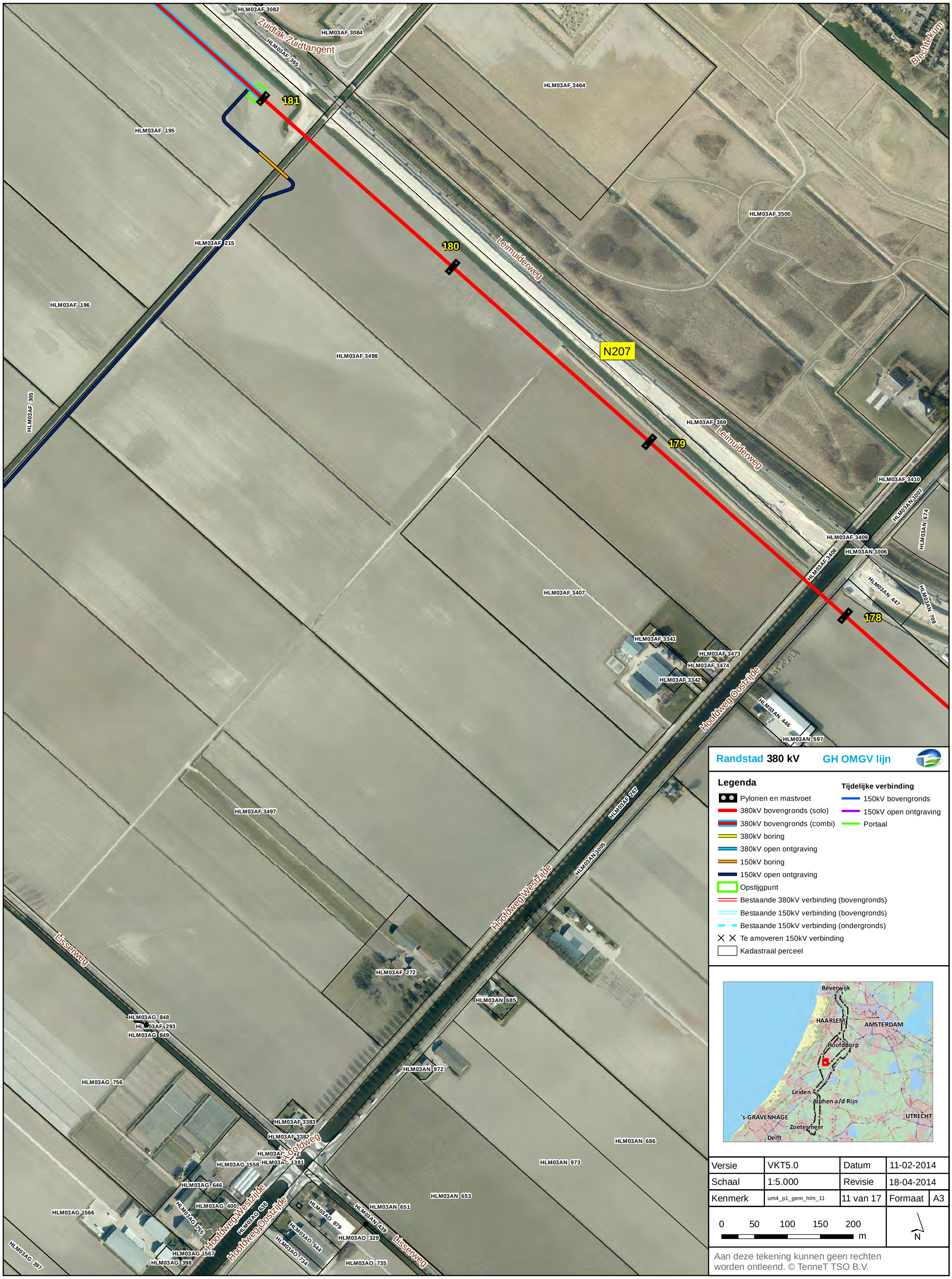
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_10	10 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_11	11 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Randstad 380 kV **GH OMGV lijn**

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_12	12 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_13	13 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Randstad 380 kV **GH OMGV lijn**

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

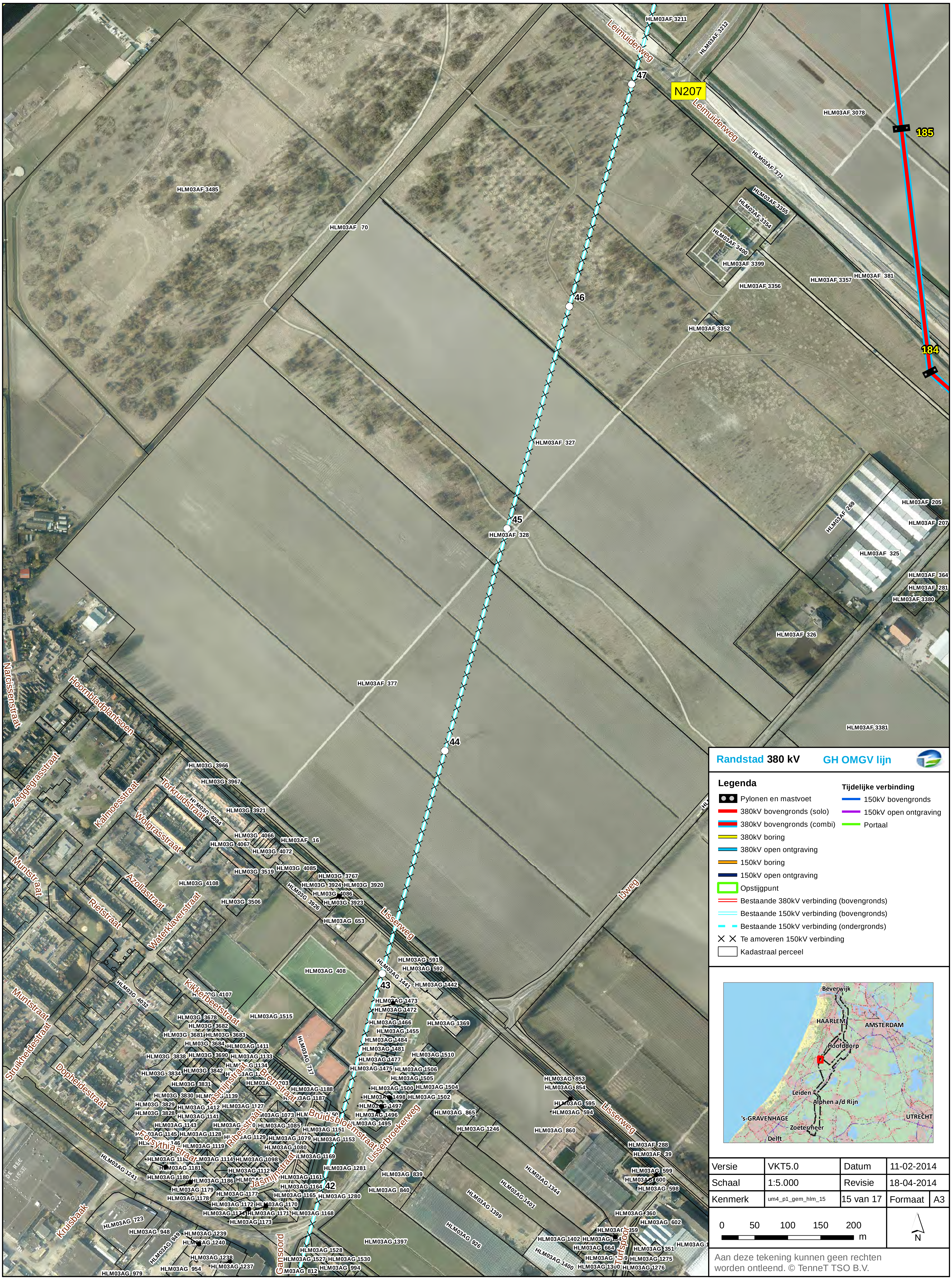
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_14	14 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV   GH OMGV lijn



Randstad 380 kV   **GH OMGV lijn**

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_15	15 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn

Randstad 380 kV **GH OMGV lijn**

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Bestaande 380kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (bovengronds)
- Bestaande 150kV verbinding (ondergronds)
- Te amoveren 150kV verbinding
- Kadastraal perceel

Tijdelijke verbinding

- 150kV bovengronds
- 150kV open ontgraving
- Portaal

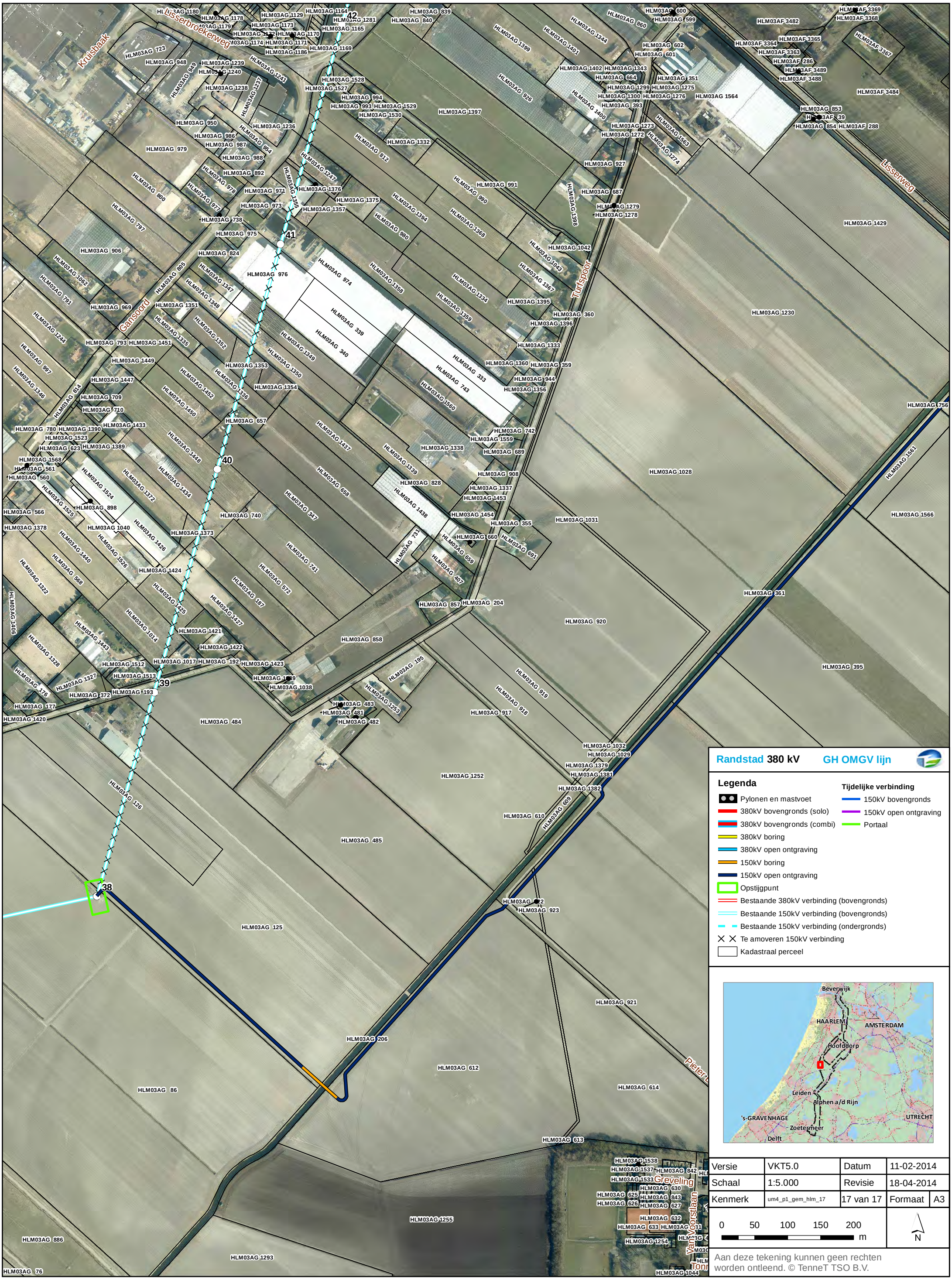
Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_16	16 van 17	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV GH OMGV lijn



Versie	VKT5.0	Datum	11-02-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	18-04-2014
Kenmerk	um4_p1_gem_hlm_17	17 van 17	Formaat A3

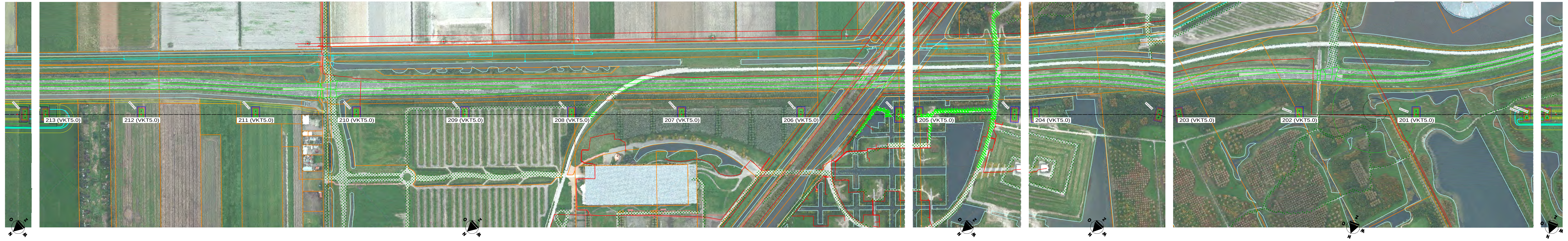
0 50 100 150 200 m

N

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

Bijlage 3

Lengteprofielen



Legenda

Feature Code	Feature code Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norrm Verticaal	Norrm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
	Del:		0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
	1/2 Bundel:		0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie		2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)		5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen		7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen		8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W	6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

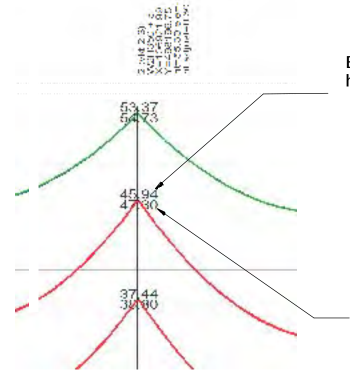
Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

KEMA DNV

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast 213 (OSP 1) (VKT 5.0) tot 200 (OSP2) (VKT 5.0)

Scale	Format	TEK.NR.	Blad	Wijz
30.0 m Horiz. Scale 3.0 m Vert. Scale	A2+	30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)	1 van 11	5.0

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

© 2014

Legenda

Feature Code	Feature code Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norrm Verticaal	Norrm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del:	0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
		1/2 Bundel:	0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie		2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)		5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen		7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen		8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W	6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

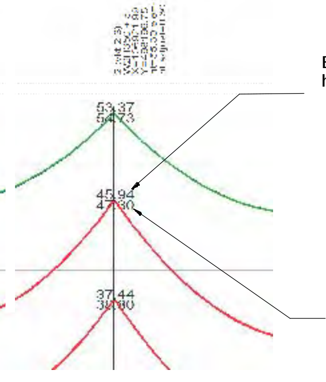
Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties

Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



Bovenste waarde is hoogte ten op zichte van maaiveld

Onderste waarde is Hoogte ten op zichte van NAP

WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

KEMA DNV

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast 200 (OSP2) (VKT 5.0) tot 197 (VKT5.0)

Scale	Format	TEK.NR.	Blad	Wijz
30.0 m Horiz. Scale / 3.0 m Vert. Scale	A2+	30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)	2 van 11	5.0

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

© 2014

Legenda

Feature Code	Feature code Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del:	0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
		1/2 Bundel:	0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie		2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)		5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen		7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen		8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie		11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W	6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

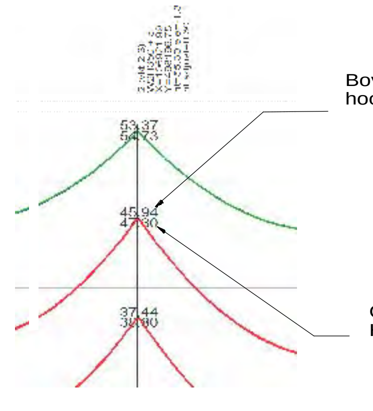
Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties

Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen
Trace en lengte profiel mast 196 (VKT5.0) tot 185 (VKT5.0)

Scale	Formaat	TEK.NR.	Blad	Wijz
30.0 m Horiz. Scale; 3.0 m Vert. Scale	A2+	30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)	3 van 11	5.0

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

© 2014

PLS-CADD Drawin

Legenda

Feature Code	Feature code Description	Symbool	Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
		Del:	0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
		1/2 Bundel:	0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
1	Onbebouwd/Landbouwgebied		7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied		8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie		2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)		5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen		7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen		8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen		10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie	+	8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie	×	11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15	16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20	21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25	26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30	31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W	6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.		3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones

Bovenste waarde is hoogte ten op zichte van maaiveld

Onderste waarde is Hoogte ten op zichte van NAP

WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

KEMA DNV

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast 184 (VKT5.0) tot 173 (VKT5.0)

30.0 m Horiz. Scale
3.0 m Vert. Scale
A2+
TEK.NR. 30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)
Blad 4 van 11
Wijz 5.0

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

© 2014

			Del:	0.72	0.72	2.1	2.1	3.10	3.10				
Legenda			1/2 Bundel:	0.125	0.125	0.00	0.00	0.25	0.25				
Feature Code	Feature code Description	Symbool		Req Vert Clear 0kV (m)	Req Horiz Clear 0kV (m)	Req Vert Clear 150kV (m)	Req Horiz Clear 150kV (m)	Req Vert Clear 380kV (m)	Req Horiz Clear 380kV (m)	EXTRA TenneT	Norm Verticaal	Norm Horizontaal	Marge vlgs PVE TenneT
1	Onbebouwd/Landbouwgebied			7.95	2.85	9.2	4.1	10.45	5.35	1.50	5.60	2.00	
2	Industrieel gebied			8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
3	Vegetatie			2.35	2.85	3.6	4.1	4.85	5.35	1.50		2.00	
4	Daken (helling > 15gr)			3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50
5	Daken (helling < 15gr)			5.35	3.35	6.6	4.6	7.85	5.85		4.00	2.00	0.50
6	Wegen			7.95	3.35	9.2	4.6	10.45	5.85		6.60	2.00	0.50
7	Land- en argrarischewegen			8.95	2.85	10.2	4.1	11.45	5.35	1.50	6.60	2.00	
8	Snelwegen en autowegen			10.35	3.35	11.6	4.6	12.85	5.85		9.00	2.00	0.50
9	Spoorlijnen zonder tractie			8.35	3.35	9.6	4.6	10.85	5.85		7.00	2.00	0.50
10	Spoorlijnen met tractie			11.65	3.35	12.9	4.6	14.15	5.85		10.30	2.00	0.50
11	Waterwegen VDH 15 meter	15		16.35	3.35	17.6	4.6	18.85	5.85	15.00		2.00	0.50
12	Waterwegen VDH 20 meter	20		21.35	3.35	22.6	4.6	23.85	5.85	20.00		2.00	0.50
13	Waterwegen VDH 25 meter	25		26.35	3.35	27.6	4.6	28.85	5.85	25.00		2.00	0.50
14	Waterwegen VDH 30 meter	30		31.35	3.35	32.6	4.6	33.85	5.85	30.00		2.00	0.50
15	Water	W		6.95	3.35	8.2	4.6	9.45	5.85		5.60	2.00	0.50
16	Lantaarnpalen, vlaggenmasten, borden e.d.			3.35	3.35	4.6	4.6	5.85	5.85		2.00	2.00	0.50

= Compensatie geleider
= Bliksemdraad
= OPGW
= 150kV
= 380kV
= 13.9 meter i.v.m. 5kV/m W2, 300m masten
= 14.2 meter i.v.m. 5kV/m W2, 350m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W2, 400m masten
= 14.4 meter i.v.m. 5kV/m W4, 400m masten
= Minimale vrije ruimte voor 45kV (onbebouwd)
= Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte

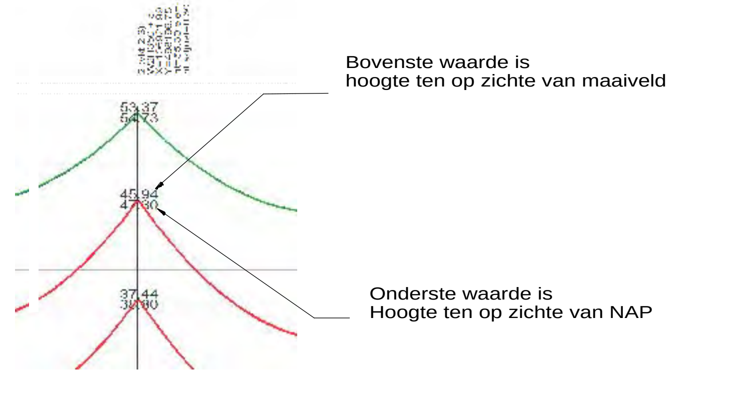
Project: Randstad 380kv Noord Engineering

Hoogspanningslijn:150-380kv Bleiswijk - Vijfhuizen

Calculaties volgens:
- NEN - EN 50341-1 en NEN - EN 50341-1-3 (NNA)
- TenneT specificaties
Wind zone: Zone 2
Vr = 22.5 m/s0
Zo(m) = 0.2
Ct bij beijsde geleider = 1.2
Ijs regio = B

Voor fasen geldt 1.8*v(d)
Voor overige geleiders geldt 5*v(d)

LEGENDA onderleggers
Aansluitingen en bestaande HS-lijnen
Waterleidingen
Kabels en leidingen
Perceelgrenzen
Waterkeringen en beschermzones



WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124, 107 en check lichtmasten 146 - 147 conform RFC 15	24/10/2013	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 193 en mastvoeten	09/09/2013	MLC	EKA	CS
5.0	Wintrack Masten update	03/02/2014	MLC	EKA	AW
5.0	Update VKT 5.0 mastlocatie 124 conform RFC 16	29/10/2013	MLC	EKA	AW
		7-2-2014	GRB	EGB	CS

KEMA DNV

380 kV / 150 kV Bleiswijk - Vijfhuizen

Trace en lengte profiel mast 172 (VKT5.0) tot 158 (VKT5.0)

30.0 m Horiz. Scale
3.0 m Vert. Scale
A2+
TEK.NR. 30813059-50-13 VKT 5.0 (03-02-2014)
Blad 5 van 11
Wijz 5.0

DNV KEMA Energy & Sustainability, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11, www.dnvkema.com

© 2014

Bijlage 4

Gegevens strijdig gebruik

Ruimtelijke onderbouwing “*Opstijgpunten 380 kV-verbinding”*

ontwerp

30 april 2014

Ruimtelijke onderbouwing “*Opstijgpunten 380 kV-verbinding”*

ontwerp

Inhoud:

- Toelichting
- Regels
- Verbeelding

werknummer: 870.008.01
datum:30 april
bestand: J:\870\008\01\3.Projectresultaat\b. ontwerp

Procedureoverzicht

Fase	Datum
Concept	7 februari 2014
Ontwerp	30 april 2014
Ter inzage legging	
Vaststelling	
Onherroepelijk	

KuiperCompagnons BV
Ruimtelijke Ordening, Stedenbouw, Architectuur, Landschap
Rotterdam

Inhoudsopgave

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding en doel van het project 1
1.2 Ligging en begrenzing projectgebied 1
1.3 Vigerende bestemmingsplannen 2
1.4 Leeswijzer 5

2 Planbeschrijving 7
2.1 Bestaande situatie 7
2.2 Toekomstige situatie 7

3 Ruimtelijke Ordening 13
3.1 Nationaal beleid 13
3.2 Provinciaal beleid 13
3.3 Gemeentelijk beleid 14

4 Archeologie en cultuurhistorie 17
4.1 Kader 17
4.2 Analyse 17
4.3 Conclusie 18

5 Water 19
5.1 Kader 19
5.2 Analyse 19
5.3 Conclusie 20

6 Ecologie 21
6.1 Kader 21
6.2 Analyse 21
6.3 Conclusie 22

7. Bodemkwaliteit 23
7.1 Kader 23
7.2 Analyse 23
7.3 Conclusie 23

8. Geluidhinder 25
8.1 Kader 25
8.2 Analyse 25
8.3 Conclusie 25

9. Luchtkwaliteit 25
9.1 Kader 27
9.2 Analyse 28
9.3 Conclusie 28

10. Externe veiligheid 29
10.1 Kader 29
10.2 Analyse 29
10.3 Conclusie 30

11. Overige belemmeringen 31
11.1 Kader 31
11.2 Analyse 31
11.3 Conclusie 32

12. Uitvoerbaarheid 33
12.1 Economische uitvoerbaarheid 33
12.2 Maatschappelijke uitvoerbaarheid 33

13. Afweging en conclusie 335
13.1 Afweging 35
13.2 Conclusie 35

Separate bijlagen

- Ligging werkstroken (bouwwegen en werkterreinen) en tijdelijke verbindingen (150 kV) buiten het rijksinpassingsplan

Figuur 1: Ligging opstijgpunt 109 (gemeente Lansingerland)

Figuur 2: Globale ligging opstijgpunt 123 (gemeente Alphen aan de Rijn)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van het project

Voor de aanleg van de 150 en 380 kV-verbinding tussen Beverwijk en Zoetermeer is door de ministers van Economische Zaken en van Infrastructuur en Milieu een rijksinpassingsplan vastgesteld. Bij het uitwerken van het ontwerp is gebleken, dat de hekwerken rond de opstijgpunten 109 en 123 deels buiten de bestemmingsgrens van de bestemming 'Bedrijf - Opstijgpunt' liggen. Daarnaast liggen bij opstijgpunt 109 ook de kabels van de 150 kV-verbinding deels buiten de bestemming 'Leiding – Hoogspanning II', de toegangsweg buiten de dubbelbestemming 'Leiding – Hoogspanningsverbinding I' en het oliedrukhuisjes buiten de bestemming 'Bedrijf – Opstijgpunt'. De opstijgpunten, kabels en het oliehuisje liggen wel binnen de begrenzing van het rijksinpassingsplan zelf. De toegangsweg ligt buiten de begrenzing van het rijksinpassingsplan, maar wordt noordelijker ter plaatse van een bestaande weg/kavelpad aangelegd.

Voor opstijgpunt 213 wordt een definitieve weg aangelegd. Deze weg valt bijna in zijn geheel buiten het rijksinpassingeplan.

Daarnaast geldt ook voor meerdere opstijgpunten binnen het rijksinpassingsplan dat tijdelijke werkstroken (bouwwegen en werkterreinen) nodig zijn ter realisatie van de opstijgpunten. Als laatste zijn ook tijdelijke verbindingen (150 kV) benodigd. Zowel voor de werkstroken als voor de tijdelijke verbindingen geldt dat deze niet overal binnen de begrenzing van het rijksinpassingsplan vallen.

In paragraaf 2.2 van deze ruimtelijke onderbouwing wordt nader ingegaan op de (exacte) afwijking van het rijksinpassingsplan en het bestemmingsplan.

Om de locaties voor de opstijgpunten met bijbehorende voorzieningen conform het ontwerp te realiseren, is besloten deze via een uitgebreide omgevingsvergunning mogelijk te maken. Onderdeel van een uitgebreide omgevingsvergunning is een goede ruimtelijke onderbouwing. Dit document voorziet in deze goede ruimtelijke onderbouwing

1.2 Ligging en begrenzing projectgebied

Het projectgebied bestaat uit de volgende locaties:

1. Opstijgpunt 109 (figuur 1): ten oosten van Zoetermeer en ten noorden van de A12, ter hoogte van de Lange Tocht tussen de Nieuwe Hoefweg en de Rottedijk. De toegangsweg naar opstijgpunt 109 ligt ter plaatse van de Voorhoefdijk.
2. Opstijgpunt 123 (figuur 2): ten westen van Hazerswoude-Dorp en ten zuiden van het Westeinde.
3. Definitieve toegangsweg opstijgpunt 213.
4. De werkstroken (bouwwegen en werkterreinen) liggend buiten het rijksinpassingsplan. Deze werkstroken liggen in de gemeenten Haarlemmermeer, Alphen aan de Rijn, Kaag en Braassem, Leiderdorp, Zuidplas en Lansingerland (zie separate bijlagen).
5. De tijdelijke verbindingen (150 kV) liggend buiten het rijksinpassingsplan. Deze werkstroken liggen in de gemeenten Haarlemmermeer, Alphen aan de Rijn en Kaag en Braassem (zie separate bijlagen).

1.3 Vigerende bestemmingsplannen

Algemeen
Op 3 september 2012 is het inpassingsplan “Randstad 380 kV-verbinding Beverwijk-Zoetermeer (Bleiswijk), Noordring” vastgesteld. In het inpassingsplan zijn naast enkele enkelbestemmingen voornamelijk dubbelbestemmingen opgenomen. Omdat een dubbelbestemming over een enkelbestemming ligt, blijft ter plaatse van de dubbelbestemming het onderliggende bestemmingsplan gelden voor wat betreft de enkelbestemming.

In het inpassingsplan is voor de opstijgpunten en het oliedrukhuisje de enkelbestemming ‘Bedrijf-Opstijgpunt’ opgenomen. Ter plaatse van de kabels is de dubbelbestemming ‘Leiding – Hoogspanning II’ opgenomen en voor de aan te leggen toegangsweg is de dubbelbestemming ‘Leiding – Hoogspanningsverbinding I’ met de aanduiding ‘weg’ opgenomen.

Binnen de bestemming ‘Bedrijf-Opstijgpunt’ zijn de gronden bestemd voor een installatie ten behoeve van de overgang tussen een ondergrondse en een bovengrondse hoogspanningsverbinding. Daarnaast zijn de gronden bestemd voor groenvoorzieningen en water, watergangen, wegen, paden en verhardingen. Binnen de bestemming zijn gebouwen en bouwwerken, geen gebouwen zijnde, toegestaan.

Ter plaatse van de dubbelbestemming ‘Leiding – Hoogspanning II’ zijn de gronden, behalve voor de andere daar voorkomende bestemming(en), mede bestemd voor een ondergrondse 150 kV hoogspanningsverbinding. Tevens zijn toegangswegen en bouwwerken, geen gebouwen zijnde, toegestaan.

Ter plaatse van de dubbelbestemming ‘Leiding – Hoogspanningsverbinding I’ en de aanduiding ‘weg’ zijn de gronden, behalve voor de andere daar voorkomende bestemming(en), mede bestemd voor toegangswegen ten behoeve van een hoogspanningsverbinding en opstijgpunten.

Opstijgpunt 109 - Gemeente Lansingerland
Ter plaatse van opstijgpunt 109 vigeert het inpassingsplan “Randstad 380 kV-verbinding Beverwijk-Zoetermeer (Bleiswijk), Noordring”, vastgesteld op 3 september 2012. In het op 27 september 2012 vastgestelde bestemmingsplan ‘Rottezoom’ van de gemeente Lansingerland is het tracé van de 380 kV Noordring niet opgenomen. Ter plaatse geldt nog het bestemmingsplan ‘Buitengebied’ uit 1970 en ‘Buitengebied, 2e herziening’ uit 1979.

Figuur 3: Inpassingsplan

Figuur 4: bestemmingsplan Rottezoom

Opstijgpunt 123 - Gemeente Alphen aan de Rijn

Ter plaatse van opstijgpunt 123 vigeert het inpassingsplan “Randstad 380 kV-verbinding Beverwijk-Zoetermeer (Bleiswijk), Noordring”, vastgesteld op 3 september 2012 en het bestemmingsplan ‘Buitengebied’ vastgesteld op 29 april 2004 door de gemeenteraad van de toenmalige gemeente Rijnwoude. In het laatst genoemde plan zijn de gronden bestemd voor veeteelt, akkerbouw en vollegrondstuinbouw.

Figuur 5: uitsnede rijksinpassingsplan

Figuur 6: uitsnede vigerende bestemmingsplan 'Buitengebied'

Definitieve toegangsweg opstijgpunt 213 – gemeente Haarlemmermeer

Ter plaatse van opstijgpunt 213 vigeert het inpassingsplan "Randstad 380 kV-verbinding Beverwijk-Zoetermeer (Bleiswijk), Noordring", vastgesteld op 3 september 2012. De toegangsweg valt echter grotendeels buiten het plangebieden. Het bestemmingsplan 'Buitengebied Noord' is vastgesteld op 4 juli 2013 door de gemeenteraad van de gemeente Haarlemmermeer. Ter plaatse van de voorziene weg vigeert een agrarische bestemming. Pal aan de voorziene weg (ten zuiden) vigeert een recreatieve bestemming.

Werkstroken - gemeenten Haarlemmermeer, Alphen aan de Rijn, Kaag en Braassem, Leiderdorp, Zuidplas en Lansingerland

Voor vele werkstroken geldt dat deze niet binnen het rijksinpassingsplan vallen. Andere bestemmingsplannen vigeren op de gronden waar de tijdelijke werkstroken zijn voorzien. In onderstaande tabel is per gemeente weergegeven welke bestemmingsplannen vigeren en wanneer deze zijn vastgesteld.

Gemeente	Bestemmingsplan
Haarlemmermeer	De Liede
	Buitengebied Noord
	Noordwest Groengebieden 2010
	Vijfhuizen 2010
	Bos en groene Weelde
	Hoofddorp IJweg ton r. 732
	Zwaanshoek Noord en Boseilanden
	Floriande Noord
	Floriande Zuid 2007
	Buitengebied Midden
	Buitengebied Zuid
	Zwaanshoek
	Hoofddorp Huis van de sport

Gemeente	Bestemmingsplan
Haarlemmermeer	Nieuwe Vennep Park 21 dg 1
	Beinsdorp
	N207
	Lisserbroek
Alphen aan de Rijn	Buitengebied 2004 Rijnwoude
	Tussen Rijn en Rijksweg
	Bentwoud
	CO2 distributienetwerk Bentwoud
Kaag en Braassem	Buitengebied West
	Rijpwetering
	Buitengebied Jacobswoude
Leiderdorp	Bospoort
	Buitengebied Leiderdorp, Bospolder, Doeshofpolder en Achthovenerpolder
Lansingerland	Rottezoom
	Hoefweg-Noord (Prisma)
	Hoefweg-Zuid (Bleizo)
Zuidplas	Tweemanspolder en polder de Wilde Veenen

Tijdelijke verbindingen (150 kV) - gemeenten Haarlemmermeer, Alphen aan de Rijn en Kaag en Braassem

Ook voor vele tijdelijke verbindingen (150 kV) geldt dat dat deze niet binnen het rijksinpassingsplan vallen. Andere bestemmingsplannen vigeren op de gronden waar de tijdelijke verbindingen (150 kV) zijn voorzien. In bovenstaande tabel is per gemeente (de gemeenten Leiderdorp, Lansingerland en Zuidplas uitgesloten) weergegeven welke bestemmingsplannen vigeren.

1.4 Leeswijzer

Deze ruimtelijke onderbouwing bestaat uit 12 hoofdstukken. In hoofdstuk 2 vindt u de planbeschrijving. In hoofdstuk 3 wordt het plan getoetst aan het relevante Rijks-, provinciaal en gemeentelijk beleid. De hoofdstukken 4 tot en met 7 vormen de onderbouwing voor de aspecten archeologie en cultuurhistorie, water en natuur. In de hoofdstukken 8 tot en met 11 komen de diverse milieuaspecten aan bod. In hoofdstuk 12 wordt vervolgens de economische en maatschappelijke uitvoerbaarheid van het plan aangetoond. In hoofdstuk 13, tenslotte, wordt de een afweging en conclusie gegeven.

2 Planbeschrijving

2.1 Bestaande situatie

Opstijgpunt 109 – Gemeente Lansingerland
Het tracé waar opstijgpunt 109 deel van uitmaakt loopt van Zoetermeer naar Beverwijk. Dit tracé betreft een bovengrondse 380 kV-verbinding, welke op een aantal plaatsen gecombineerd is met een bovengrondse 150 kV-verbinding. Bij opstijgpunt 109 takt de ondergrondse 150 kV-verbinding vanuit Zoetermeer aan op de bovengrondse 380 kV-verbinding. Vanaf dat punt loopt de 150 kV-verbinding bovengronds verder. Om het opstijgpunt te kunnen bereiken wordt ook een toegangsweg aangelegd. Deze toegangsweg was voorzien ten zuiden van het perceel Kruisweg 45. Hier is een groenstrook gelegen.

Opstijgpunt 123 – Gemeente Alphen aan de Rijn
Vanaf opstijgpunt 109 loopt de gecombineerde hoogspanningsverbinding verder naar het noorden. Ter plaatse van opstijgpunt 123 splitst de gecombineerde bovengrondse hoogspanningsverbinding in een ondergrondse 150 kV-verbinding en bovengrondse 380 kV-verbinding.

Ter plaatse van de opstijgpunten waar de 150 kV-verbinding van een ondergrondse verbinding overgaat naar een bovengrondse verbinding worden diverse installaties geplaatst, verharding aangelegd en hier rondom een hekwerk geplaatst. Deze voorzieningen worden binnen de bestemming ‘Bedrijf – Opstijgpunt’ mogelijk gemaakt.

Definitieve toegangsweg opstijgpunt 213 – Gemeente Haarlemmermeer
Daar waar de definitieve toegangsweg is voorzien, is nu agrarisch landschap aanwezig. De gronden zijn onbebouwd en bestaan uit grasland. Het agrarische landschap en de zuidelijk gelegen recreatieve gronden worden gescheiden door een sloot.

Werkstroken
De locaties waar de tijdelijke werkstroken zijn voorzien bevinden zich in verschillende soorten gebieden. Bestemmingen die vigeren zijn: agrarisch, bedrijf, verkeer, groen en recreatie. De gronden bestaan voornamelijk uit recreatieve en agrarische gronden. Deze gronden zijn (vaak) onbebouwd.

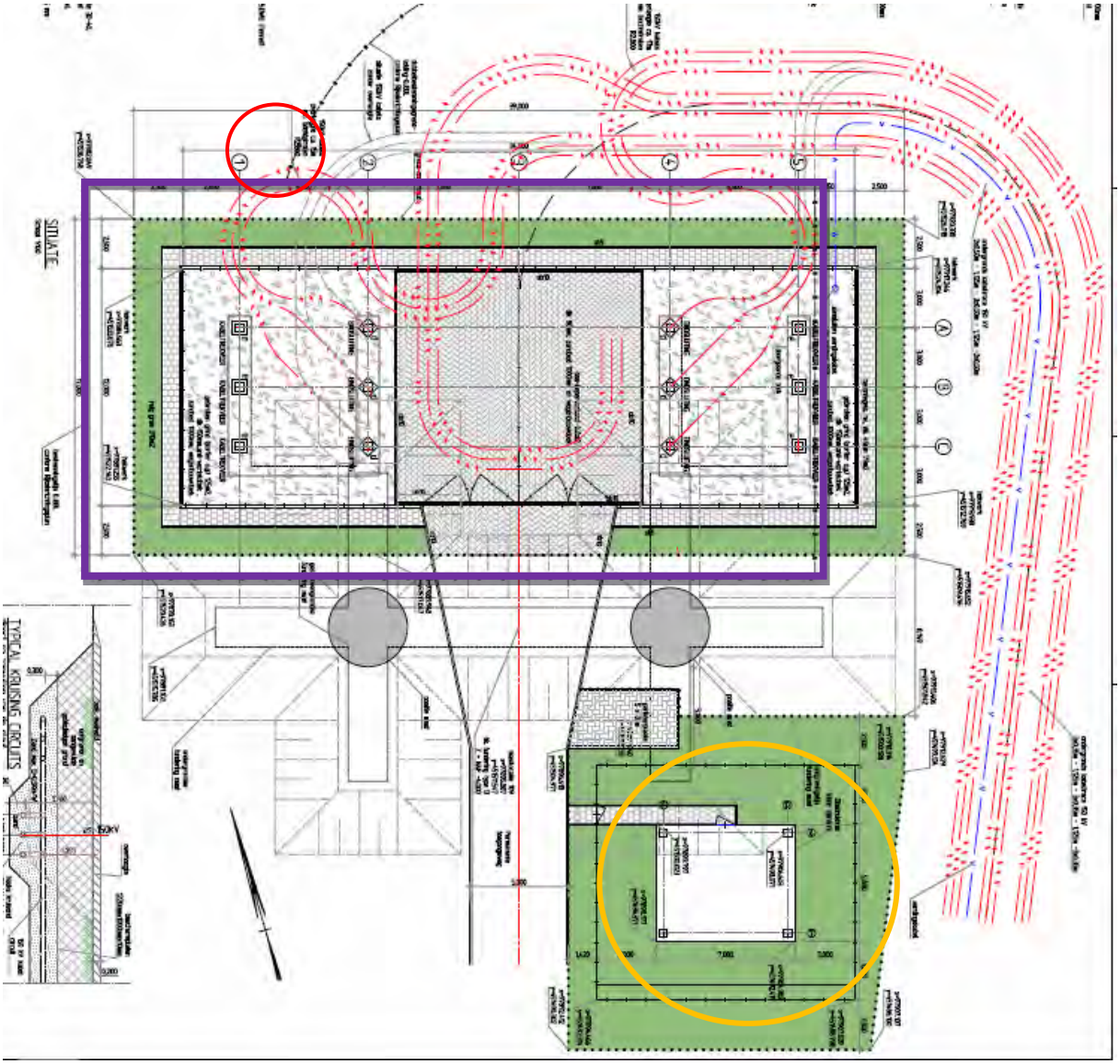
Tijdelijke verbindingen (150 kV)
Net als de werkstroken bevinden de gronden waar de tijdelijke werkstroken zijn voorzien zich in verschillende soorten gebieden. De belangrijkste bestemmingen die vigeren zijn: agrarisch, bedrijf, verkeer, groen en recreatie. De gronden bestaan voornamelijk uit recreatieve en agrarische gronden. Deze gronden zijn (vaak) onbebouwd.

2.2 Toekomstige situatie

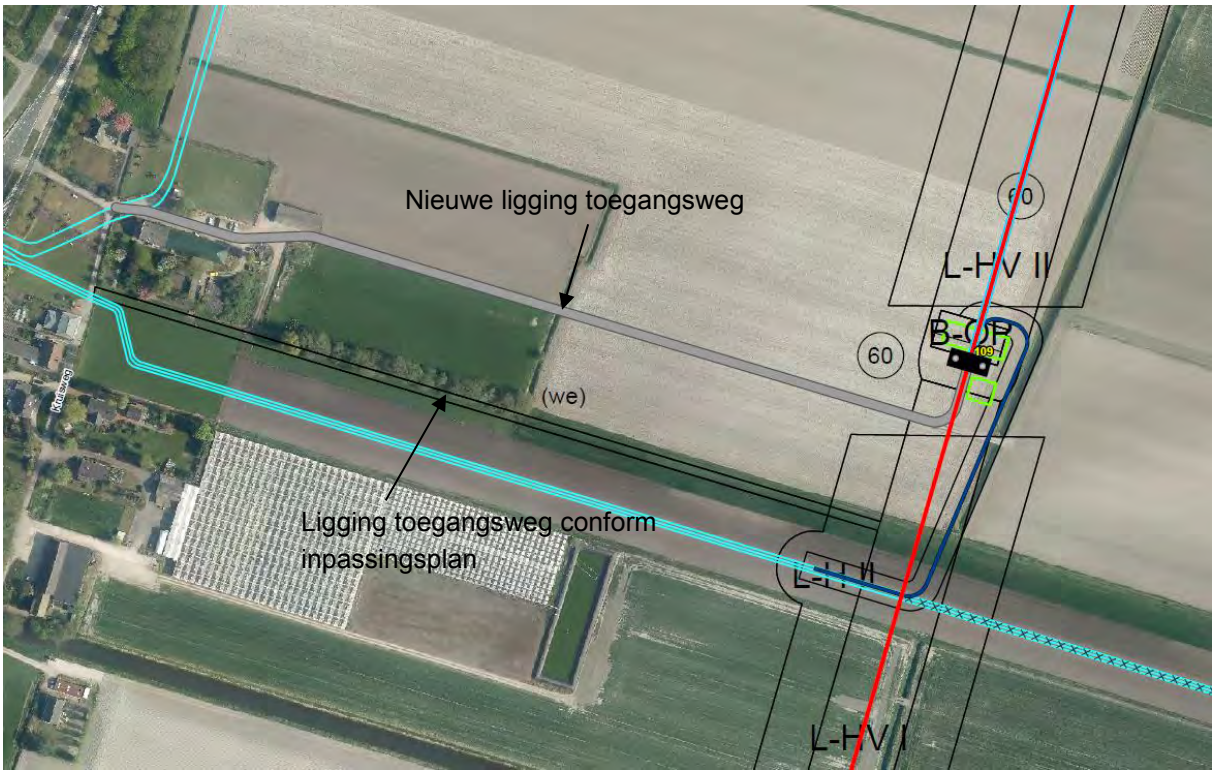
Afwijkingen ten opzichte van het inpassingsplan
Bij het ontwerpen van de opstijgpunten is gebleken, dat de hekwerken rond de opstijgpunten 109 en 123 deels buiten de bestemmingsgrens van de bestemming ‘Bedrijf – Opstijgpunt’ liggen. Daarnaast liggen bij opstijgpunt 109 ook de kabels van de 150 kV-verbinding buiten de bestemming ‘Leiding – Hoogspanning II’, het oliedrukhuisje buiten de bestemming ‘Bedrijf – Opstijgpunt’ en de toegangsweg buiten de dubbelbestemming ‘Leiding – Hoogspanningsverbinding I’ met de aanduiding ‘weg’. De opstijgpunten, het oliedrukhuisje en de kabels liggen wel binnen de begrenzing van het rijksinpassingsplan zelf. De toegangsweg wordt noordelijker gesitueerd, waardoor deze buiten de begrenzing van het rijksinpassingsplan valt.

Opstijgpunt 109 – Gemeente Lansingerland

In de afbeelding op de volgende pagina is het ontwerp van opstijgpunt 109 weergegeven. De paarse belijning geeft de begrenzing aan van de huidige bestemming ‘Bedrijf - Opstijgpunt’. Ten aanzien van opstijgpunt 109 is te zien dat aan de oostkant van deze bestemming verharding en het hekwerk rondom het opstijgpunt buiten de begrenzing van de bestemming komt te liggen. Ter plaatse van de rode cirkel in de afbeelding lopen de ondergrondse kabels van de 150 kV-verbinding buiten de begrenzing van de bestemming ‘Hoogspanning II’. Het oliedrukhuisje is ter plaatse van de oranje cirkel op de afbeelding gelegen. Het oliedrukhuisje komt daarmee deels binnen de dubbelbestemming “Leiding – Hoogspanningsverbinding II” en deels binnen de dubbelbestemming “Leiding – Hoogspanningsverbinding I” te liggen. In beide bestemmingen zijn geen gebouwen toegestaan. Het oliedrukhuisje heeft een oppervlakte van circa 42 m^2 en een hoogte van 2,75 meter. In figuur 8 is de nieuwe ligging van de toegangsweg en de ligging van de toegangsweg conform het inpassingsplan weergegeven.



Figuur 7: Ontwerp opstijgpunt 109 – gemeente Lansingerland

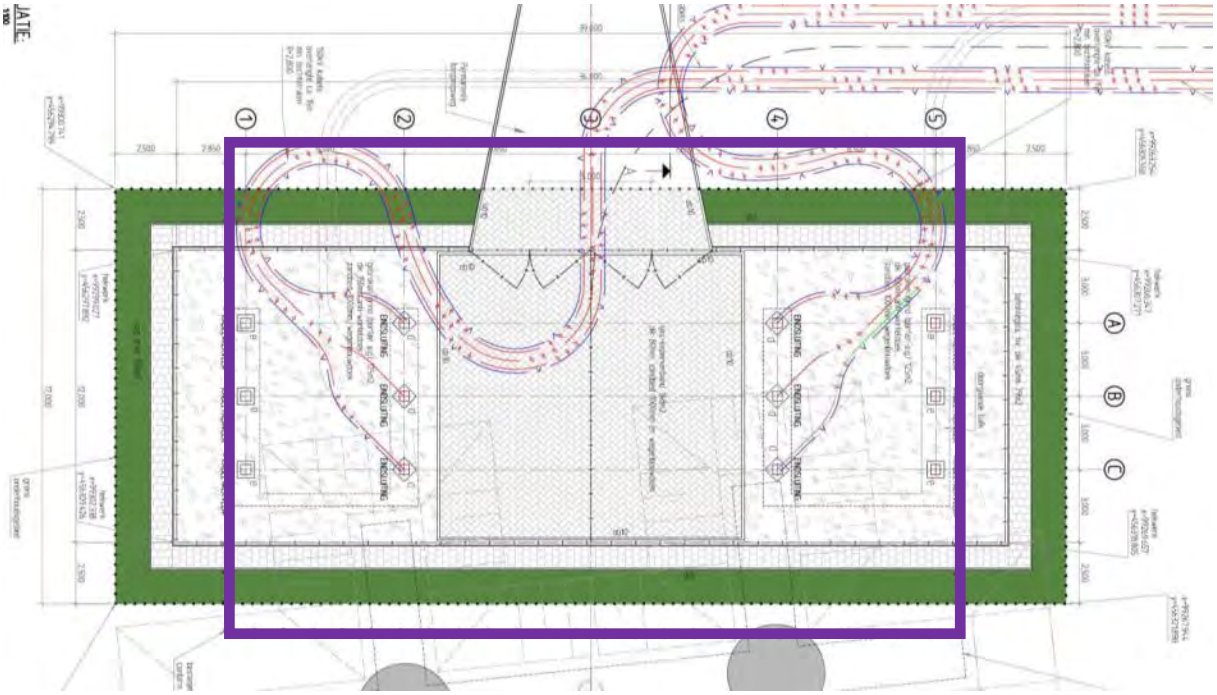


Figuur 8: Ligging toegangsweg naar opstijgpunt 109

Opstijgpunt 123 – Gemeente Alphen aan de Rijn

Ten aanzien van opstijgpunt 123 komt verharding en het hekwerk zowel aan de oost- als westkant buiten de begrenzing van de bestemming 'Bedrijf – Opstijgpunt' te liggen.

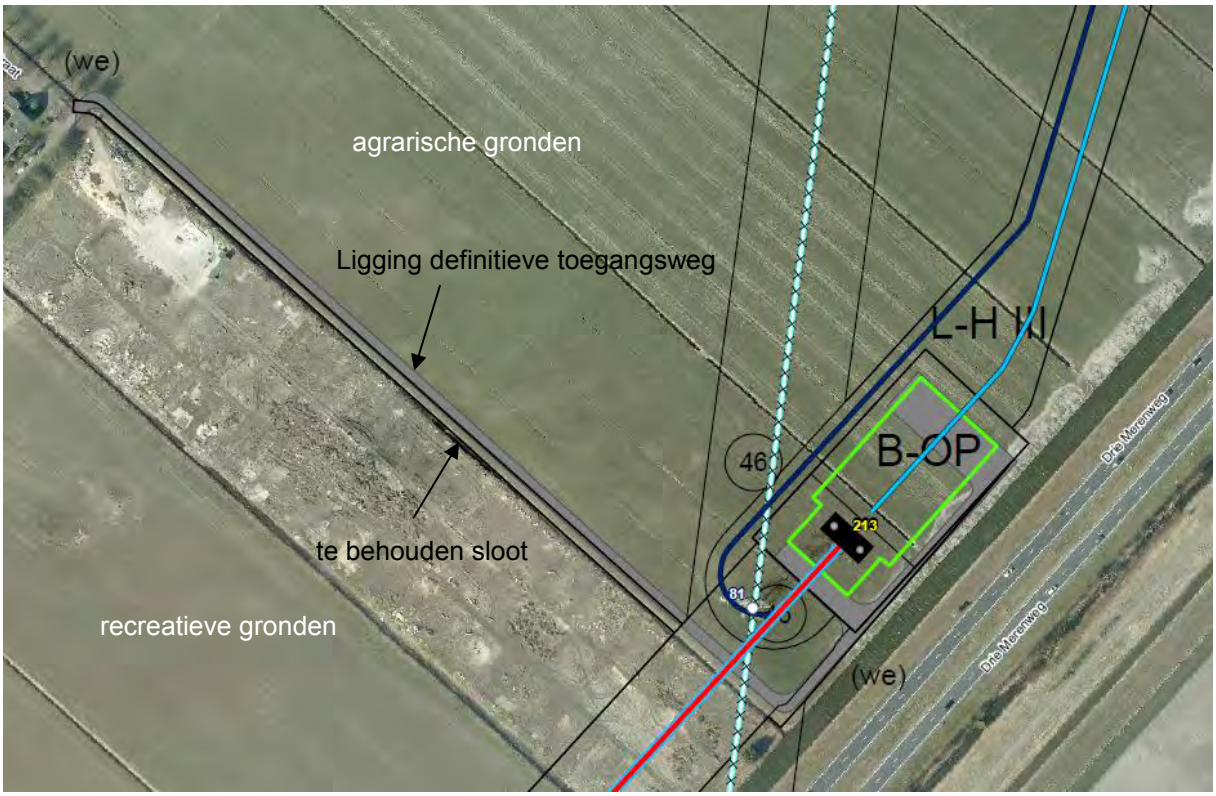
De uitgebreide omgevingsvergunning, waar deze ruimtelijke onderbouwing deel van uitmaakt, maakt deze afwijkingen mogelijk. Voor alle afwijkingen geldt dat deze wel binnen de plangrens van het inpassingsplan vallen.



Figuur 9: Ontwerp opstijgpunt 123 – gemeente Alphen aan de Rijn

Definitieve toegangsweg opstijgpunt 213 – Gemeente Haarlemmermeer

Ook de benodigde definitieve toegangsweg naar opstijgpunt 213 maakt deel uit van de uitgebreide omgevingsvergunning. In onderstaande figuur (figuur 10) is de ligging van deze weg weergegeven. Vanaf het opstijgpunt zal de weg zijdelings aan de te behouden sloot aantakken op de Gibsonstraat en Stevensweg in Vijfhuizen. De weg zal ruimtelijk gezien geen afbreuk doen aan de omgeving.



Figuur 10: Definitieve toegangsweg opstijgpunt 213 – Gemeente Haarlemmermeer

Werkstroken

De werkstroken betreffen tijdelijke werkstroken en komen te liggen op gronden die (vaak) onbebouwd zijn. Daarnaast zijn deze werkstroken benodigd voor het realiseren van de opstijgpunten. Zonder de werstroken zijn de locaties van de opstijgpunten niet bereikbaar en is realisatie daarvan niet haalbaar. Omdat de werkstroken ook maar tijdelijk zijn, zullen de onderliggende gronden in een later stadium weer voor de eigenlijke functies kunnen worden benut.

Tijdelijke verbindingen (150 kV)

De tijdelijke verbindingen (150 kV) die buiten het rijksinpassingsplan vallen, betreffen drie verbindingen:

- Gemeente Haarlemmermeer bij Vijfhuizen, OSP 213 / M81 (p_r380_nr_um4_p1_gem_hlm_2 en p_r380_nr_um4_p1_gem_hlm_3);
- Gemeente Kaag en Braassem bij knooppunt Hoogmade, mast M74 (p_r380_nr_um4_p1_gem_kb_5, en);
- Gemeente Alphen aan de Rijn bij Hazerswoude - Rijndijk, mast M53 en M54 (p_r380_nr_um4_p1_gem_ar_4).

Al deze tijdelijke verbindingen zullen voor een periode variërend van ongeveer anderhalf jaar tot bijna drie jaar worden gerealiseerd. OSP 213 / M81 is van halverwege 2015 tot bijna halverwege 2018 voorzien. Mast M74 vervolgens, is van halverwege 2015 tot ongeveer halverwege 2017 voorzien. Als

laatste mast M53 en M54. Voor deze verbinding geldt dat deze in vanaf het vierde kwart van 2015 tot bijna halverwege 2017 is voorzien.

Na de hiervoor genoemden periodes worden de tijdelijke verbindingen weer verwijderd en is de vigerende bestemmingen weer van toepassing. De tijdelijke verbindingen die buiten het rijksinpassingsplan vallen, zijn opgenomen in de separate bijlage.

3 Ruimtelijke Ordening

3.1 Nationaal beleid

In het Inpassingsplan “Randstad 380 kV-verbinding Beverwijk-Zoetermeer (Bleiswijk), Noordring” is getoetst of de aanleg van de hoogspanningsverbinding past binnen het geldende rijksbeleid. Hierbij is ingegaan op de volgende beleidsstukken:

- Tweede en derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening
- Energierapport 2011
- Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (2012) Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (2011)
- Nuchter omgaan met risico’s, Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen en het magneetveld (2005)
- Nationaal Waterplan (2009)
- Programma Randstad Urgent (2007)
- Convenant Mainport en Groen (1996)
- Structuurvisie Mainport Amsterdam, Haarlemmermeer en Schiphol (SMAHS)
- Ontwerpstructuurvisie buisleidingen (2011)

In de conclusie is aangegeven, dat het gekozen tracé in overeenstemming is met het beschreven rijksbeleid. Voornamelijk het advies met betrekking tot hoogspanningsverbindingen en magneetvelden is van belang geweest voor de tracering en inpassing van de hoogspanningsverbinding. De afwijking die de uitgebreide omgevingsvergunning mogelijk maakt, betreft slechts een iets andere situering van twee opstijgpunten, waarbij de opstijgpunten zelf binnen de bestemming ‘Bedrijf-Opstijgpunt’ blijven vallen, maar de voorzieningen hier rondom (verharding, hekwerk en oliedrukhuisje) buiten deze bestemming vallen. Het tracé zelf blijft hiermee ongewijzigd. Wel zal bij opstijgpunt 109 de 150 kV-kabel voor een klein deel buiten de bestemming vallen, maar niet buiten de begrenzing van het inpassingsplan. De geplande toegangsweg naar opstijgpunt 109 wordt meer naar het noorden ter plaatse van een reeds bestaande weg (Voorhoefdijk) gesitueerd.

Ook de definitieve toegangsweg naar opstijgpunt 213, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) vallen gedeeltelijk buiten het rijksinpassingsplan. Deze toegangsweg, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) dienen ter realisatie van het rijksinpassingsplan. Voor de definitieve toegangsweg, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) die buiten het rijksinpassingsplan vallen, wordt via deze uitgebreide omgevingsvergunning alsnog mogelijk gemaakt.

3.2 Provinciaal beleid

3.2.1 Provincie Zuid-Holland

Structuurvisie Ruimte, provincie Zuid-Holland
Het uitgangspunt van de Structuurvisie Ruimte is *“lokaal wat kan, provinciaal wat moet”*. In de provinciale structuurvisie geeft de provincie aan wat zij als provinciaal belang beschouwt en hoe zij daarop wil gaan sturen. De provinciale structuurvisie werd op 2 juli 2010 vastgesteld. Inmiddels zijn ook een eerste herziening en jaarlijkse actualiseringen vastgesteld en ligt het ontwerp van de nieuwe structuurvisie ter inzage.

De structuurvisie bevat het ruimtelijk beleid tot 2020 met een doorkijk naar 2040. Het accent ligt op sturing vooraf en sturing op kwaliteit.

In de structuurvisie wordt toenemende energieschaarste als één van de trends voor de komende jaren aangegeven. Energieschaarste vraagt om een duurzame economie. Zorgvuldig omgaan met schaarse hulpbronnen staat daarbij centraal. Dit betekent efficiënt gebruik van grondstoffen, zuinig omgaan met energie en investeringen in kennis, onderwijs en technologie. Investeren in 'energie-infrastructuur' is hierbij belangrijk. Ruimte geven aan lokale en regionale energienetwerken en een intensiever gebruik van de ondergrond vormen belangrijke ruimtelijke opgaven.

De structuurvisie doet voor het overige geen uitspraken over de aanleg van de hoogspanningsverbinding met bijbehorende toegangswegen, werkstroken en tijdelijke verbindingen.

3.2.2 Provincie Noord-Holland

Visie op Noord-Holland

De provinciale structuurvisie is op 21 juni 2010 vastgesteld door Provinciale Staten. Op 1 november 2010 is de structuurvisie in werking getreden. De Structuurvisie geeft inzicht in de ruimtelijke ambities van de provincie Noord-Holland. De provincie is veelzijdig met een aantal belangrijke economische motoren van Nederland, bruisende steden, natuurparken, het strand en open grasland vol weidevogels. Dit bijzondere karakter wil de provincie bewaken. Tegelijkertijd zijn er ontwikkelingen als globalisering, klimaatverandering en trends zoals vergrijzing en krimp die een grote ruimtelijke impact hebben. In de Structuurvisie beschrijft de provincie hoe en op welke manier ze met deze ontwikkelingen en keuzes omgaat en schetst ze hoe de provincie er in 2040 moet komen uit te zien. Amsterdam maakt in het ontwerp onderdeel deel uit van de metropoolregio Amsterdam, een regio die zich uitstrekt tot Zaanstad, Almere, Zuid Kennemerland en de Gooi- en Vechtstreek. De structuurvisie laat zich in algemene termen uit over de metropoolregio. Deze regio moet tot 2040 verder groeien als een belangrijke en duurzame internationale concurrerende stedelijke regio. Er moeten daarom voldoende kantoren, bedrijven en woningen zijn, er moet functiemening zij met hoogwaardige culturele voorzieningen, een goede bereikbaarheid en investeringen in samenhangend netwerk van openbaar vervoer. Vervolgens dient er voldoende groen om de stad te zijn in het kader van recreatie ("recreatie om de stad"). De woningopgave wordt vooral gezocht binnen bestaand stedelijk gebied. De geuite doelstellingen ten aanzien van de metropool worden niet in de ontwerp verordening geregeld: de provincie ziet zichzelf wat de metropool Amsterdam betreft meer als aanjager en als expert. Voor de concretisering van grote metropoolprojecten wordt verwezen naar het `Ontwikkelingsbeeld Noordvleugel 2040´ zoals vastgesteld door de metropoolregio in 2007. Voor het overige geldt, net als in de huidige situatie, dat de gemeente Amsterdam op basis van de eigen structuurvisie vrijheid heeft ten aanzien van het te volgen ruimtelijk beleid.

De structuurvisie doet voor het overige geen uitspraken over de aanleg van de hoogspanningsverbinding met bijbehorende toegangswegen, werkstroken en tijdelijke verbindingen.

3.3 Gemeentelijk beleid

3.3.1 Gemeente Lansingerland

Opstijgpunt 109 valt binnen de gemeente Lansingerland.

Structuurvisie Lansingerland 2025

Op 18 februari 2010 is de Structuurvisie Lansingerland vastgesteld door de gemeenteraad van Lansingerland. Lansingerland wil 'aantrekkelijk wonen, werken, recreëren en leven' sturen met een

eigen visie. Binnen de gemeente staat een groot aantal ontwikkelingen op stapel wat betreft woningbouw, bedrijventerreinen en maatschappelijke voorzieningen.

De koers voor de gemeente Lansingerland is:
- aantrekkelijk suburbaan wonen;
- leefbaar, zorgzaam en met eigen identiteit;
- ontspannen groene en recreatieve gemeente;
- een aantrekkelijk vestigingsklimaat voor bedrijven en het verder ontwikkelen van de greenport.

Duurzaamheid en een goede ontsluitingsstructuur zijn daarbij randvoorwaarden.

De structuurvisie doet geen uitspraken over de aanleg van de hoogspanningsverbinding, werkstroken en/of tijdelijke verbindingen (150 kV).

3.3.2 Gemeente Alphen aan de Rijn

Opstijgpunt 123 valt binnen het grondgebied van de gemeente Alphen aan den Rijn. Per 1 januari 2014 zijn de gemeenten Alphen aan den Rijn, Boskoop en Rijnwoude samengevoegd tot één gemeente Alphen aan den Rijn.

Samengestelde structuurvisie Rijnwoude 2008

De gemeente Rijnwoude heeft op 29 juni 2005 ‘Structuurvisie Rijnwoude 2020; van droom naar daad’ als formeel wettelijk structuurplan vastgesteld. In 2008 is deze structuurvisie ‘opgewaardeerd’ in de ‘Samengestelde Structuurvisie Rijnwoude 2008.

Het hoofduitgangspunt voor de Structuurvisie Rijnwoude is dat nieuwe ontwikkelingen aan moeten sluiten bij, of moeten zorgen voor een versterking van de identiteit en het profiel van Rijnwoude. Deze identiteit wordt op hoofdlijnen bepaald door de unieke kwaliteiten van de gemeente.

Op regionaal niveau zijn de unieke kwaliteiten van Rijnwoude:
- De ligging in het Groene Hart, met haar veenweidelandschap en de droogmakerijen;
- De ligging aan de Oude Rijn;
- De goede ontsluiting via de weg (n11);
- Het openbaar vervoer voor Hazerswoude Rijndijk (de Rijn Gouwe lijn).

Vanuit de unieke kwaliteiten, gecombineerd met de aandachtspunten en wensen die uit het interactieve proces rondom de Toekomstvisie Rijnwoude naar voren gekomen zijn, kunnen de volgende hoofdkeuzen voor de Structuurvisie Rijnwoude geformuleerd worden.

1. Rijnwoude “Dorpen tussen steden”
   a. Ontwikkelen Oude Rijnzone op basis van kwaliteiten.

2. Rijnwoude een complete, leefbare gemeente van subregionaal niveau
   a. Versterken voorzieningencentrum
   b. Hazerswoude-Rijndijk als hoofdvoorzieningencentrum Rijnwoude
   c. Versterken structuur Hazerswoude Dorp
   d. Benhuizen aan het Bentwoud

3. Verschil in ontwikkelingsmogelijkheden ‘grasland’ en ‘akkerland’
   a. Behouden en versterken graslandschap
   b. Geleidelijke transformatie akkerland

Ten aanzien van de hoogspanningsverbinding wordt het volgende in de structuurvisie gemeld:
'De gemeente Rijnwoude wordt van noord naar zuid doorsneden met een leidingenstrook, ongeveer samenvallend met het zichtbarre hoogspanningstracé: aan weerszijde van deze hoogspanningsleiding en de leidingenstrook mag een bepaalde strook niet bebouwd worden in het kader van externe veiligheid.'

De structuurvisie doet geen uitspraken over de aanleg van de hoogspanningsverbinding, toegangswegen, werkstroken en/of tijdelijke verbindingen (150 kV).

3.3.3 Gemeente Haarlemmermeer

De structuurvisie 'Haarlemmermeer 2030' noemt de voorziene hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV. Zowel de voorziene toegangsweg, de tijdelijke werkstroken als de tijdelijke verbindingen (150 kV) staan ten dienste van deze leiding. De structuurvisie vorm daarmee geen belemmering voor de haalbaarheid van deze ruimtelijke onderbouwing.

3.3.4 Gemeenten Leiderdorp, Kaag en Braassem en Zuidplas

Zowel de gemeente Leiderdorp, Kaag en Braassem als de gemeente Zuidplas beschikken niet over een structuurvisie die verder ingaat op de voorziene hoogspanningsverbinding Randstad 380 kV. Omdat binnen deze gemeenten enkel sprake is van de aanleg van tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) wordt geen belemmering gezien voor de aanleg daarvan.

4 Archeologie en cultuurhistorie

4.1 Kader

Wet op de archeologische monumentenzorg

In de Wet op de archeologische monumentenzorg (2007) zijn de uitgangspunten van het Verdrag van Malta (1992) binnen de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd. De wet regelt de bescherming van archeologisch erfgoed in de bodem, de inpassing ervan in de ruimtelijke ontwikkeling en de financiering van opgravingen, waarbij in beginsel geldt: “de veroorzaker betaalt”. Het belangrijkste doel van de wet is het behoud van het bodemarchief “in situ” (ter plekke), omdat de bodem de beste garantie biedt voor een goede conservering van de archeologische waarden. Het is verplicht om in het proces van ruimtelijke ordening tijdig rekening te houden met de mogelijke aanwezigheid van archeologische waarden. Op die manier komt er ruimte voor overweging van archeologievriendelijke alternatieven.

Cultuurhistorische Hoofdstructuur Zuid-Holland

De provincie Zuid-Holland hanteert het beleidsinstrument “Cultuurhistorische Hoofdstructuur Zuid-Holland (CHS)”. In de CHS heeft de provincie bestaande en mogelijk te verwachten archeologische waarden in beeld gebracht. In het bijbehorende “Beleidskader Cultuurhistorische Hoofdstructuur Zuid-Holland” zijn per waarderingscategorie algemene beleidsuitgangspunten geformuleerd. De waardering zoals vastgelegd in de cultuurhistorische hoofdstructuur geldt als uitgangspunt van beleid.

Provinciaal archeologisch beleid Noord-Holland

In het beleidskader van de provincie is de Cultuur Historische Waardenkaart (CHW) opgenomen. Op deze kaart zijn gebieden weergeven, die naar verwachting archeologisch waardevol zijn en zijn aangewezen als provinciale archeologische attentiegebieden. De waardestellingen van de CHW zijn bedoeld als primaire algemene indicaties die per specifiek plangebied nadere invulling en precisering nodig hebben.

Naast de CHW beheert de provincie de Archeologische Monumentenkaart (AMK). Op de AMK staan, op landelijke schaal, de beschermde archeologische monumenten, de terreinen van zeer hoge en hoge archeologische waarde en de gebieden met een archeologische betekenis.

4.2 Analyse

In het kader van het inpassingsplan is onderzoek uitgevoerd naar archeologische waarden binnen het plangebied. De ontwikkeling die de uitgebreide omgevingsvergunning mogelijk maakt, met uitzondering van de toegangswegen, blijft binnen het plangebied van het inpassingsplan. Binnen alle (dubbel)bestemmingen zijn grondwerkzaamheden ten behoeve van de aanleg van de hoogspanningsverbinding toegestaan. Het uitvoeren van nader onderzoek is dan ook niet benodigd.

De toegangsweg naar opstijgpunt 109 komt buiten de begrenzing van het inpassingsplan, maar ter plaatse van de bestaande Voorhoefdijk te liggen. Voor de aanleg van de weg kan dus gebruik worden gemaakt van de fundering van de Voorhoefdijk. Het uitvoeren van bodemwerkzaamheden zijn dan ook niet benodigd.

Ook voor de toegangsweg naar opstijgpunt 213 geldt dat deze buiten het rijksinpassingsplan valt. Omdat de aan te leggen weg echter niet tot diepgaande grondwerkzaamheden, zullen eventuele archeologische waarden niet worden geschaad. Onderzoek is niet benodigd.

Als laatste is voor de tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) ook geen onderzoek benodigd. Er zal geen sprake van (diepgaande) grondwerkzaamheden die dusdanig diep reiken dat onderzoek benodigd is.

4.3 Conclusie

Onderhavige ontwikkeling ziet uitsluitend op (bodem)werkzaamheden die reeds mogelijk zijn in het kader van inpassingsplan. Ten behoeve van de aanleg van de toegangswegen, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) zijn geen (diepgaande) bodemwerkzaamheden benodigd. Nader onderzoek is dan ook niet benodigd. Er is geen belemmering voor de uitvoering van het plan.

5 Water

5.1 Kader

Er is een groot aantal beleidsstukken dat betrekking heeft op de waterhuishouding. Hieronder wordt één en ander uiteengezet.

Op Europees en rijksniveau gelden de volgende beleidsstukken ten aanzien van water:
- Nationaal Waterplan
- Waterwet
- Nationaal Bestuursakkoord Water
- Kaderrichtlijn water
- Advies commissie Waterbeheer 21e eeuw

Nationaal Waterplan
Het Nationaal Waterplan beschrijft de hoofdlijnen van het nationale waterbeleid. Het rijk streeft naar een duurzaam en klimaatbestendig waterbeheer en heeft de ambitie om de komende decennia te investeren in bescherming tegen overstromingen en in de zoetwatervoorziening.

Waterwet
De Waterwet regelt het beheer van de waterkeringen, het oppervlaktewater en het grondwater, verbetert de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening en zorgt voor een eenduidige bestuurlijke procedure en daarbij behorende rechtsbescherming voor besluiten.

Nationaal Bestuursakkoord Water
In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is het kabinetsstandpunt over het waterbeleid in de 21e eeuw vastgelegd. De hoofddoelstellingen zijn: het waarborgen van het veiligheidsniveau bij overstromingen en het verminderen van wateroverlast.

Kaderrichtlijn water
Op 22 december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht geworden. De KRW geeft een kader voor de bescherming van de ecologische en chemische kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater.

Waterbeheer 21e eeuw
In september 2000 heeft de commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21) advies uitgebracht over het toekomstig waterbeheer in Nederland. Belangrijk onderdeel van WB21 is het uitgangspunt van ruimte voor water.

Beleid provincie Zuid-Holland
Op 1 januari 2010 is het Provinciaal Waterplan 2010 - 2015 in werking getreden. Dit plan vervangt het provinciale Waterhuishoudingplan, dat was opgenomen in het Beleidsplan Groen, Water en Milieu 2006 - 2010 en in het Grondwaterplan 2007 - 2013. In het Provinciaal Waterplan zijn de opgaven van de KRW, het NBW en het Nationaal Waterplan vertaald naar strategische doelstellingen voor Zuid-Holland. Het Provinciaal Waterplan beschrijft op hoofdlijnen wat de provincie in de periode tot 2015 samen met haar waterpartners wil bereiken. Het Waterplan heeft vier hoofdopgaven:
1. waarborgen waterveiligheid;
2. zorgen voor mooi en schoon water;
3. ontwikkelen duurzame zoetwatervoorziening;

4. realiseren robuust en veerkrachtig watersysteem.

In het plan zijn deze opgaven verder uitgewerkt in 19 thema's en voor drie gebieden, in samenhang met economische, milieu- en maatschappelijke opgaven. Dit heeft geleid tot een integrale visie op de ontwikkeling van de Zuid-Hollandse Delta, het Groene Hart en de Zuidvleugel van de Randstad.

Beleid provincie Noord-Holland
Het Provinciaal Waterplan 2010-2015 beschrijft de kaders voor waterbeheer in Noord-Holland. Binnen deze kaders nemen hoogheemraadschappen en gemeenten maatregelen om inwoners te beschermen tegen wateroverlast en de kwaliteit van het water te verbeteren. Het Waterplan heeft het motto 'Beschermen, benutten, beleven en beheren'.

De provincie waarborgt met waterschappen en Rijkswaterstaat voldoende bescherming van mens, natuur en bedrijvigheid tegen overstromingsrisico. Daarnaast zorgt de provincie samen met waterschappen en de gemeenten dat water in balans en verantwoord benut
en beleefd wordt door mens, natuur en bedrijvigheid. Een ander belangrijk punt is dat deze partijen gezamenlijk voor schoon en voldoende water zorgen. Tot slot wordt gezorgd voor maatwerk in het Noord-Hollandse grond- en oppervlaktewatersysteem.

5.2 Analyse

Er liggen geen milieubeschermingsgebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, bodembeschermingsgebieden of boringsvrije zones in of nabij het plangebied. De aanleg van de verbinding heeft daarom geen effect op deze gebieden.

De toename van verhard oppervlak voor de mastenvoeten en de opstijgpunten is gering. Het leidt daarom in beginsel niet tot een extra belasting van het oppervlaktewatersysteem. Op sommige locaties is watercompensatie nodig. In dat geval komen er ringsloten om de opstijgpunten dan wel wordt watercompensatie gerealiseerd via de maatregelen voor landschappelijke inpassing (bijvoorbeeld aanleg plas-drasgebied). Dat wordt vastgelegd in de vereiste watervergunningen.

Met de andere situering van de opstijgpunten en toegangsweg blijft de oppervlakte qua verharding nagenoeg gelijk. Daarnaast is de aanleg van oppervlakteverharding ten behoeve van de aanleg van hoogspanningsverbinding binnen de planbegrenzing overal toegestaan. De nieuwe toegangsweg bij opstijgpunt 213 is gelegen in een gebied waar het water goede kan worden afgevoerd, onder andere naar de zuidelijk liggende sloot.

De tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) zijn tijdelijk. Het aspect water vormt geen belemmering voor de uitvoering van dit plan.

5.3 Conclusie

Het aspect water vormt geen belemmering voor de uitvoering van het plan. De andere situering van de opstijgpunten (inclusief oliedrukhuisje) en ligging van de 150 kV-kabel en toegangsweg bij opstijgpunt 109 leidt niet tot extra oppervlakteverharding. De nieuwe toegangsweg naar opstijgpunt 213 betekent een toename van het verhard oppervlak. Echter, deze verharding bevindt zich in een gebied waar het oppervlakte water gemakkelijk kan worden afgevoerd. Daarnaast is binnen planbegrenzing van het inpassingsplan oppervlakteverharding toegestaan ten behoeve van de aanleg van de hoogspanningsverbinding. Ook is slechts sprake van tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV).

6 Ecologie

6.1 Kader

Soortenbescherming

De Flora- en faunawet (hierna: Ffw) beschermt alle in het wild levende zoogdieren, vogels, reptielen en amfibieën. Van deze soortgroepen zijn alleen huismuis, bruine en zwarte rat niet beschermd. Van de vissen, ongewervelde dieren (zoals vlinders, libellen en sprinkhanen) en planten zijn alleen de in de wet genoemde soorten beschermd.

Voor ruimtelijke ingrepen die gevolgen hebben voor een beschermde soort en/of zijn leefgebied moet een ontheffing op grond van de Ffw worden aangevraagd. Voor een aantal soorten geldt daarenboven het beschermingsregime van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn. Voor werkzaamheden die uit een bestemmingsplan voortvloeien dient voor de start van die werkzaamheden ontheffing te worden aangevraagd indien beschermde soorten voorkomen. Bij de vaststelling van een bestemmingsplan dient duidelijk te zijn of en in hoeverre een ontheffing kan worden verkregen.

Gebiedsbescherming

LNV heeft in 1990 de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) geïntroduceerd. De EHS bestaat uit een netwerk van natuurgebieden. Het doel van de EHS is de instandhouding en ontwikkeling van deze natuurgebieden om daarmee een groot aantal soorten en ecosystemen te laten voortbestaan.

Bescherming van (natuur)gebieden heeft daarnaast ook plaats middels de Natuurbeschermingswet. Daaronder vallen de volgende typen gebieden:

- Natura 2000-gebieden (Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebieden);
- Beschermde Natuurmonumenten;
- Wetlands.

Binnen beschermde natuurgebieden gelden (strenge) restricties voor ruimtelijke ontwikkelingen. Voor activiteiten of projecten die schadelijk zijn voor de beschermde natuur geldt een vergunningplicht.

6.2 Analyse

In het kader van het inpassingsplan is voor de aanleg van de gehele hoogspanningsverbinding een flora- en faunaonderzoek uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de Natuurbeschermingswet 1998 de uitvoering van het plan niet in de weg staat. Voor de aanleg en instandhouding van de verbinding is een ontheffing vereist op grond van de Flora- en faunawet voor diverse soorten. De gunstige staat van instandhouding van geen enkele soort is in het geding. Er vindt geen doorsnijding van EHS plaats. De gewijzigde situering van de twee opstijgpunten en ligging van de 150 kV-kabel en oliedrukhuisje bij opstijgpunt 109 blijven binnen de begrenzing van het inpassingsplan. Ook met de komst van de definitieve toegangsweg naar opstijgpunt 213, de tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) is de gunstige staat van instandhouding van geen enkele soort is in het geding.

De toegangsweg naar opstijgpunt 109 wordt in plaats van ter plaatse van een groenstrook/weiland ter plaatse van een bestaande weg gesitueerd. Hiermee heeft de aanleg van de weg geen invloed op beschermde flora en fauna. De Flora- en faunawet staat de uitvoering van het plan niet in de weg.

6.3 Conclusie

De Natuurbeschermingswet 1998 en de Flora- en faunawet staat de uitvoering van het plan niet in de weg.

7. Bodemkwaliteit

7.1 Kader

Wet bodembescherming

De Wet bodembescherming (Wbb) voorziet in maatregelen indien sprake is van ernstige bodemverontreiniging. Het doel van de Wbb is in de eerste plaats het beschermen van de (land- of water-) bodem zodat deze kan worden benut door mens, dier en plant, nu en in de toekomst. Via de Wbb heeft de Rijksoverheid de mogelijkheid algemene regels te stellen voor de uitvoering van werken, het transport van stoffen en het toevoegen van stoffen aan de bodem.

Ontwikkelingen kunnen pas plaatsvinden als de bodem, waarop deze ontwikkelingen gaan plaatsvinden, geschikt is of geschikt is gemaakt voor het beoogde doel. Bij nieuwbouwactiviteiten dient de bodemkwaliteit door middel van onderzoek in beeld te zijn gebracht. In het algemeen geldt dat nieuwe bestemmingen bij voorkeur op een schone bodem dienen te worden gerealiseerd.

Besluit bodemkwaliteit

Het doel van het Besluit bodemkwaliteit (2008) is de bodem beter te beschermen en meer ruimte te bieden voor nieuwe bouwprojecten. Ook geeft het besluit gemeenten en provincies meer verantwoordelijkheid om de bodem te beheren.

7.2 Analyse

Er liggen geen milieubeschermingsgebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, bodembeschermingsgebieden of boringvrije zones in of nabij het plangebied. De aanleg van de verbinding en bijbehorende toegangswegen, tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) hebben daarom geen effect op deze gebieden. De gevolgen voor de bodem van de aanleg van de verbinding zijn slechts beperkt. Waar nodig worden maatregelen getroffen om onaanvaardbare negatieve effecten te voorkomen.

Het aspect bodem leidt niet tot een belemmering ten aanzien van de gewijzigde ligging van de opstijgpunten en de 150 kV-kabel, het oliedrukhuisje en de toegangswegen bij opstijgpunten 109 en 213, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV).

7.3 Conclusie

Het aspect bodem vormt geen belemmering voor de uitvoering van het plan.

8. Geluidhinder

8.1 Kader

De Wet geluidhinder verlangt een akoestisch onderzoek voor die situaties waarin nieuwe geluidsgevoelige objecten, zoals woningen of scholen, binnen de zone van een weg, een spoorlijn of een gezoneerd industrieterrein worden gerealiseerd. Tevens is een dergelijk onderzoek nodig in het geval een nieuwe geluidsbron mogelijk wordt gemaakt.

8.2 Analyse

De bovengrondse delen van de verbinding kunnen geluidseffecten veroorzaken. Er kan sprake zijn van windfluiten en met name bij vochtige weersomstandigheden kan een knetterend geluid optreden door elektrische ontladingen (coronageluid).

De gewijzigde ligging van de twee opstijgpunten en de ondergrondse 150 kV-kabel, het oliedrukhuisje, de toegangswegen bij opstijgpunten 109 en 213, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) hebben geen invloed op de bovengrondse verbinding. Daarmee heeft deze ontwikkeling geen gevolgen ten aanzien van het aspect geluidhinder. De toegangsweg wordt voornamelijk gebruikt voor de aanleg van de hoogspanningsverbinding. Dit is dus een tijdelijke situatie tijdens de aanlegfase. Deze tijdelijke effecten worden aanvaardbaar geacht. Het aspect geluidhinder vormt dan ook geen belemmering voor de uitvoering van het plan.

8.3 Conclusie

Het aspect geluidhinder vormt geen belemmering voor de uitvoering van het plan, omdat er geen wijzigingen zijn ten aanzien van de bovengrondse delen van de verbinding die geluidseffecten kunnen veroorzaken. De tijdelijke effecten van het bouwverkeer in de aanlegfase worden aanvaardbaar geacht.

9. Luchtkwaliteit

9.1 Kader

Het onderzoek naar luchtkwaliteit wordt uitgevoerd op grond van hoofdstuk 5, titel 5.2 'Luchtkwaliteitseisen' van de Wet milieubeheer. De titel 5.2 'Luchtkwaliteitseisen' is beter bekend als de Wet luchtkwaliteit. In dit onderzoek wordt nagegaan of aan de normen uit de Wet luchtkwaliteit wordt voldaan.

De kern van de Wet luchtkwaliteit is het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). Het NSL is een bundeling maatregelen op regionaal, nationaal en internationaal niveau die de luchtkwaliteit verbeteren. Daarnaast zijn daarin alle ruimtelijke ontwikkelingen opgenomen die de luchtkwaliteit verslechteren. Het doel van de NSL is om overal in Nederland te voldoen aan de Europese normen voor de luchtverontreinigende stoffen.

Naast de introductie van het NSL is het begrip 'niet in betekenende mate' (NIBM) bijdragen een belangrijk onderdeel van de Wet luchtkwaliteit. Een project draagt NIBM bij aan de verslechtering van de luchtkwaliteit als de NO_2 en PM_{10} jaargemiddelde concentraties niet meer toenemen dan 1,2 µg/m^3. In dat geval wordt de ontwikkeling als NIBM aangemerkt.

Een ruimtelijke ontwikkeling vindt volgens de Wet luchtkwaliteit doorgang als aan ten minste één van de volgende voorwaarden is voldaan:
- de ontwikkeling is opgenomen in het NSL;
- de ontwikkeling wordt aangemerkt als een NIBM-ontwikkeling;
- de gestelde grenswaarden in bijlage 2 van de Wet luchtkwaliteit worden niet overschreden;
- projectsaldering wordt toegepast.

Voor zover de ruimtelijke ontwikkeling is opgenomen in het NSL of de ontwikkeling kan worden aangemerkt als NIBM-project is toetsing aan de normen van de Wet luchtkwaliteit niet nodig.

Normstelling
Voor wegverkeer zijn NO_2 en PM_{10} de belangrijkste stoffen. In bijlage 2 van de Wet luchtkwaliteit is een overzicht gegeven van de grenswaarden voor NO_2 en PM_{10}. Deze grenswaarden zijn:

Stoffen	Grenswaarden
NO_2	jaargemiddelde grenswaarde van 40 µg/m^3
PM_{10}	jaargemiddelde grenswaarde van 40 µg/m^3
	24 uurgemiddelde grenswaarde van 50 µg/m^3 en mag maximaal 35 dagen per jaar worden bereikt

Naast jaargemiddelde grenswaarden kent de Wet luchtkwaliteit ook het begrip plandrempel. Een plandrempel geeft een kwaliteitsniveau aan voor de buitenlucht waarboven het maken van plannen verplicht is. Voor NO_2 bedraagt de plandrempel 60 µg/m^3, welke tot en met 31 december 2014 blijft gelden.

Met het van kracht worden van het NSL zijn de tijdstippen waarop moet worden voldaan aan de jaargemiddelde grenswaarden NO_2 en PM_{10} aangepast. Voor PM_{10} is dat 11 juni 2011 en 1 januari 2015 voor NO_2.

9.2 Analyse

In de ‘Regeling niet in betekenende mate bijdrage (luchtkwaliteitseisen)’ (Regeling NIBM) zijn voor verschillende functiecategorieën cijfermatige kwantificaties opgenomen, waarbij een ontwikkeling als een NIBM-project kan worden beschouwd. Deze categorieën betreffen landbouwinrichtingen, spoorwegemplacementen, kantoorlocaties, woningbouwlocaties en een combinatielocatie van woningbouw en kantoren.

De gewijzigde ligging van de opstijgpunten en de 150 kV-kabel, het oliedrukhuisje, de toegangswegen bij opstijgpunten 109 en 213, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) leiden niet tot extra verkeersbewegingen of andere effecten die van invloed zijn op het aspect luchtkwaliteit. Wel zal door de gewijzigde ligging van de toegangsweg het aantal verkeersbewegingen op de Voorhoefdijk toenemen. Omdat dit uitsluitend tijdens de aanlegfase zal zijn, worden de effecten hiervan aanvaardbaar geacht. Het aspect luchtkwaliteit vormt daarom geen belemmering voor de uitvoering van het plan.

9.3 Conclusie

Het aspect luchtkwaliteit vormt geen belemmering voor de uitvoering van dit plan.

10. Externe veiligheid

10.1 Kader

Algemeen

Externe veiligheid richt zich op het beheersen van activiteiten die een risico voor de omgeving kunnen opleveren, zoals milieurisico's, transportrisico's en risico's die kunnen optreden bij de productie, het vervoer en de opslag van gevaarlijke stoffen in inrichtingen. Bij de (her)inrichting van een gebied bepaalt de externe veiligheidssituatie mede de ruimtelijke (on)mogelijkheden.

In het kader van het Besluit ruimtelijke ordening (Bro) gelezen in samenhang met de regels omtrent externe veiligheid moet worden onderzocht of er sprake is van aanwezigheid van risicobronnen in de nabijheid van de locatie waarop het Wro besluit betrekking heeft en dienen het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR), en de eventuele toename hiervan, berekend te worden.

Het PR is de kans per jaar dat een persoon op een bepaalde plaats overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen, indien hij onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven. Het PR wordt weergegeven met risicocontouren rondom een inrichting of langs een vervoersas. De normstelling heeft de status van een grenswaarde die niet overschreden mag worden. Voor kwetsbare objecten wordt in zowel bestaande als nieuwe situaties het niveau van 10^{-6} per jaar als grenswaarde gehanteerd. Nieuwe beperkt kwetsbare objecten zijn alleen toegestaan onder een gewichtige motivering. Bestaande beperkt kwetsbare objecten zijn toegestaan binnen de PR 10^{-6} contour.

Het GR kan worden beschouwd als de maat van maatschappelijke ontwrichting in geval van een calamiteit (en drukt dus de kans per jaar uit dat een groep mensen van minimaal 10 personen overlijdt als rechtstreeks gevolg van een calamiteit). De normstelling heeft de status van een oriënterende waarde. Deze waarde is geen vastgestelde wettelijke norm. Desondanks hebben overheden en betrokken private instellingen een inspanningsverplichting om te voldoen aan deze oriënterende waarde en dient een toename van het GR bestuurlijk te worden verantwoord.

Regelgeving transport van gevaarlijke stoffen over wegen, water en spoor

De regelgeving met betrekking tot het transport van gevaarlijke stoffen over openbare wegen, water en spoorwegen is neergelegd in de circulaire "Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen" (cRNVGS). Deze circulaire is gewijzigd per 31 juli 2012. In 2013 treedt het Besluit transportroutes externe veiligheid (Btev) in werking. Hierin staan regels op het gebied van externe veiligheid voor de ruimtelijke inrichting rond wegen, waterwegen en spoorwegen met vervoer van gevaarlijke stoffen.

Regelgeving transport van gevaarlijke stoffen via buisleidingen

Op 1 januari 2011 is het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) in werking getreden. Het Bevb regelt onder andere welke veiligheidsafstanden moeten worden aangehouden rond buisleidingen met gevaarlijke stoffen. De normstelling is in lijn met het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Daarmee zijn nieuwe kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour niet toegestaan. Ook is vastgesteld dat wanneer binnen het invloedsgebied van een buisleiding een ruimtelijk besluit wordt genomen, de verantwoordingsplicht van toepassing is.

10.2 Analyse

Een hoogspanningsverbinding kan een risicoverhogend object vormen voor buisleidingen door het risico van omvallen van een mast op een buisleiding. Met de gewijzigde ligging van de opstijgpunten

en de 150 kV-leiding, het oliedrukhuisje, de toegangswegen bij opstijgpunten 109 en 213, de tijdelijke werkstroken en de tijdelijke verbindingen (150 kV) wijzigt er niets aan de bovengrondse verbinding en masten. Het plan heeft dan ook geen negatieve gevolgen in het kader van externe veiligheid.

10.3 Conclusie

Het plan leidt niet tot wijzigingen in de bovengrondse verbinding. Het aspect externe veiligheid vormt daarmee geen belemmering voor de uitvoering van het plan.

11. Magnetische velden

11.1 Kader

Rond hoogspanningsverbindingen ontstaan magnetische velden. Er is uitgebreid wetenschappelijk onderzoek gedaan naar dit onderwerp. Er is geen sprake van wettelijke limieten voor blootstelling aan deze magnetische velden, maar wel sprake van Europees en nationaal beleid. Op basis van het wetenschappelijk onderzoek zijn in internationaal verband limieten aanbevolen voor de sterkte van het magnetisch veld. Deze houden in dat blootstelling aan meer dan 100 microtesla wordt afgeraden. Deze waarden worden ook in Nederland gehanteerd en nergens overschreden.

De verzamelde wetenschappelijke gegevens wijzen op het bestaan van een zwakke, maar statistisch significante associatie tussen het optreden van leukemie bij kinderen tot 15 jaar en het wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan magnetische velden van hoogspanningslijnen en het ontstaan van leukemie bij kinderen. De toenmalige staatssecretaris van VROM heeft in 2005 geadviseerd om voor nieuwe situaties, waaronder bij nieuwe hoogspanningsverbindingen, uit te gaan van het voorzorgsbeginsel. Het advies is om zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen (0-15 jaar) langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla.

Uit onderzoeken volgen geen wetenschappelijk onderbouwde aanwijzingen voor een verband tussen blootstelling aan elektrische en magnetische velden van hoogspanningsverbindingen en andere vormen van kanker, miskramen, de ziekte van Parkinson, myotrofische Lateraal Sclerose (ALS), psychische klachten of stress en beschadiging van erfelijk materiaal/DNA.

Een Zwitsers onderzoek legt een relatie tussen meer dan 10 jaar wonen binnen 50 m van een hoogspanningsverbinding en sterfgevallen als gevolg van de ziekte van Alzheimer. Het onderzoek geeft een aanwijzing dat er een relatie zou kunnen zijn tussen hoogspanningsverbindingen en de ziekte van Alzheimer, maar geeft geen inzicht in de mogelijke verklaring hiervoor. De Gezondheidsraad acht daarom nader onderzoek nodig om conclusies te kunnen trekken. Het Zwitsers onderzoek geeft overigens geen aanleiding om te verwachten dat buiten de magneetveldzone van 0,4 microtesla effecten op mensen verwacht kunnen worden. Het vigerende voorzorgsbeleid is dan ook nog steeds adequaat (Kamerstukken II 2008/09, 27561, nr. 38). Ook de Afdeling bestuursrechtspraak heeft in het beroep tegen het inpassingsplan voor de Zuidring geoordeeld dat met dit onderzoek geen causaal verband tussen het wonen bij een hoogspanningslijn en het voorkomen van de ziekte van Alzheimer is aangetoond.

11.2 Analyse

De gewijzigde ligging van de opstijgpunten, hebben alleen betrekking op het aanleggen van verharding, een hekwerk en oliedrukhuisje buiten de bestemming ‘Bedrijf – Opstijgpunt’. De opstijgpunten zelf blijven binnen de bestemmingsgrenzen vallen. De 150 kV-kabel bij opstijgpunt 109 valt voor een klein deel buiten de begrenzing van de bestemming ‘Leiding – Hoogspanning II’. Deze bestemming maakt een ondergrondse 150 kV hoogspanningsverbinding mogelijk. De 150 kV-kabel komt voor een klein deel binnen de dubbelbestemming ‘Leiding – Hoogspanningsverbinding II’. Binnen deze dubbelbestemming is een gecombineerde bovengrondse 380 kV / 150 kV hoogspanningsverbinding. Door de gewijzigde ligging van de 150 kV-kabel buiten de bestemmingsgrens ‘Leiding – Hoogspanningsverbinding’ zal het magneetveld ter plaatse beperkt wijzigen. Deze beperkte wijziging heeft geen invloed op in de omgeving aanwezige zijnde gevoelige

objecten. De gewijzigde ligging van de toegangsweg heeft geen invloed op de ligging van de magneetveldzone.

11.3 Conclusie

Door de gewijzigde ligging van de 150 kV-kabel, zal de magneetveldzone ter plaatse beperkt wijzigen. Deze beperkte wijziging heeft geen invloed op in de omgeving aanwezige gevoelige objecten.

12. Uitvoerbaarheid

12.1 Economische uitvoerbaarheid

Exploitatieverplichting

Bij de voorbereiding van een omgevingsvergunning voor het afwijken van een bestemmingsplan dient op grond van artikel 3.1.6 van het Besluit ruimtelijke ordening (Bro, zie ook paragraaf 1.1 van deze ruimtelijke onderbouwing) in de toelichting minimaal inzicht te worden gegeven in de economische uitvoerbaarheid van het besluit.

Er is geen sprake van een bouwplan zoals bedoeld in artikel 6.2.1 van het Bro. Daarmee is de grondexploitatiewet niet van toepassing op deze ontwikkeling en is het opstellen van een exploitatieplan niet verplicht.

De kosten voor aanleg van de hoogspanningsverbinding – inclusief de plankosten – en de daarbij behorende toegangswegen, de tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) zijn voor rekening van de initiatiefnemer. Hiermee is de economische uitvoerbaarheid aangetoond.

Het plan wordt financieel uitvoerbaar geacht.

12.2 Maatschappelijke uitvoerbaarheid

In het kader van de MER-procedure en de procedure van het inpassingsplan “Randstad 380 kV-verbinding Beverwijk-Zoetermeer (Bleiswijk), Noordring” hebben belanghebbenden de gelegenheid gehad zienswijzen in te dienen. Daarnaast zijn er diverse informatiebijeenkomsten geweest over de aanleg van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Deze ruimtelijke onderbouwing betreft een geringe afwijking van dit inpassingsplan.

De omgevingsvergunning zal op grond van artikel 3, lid 10, onder a Wabo worden voorbereid met de uitgebreide voorbereidingsprocedure uit afdeling 3.4 Awb. Onderdeel van deze procedure is de terinzagelegging van het plan voor de indiening van zienswijzen door belanghebbenden.

De rijkscoördinatieregeling is op dit plan toepassing. De rijkscoördinatieregeling maakt een parallelle en een gecoördineerde voorbereiding van de voor de verwezenlijking van het project benodigde uitvoeringsbesluiten mogelijk. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan omgevingsvergunningen voor bouwen, kappen en ontheffingen op grond van de Flora- en faunawet.

Hiermee wordt het project maatschappelijke uitvoerbaar geacht.

13. Afweging en conclusie

13.1 Afweging

De ruimtelijke onderbouwing maakt de aanleg van de hoogspanningsverbinding en de daarbij behorende toegangswegen, de tijdelijke werkstroken en tijdelijke verbindingen (150 kV) mogelijk. Voorgestane ontwikkeling heeft met betrekking tot diverse milieuaspecten, flora- en fauna, archeologie, water, geluid, luchtkwaliteit, bodem en leidingen geen negatieve invloed op haar omgeving. De voorgenomen ontwikkeling wordt tevens maatschappelijk en economisch uitvoerbaar geacht.

13.2 Conclusie

Naar aanleiding van het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat er geen belemmeringen voor de voorgenomen ontwikkeling zijn. Aan het project wordt medewerking verleend door middel van een uitgebreide omgevingsvergunning.

KuiperCompagnons

Ruimtelijke Ordening, Stedenbouw, Architectuur, Landschap
City & Regional Planning, Urban Design, Architecture, Landscape

e-mail: kuiper@kuiper.nl
www.kuiper.nl

Van Nelle Ontwerpfabriek
Schiegebouw
Van Nelleweg 6060
3044 BC Rotterdam
T 010 433 00 99
F 010 404 56 69

Overzicht bestemmingsplannen gemeente Haarlemmermeer

1. De Liede
2. Buitengebied Noord
3. Noordwest Groengebieden 2010
4. Bos en groene Weelde
5. Hoofddorp IJweg to nr. 732
6. Hoofddorp Floriande Zuid 2007
7. Zwaanshoek Noord en Boseilanden
8. Zwaanshoek
9. Hoofddorp Floriande Noord
10. Buitengebied Midden
11. Nieuw Vennep Park 21 deelgebied 1
12. Hoofddorp Huis van de sport
13. Beinsdorp
14. N207
15. Buitengebied Zuid
16. Lisserbroek
17. Vijfhuizen 2010

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan De Liede, Buitengebied Noord

Haarlemmerliede en Spaarnwoude
Haarlemmermeer
Zwanenburgerdijk
Rottewegje
Vijfhuizerdijk
Spaarnwouderweg
Schipholweg
Schipholweg
Kromme Spieringweg
N205
N232
33
34
36
35
37
38
36
90
89
88a
88
87

Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_1	1 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

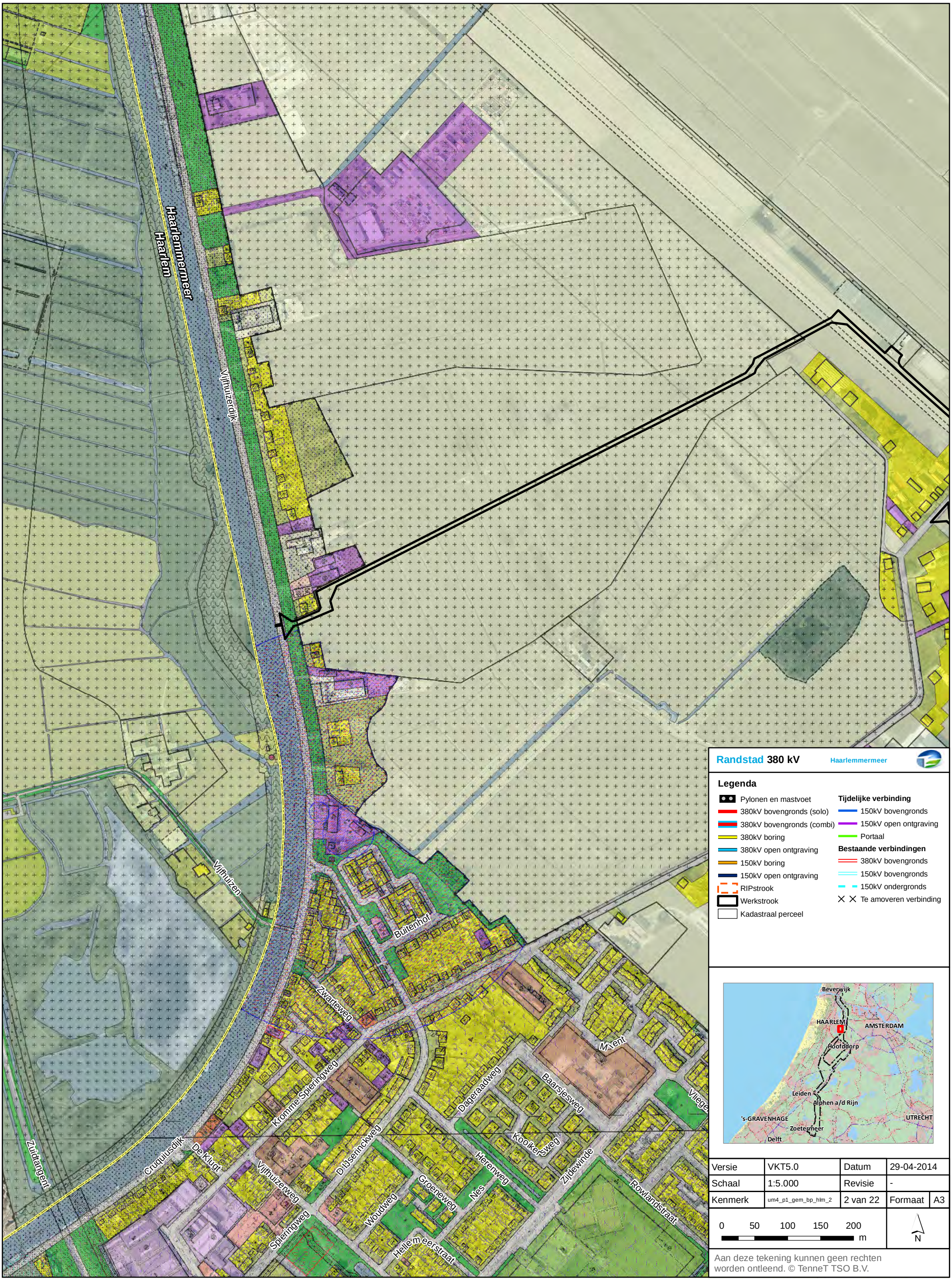
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Noord, Noordwest Groengebieden 2010, Vijfhuizen 2010



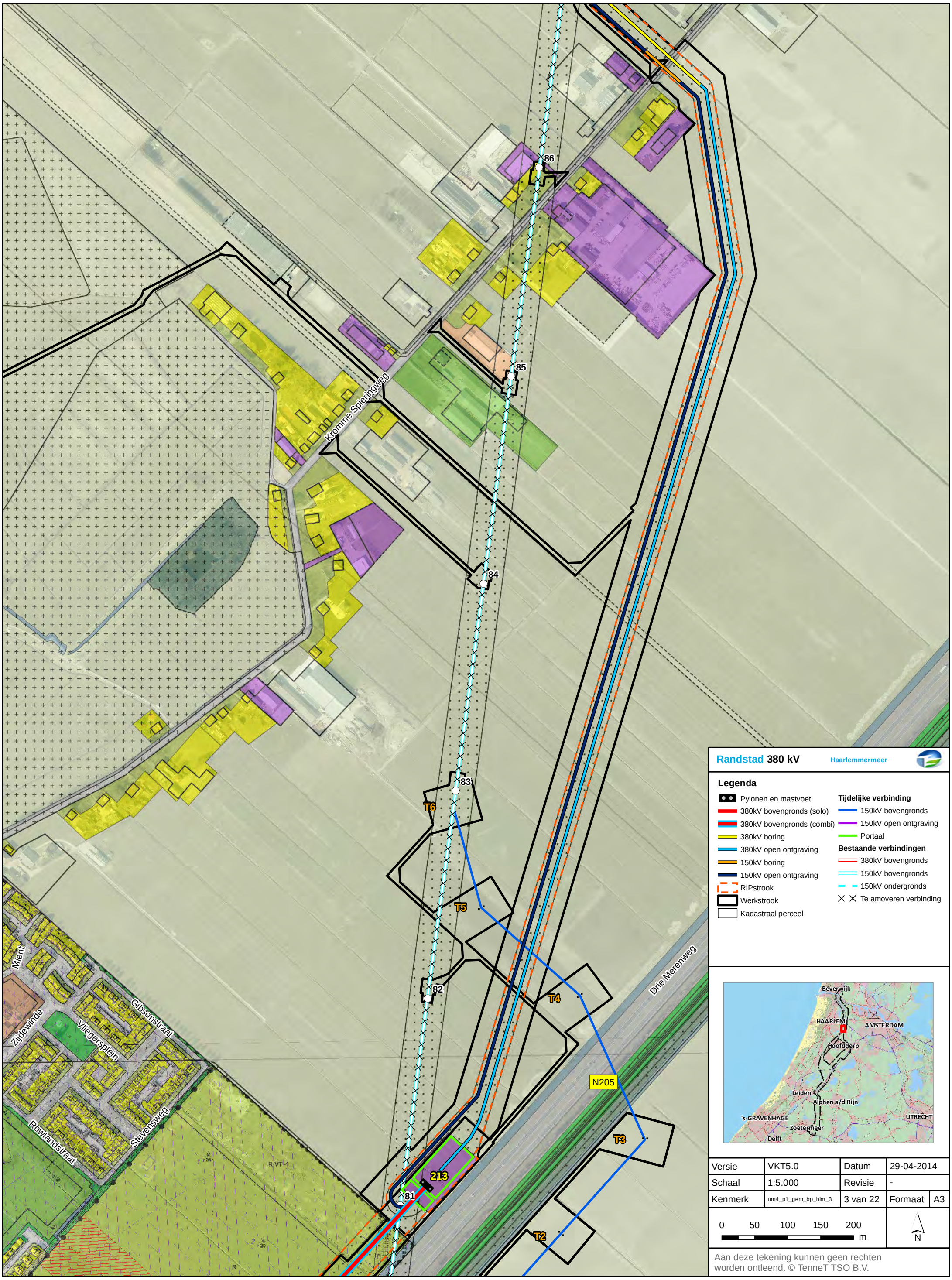
Versie	VKT5.0	Datum	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_2	2 van 22	Formaat A3

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Noord, Noordwest Groengebieden 2010



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_3	3 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

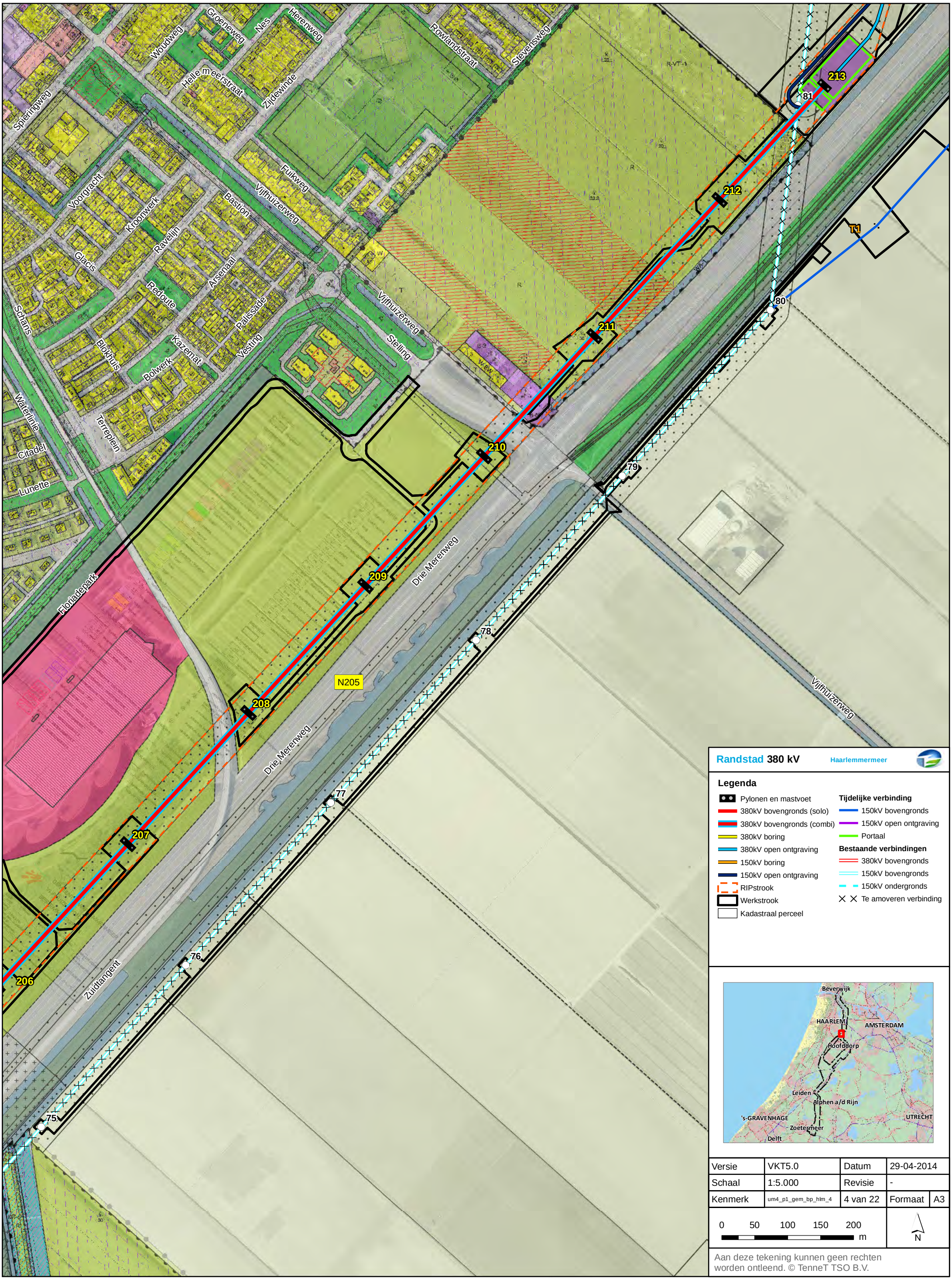
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Buitengebied Noord, Noordwest Groengebieden 2010. Bos en groene Weelde,
Hoofddorp IJweg to nr. 732, Noordwest groengebieden 2010



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_4	4 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

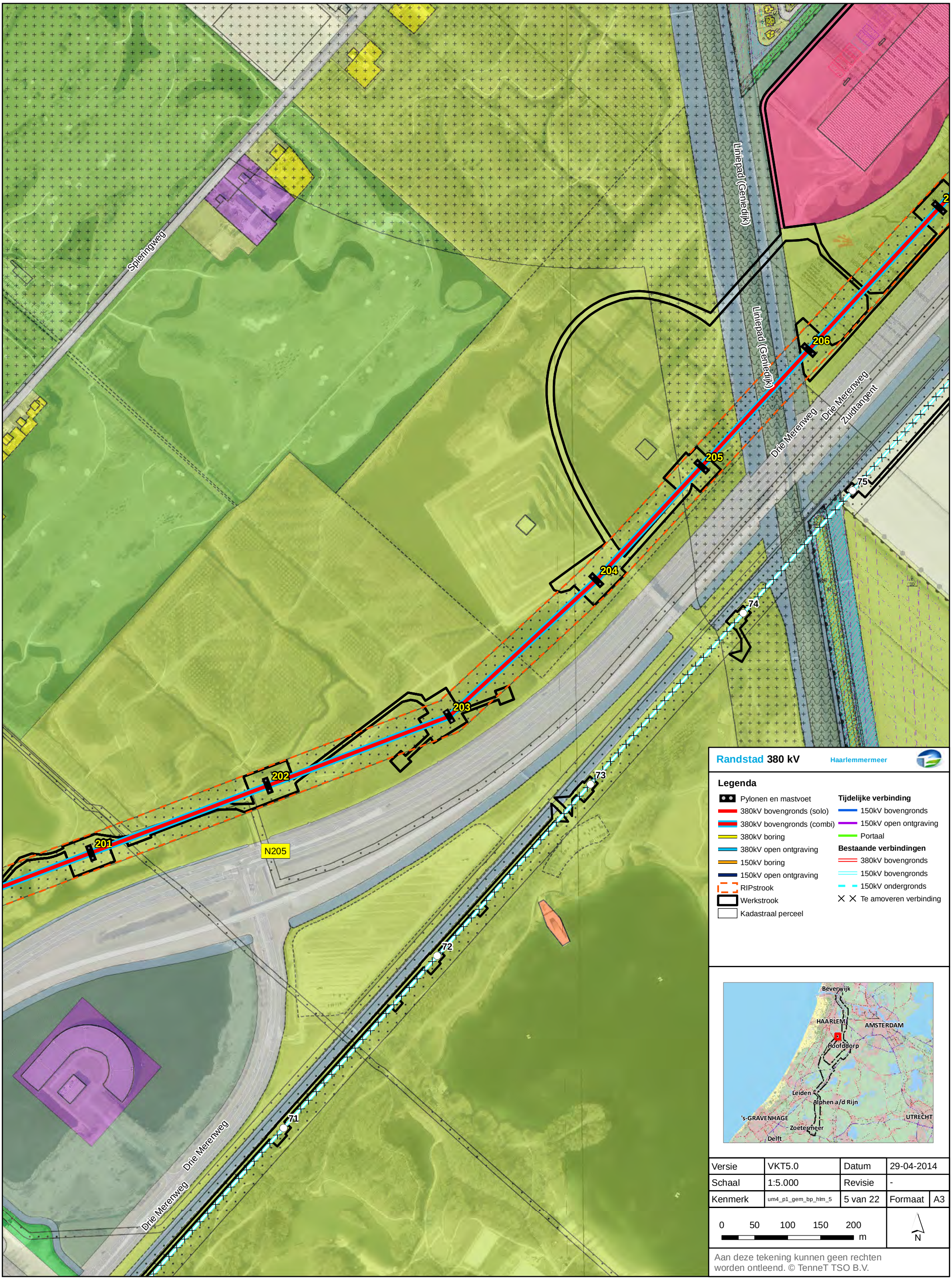
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Bos en groene Weelde



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_5	5 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

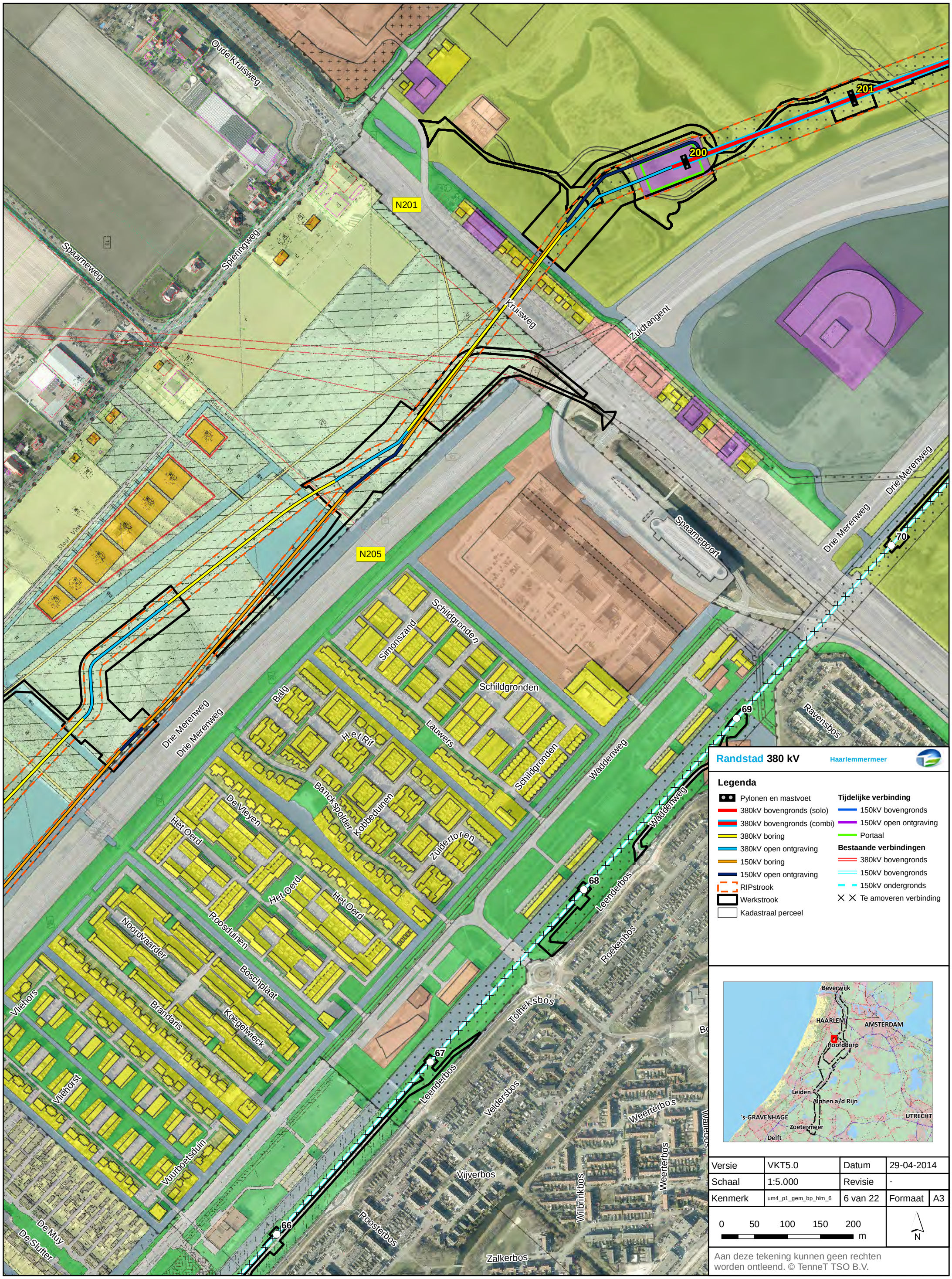
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Zwaanshoek Noord en Boseilanden, Floriande Noord



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_6	6 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

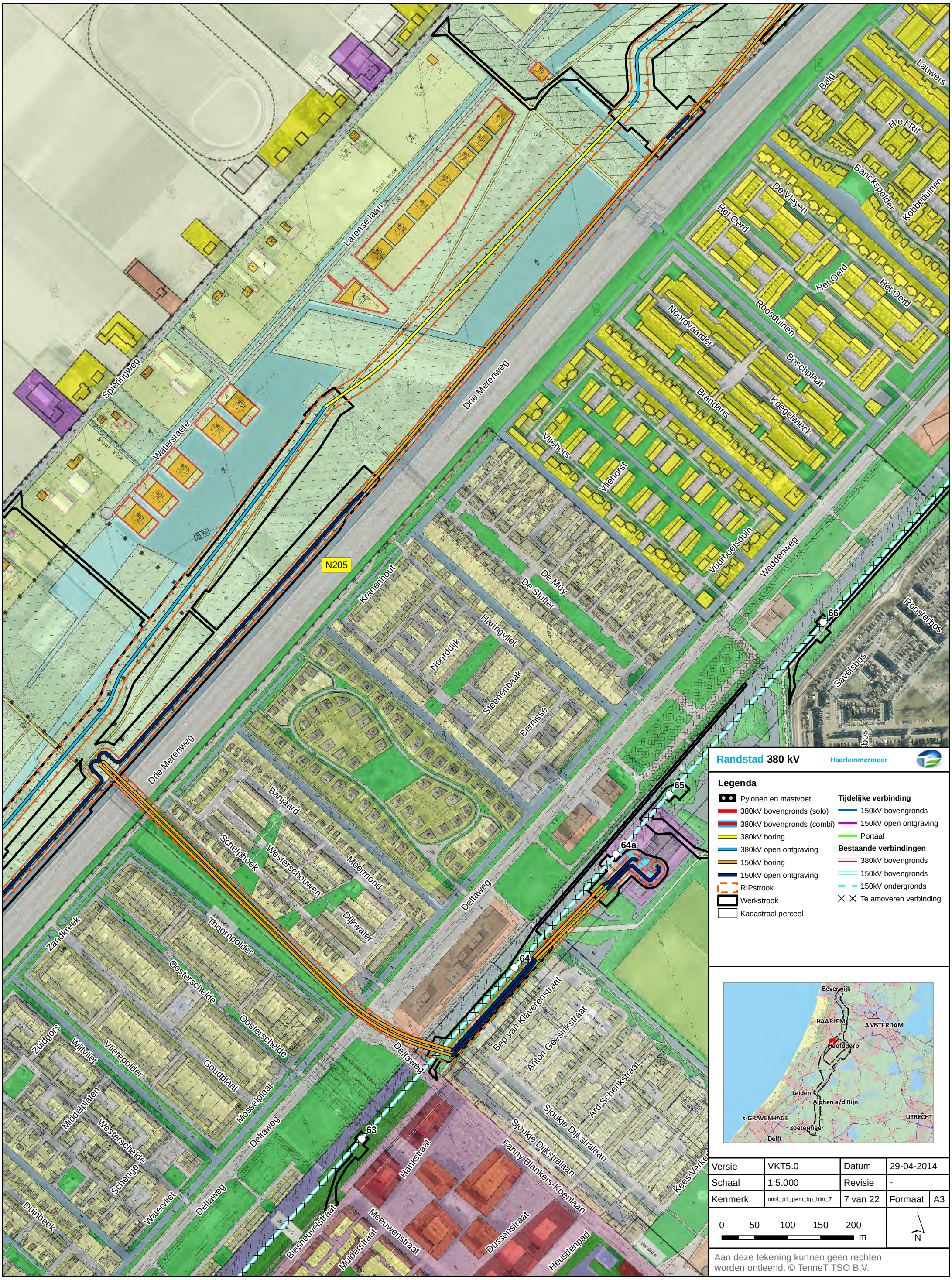
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Zwaanshoek Noord en Boseilanden, Floriande Zuid 2007



Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Zwaanshoek Noord en Boseilanden, Buitengebied Midden, Zwaanshoek

Heemstede
Haarlemmermeer
Heemstede
Bloemendaal
Bloemendaal
Haarlemmermeer
Raam Haarepoel
Meerweg
Bennebroekerdijk
Klinkenbergpad
Spieringweg
Bloemendaal
Hillegom
Hillegom
Haarlemmermeer
Hillegommerdijk
Waltmanstraat
Noppenstraat
Klinkenbergstraat
Bennebroekerweg
Goudriaanstraat
Laan van Westerhout
Bennebroekerweg
Spieringweg

Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_8	8 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

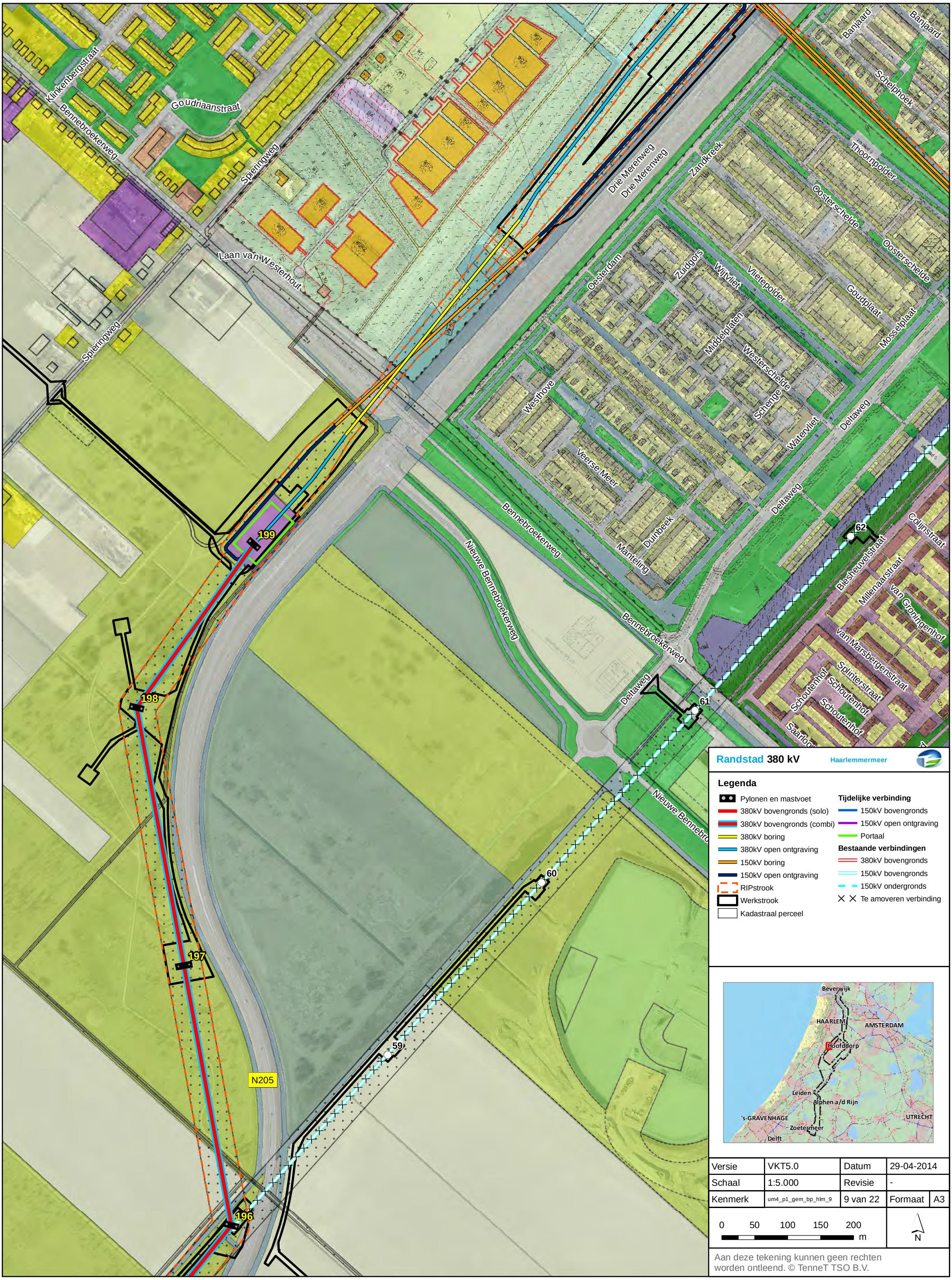
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Zwaanshoek, Hoofddorp Huis van de sport, Floriande Zuid, Nieuw Vennep Park 21 dg 1



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_9	9 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

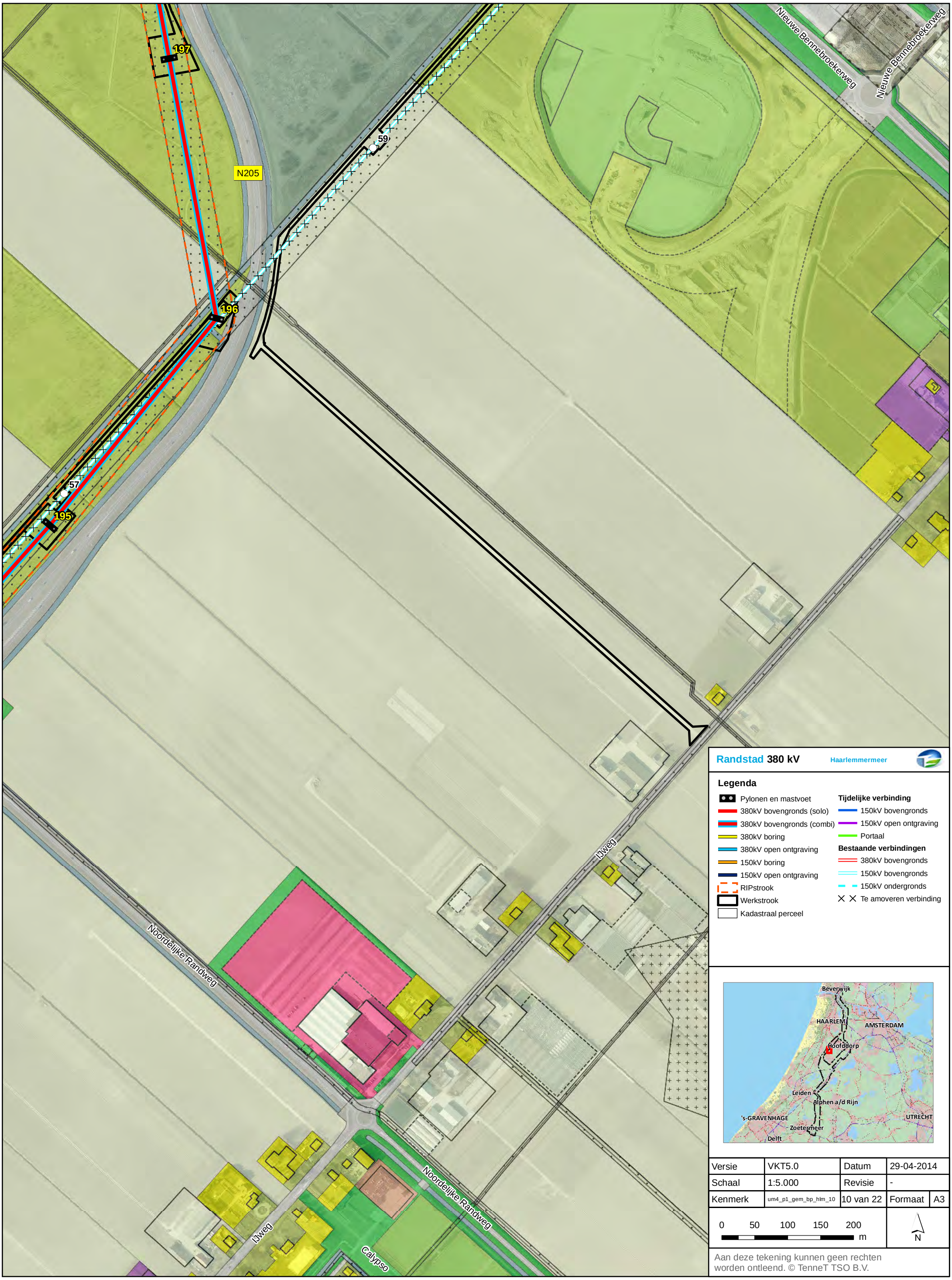
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Midden, Nieuw Vennep Park 21 dg 1



Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_10	10 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Midden

N205
196
57
195
56
194
55
193
N205
54
192
53
191
Noordelijke Randweg
Venneperweg

Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_11	11 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

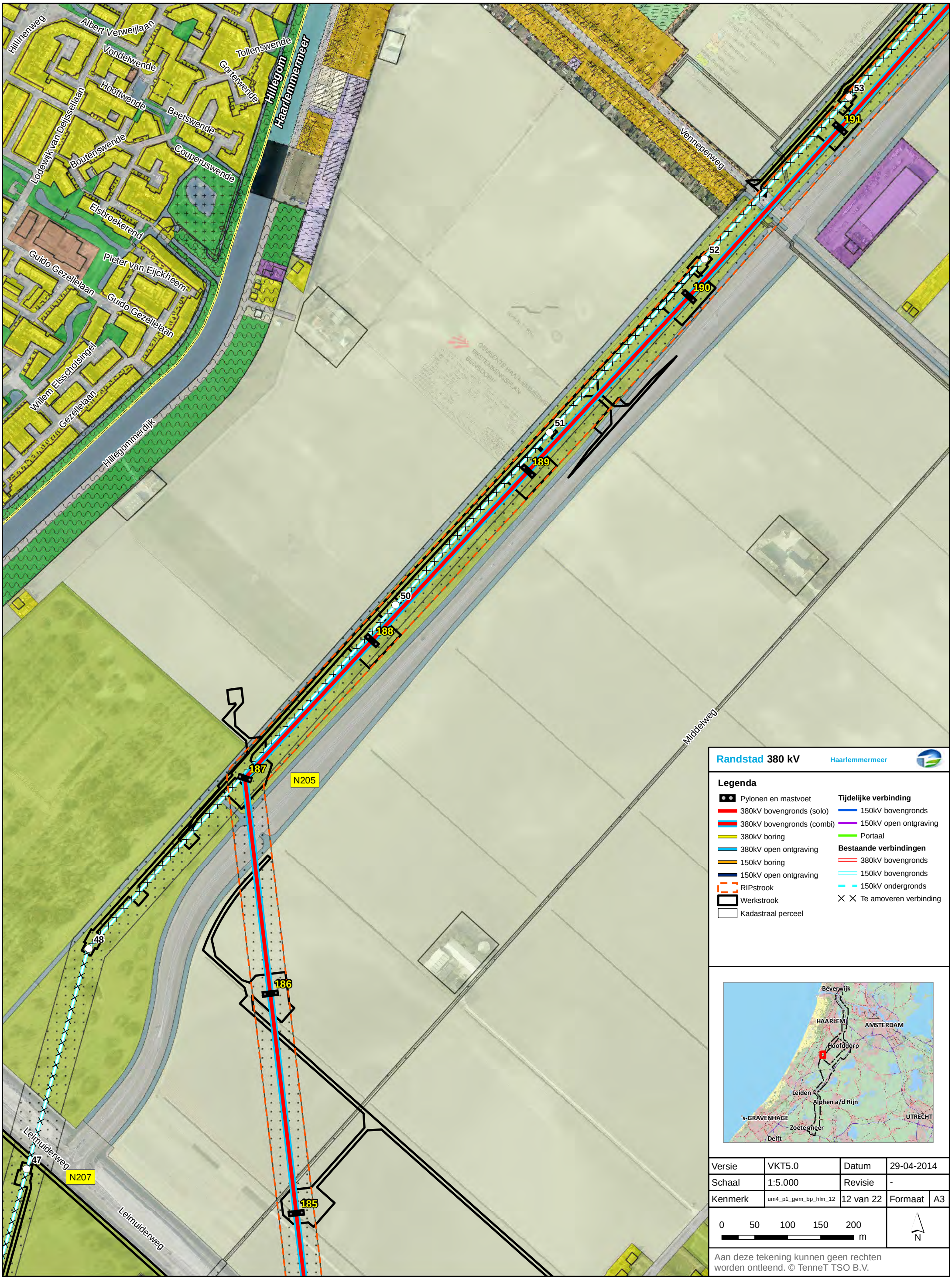
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Midden, Beinsdorp



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_12	12 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Midden, Buitengebied Zuid, N207

Leidsestraat
Leidsestraat
Hillegom
Haarlemmermeer
Hillegommerdijk
Arnoudstraat
Hillegom
Lisse
Lisse
Haarlemmermeer
Hillegommerdijk
Narcissenstraat
187
186
48
47
46
45
N207

Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_13	13 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

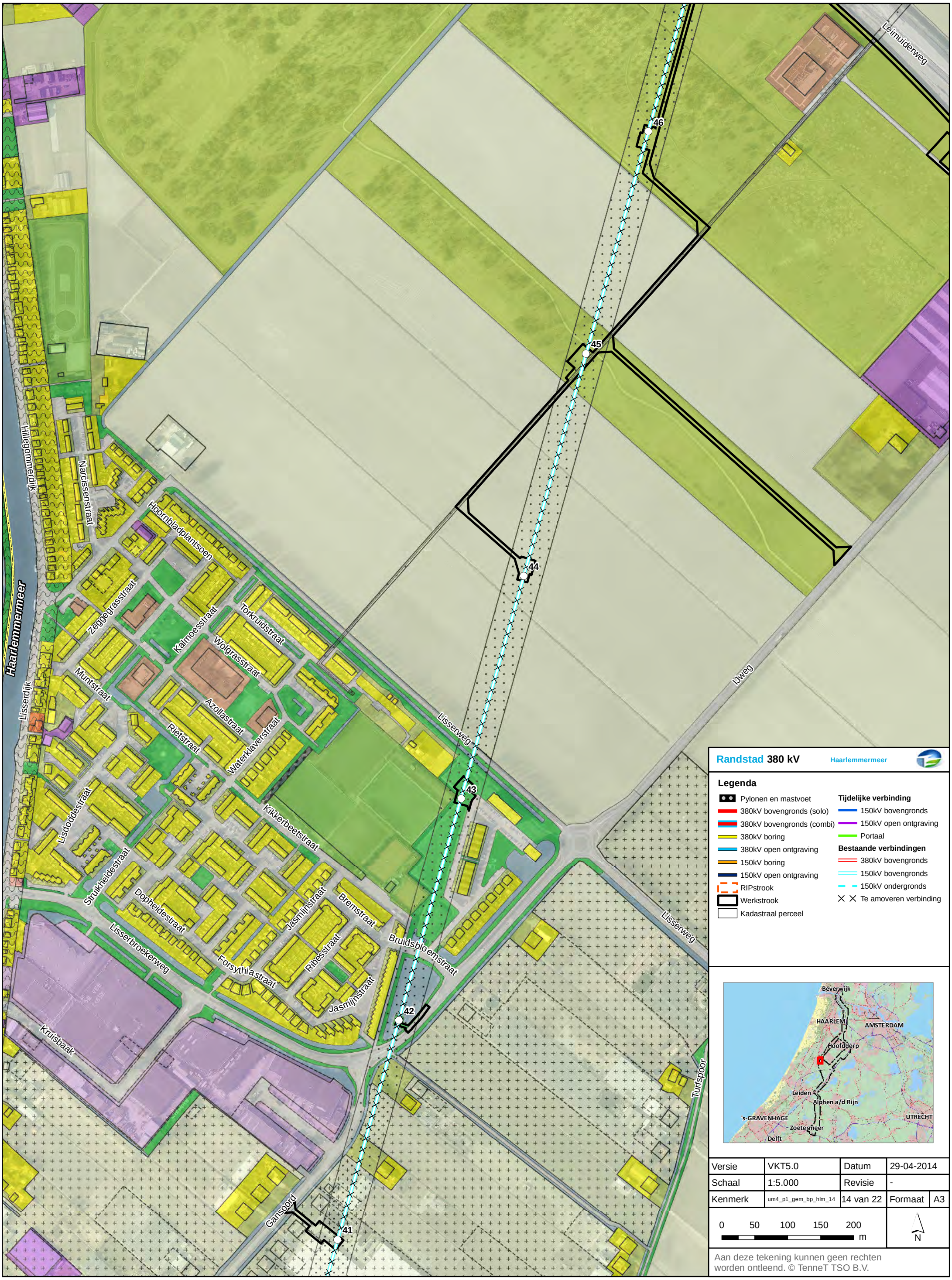
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid, Lisserbroek



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_14	14 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

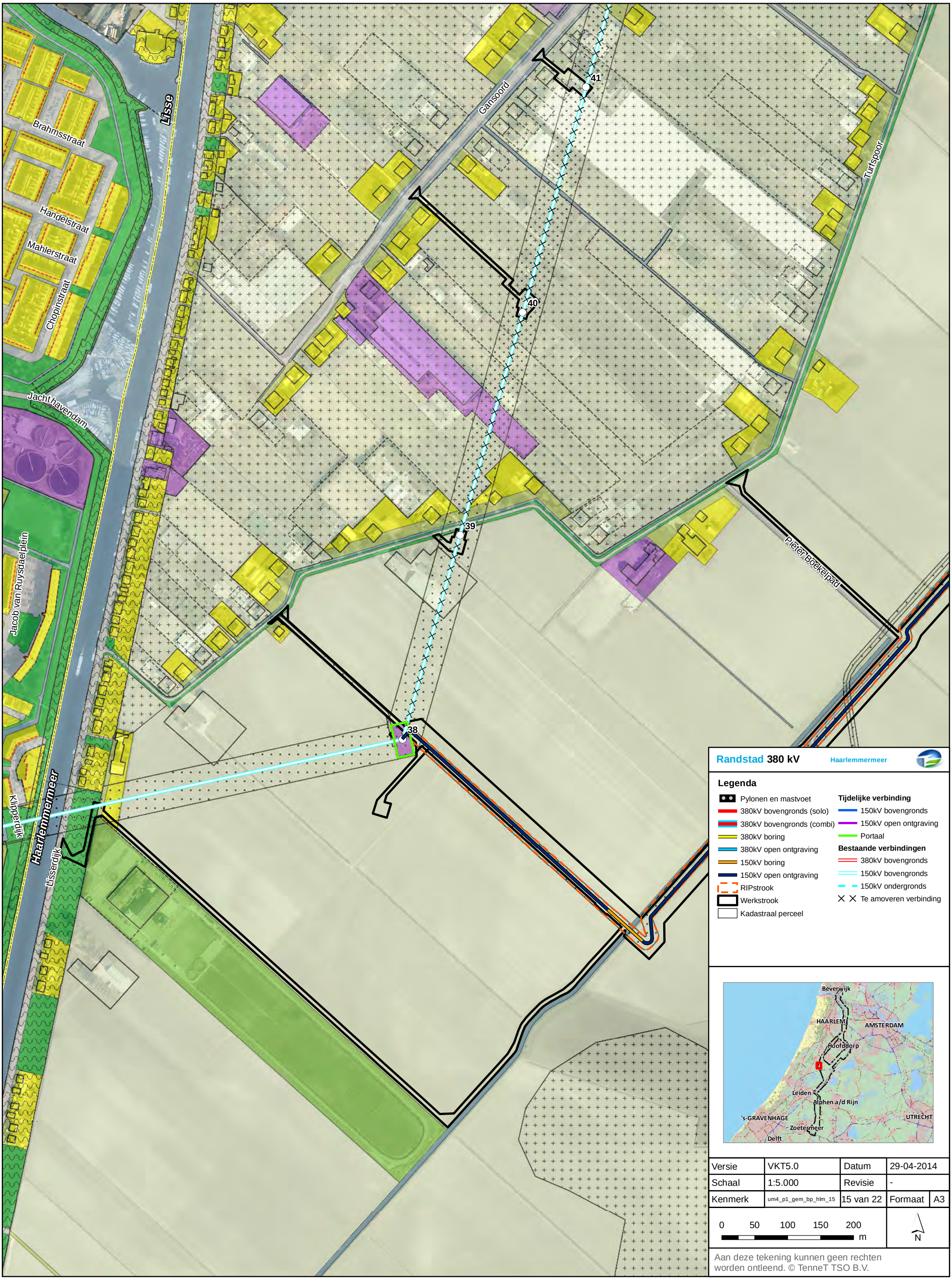
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid, Lisserbroek



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_15	15 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

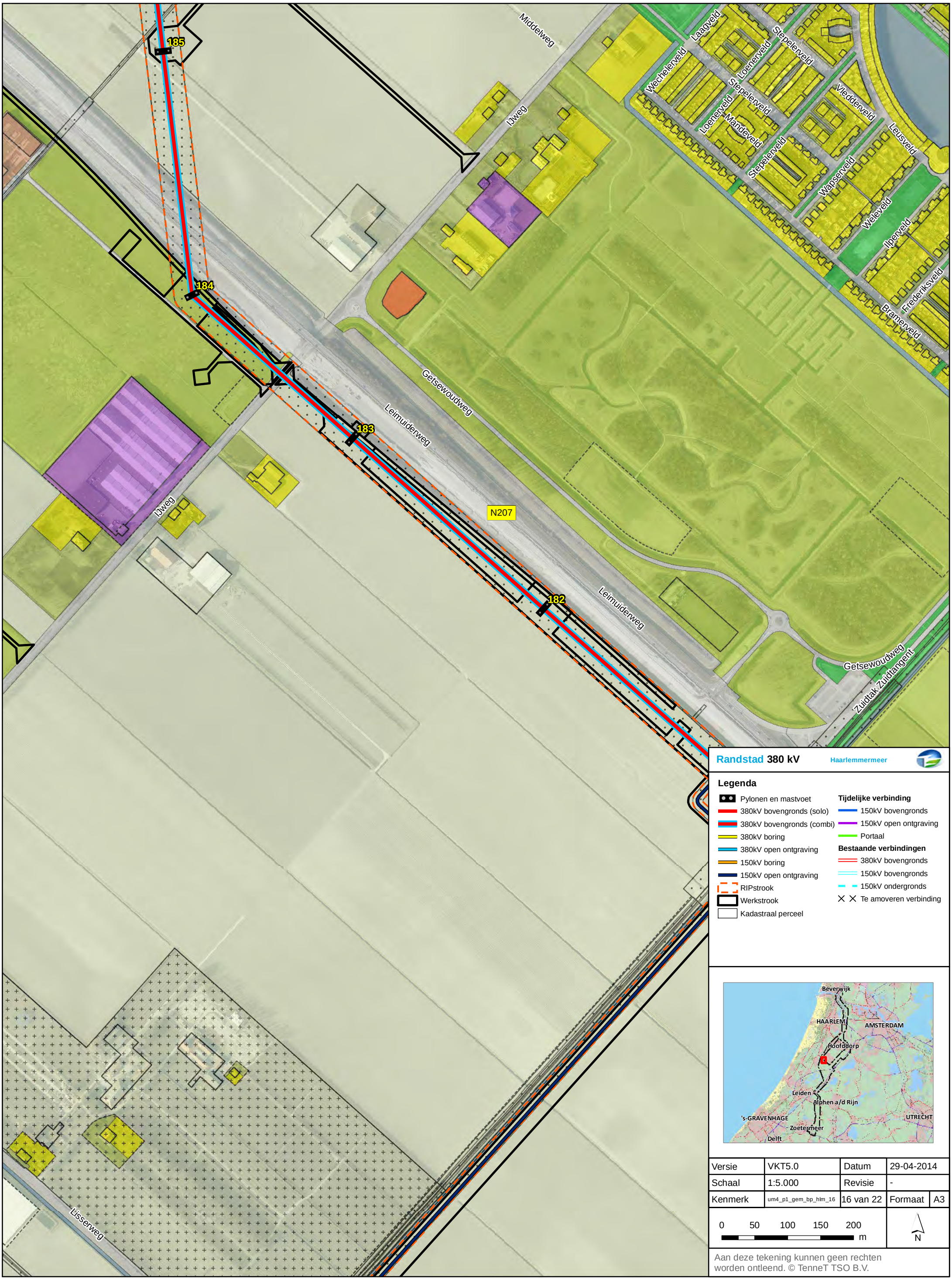
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Midden, Buitengebied Zuid, N207



Versie	VKT5.0	Datum	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_16	16 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

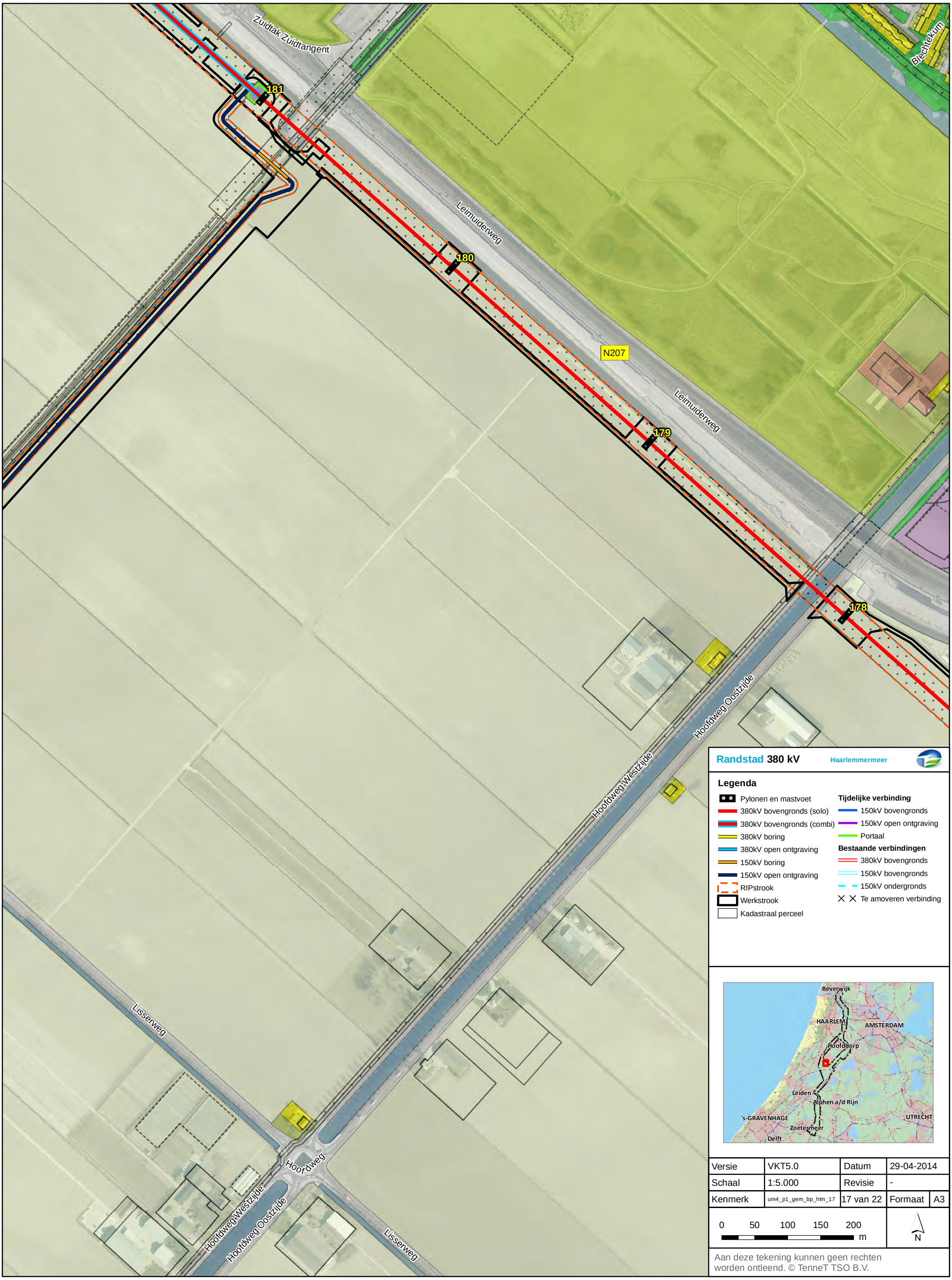
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid, N207



Versie	VKT5.0	Datum	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_17	17 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

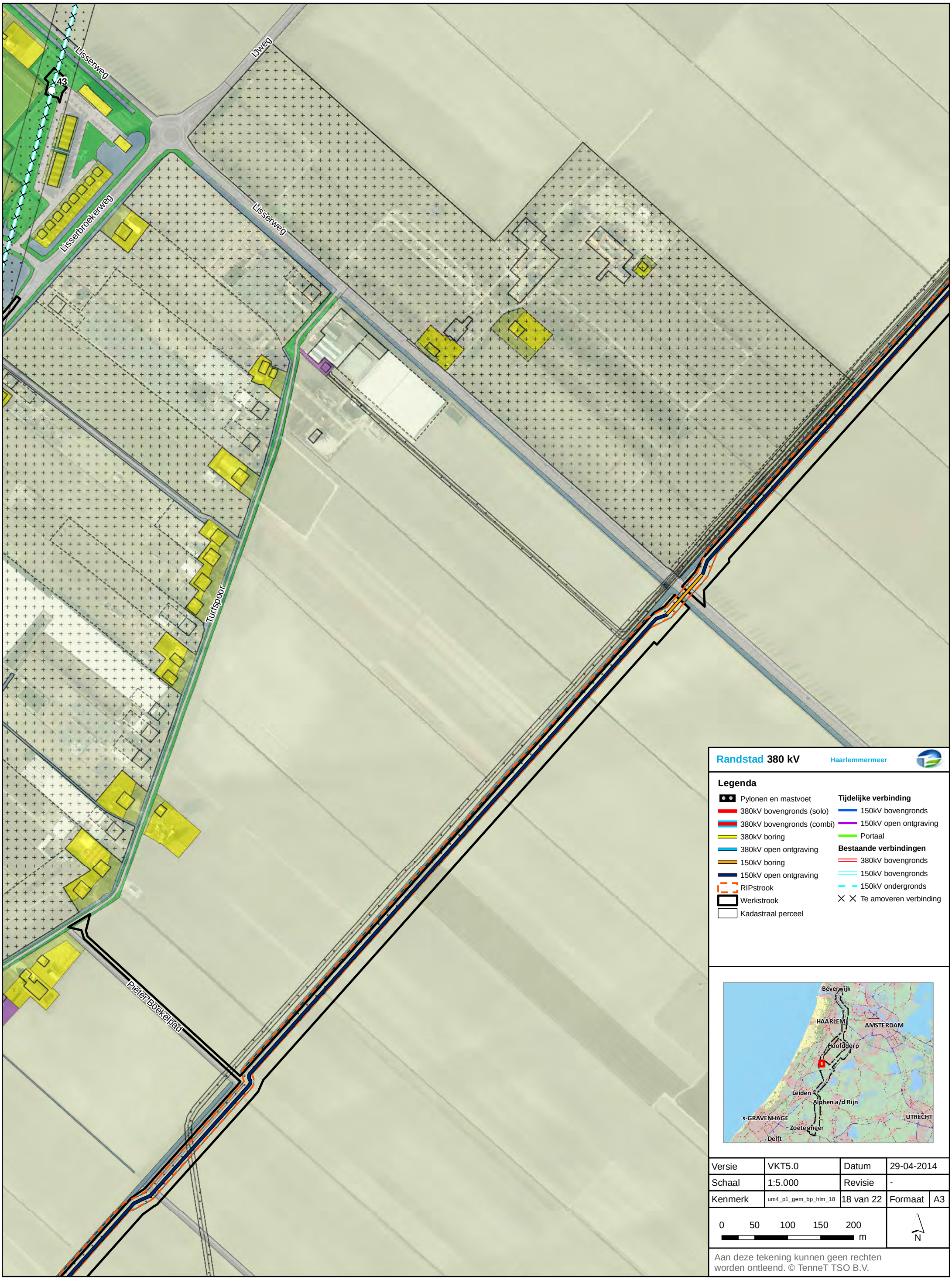
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_18	18 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

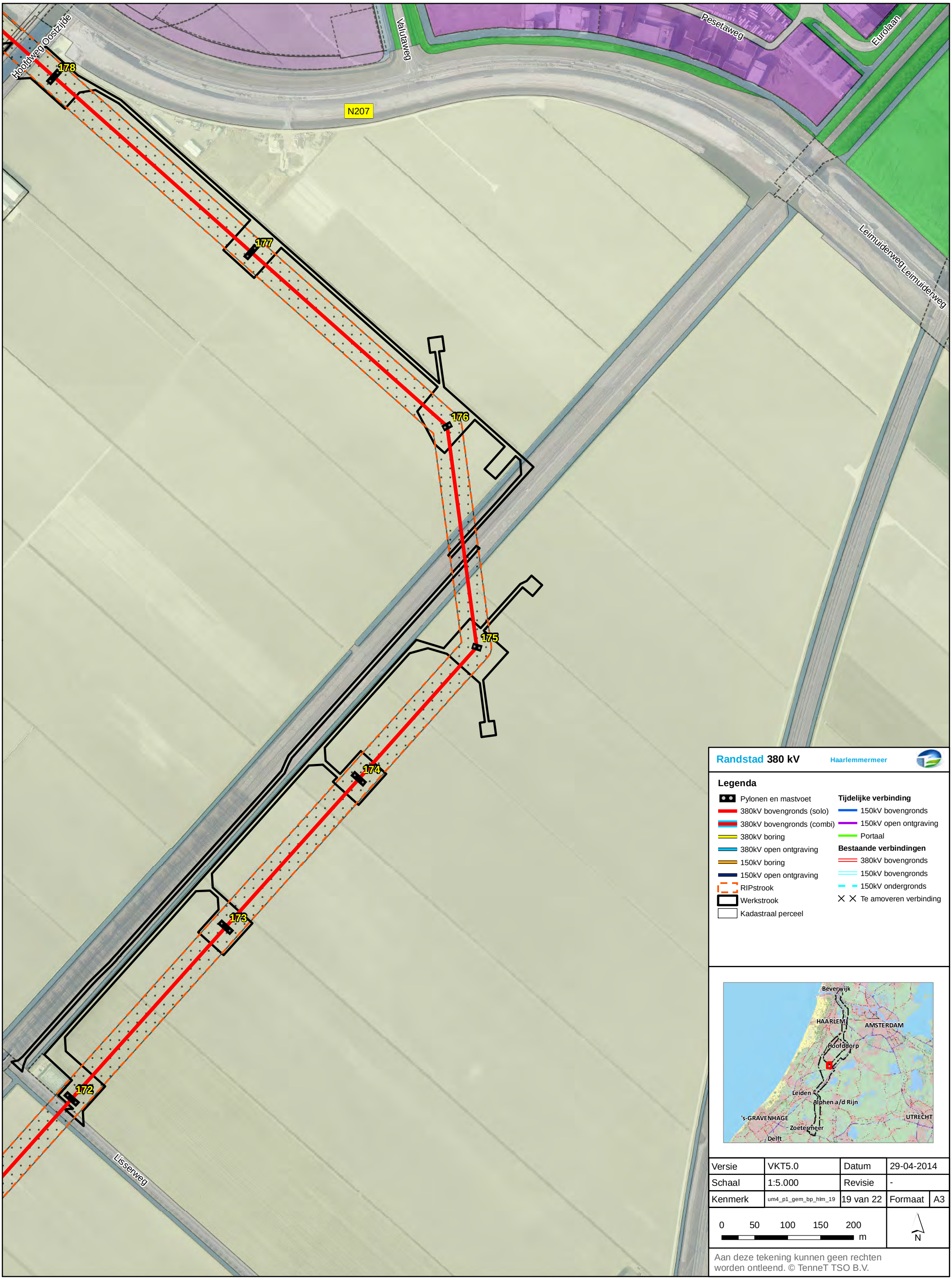
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_19	19 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

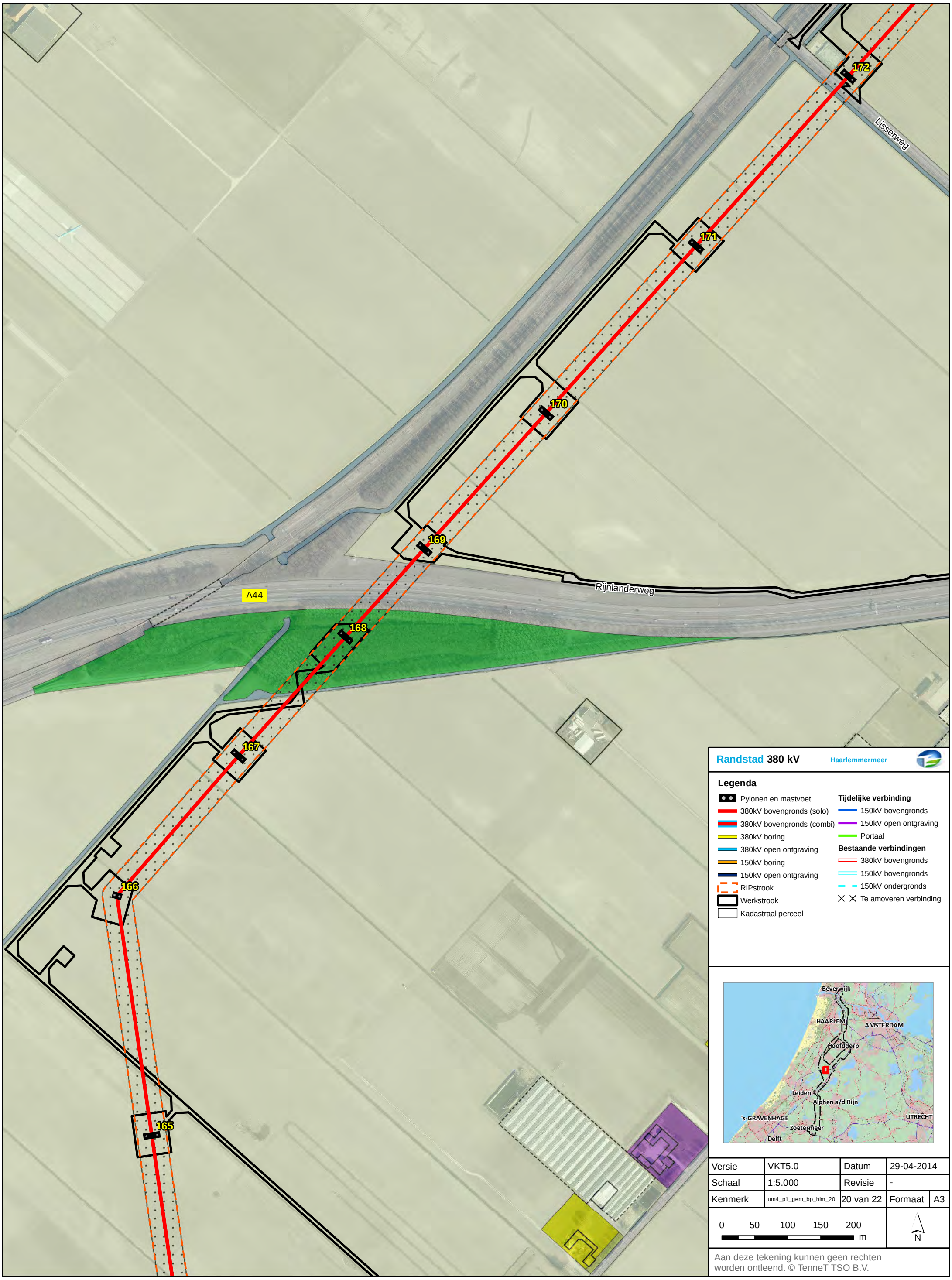
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_20	20 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

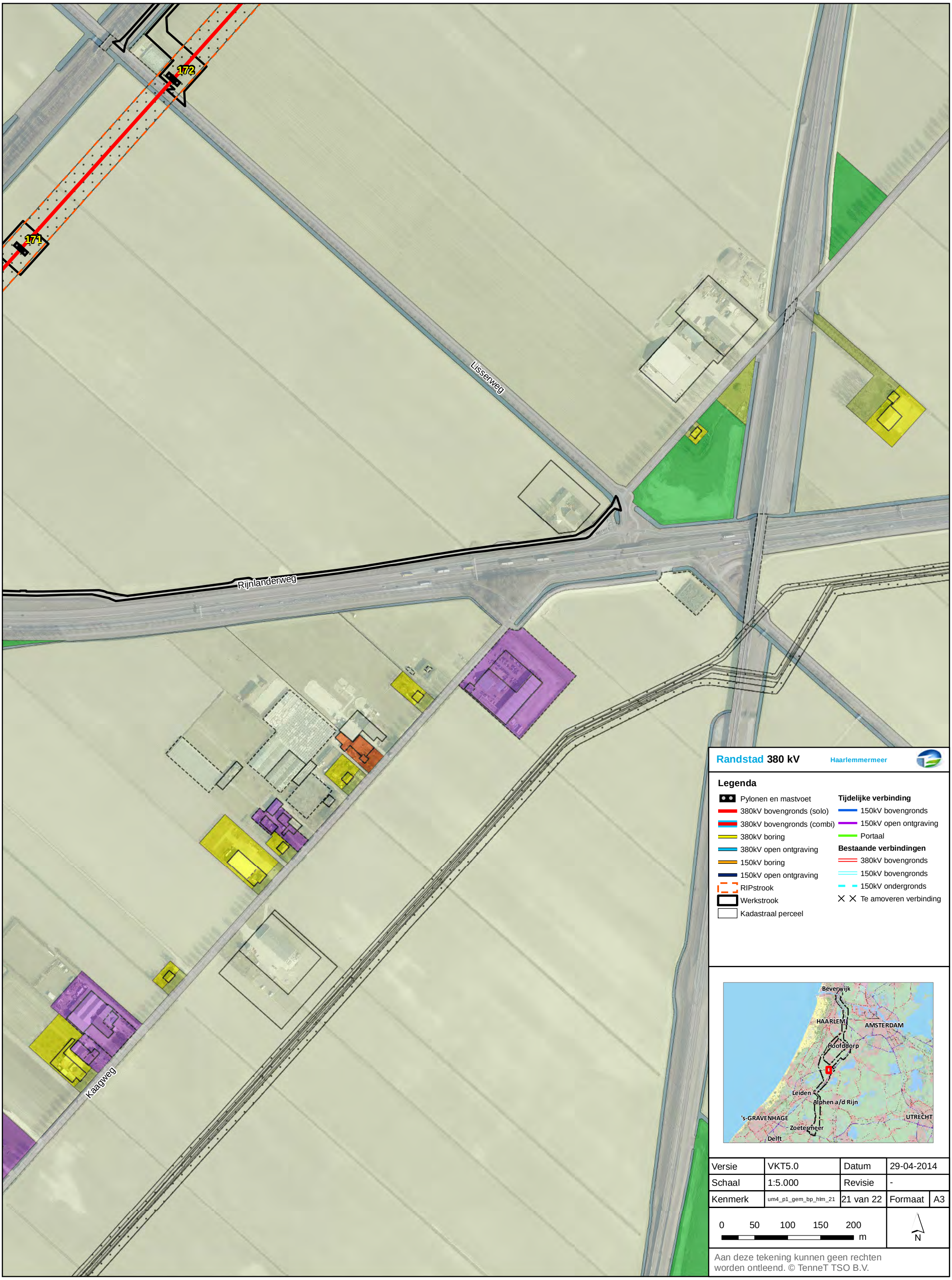
N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid



Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_21	21 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380 kV

Tijdelijke bouwwegen Haarlemmermeer

Bestemmingsplan Buitengebied Zuid

A44

167

166

165

164

163

162

161

Kaagweg

Huigsloterdijk

Poeldijk

Randstad 380 kV Haarlemmermeer

Legenda

- Pylonen en mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV bovengronds (combi)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- 150kV boring
- 150kV open ontgraving
- RIPstrook
- Werkstrook
- 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	29-04-2014
Schaal	1:5.000	Revisie	-
Kenmerk	um4_p1_gem_bp_hlm_22	22 van 22	Formaat A3

0 50 100 150 200 m

N

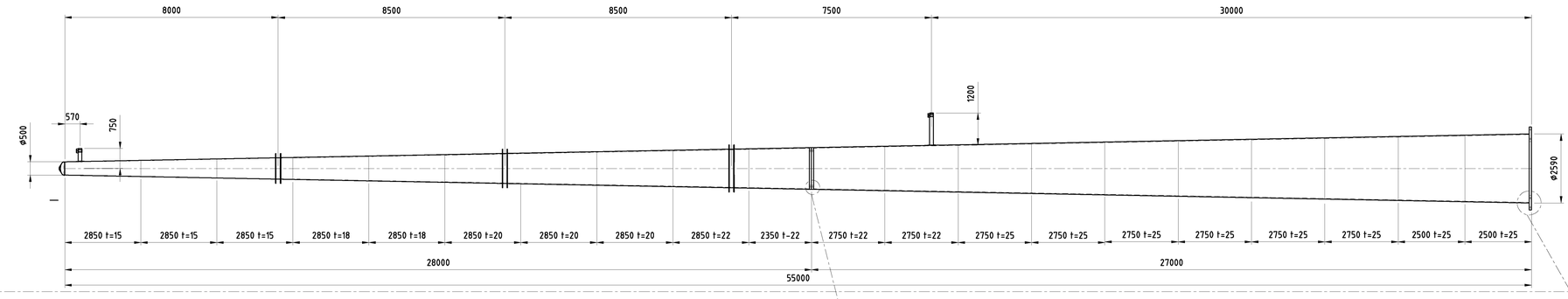
Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

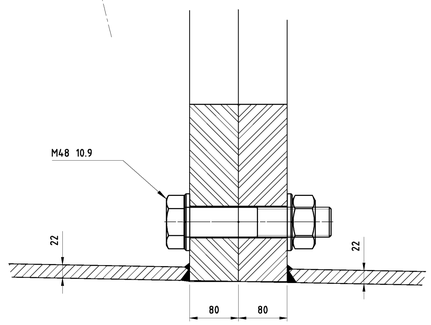
Bijlage 5a

Constructietekeningen masten

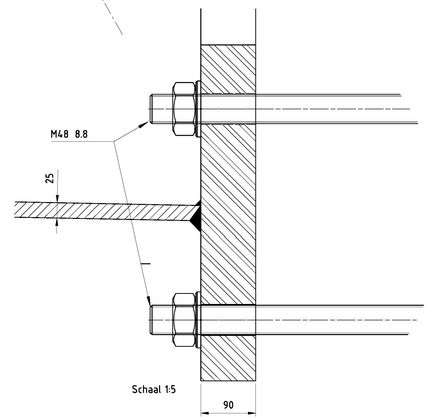
Mastenlijst gemeente Haarlemmermeer

Mastnummer	Masttype	Poertype
163	W2S400 + 27,6	2
164	W2H400 + 5	4
165	W2S400 + 5	1
166	W2H400	4
167	W2S350 + 5	1
168	W2S400	1
169	W2S400	1
170	W2S350 + 5	1
171	W2S350 + 5	1
172	W2S350 + 5	1
173	W2S350 + 5	1
174	W2S350 + 5	1
175	W2H350 + 5	4
176	W2H400 + 5	4
177	W2S400 + 5	1
178	W2S400 + 5	1
179	W2S400 + 5	1
180	W2S400 + 5	1
181	W4H400ZA + 5	3
182	W4S400Z + 5	2
183	W4S400Z + 5	2
184	W4H400Z + 5	3
185	W4S400Z + 5	2
186	W4S350 + 5	1
187	W4H400Z + 5	3
188	W4S400Z + 5	2
189	W4S400Z + 5	2
190	W4S400Z + 5	2
191	W4S350 + 5	1
192	W4S350 + 5	1
193	W4S350 + 5	1
194	W4S400Z + 5	2
195	W4S400Z + 5	2
196	W4H400Z + 5	3
197	W4S400Z + 5	2
198	W4H400Z + 5	3
199	W4E350	3
200	W4E350	3
201	W4S350Z	1
202	W4S350Z	1
203	W4H350	3
204	W4S350Z	1
205	W4S350Z	1
206	W4S350Z	1
207	W4S350Z	1

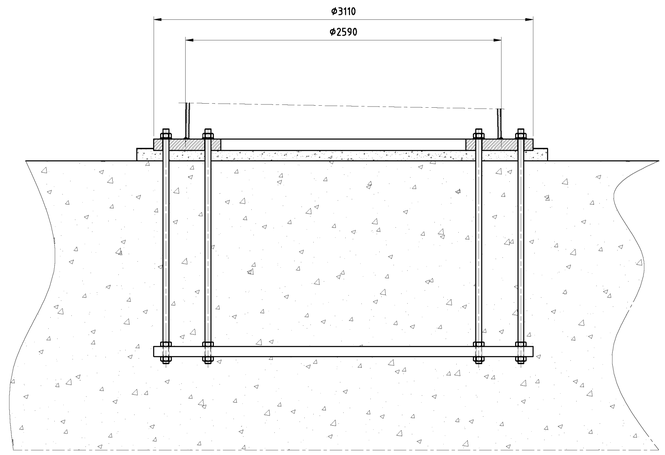




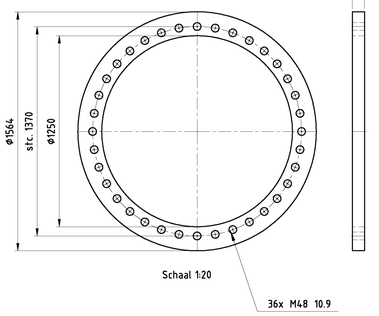
Schaal 1:5



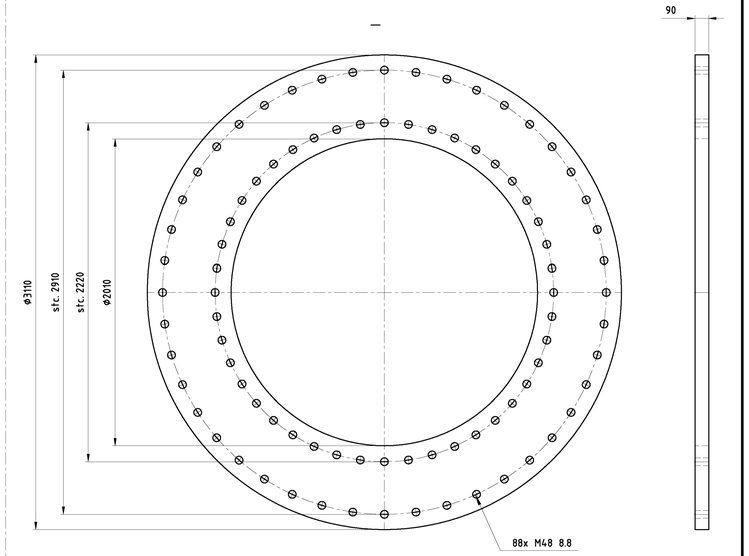
Schaal 1:5



Schaal 1:25



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

Benaming: Mast type W2H350+5

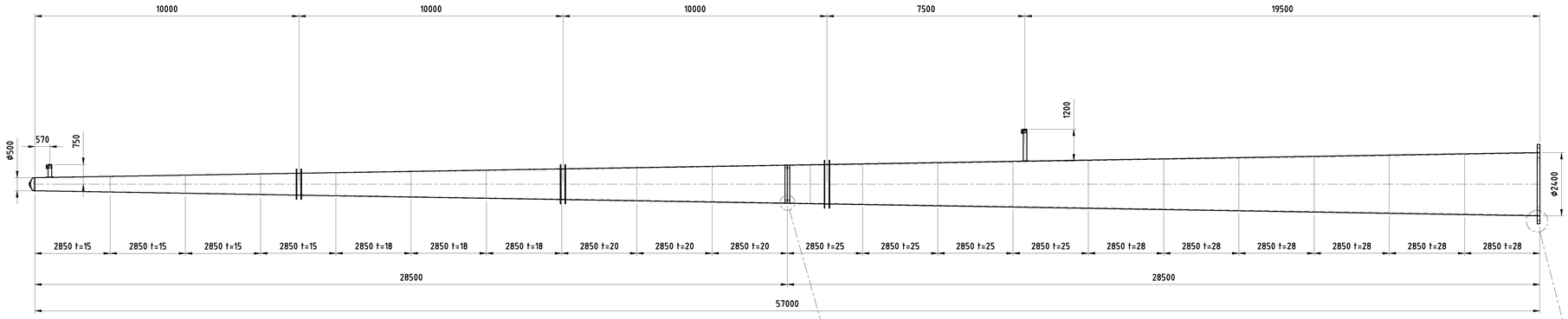
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

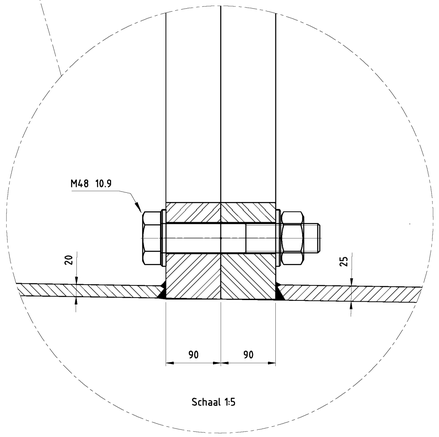
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/04 | A1

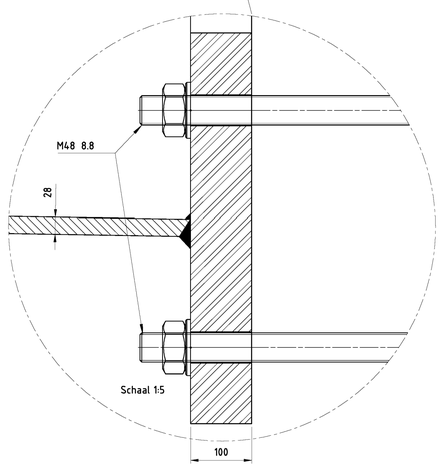
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

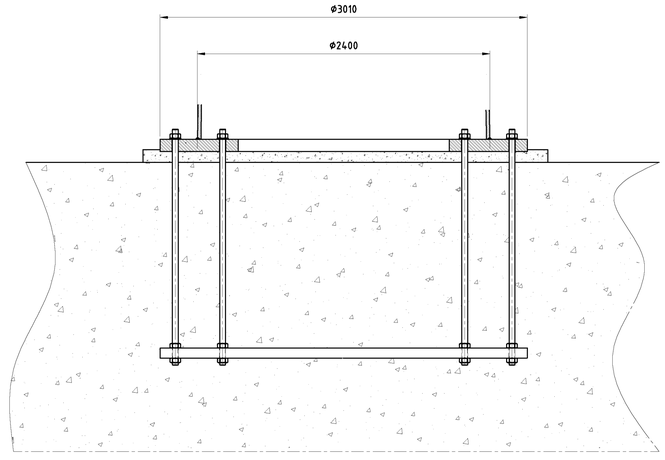




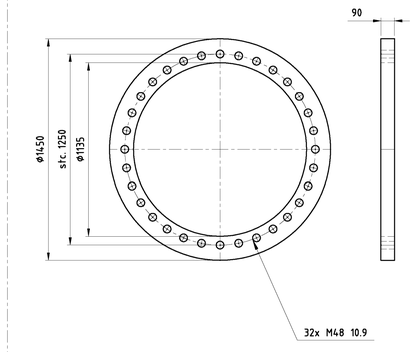
Schaal 1:5



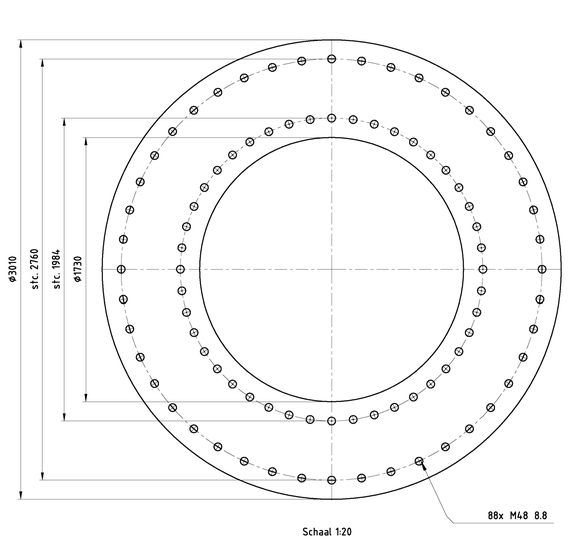
Schaal 1:5



Schaal 1:25



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

Benaming: Mast type W2H400+0

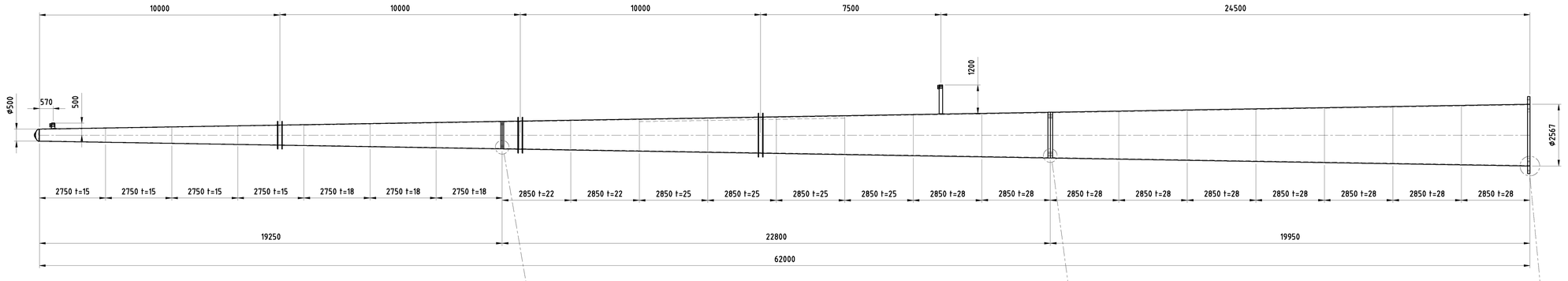
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

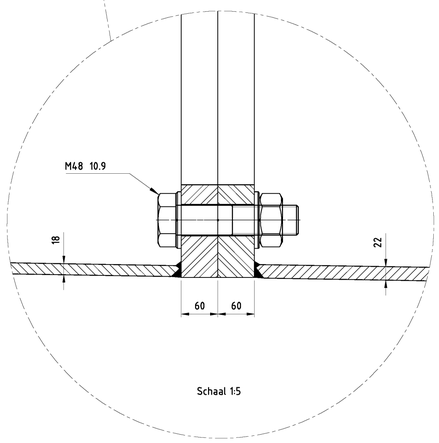
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/05 | A1

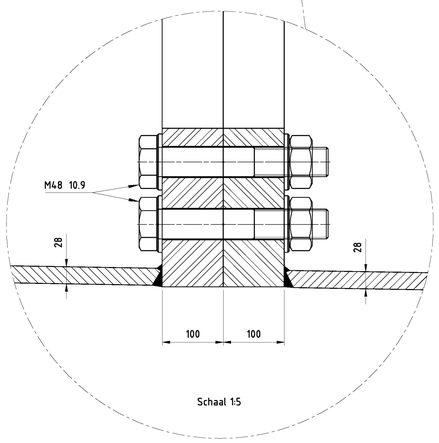
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

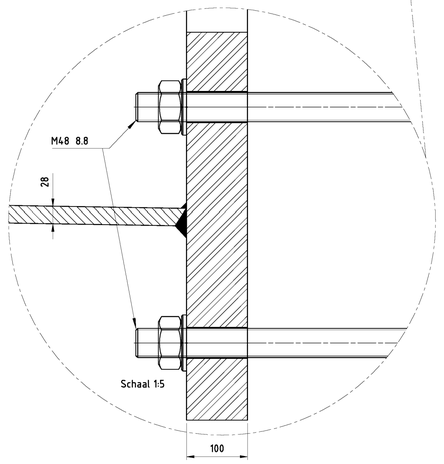




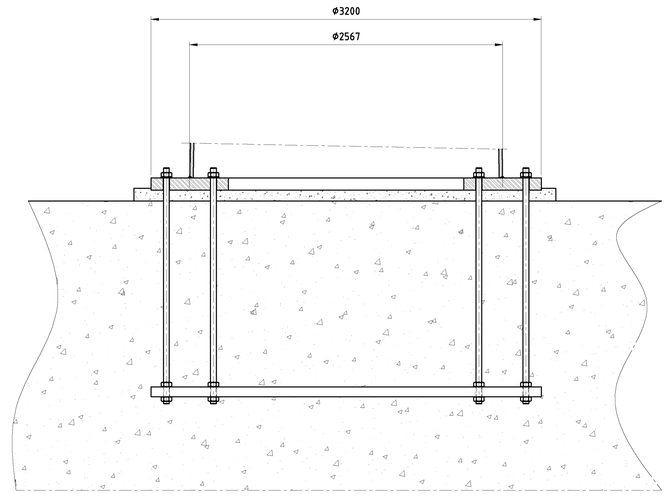
Schaal 1:5



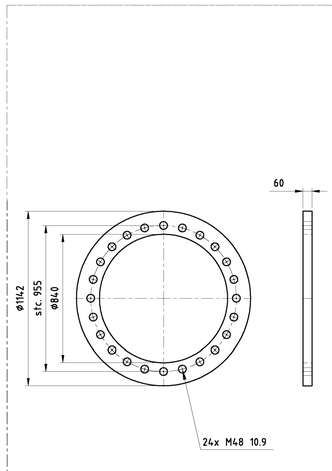
Schaal 1:5



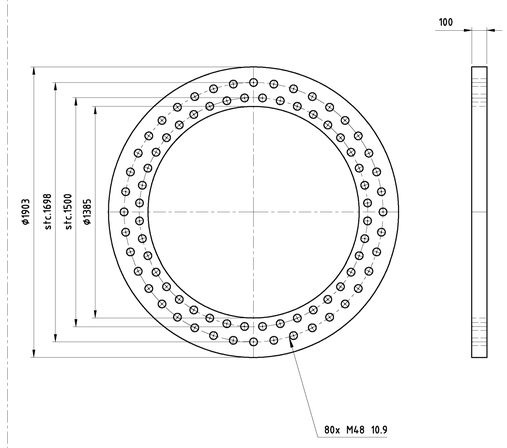
Schaal 1:5



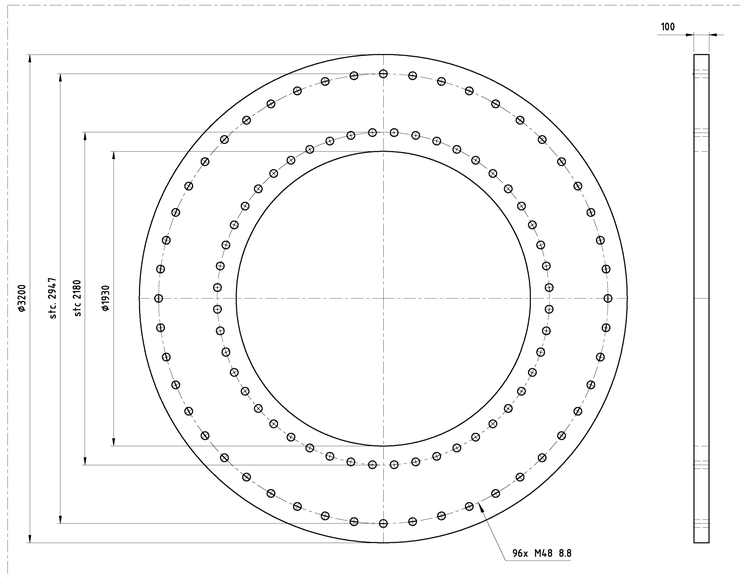
Schaal 1:25



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

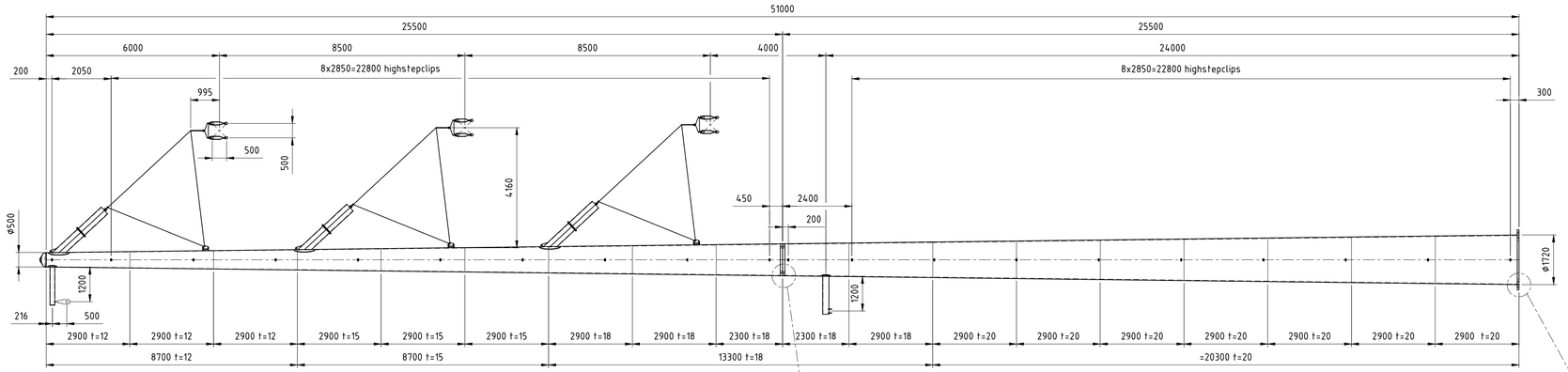
Benaming: Mast type W2H400+5

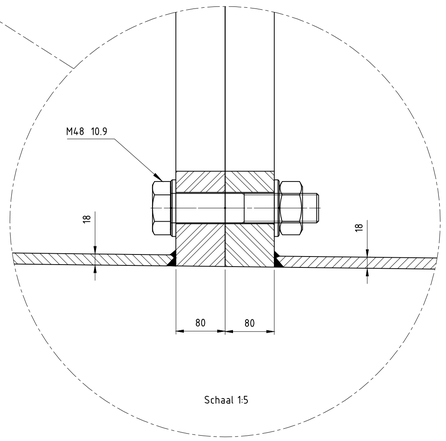
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

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

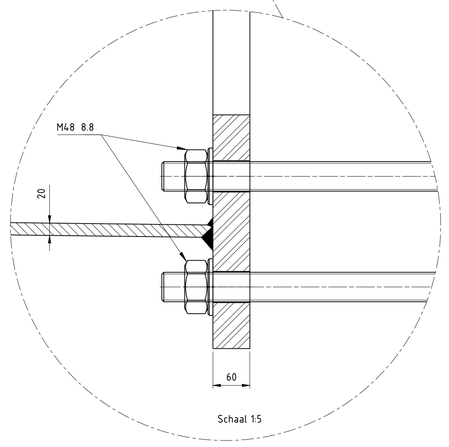
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

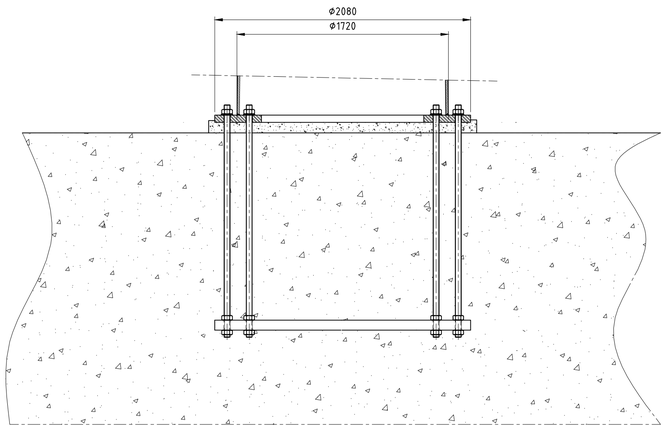




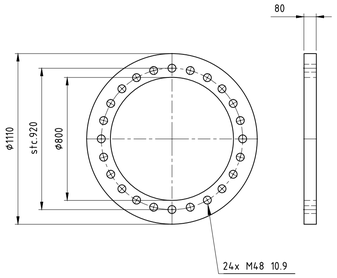
Schaal 1:5



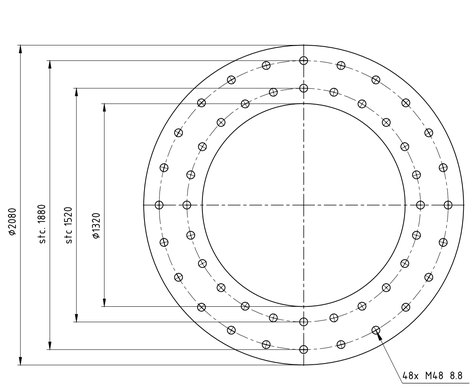
Schaal 1:5



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

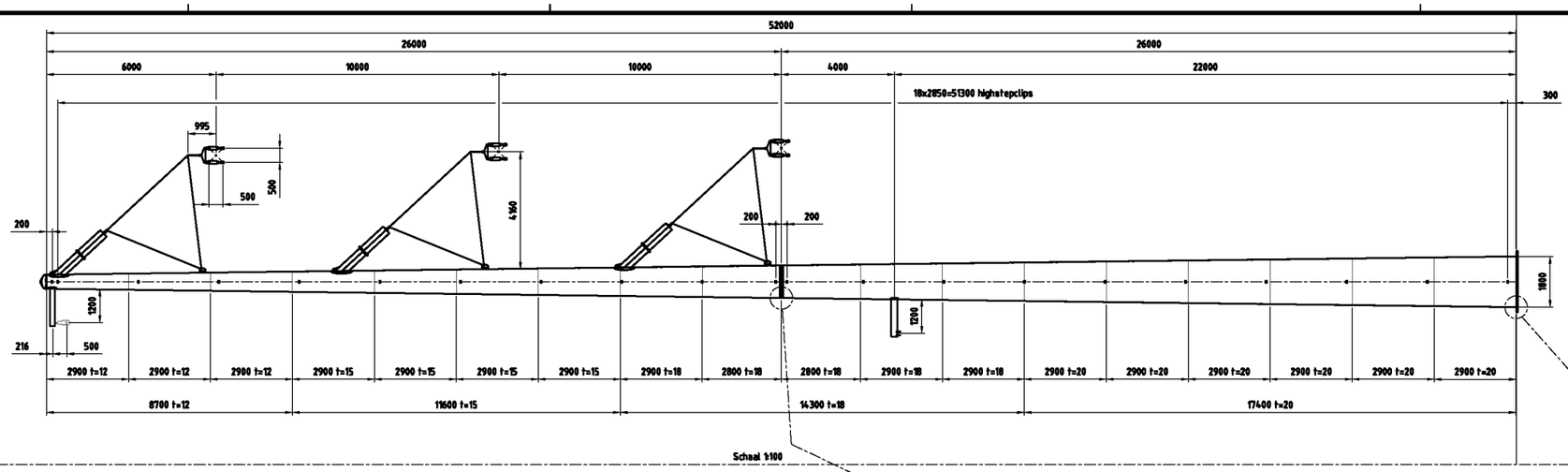
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
3	30-01-201	WvL		Finish:	

VolkerWessels Telecom

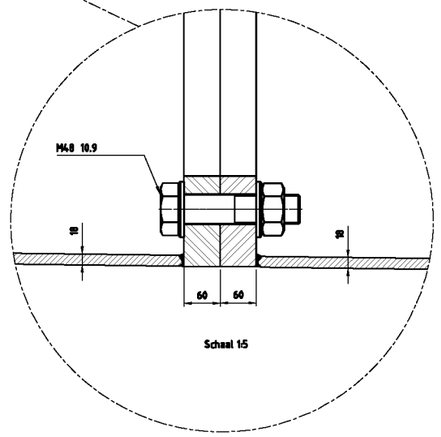
Projectie | Tek.nr.: MS20120025/12 | A1

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

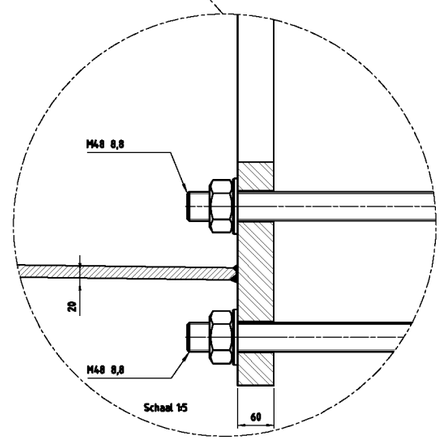
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



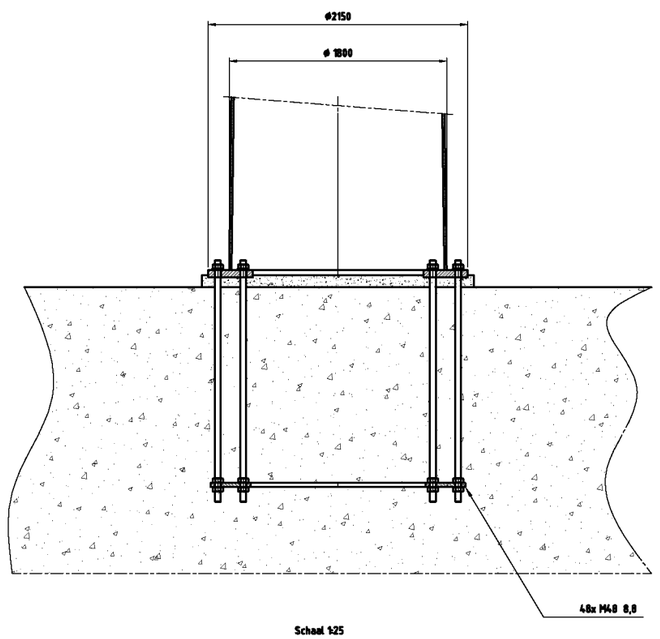
Schaal 1:100



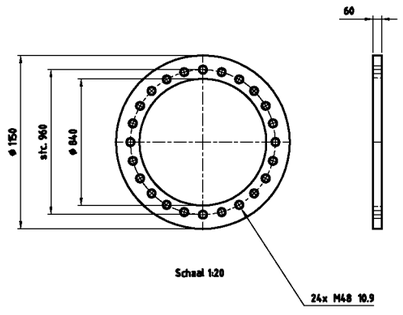
Schaal 1:5



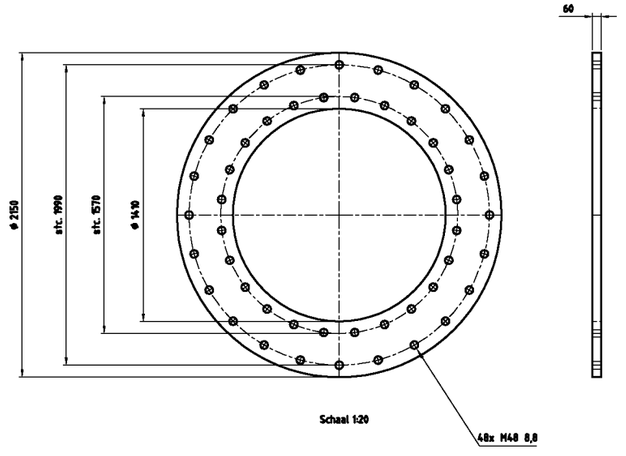
Schaal 1:5



Schaal 1:25



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: 2
Gewicht mastdeel 1: 19344 kg
Gewicht mastdeel 2: 8085 kg
Totaal gewicht W2S400: 27429 kg

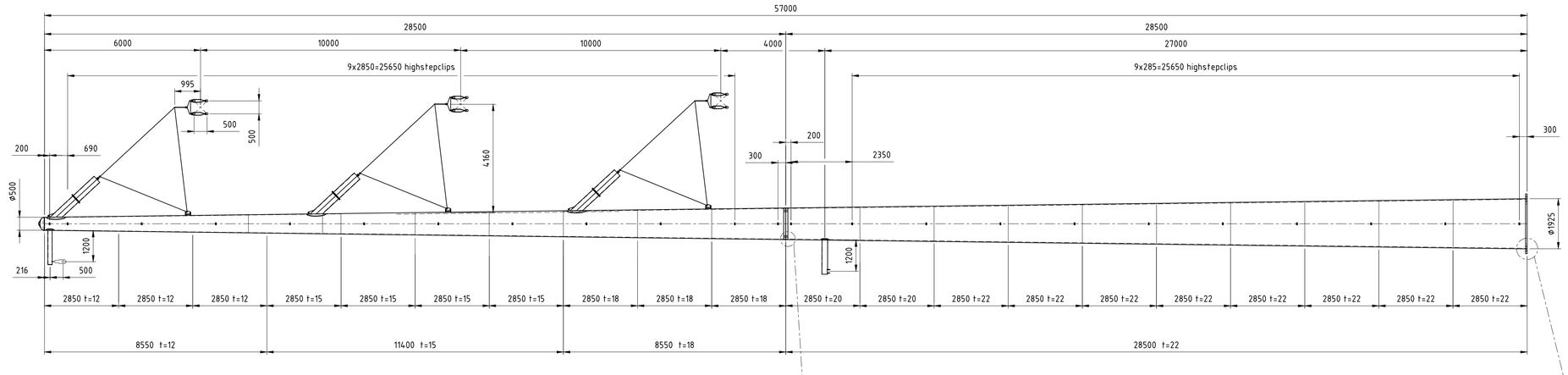
Benaming: Mast type W2S400+0

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
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	

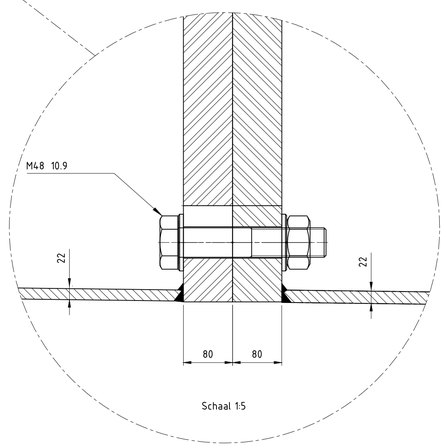
Volker Wessels Telecom
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/04 | A1

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

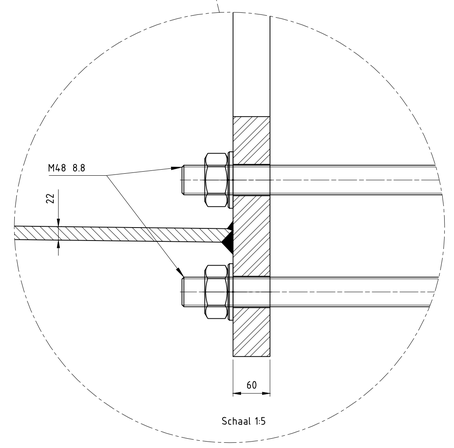
alle rechten voorbehouden Volker Wessels Telecom Network Solutions, nadruk verboden



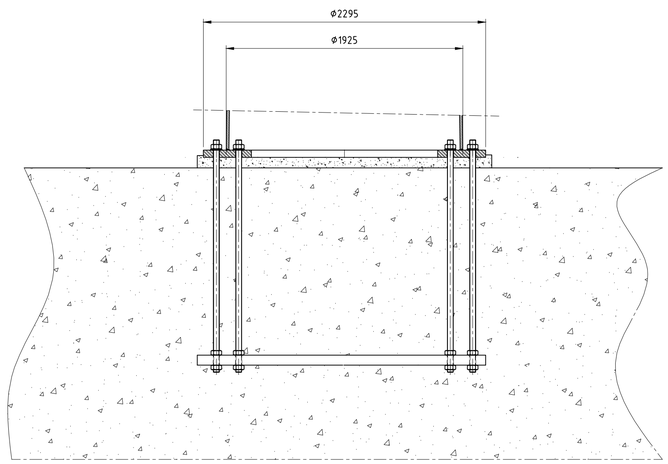
Schaal 1:100



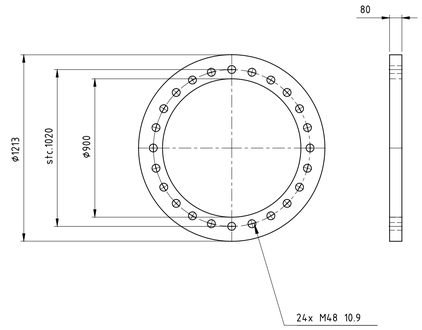
Schaal 1:5



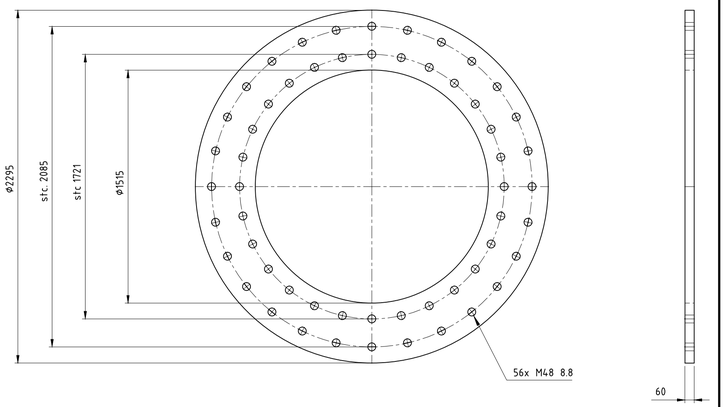
Schaal 1:5



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:

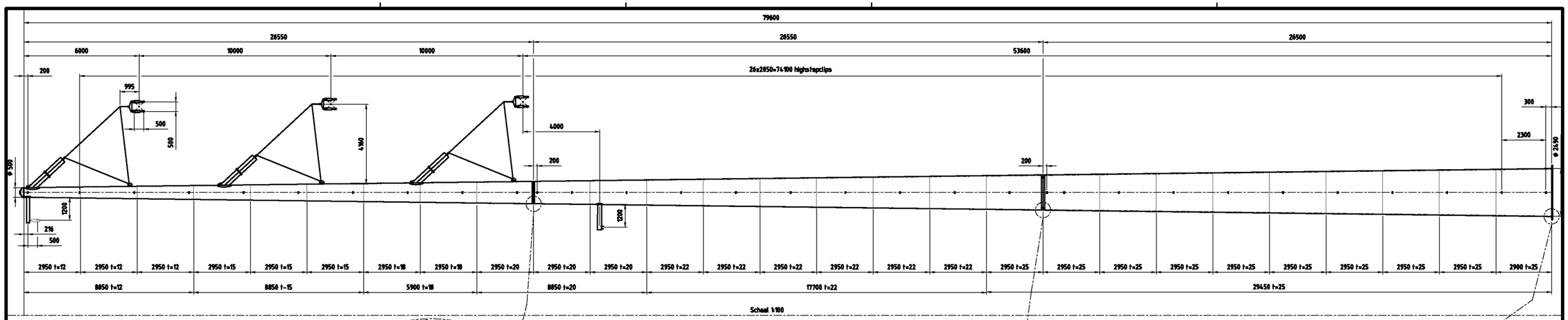
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom

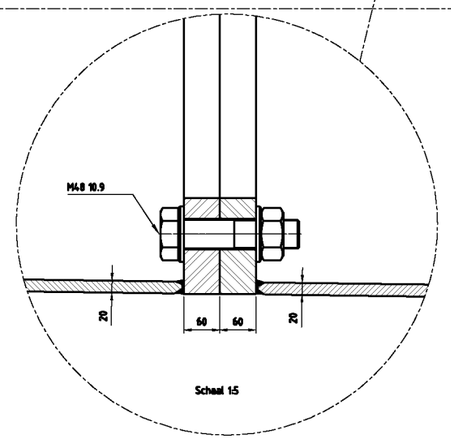
Projectie | Tek.nr.: MS20120025/10 | A1

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

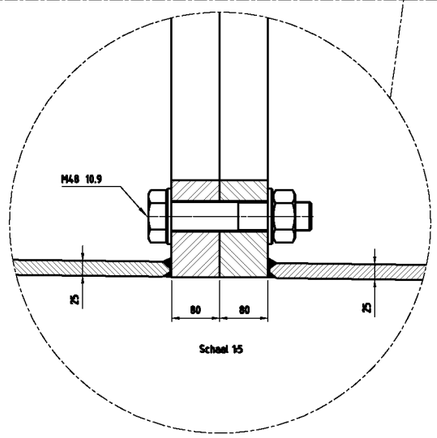
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



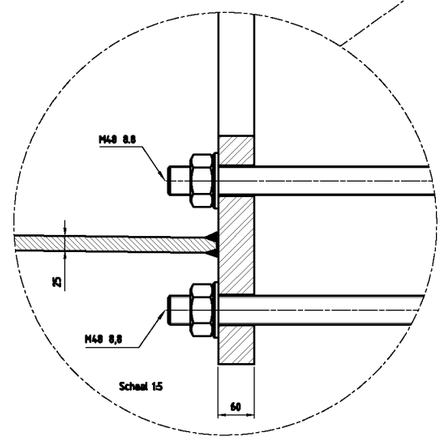
Schaal 1:100



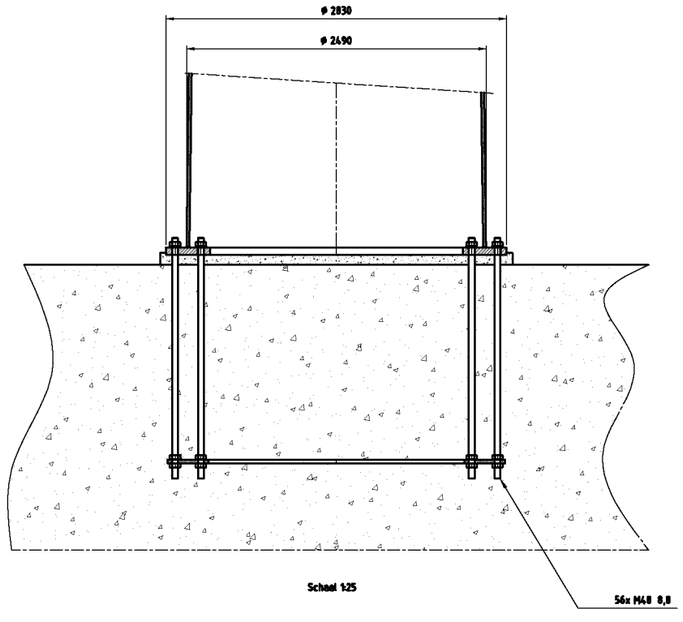
Schaal 1:5



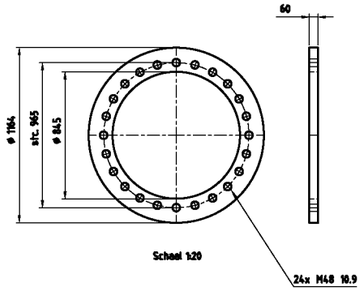
Schaal 1:5



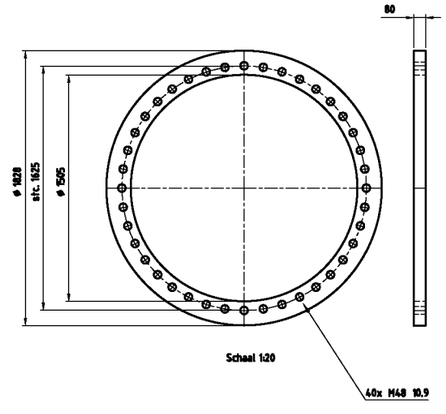
Schaal 1:5



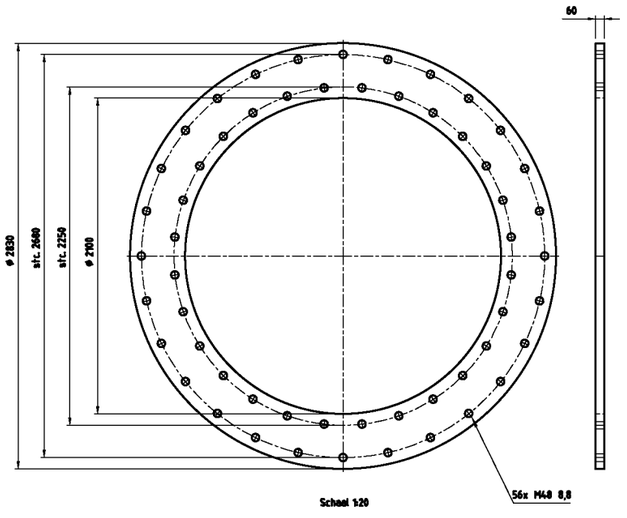
Schaal 1:25



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. 07.81.940-01A/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: 36726kg
Gewicht mastdeel 2: 22027kg
Gewicht mastdeel 3: 8704kg
Totaal gewicht W2S400+27,5: 67454kg

Benaming: Mast type W2S400+27.6

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
Maateenheid: mm
Materiaal: S 235 JR
Finish: Thermisch verzinken

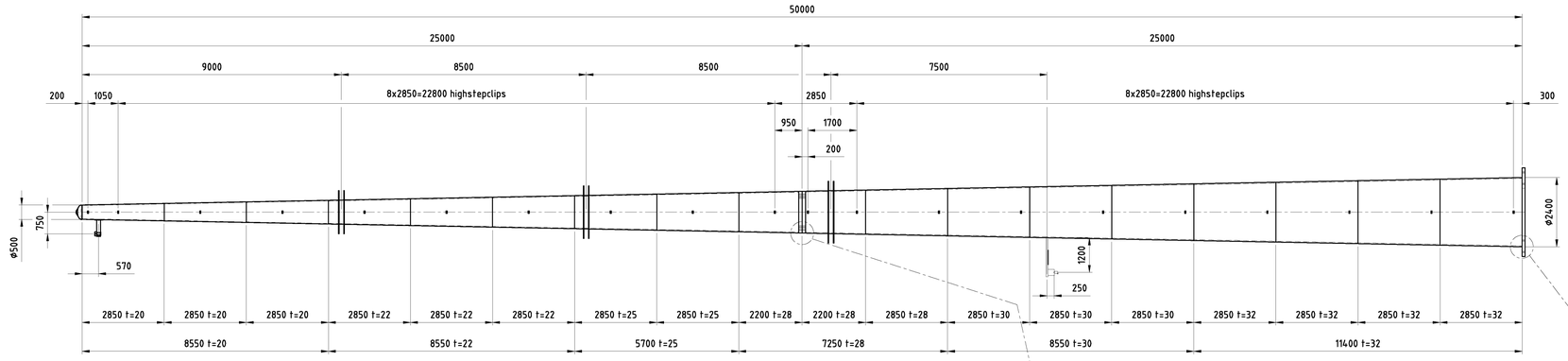
Plaats:
Adres:
Opstelpunt nr:

Projectie
Tek.nr.:
MS-0004/14
A1

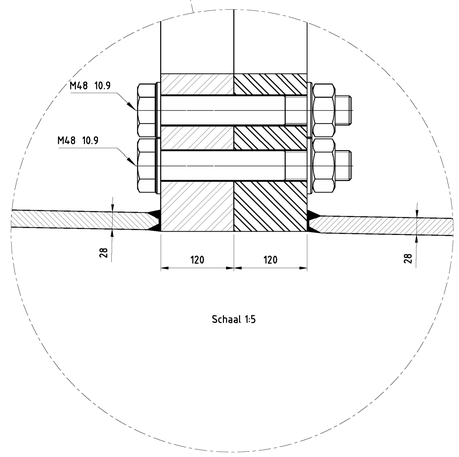
VolkerWessels Telecom

VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 626, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

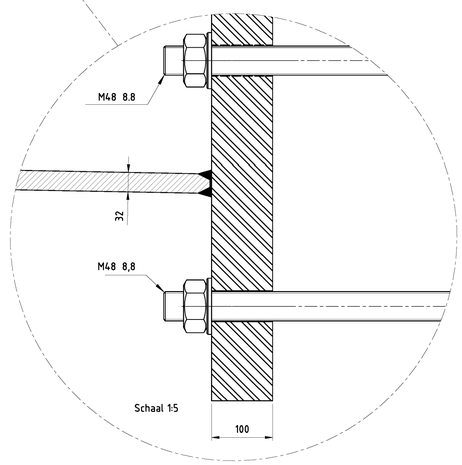
alle rechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



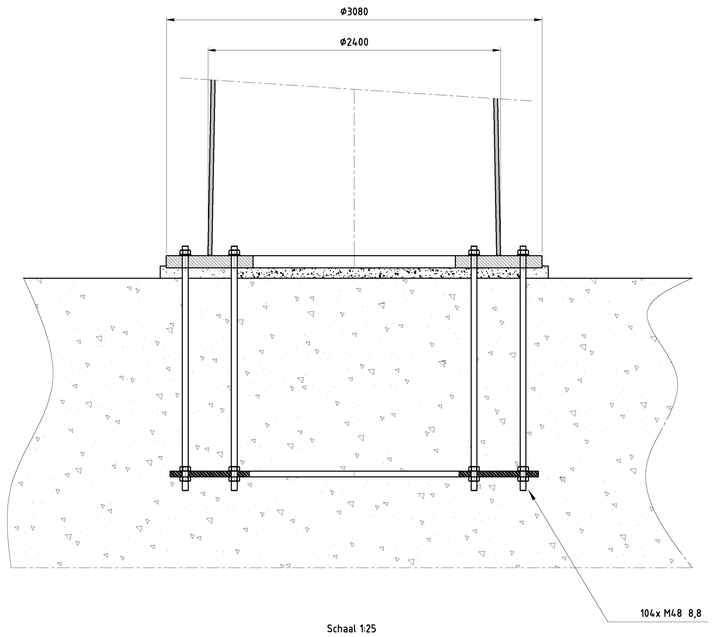
Schaal 1:100



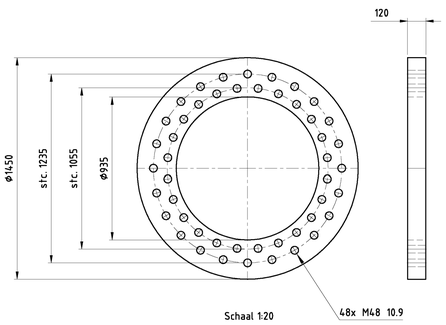
Schaal 1:5



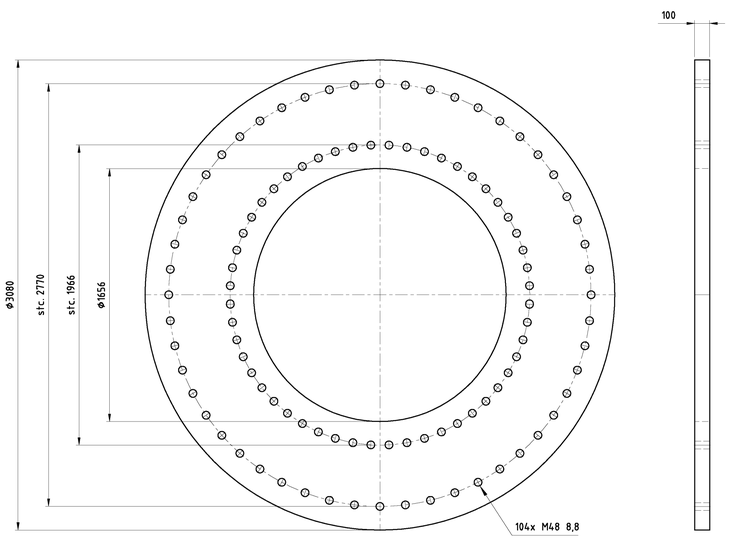
Schaal 1:5



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: 35872kg
Gewicht mastdeel 2: 13617kg
Totaal gewicht W4E350+0: 49490kg

Benaming: Mast type W4E350+0

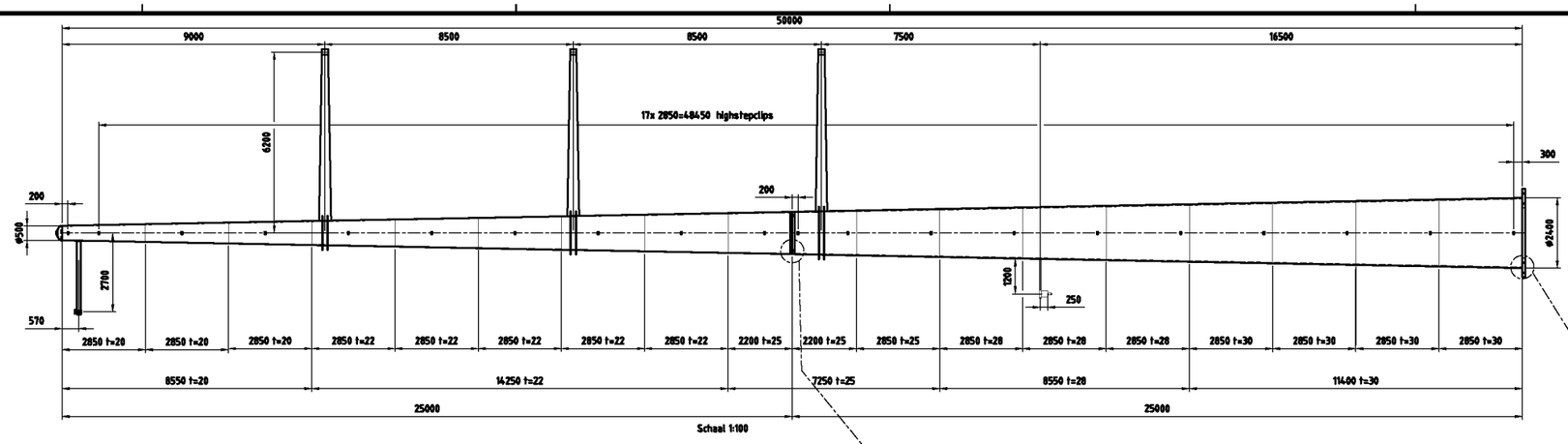
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	15-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR
				Finish: Thermisch verzinken

Plaats:
Adres:
Opstelpunt nr:

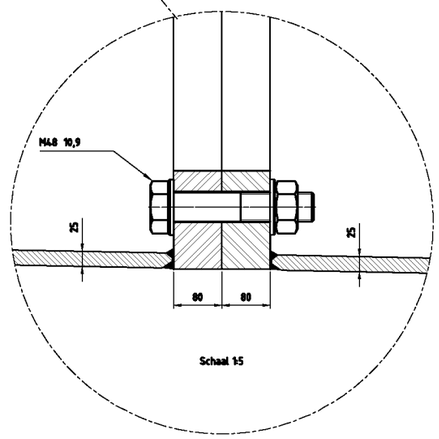
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS-0004/21
A1

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

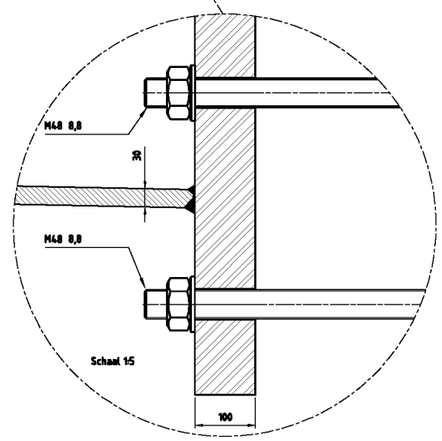
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



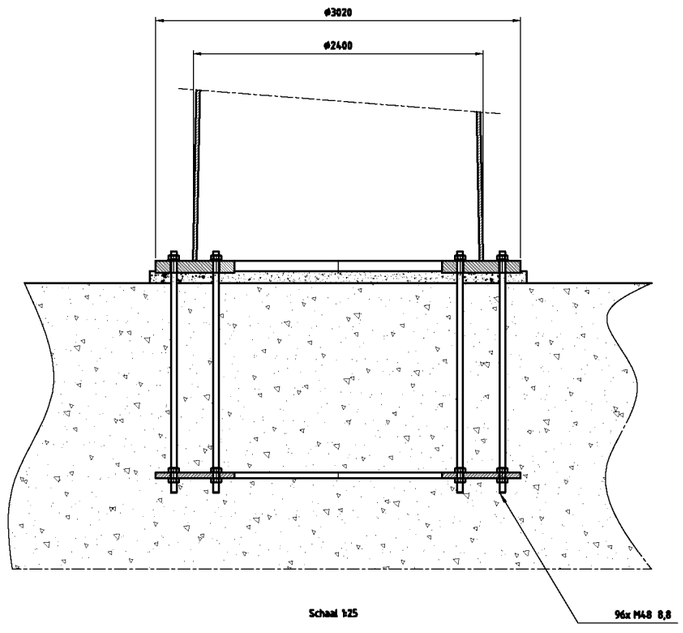
Schaal 1:100



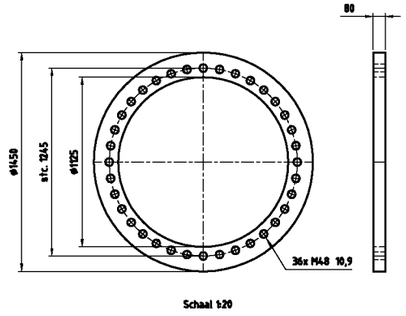
Schaal 1:5



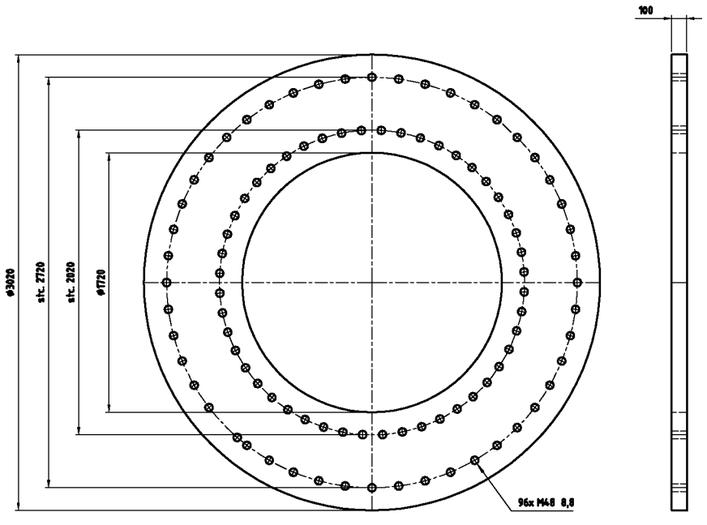
Schaal 1:5



Schaal 1:25



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: 2
Gewicht mastdeel 1: 33386kg
Gewicht mastdeel 2: 12886kg
Totaal gewicht W4H350+0: 46272kg

Benaming: Mast type W4H350+0

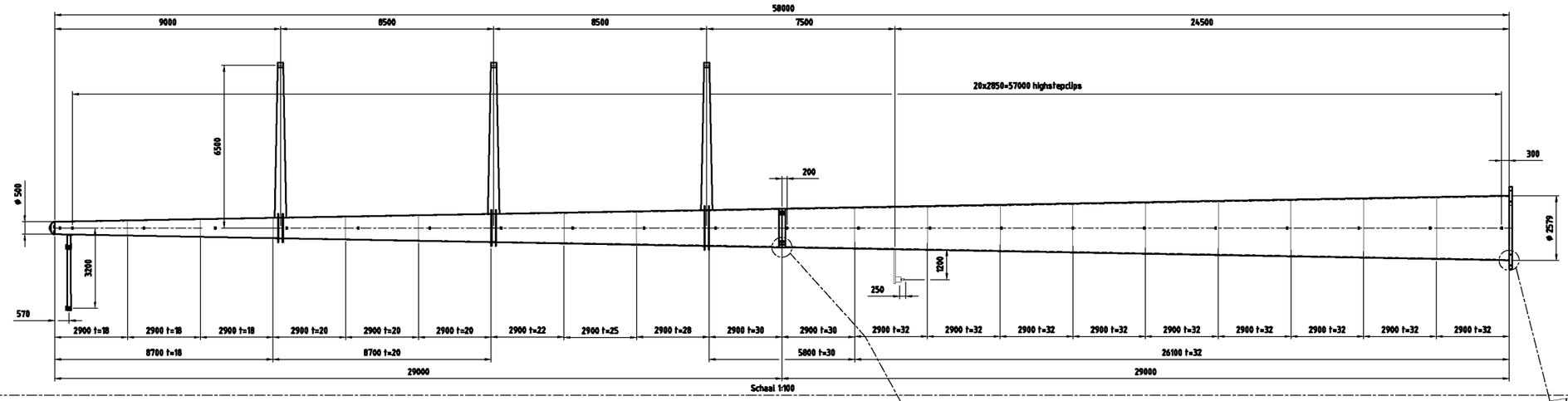
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Machteenheid: mm	Adres
3	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opsteipunt nr:
4	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom

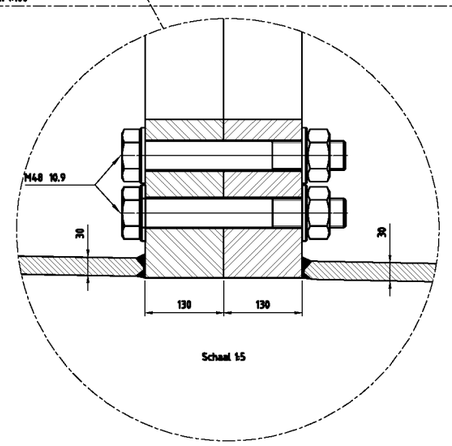
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/01 | A1

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

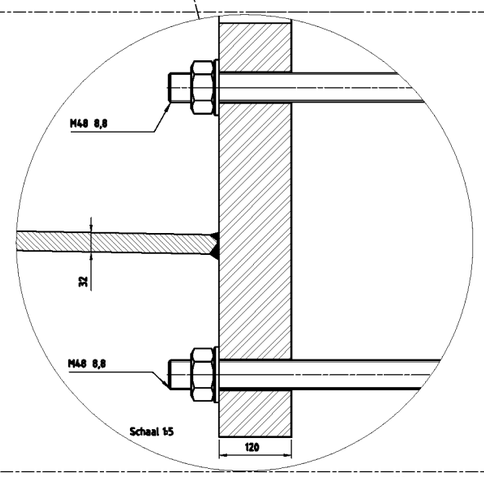
auteursrechten Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



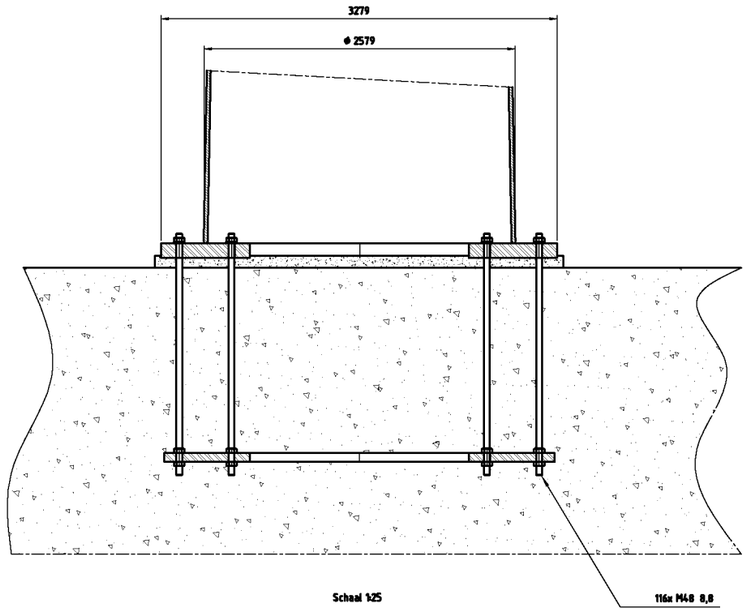
Schaal 1:100



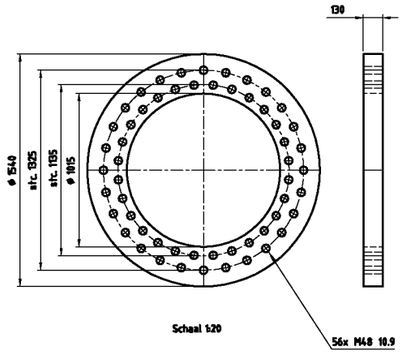
Schaal 1:5



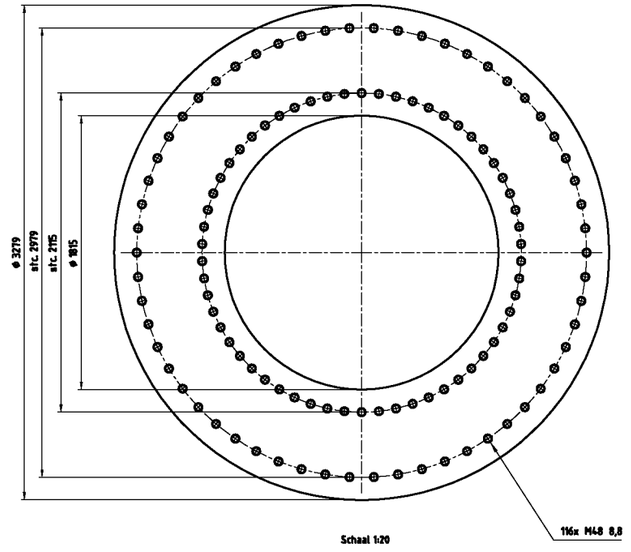
Schaal 1:5



Schaal 1:25



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. 07.81940-01A/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

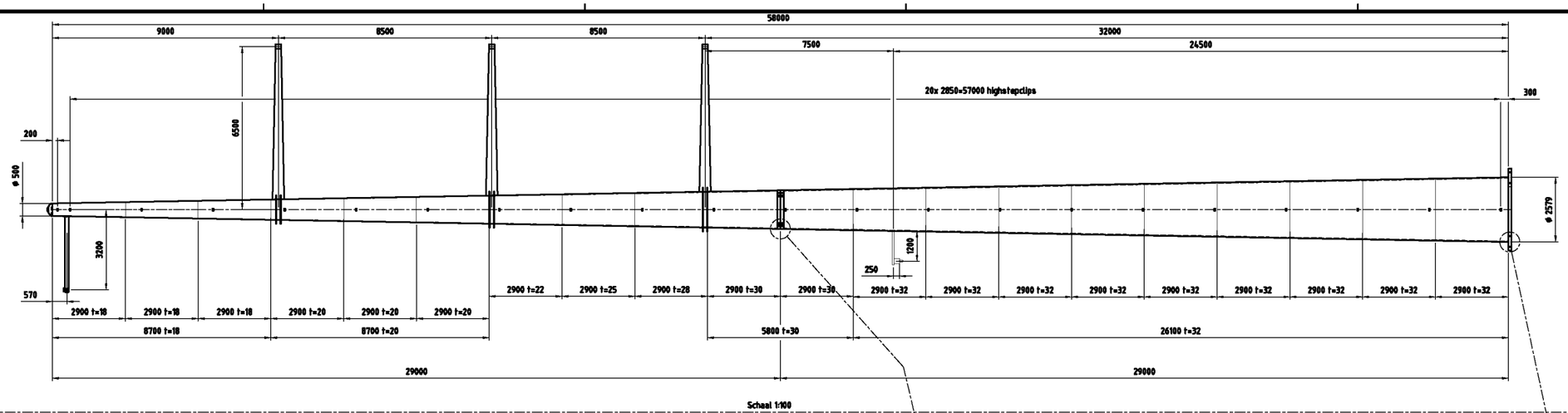
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	Wvl.		Maateenheid: mm	Adres:
3	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
4	30-01-2014	Wvl.		Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom

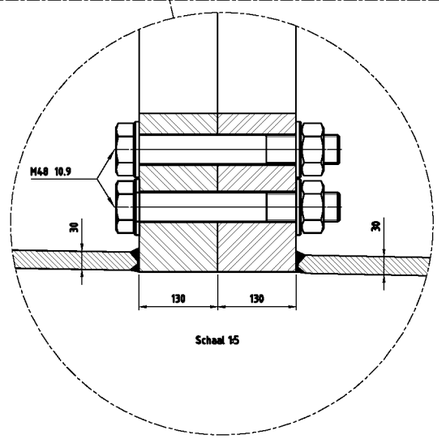
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/06 | A1

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

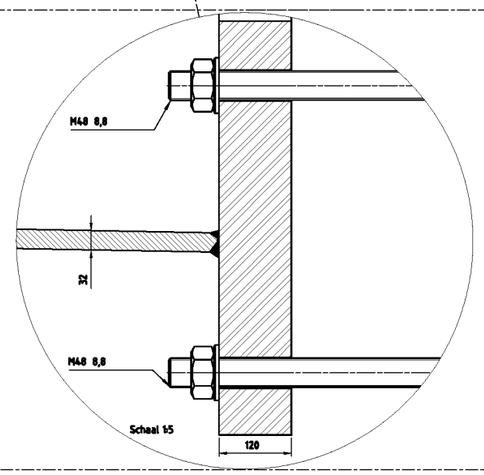
Alle rechten voorbehouden Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



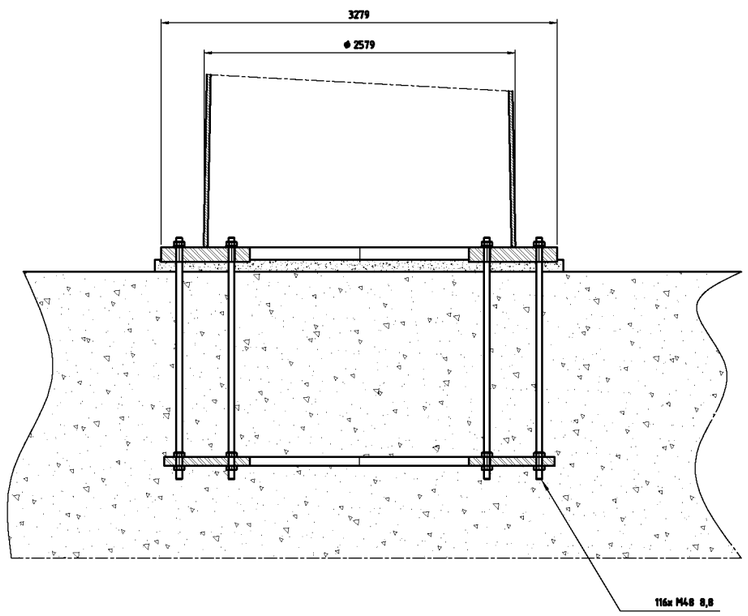
Schaal 1:100



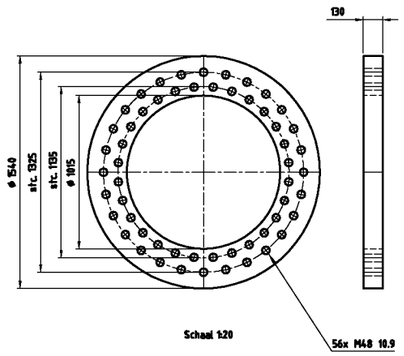
Schaal 1:5



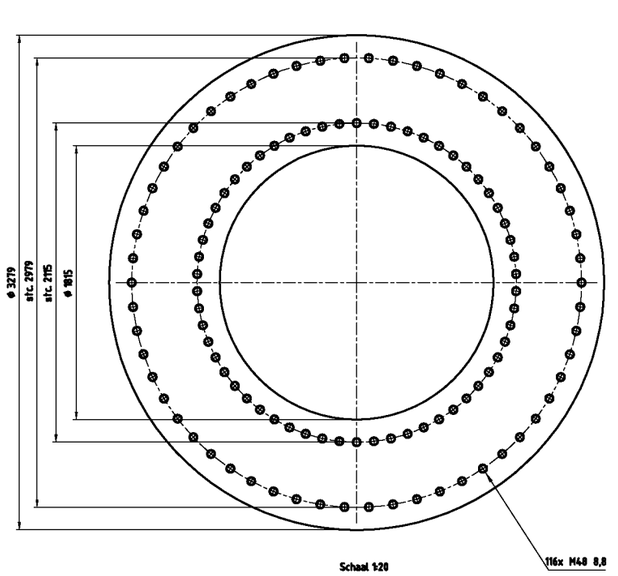
Schaal 1:5



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 W4H400ZA+5: 62444kg

Benaming: Mast type W4H400ZA+5

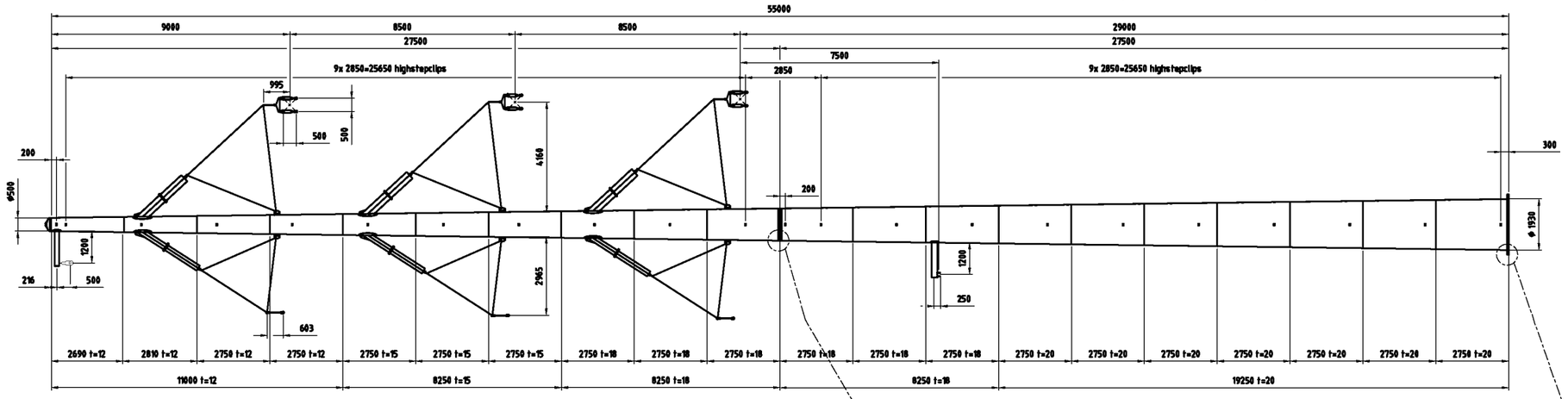
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres:
3	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
4	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

Volker Wessels Telecom

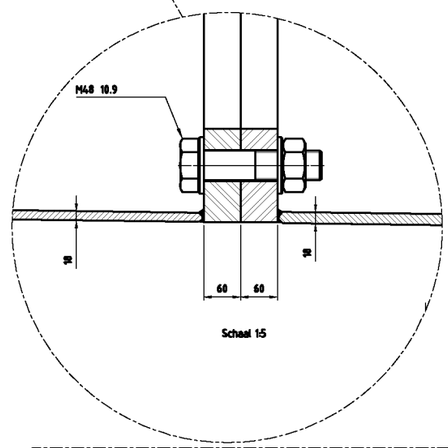
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/07 | A1

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

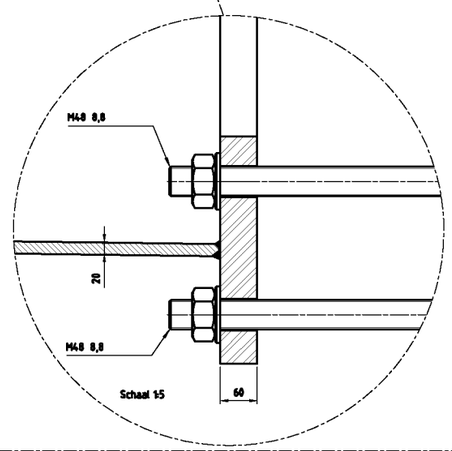
Alle rechten voorbehouden Volker Wessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



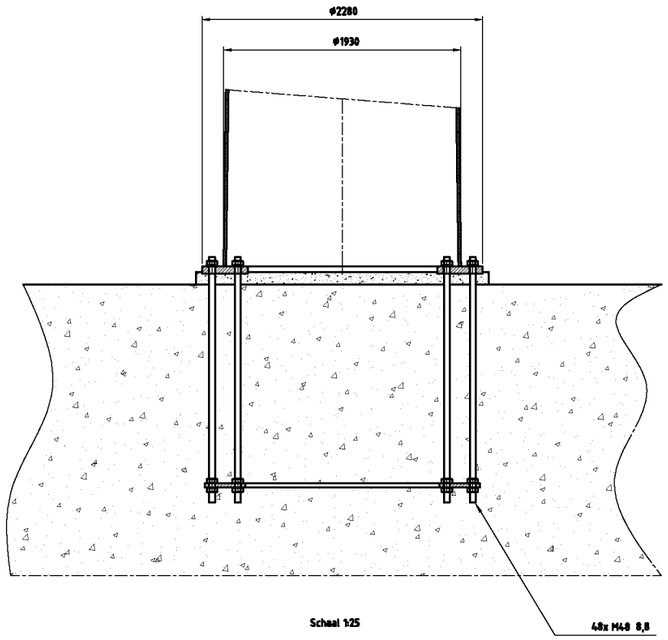
Schaal 1:100



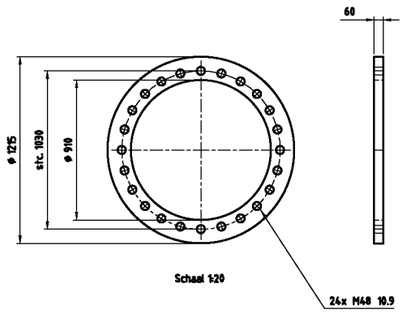
Schaal 1:5



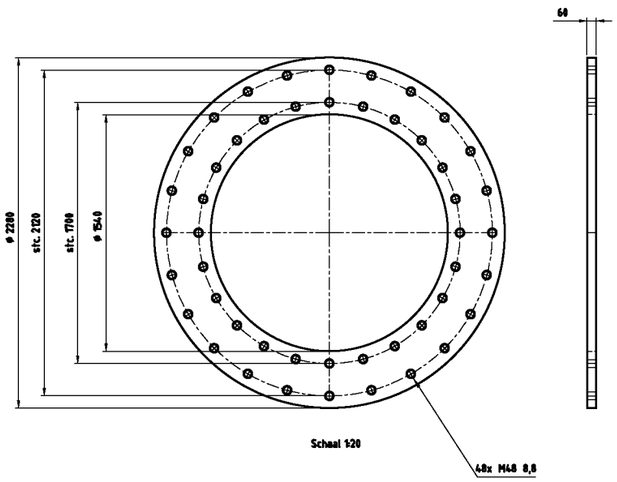
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Tolaranties 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: 21821kg
Gewicht mastdeel 2: 9466kg
Totaal gewicht W4S350+5: 31287kg

Benaming: Mast type W4S350+5

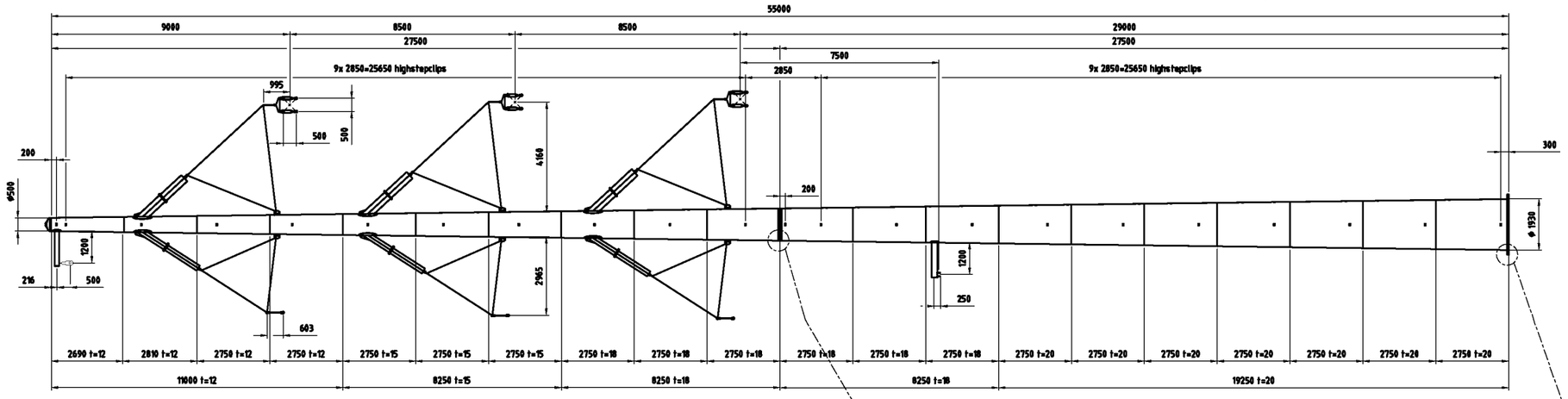
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maatsenheid: mm	Adres:
2	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
4	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

VolkerWessels Telecom

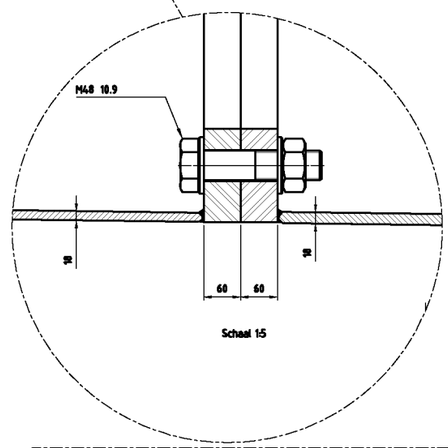
Projectie | Tek.nr.: MS-0004/03 | A1

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

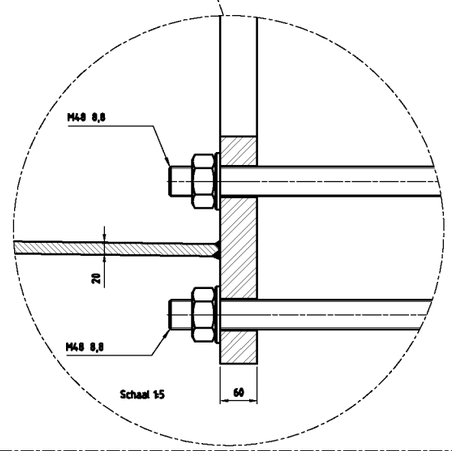
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden



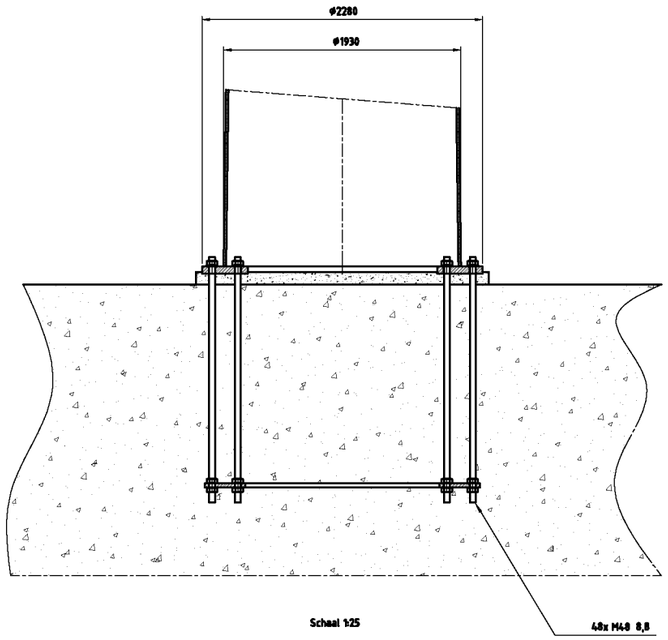
Schaal 1:100



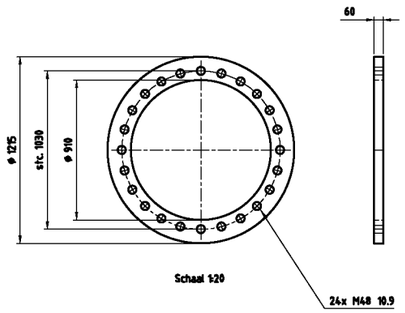
Schaal 1:5



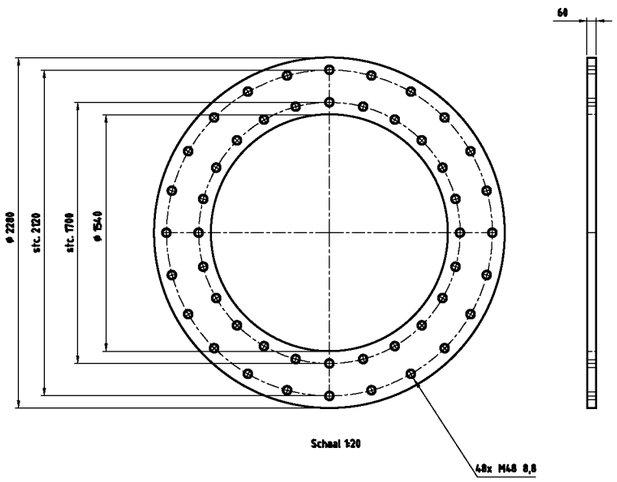
Schaal 1:5



Schaal 1:25



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: 2
Gewicht mastdeel 1: 21821kg
Gewicht mastdeel 2: 9466kg
Totaal gewicht W4S350+5: 31287kg

Benaming: Mast type W4S350+5

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100 1:25 1:20 1:5	Plaats:
1	27-11-2012	WvL		Maatsenheid: mm	Adres:
2	11-01-2013	HS		Materiaal: S 235 JR	Opstelpunt nr:
4	30-01-2014	WvL		Finish: Thermisch verzinken	

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS-0004/03 | 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

Bijlage 5b

Constructieberekeningen masten

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W2H350(+5)”

Tracé – Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	22 - 02 - 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 “W2H350(+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 47m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 37,5m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 30m 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 H, H1 en H2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H350(+5) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring Noord , 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 W2H350(+5) zijn de bijlage H en H1 (berekening maststerkte) en bijlage H2 (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 55,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,590 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit twee segmenten. De segmenten zijn 27,0 meter en 28,0 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 W2H350(+5) zijn de bijlage H en H1 (berekening maststerkte) en bijlage H2 (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 "W2H350(+5)"

Berekening

W2H350+5

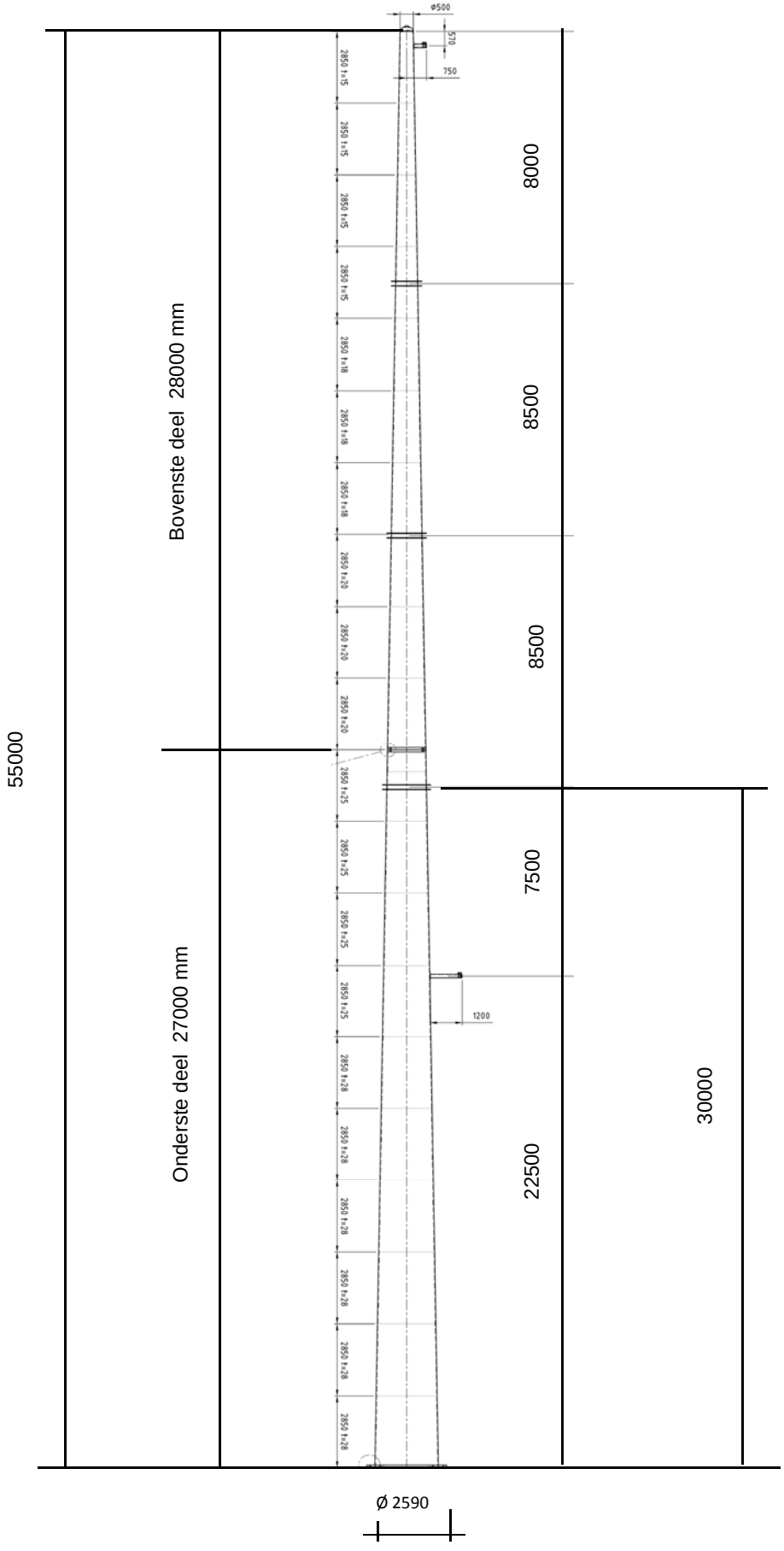
55,0 m - 2590 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,545

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	54,72
2	2280	608	522	n.v.t.	2	1	53,29
3	1425	662	608	n.v.t.	2	1	51,44
4	1425	717	662	n.v.t.	2	1	50,01
5	2300	804	717	n.v.t.	2	1	48,15
6	550	825	804	n.v.t.	2	1	46,73
7	1425	879	825	n.v.t.	2	1	45,74
8	1425	933	879	n.v.t.	2	1	44,31
9	2850	1042	933	n.v.t.	2	1	42,18
10	2250	1127	1042	n.v.t.	2	1	39,63
11	600	1150	1127	n.v.t.	2	1	38,20
12	2850	1258	1150	n.v.t.	2	1	36,48
13	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	33,63
14	2200	1450	1366	n.v.t.	2	1	31,10
15	650	1475	1450	n.v.t.	2	1	29,68
16	2350	1564	1475	n.v.t.	2	1	28,18
17	2750	1669	1564	n.v.t.	2	1	25,63
18	1750	1735	1669	n.v.t.	2	1	23,38
19	1000	1773	1735	n.v.t.	2	1	22,00
20	2750	1878	1773	n.v.t.	2	1	20,13
21	2750	1982	1878	n.v.t.	2	1	17,38
22	2750	2087	1982	n.v.t.	2	1	14,63
23	2750	2191	2087	n.v.t.	2	1	11,88
24	2750	2296	2191	n.v.t.	2	1	9,13
25	2750	2400	2296	n.v.t.	2	1	6,38
26	2500	2495	2400	n.v.t.	2	1	3,75
27	2500	2590	2495	n.v.t.	2	1	1,25
	55000				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	15,0	23365	183,42	7,19E+08	175,38	2,81E+06
2	565	15,0	25917	203,45	9,81E+08	194,52	3,47E+06
3	635	15,0	29234	229,49	1,41E+09	219,40	4,43E+06
4	690	15,0	31786	249,52	1,81E+09	238,54	5,25E+06
5	760	15,0	35121	275,70	2,44E+09	263,56	6,42E+06
6	814	15,0	37673	295,73	3,01E+09	282,70	7,39E+06
7	852	18,0	47160	370,21	4,10E+09	294,92	9,63E+06
8	906	18,0	50222	394,24	4,95E+09	314,06	1,09E+07
9	987	18,0	54815	430,30	6,44E+09	342,78	1,30E+07
10	1084	20,0	66869	524,92	9,47E+09	376,34	1,75E+07
11	1138	20,0	70271	551,63	1,10E+10	395,48	1,93E+07
12	1204	20,0	74390	583,96	1,30E+10	418,65	2,17E+07
13	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
14	1408	22,0	95807	752,09	2,30E+10	490,16	3,27E+07
15	1462	22,0	99550	781,47	2,58E+10	509,30	3,53E+07
16	1519	22,0	103489	812,39	2,90E+10	529,45	3,82E+07
17	1616	22,0	110187	864,97	3,50E+10	563,71	4,33E+07
18	1702	22,0	116096	911,35	4,10E+10	593,93	4,81E+07
19	1754	22,0	119707	939,70	4,49E+10	612,40	5,12E+07
20	1825	25,0	141391	1109,92	5,73E+10	636,55	6,28E+07
21	1930	25,0	149599	1174,35	6,79E+10	673,49	7,03E+07
22	2034	25,0	157806	1238,78	7,96E+10	710,43	7,83E+07
23	2139	25,0	166014	1303,21	9,27E+10	747,38	8,67E+07
24	2243	25,0	174221	1367,63	1,07E+11	784,32	9,56E+07
25	2348	25,0	182428	1432,06	1,23E+11	821,26	1,05E+08
26	2448	25,0	190263	1493,56	1,40E+11	856,53	1,14E+08
27	2543	25,0	197724	1552,13	1,57E+11	890,11	1,23E+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	55000	1 -- 2	1	570	2,34E+04	7,19E+08
2	54430	2 -- 3	2	2280	2,59E+04	9,81E+08
3	52150	3 -- 4	3	1425	2,92E+04	1,41E+09
4	50725	4 -- 5	4	1425	3,18E+04	1,81E+09
5	49300	5 -- 6	5	2300	3,51E+04	2,44E+09
6	47000	6 -- 7	6	550	3,77E+04	3,01E+09
7	46450	7 -- 8	7	1425	4,72E+04	4,10E+09
8	45025	8 -- 9	8	1425	5,02E+04	4,95E+09
9	43600	9 -- 10	9	2850	5,48E+04	6,44E+09
10	40750	10 -- 11	10	2250	6,69E+04	9,47E+09
11	38500	11 -- 12	11	600	7,03E+04	1,10E+10
12	37900	12 -- 13	12	2850	7,44E+04	1,30E+10
13	35050	13 -- 14	13	2850	8,12E+04	1,70E+10
14	32200	14 -- 15	14	2200	9,58E+04	2,30E+10
15	30000	15 -- 16	15	650	9,95E+04	2,58E+10
16	29350	16 -- 17	16	2350	1,03E+05	2,90E+10
17	27000	17 -- 18	17	2750	1,10E+05	3,50E+10
18	24250	18 -- 19	18	1750	1,16E+05	4,10E+10
19	22500	19 -- 20	19	1000	1,20E+05	4,49E+10
20	21500	20 -- 21	20	2750	1,41E+05	5,73E+10
21	18750	21 -- 22	21	2750	1,50E+05	6,79E+10
22	16000	22 -- 23	22	2750	1,58E+05	7,96E+10
23	13250	23 -- 24	23	2750	1,66E+05	9,27E+10
24	10500	24 -- 25	24	2750	1,74E+05	1,07E+11
25	7750	25 -- 26	25	2750	1,82E+05	1,23E+11
26	5000	26 -- 27	26	2500	1,90E+05	1,40E+11
27	2500	27 -- 28	27	2500	1,98E+05	1,57E+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	54,72	0,21	1,17	31,72	0,18	1413
2	53,29	0,21	1,17	31,57	0,18	1404
3	51,44	0,21	1,16	31,37	0,18	1391
4	50,01	0,21	1,16	31,21	0,18	1381
5	48,15	0,21	1,15	31,00	0,18	1367
6	46,73	0,21	1,14	30,83	0,18	1356
7	45,74	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
8	44,31	0,21	1,13	30,53	0,19	1338
9	42,18	0,21	1,12	30,25	0,19	1320
10	39,63	0,21	1,11	29,90	0,19	1298
11	38,20	0,21	1,10	29,69	0,19	1285
12	36,48	0,21	1,09	29,43	0,19	1269
13	33,63	0,21	1,07	28,97	0,20	1241
14	31,10	0,21	1,06	28,53	0,20	1214
15	29,68	0,21	1,05	28,26	0,20	1198
16	28,18	0,21	1,04	27,97	0,20	1181
17	25,63	0,21	1,02	27,43	0,21	1149
18	23,38	0,21	1,00	26,91	0,21	1118
19	22,00	0,21	0,98	26,57	0,21	1098
20	20,13	0,21	0,97	26,07	0,22	1069
21	17,38	0,21	0,93	25,24	0,22	1022
22	14,63	0,21	0,90	24,26	0,23	968
23	11,88	0,21	0,86	23,09	0,24	904
24	9,13	0,21	0,80	21,60	0,26	826
25	6,38	0,21	0,72	19,57	0,29	723
26	3,75	0,21	0,63	16,93	0,33	598
27	1,25	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	1131	400	0,40	0,00	1,70E-02	540,47
2	2 -- 3	4981	3244	4,77	0,55	1,70E-02	530,76
3	3 -- 4	3484		9,76	17,12	1,69E-02	491,98
4	4 -- 5	3769		13,24	33,50	1,68E-02	467,90
5	5 -- 6	6686		17,01	55,05	1,67E-02	444,03
6	6 -- 7	1709	26092	49,79	101,86	1,63E-02	406,06
7	7 -- 8	5489		51,50	129,71	1,62E-02	397,11
8	8 -- 9	5832		56,99	207,01	1,59E-02	374,18
9	9 -- 10	12691		62,82	292,37	1,56E-02	351,69
10	10 -- 11	12148		75,51	489,48	1,48E-02	308,30
11	11 -- 12	3400	26523	114,18	673,05	1,41E-02	275,74
12	12 -- 13	17070		117,58	742,57	1,39E-02	267,31
13	13 -- 14	18593		134,65	1102,00	1,30E-02	228,85
14	14 -- 15	16876		153,24	1512,25	1,19E-02	193,24
15	15 -- 16	5177	26953	197,07	1867,94	1,12E-02	167,78
16	16 -- 17	19444		202,25	1997,72	1,09E-02	160,59
17	17 -- 18	24199	8716	230,41	2495,85	1,01E-02	135,85
18	18 -- 19	16211		254,61	3162,75	9,02E-03	109,52
19	19 -- 20	9547	6730	277,55	3622,50	8,33E-03	94,32
20	20 -- 21	30935		287,10	3904,82	7,93E-03	86,18
21	21 -- 22	32707		318,03	4736,87	6,95E-03	65,67
22	22 -- 23	34479		350,74	5656,42	5,95E-03	47,90
23	23 -- 24	36251		385,22	6668,36	4,94E-03	32,90
24	24 -- 25	38022		421,47	7777,55	3,92E-03	20,69
25	25 -- 26	39794		459,49	8988,87	2,89E-03	11,29
26	26 -- 27	37714		499,28	10307,18	1,87E-03	4,71
27	27 -- 28	39178		537,00	11602,54	9,34E-04	1,19
28			31251	607,43	12994,01	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	113,1	40,0	0,540	806,35	44,131
2	2 -- 3	498,1	324,4	0,531	4187,64	221,629
3	3 -- 4	348,4		0,492	1640,34	80,251
4	4 -- 5	376,9		0,468	1686,08	78,368
5	5 -- 6	668,6		0,444	2787,91	120,793
6	6 -- 7	170,9	2609,2	0,406	11066,97	457,777
7	7 -- 8	548,9		0,397	2076,65	81,635
8	8 -- 9	583,2		0,374	2076,33	76,817
9	9 -- 10	1269,1		0,352	4108,42	138,202
10	10 -- 11	1214,8		0,308	3480,08	103,593
11	11 -- 12	340,0	2652,3	0,276	8079,88	226,718
12	12 -- 13	1707,0		0,267	4154,38	105,058
13	13 -- 14	1859,3		0,229	3849,36	82,812
14	14 -- 15	1687,6		0,193	2988,40	54,989
15	15 -- 16	517,7	2695,3	0,168	5270,03	89,827
16	16 -- 17	1944,4		0,161	2827,14	42,715
17	17 -- 18	2419,9	871,6	0,136	4074,01	52,508
18	18 -- 19	1621,1		0,110	1620,86	16,840
19	19 -- 20	954,7	673,0	0,094	1467,97	13,763
20	20 -- 21	3093,5		0,086	2304,24	17,835
21	21 -- 22	3270,7		0,066	1822,06	10,547
22	22 -- 23	3447,9		0,048	1366,47	5,627
23	23 -- 24	3625,1		0,033	952,87	2,603
24	24 -- 25	3802,2		0,021	596,50	0,972
25	25 -- 26	3979,4		0,011	312,45	0,255
26	26 -- 27	3771,4		0,005	109,21	0,033
27	27 -- 28	3917,8		0,001	22,86	0,001
28			3125,1	0,000	0,00	0,000
				Som	75735	2126

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

$n_{1,x}$	=	0,95	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	838	0,991	0,570	0,56	468,96	0,56
2 -- 3	218	0,946	2,280	2,04	445,87	2,16
3 -- 4	244	0,888	1,425	1,12	274,73	1,27
4 -- 5	265	0,844	1,425	1,01	268,28	1,20
5 -- 6	1425	0,786	2,300	1,42	2027,26	1,81
6 -- 7	311	0,743	0,550	0,30	94,35	0,41
7 -- 8	385	0,714	1,425	0,73	279,47	1,02
8 -- 9	409	0,672	1,425	0,64	262,97	0,96
9 -- 10	445	0,611	2,850	1,06	473,12	1,74
10 -- 11	1719	0,540	2,250	0,66	1128,90	1,22
11 -- 12	567	0,502	0,600	0,15	85,81	0,30
12 -- 13	599	0,459	2,850	0,60	359,65	1,31
13 -- 14	652	0,390	2,850	0,43	283,50	1,11
14 -- 15	1992	0,334	2,200	0,25	488,90	0,73
15 -- 16	796	0,304	0,650	0,06	47,77	0,20
16 -- 17	1198	0,274	2,350	0,18	211,78	0,64
17 -- 18	880	0,227	2,750	0,14	124,69	0,62
18 -- 19	1311	0,189	1,750	0,06	81,58	0,33
19 -- 20	955	0,167	1,000	0,03	26,62	0,17
20 -- 21	1125	0,140	2,750	0,05	61,05	0,39
21 -- 22	1189	0,105	2,750	0,03	36,11	0,29
22 -- 23	1254	0,075	2,750	0,02	19,26	0,21
23 -- 24	1318	0,050	2,750	0,01	8,91	0,14
24 -- 25	1383	0,030	2,750	0,00	3,33	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,87	0,04
26 -- 27	1509	0,005	2,500	0,00	0,11	0,01
27 -- 28	2817	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,56	7563,88	18,91

m_e = 7563,9 / 11,6 = 654,2 kg/m

3,3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,95	Hz
b =	1,55	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	103,71	

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

B^2 =	0,56	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,054	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,066	
$v_m(z_s)$ =	28,86	m/s
$v_m(z)$ =	31,75	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	3,10	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,58	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,82	
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 =	0,69	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,71	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,65

$c_s c_d$ =	**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	47,55	1,62E+06	0,80	0,80	0,64
2	47,39	1,79E+06	0,80	0,80	0,64
3	47,18	2,00E+06	0,80	0,80	0,64
4	47,00	2,16E+06	0,80	0,80	0,64
5	46,77	2,37E+06	0,80	0,80	0,64
6	46,59	2,53E+06	0,80	0,80	0,64
7	46,45	2,64E+06	0,79	0,80	0,63
8	46,26	2,79E+06	0,79	0,80	0,63
9	45,96	3,03E+06	0,79	0,80	0,63
10	45,57	3,29E+06	0,79	0,80	0,63
11	45,35	3,44E+06	0,79	0,80	0,63
12	45,06	3,62E+06	0,79	0,80	0,63
13	44,56	3,90E+06	0,79	0,80	0,63
14	44,08	4,14E+06	0,79	0,80	0,63
15	43,78	4,27E+06	0,79	0,80	0,63
16	43,46	4,40E+06	0,79	0,80	0,63
17	42,87	4,62E+06	0,79	0,80	0,63
18	42,30	4,80E+06	0,79	0,80	0,63
19	41,92	4,90E+06	0,78	0,80	0,63
20	41,36	5,03E+06	0,78	0,80	0,63
21	40,44	5,20E+06	0,78	0,80	0,62
22	39,35	5,34E+06	0,78	0,80	0,62
23	38,03	5,42E+06	0,78	0,80	0,62
24	36,34	5,44E+06	0,78	0,80	0,62
25	34,02	5,32E+06	0,77	0,80	0,62
26	30,93	5,05E+06	0,77	0,80	0,61
27	30,93	5,24E+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	54,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10.0 (18 - 11 - 2013) Appendix - H, H1 en H2		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Retourstroomgeleider	22,50	1			
				Σ Gew (kg) :	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	54,43	0,761
1e traverse - 380C1F1	47,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	38,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	30,00	0,000
Retourstroomgeleider	22,50	2,068

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	54,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Retourstroomgeleider	22,50	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	1045	86	1131	0,186	0,068	394	0,691
2	4639	342	4981	0,822	0,274	1684	0,739
3	3270	214	3484	0,577	0,171	1139	0,799
4	3556	214	3769	0,625	0,171	1204	0,845
5	6341	345	6686	1,112	0,276	2077	0,903
6	1627	83	1709	0,285	0,066	521	0,946
7	5275	214	5489	0,771	0,171	1391	0,976
8	5618	214	5832	0,819	0,171	1450	1,017
9	12264	428	12691	1,783	0,342	3071	1,077
10	11811	338	12148	1,543	0,270	2577	1,145
11	3310	90	3400	0,432	0,072	709	1,182
12	16643	428	17070	2,167	0,342	3487	1,223
13	18165	428	18593	2,359	0,342	3670	1,288
14	16546	330	16876	1,952	0,264	2945	1,339
15	5080	98	5177	0,598	0,078	887	1,365
16	19091	353	19444	2,246	0,282	3267	1,390
17	23787	413	24199	2,792	0,330	3926	1,428
18	15949	263	16211	1,868	0,210	2544	1,454
19	9397	150	9547	1,099	0,120	1466	1,466
20	30523	413	30935	3,142	0,330	4065	1,478
21	32295	413	32707	3,316	0,330	4080	1,484
22	34066	413	34479	3,487	0,330	4046	1,471
23	35838	413	36251	3,656	0,330	3946	1,435
24	37610	413	38022	3,822	0,330	3753	1,365
25	39382	413	39794	3,979	0,330	3413	1,241
26	37339	375	37714	3,744	0,300	2648	1,059
27	38803	375	39178	3,889	0,300	2742	1,097
	469268	8250	477518	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	67100

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	2381	480	480	480	480
2	2 -- 3	2621	3894	3892	16168	5398
3	3 -- 4	2934				
4	4 -- 5	3174				
5	5 -- 6	3488				
6	6 -- 7	3729	31317	31301	52883	37327
7	7 -- 8	4622				
8	8 -- 9	4911				
9	9 -- 10	5344				
10	10 -- 11	6479				
11	11 -- 12	6800	31831	31817	53399	37843
12	12 -- 13	7188				
13	13 -- 14	7829				
14	14 -- 15	9205				
15	15 -- 16	9558	32347	32333	53915	38359
16	16 -- 17	9929				
17	17 -- 18	10560	10460	10460	10460	10460
18	18 -- 19	11116				
19	19 -- 20	11456	8076	8072	32664	11084
20	20 -- 21	13499				
21	21 -- 22	14272				
22	22 -- 23	15045				
23	23 -- 24	15818				
24	24 -- 25	16592				
25	25 -- 26	17365				
26	26 -- 27	18103				
27	27 -- 28	18806				
28			37501	37501	37501	37501

KEMA rapport - bijlage H - 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 3110 / 2010 , t = 90 mm ; G = 3125 kg
Flenzen op 27m : 2 * rond 1564 / 1250 , t = 80 mm ; G = 872 kg

Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 47m : 2 * rond 1074 / 804 , t = 20 mm ; G = 125 kg
Bevestigingsringen op 38,5m : 2 * rond 1397 / 1127 , t = 20 mm ; G = 168 kg
Bevestigingsringen op 30m : 2 * rond 1720 / 1450 , t = 20 mm ; G = 211 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	691				
2	2 -- 3	739	28482	18336	46408	19244
3	3 -- 4	799				
4	4 -- 5	845				
5	5 -- 6	903				
6	6 -- 7	946	180746	138528	189504	131850
7	7 -- 8	976				
8	8 -- 9	1017				
9	9 -- 10	1077				
10	10 -- 11	1145				
11	11 -- 12	1182	173912	137792	187058	131180
12	12 -- 13	1223				
13	13 -- 14	1288				
14	14 -- 15	1339				
15	15 -- 16	1365	165680	136924	184174	130384
16	16 -- 17	1390				
17	17 -- 18	1428				
18	18 -- 19	1454				
19	19 -- 20	1466	47180	36210	87608	38428
20	20 -- 21	1478				
21	21 -- 22	1484				
22	22 -- 23	1471				
23	23 -- 24	1435				
24	24 -- 25	1365				
25	25 -- 26	1241				
26	26 -- 27	1059				
27	27 -- 28	1097				
28						

KEMA rapport - bijlage H2 - 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	1105				
2	2 -- 3	1182	38170	21578	60812	23602
3	3 -- 4	1279				
4	4 -- 5	1352				
5	5 -- 6	1445				
6	6 -- 7	1514	236908	159920	237350	157856
7	7 -- 8	1561				
8	8 -- 9	1628				
9	9 -- 10	1724				
10	10 -- 11	1833				
11	11 -- 12	1890	226806	158738	233646	156802
12	12 -- 13	1957				
13	13 -- 14	2060				
14	14 -- 15	2142				
15	15 -- 16	2184	214530	157344	229270	155554
16	16 -- 17	2225				
17	17 -- 18	2284				
18	18 -- 19	2326				
19	19 -- 20	2346	61738	42050	113804	46678
20	20 -- 21	2365				
21	21 -- 22	2374				
22	22 -- 23	2354				
23	23 -- 24	2296				
24	24 -- 25	2183				
25	25 -- 26	1985				
26	26 -- 27	1694				
27	27 -- 28	1755				
28						

KEMA rapport - bijlage G - 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	394		0	0,00E+00	2,65E-03	80
2	2 -- 3	1684		394	1,19E+05	2,65E-03	78
3	3 -- 4	1139		2078	2,99E+06	2,63E-03	72
4	4 -- 5	1204		3217	6,82E+06	2,61E-03	68
5	5 -- 6	2077		4421	1,23E+07	2,57E-03	65
6	6 -- 7	521		6498	2,52E+07	2,49E-03	59
7	7 -- 8	1391		7019	2,90E+07	2,47E-03	57
8	8 -- 9	1450		8409	4,01E+07	2,41E-03	54
9	9 -- 10	3071		9859	5,34E+07	2,35E-03	51
10	10 -- 11	2577		12930	8,63E+07	2,20E-03	44
11	11 -- 12	709		15507	1,19E+08	2,09E-03	39
12	12 -- 13	3487		16216	1,29E+08	2,06E-03	38
13	13 -- 14	3670		19702	1,80E+08	1,90E-03	32
14	14 -- 15	2945		23372	2,43E+08	1,73E-03	27
15	15 -- 16	887		26317	2,98E+08	1,61E-03	23
16	16 -- 17	3267		27204	3,16E+08	1,57E-03	22
17	17 -- 18	3926		30472	3,84E+08	1,43E-03	19
18	18 -- 19	2544		34398	4,74E+08	1,27E-03	15
19	19 -- 20	1466		36942	5,37E+08	1,17E-03	13
20	20 -- 21	4065		38409	5,75E+08	1,11E-03	12
21	21 -- 22	4080		42474	6,87E+08	9,68E-04	9
22	22 -- 23	4046		46554	8,11E+08	8,24E-04	7
23	23 -- 24	3946		50599	9,45E+08	6,80E-04	4
24	24 -- 25	3753		54545	1,09E+09	5,36E-04	3
25	25 -- 26	3413		58298	1,25E+09	3,94E-04	2
26	26 -- 27	2648		61710	1,41E+09	2,53E-04	1
27	27 -- 28	2742		64358	1,57E+09	1,25E-04	0
28				67100	1,73E+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	4,36E-02	1287
2	2 -- 3		28482	28482	1,17E+05	4,36E-02	1262
3	3 -- 4			28482	6,60E+07	4,32E-02	1163
4	4 -- 5			28482	1,07E+08	4,28E-02	1102
5	5 -- 6			28482	1,49E+08	4,23E-02	1041
6	6 -- 7		180746	209228	2,19E+08	4,15E-02	944
7	7 -- 8			209228	3,36E+08	4,13E-02	922
8	8 -- 9			209228	6,37E+08	4,05E-02	863
9	9 -- 10			209228	9,39E+08	3,94E-02	806
10	10 -- 11			209228	1,54E+09	3,68E-02	697
11	11 -- 12		173912	383140	2,02E+09	3,48E-02	617
12	12 -- 13			383140	2,26E+09	3,42E-02	596
13	13 -- 14			383140	3,36E+09	3,13E-02	502
14	14 -- 15			383140	4,46E+09	2,82E-02	417
15	15 -- 16		165680	548820	5,32E+09	2,60E-02	358
16	16 -- 17			548820	5,68E+09	2,53E-02	341
17	17 -- 18			548820	6,98E+09	2,29E-02	284
18	18 -- 19			548820	8,51E+09	2,00E-02	225
19	19 -- 20		47180	596000	9,48E+09	1,82E-02	192
20	20 -- 21			596000	1,01E+10	1,71E-02	174
21	21 -- 22			596000	1,17E+10	1,46E-02	131
22	22 -- 23			596000	1,34E+10	1,22E-02	94
23	23 -- 24			596000	1,50E+10	9,87E-03	63
24	24 -- 25			596000	1,67E+10	7,63E-03	39
25	25 -- 26			596000	1,83E+10	5,49E-03	21
26	26 -- 27			596000	2,00E+10	3,45E-03	9
27	27 -- 28			596000	2,15E+10	1,69E-03	2
28	28 -- 29			596000	2,30E+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	3,29E-02	986
2	2 -- 3		18336	18336	8,85E+04	3,29E-02	968
3	3 -- 4			18336	4,26E+07	3,27E-02	893
4	4 -- 5			18336	6,94E+07	3,24E-02	846
5	5 -- 6			18336	9,63E+07	3,21E-02	800
6	6 -- 7		138528	156864	1,42E+08	3,16E-02	727
7	7 -- 8			156864	2,29E+08	3,14E-02	710
8	8 -- 9			156864	4,55E+08	3,09E-02	665
9	9 -- 10			156864	6,81E+08	3,01E-02	622
10	10 -- 11			156864	1,13E+09	2,82E-02	539
11	11 -- 12		137792	294656	1,49E+09	2,67E-02	477
12	12 -- 13			294656	1,67E+09	2,63E-02	461
13	13 -- 14			294656	2,52E+09	2,41E-02	389
14	14 -- 15			294656	3,37E+09	2,17E-02	323
15	15 -- 16		136924	431580	4,03E+09	2,01E-02	277
16	16 -- 17			431580	4,31E+09	1,96E-02	265
17	17 -- 18			431580	5,34E+09	1,77E-02	221
18	18 -- 19			431580	6,54E+09	1,55E-02	175
19	19 -- 20		36210	467790	7,30E+09	1,41E-02	149
20	20 -- 21			467790	7,77E+09	1,33E-02	135
21	21 -- 22			467790	9,07E+09	1,14E-02	101
22	22 -- 23			467790	1,04E+10	9,48E-03	73
23	23 -- 24			467790	1,17E+10	7,67E-03	49
24	24 -- 25			467790	1,30E+10	5,93E-03	30
25	25 -- 26			467790	1,42E+10	4,27E-03	16
26	26 -- 27			467790	1,55E+10	2,69E-03	7
27	27 -- 28			467790	1,67E+10	1,31E-03	2
28				467790	1,79E+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	5,13E-02	1477
2	2 -- 3		46408	46408	1,38E+05	5,13E-02	1448
3	3 -- 4			46408	1,07E+08	5,07E-02	1331
4	4 -- 5			46408	1,74E+08	5,00E-02	1259
5	5 -- 6			46408	2,41E+08	4,93E-02	1188
6	6 -- 7		189504	235912	3,54E+08	4,79E-02	1077
7	7 -- 8			235912	4,85E+08	4,76E-02	1050
8	8 -- 9			235912	8,25E+08	4,65E-02	983
9	9 -- 10			235912	1,16E+09	4,51E-02	918
10	10 -- 11			235912	1,85E+09	4,20E-02	793
11	11 -- 12		187058	422970	2,39E+09	3,96E-02	701
12	12 -- 13			422970	2,64E+09	3,89E-02	678
13	13 -- 14			422970	3,86E+09	3,56E-02	571
14	14 -- 15			422970	5,08E+09	3,20E-02	475
15	15 -- 16		184174	607144	6,03E+09	2,95E-02	407
16	16 -- 17			607144	6,43E+09	2,87E-02	388
17	17 -- 18			607144	7,87E+09	2,60E-02	324
18	18 -- 19			607144	9,55E+09	2,27E-02	257
19	19 -- 20		87608	694752	1,06E+10	2,06E-02	219
20	20 -- 21			694752	1,13E+10	1,95E-02	199
21	21 -- 22			694752	1,33E+10	1,67E-02	149
22	22 -- 23			694752	1,52E+10	1,39E-02	107
23	23 -- 24			694752	1,71E+10	1,13E-02	72
24	24 -- 25			694752	1,90E+10	8,73E-03	45
25	25 -- 26			694752	2,09E+10	6,29E-03	24
26	26 -- 27			694752	2,29E+10	3,96E-03	10
27	27 -- 28			694752	2,46E+10	1,94E-03	2
28				694752	2,63E+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	3,19E-02	951
2	2 -- 3		19244	19244	8,58E+04	3,19E-02	932
3	3 -- 4			19244	4,47E+07	3,16E-02	860
4	4 -- 5			19244	7,27E+07	3,14E-02	815
5	5 -- 6			19244	1,01E+08	3,10E-02	771
6	6 -- 7		131850	151094	1,49E+08	3,05E-02	700
7	7 -- 8			151094	2,33E+08	3,03E-02	683
8	8 -- 9			151094	4,50E+08	2,98E-02	640
9	9 -- 10			151094	6,68E+08	2,90E-02	598
10	10 -- 11			151094	1,10E+09	2,71E-02	518
11	11 -- 12		131180	282274	1,45E+09	2,57E-02	459
12	12 -- 13			282274	1,62E+09	2,53E-02	443
13	13 -- 14			282274	2,44E+09	2,32E-02	374
14	14 -- 15			282274	3,25E+09	2,09E-02	311
15	15 -- 16		130384	412658	3,88E+09	1,93E-02	267
16	16 -- 17			412658	4,15E+09	1,88E-02	254
17	17 -- 18			412658	5,13E+09	1,70E-02	212
18	18 -- 19			412658	6,28E+09	1,49E-02	168
19	19 -- 20		38428	451086	7,00E+09	1,35E-02	143
20	20 -- 21			451086	7,46E+09	1,28E-02	130
21	21 -- 22			451086	8,71E+09	1,09E-02	98
22	22 -- 23			451086	9,96E+09	9,12E-03	70
23	23 -- 24			451086	1,12E+10	7,38E-03	47
24	24 -- 25			451086	1,25E+10	5,71E-03	29
25	25 -- 26			451086	1,37E+10	4,11E-03	16
26	26 -- 27			451086	1,49E+10	2,59E-03	6
27	27 -- 28			451086	1,61E+10	1,26E-03	2
28				451086	1,72E+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	1,06E-04	1
2	2 -- 3				2,47E+06	1,06E-04	1
3	3 -- 4				2,47E+06	7,89E-05	1
4	4 -- 5				2,47E+06	6,70E-05	1
5	5 -- 6				2,47E+06	5,77E-05	1
6	6 -- 7				2,47E+06	4,66E-05	1
7	7 -- 8				2,47E+06	4,45E-05	1
8	8 -- 9				2,47E+06	4,04E-05	1
9	9 -- 10				2,47E+06	3,70E-05	1
10	10 -- 11				2,47E+06	3,18E-05	1
11	11 -- 12				2,47E+06	2,90E-05	1
12	12 -- 13				2,47E+06	2,84E-05	1
13	13 -- 14				2,47E+06	2,58E-05	0
14	14 -- 15				2,47E+06	2,38E-05	0
15	15 -- 16				2,47E+06	2,27E-05	0
16	16 -- 17				2,47E+06	2,24E-05	0
17	17 -- 18				2,47E+06	2,15E-05	0
18	18 -- 19				2,47E+06	2,05E-05	0
19	19 -- 20				1,64E+07	2,00E-05	0
20	20 -- 21				1,64E+07	1,83E-05	0
21	21 -- 22				1,64E+07	1,46E-05	0
22	22 -- 23				1,64E+07	1,14E-05	0
23	23 -- 24				1,64E+07	8,70E-06	0
24	24 -- 25				1,64E+07	6,39E-06	0
25	25 -- 26				1,64E+07	4,39E-06	0
26	26 -- 27				1,64E+07	2,64E-06	0
27	27 -- 28				1,64E+07	1,24E-06	0
28					1,64E+07	0,00E+00	0

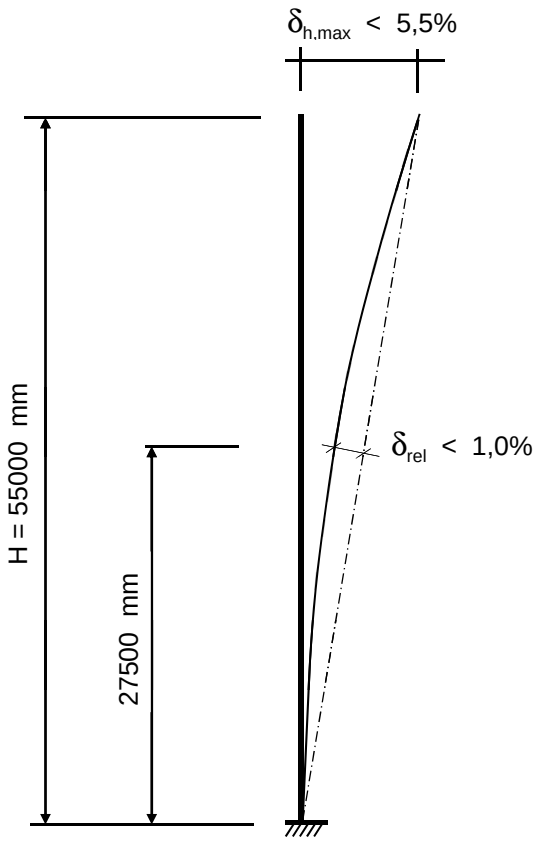
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
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	5,2E-02	1502
2	2 -- 3	5,2E-02	1472
3	3 -- 4	5,2E-02	1354
4	4 -- 5	5,1E-02	1281
5	5 -- 6	5,0E-02	1209
6	6 -- 7	4,9E-02	1095
7	7 -- 8	4,8E-02	1068
8	8 -- 9	4,7E-02	1000
9	9 -- 10	4,6E-02	934
10	10 -- 11	4,3E-02	807
11	11 -- 12	4,0E-02	714
12	12 -- 13	4,0E-02	690
13	13 -- 14	3,6E-02	582
14	14 -- 15	3,3E-02	484
15	15 -- 16	3,0E-02	415
16	16 -- 17	2,9E-02	395
17	17 -- 18	2,6E-02	330
18	18 -- 19	2,3E-02	262
19	19 -- 20	2,1E-02	223
20	20 -- 21	2,0E-02	203
21	21 -- 22	1,7E-02	152
22	22 -- 23	1,4E-02	109
23	23 -- 24	1,1E-02	74
24	24 -- 25	8,9E-03	46
25	25 -- 26	6,4E-03	24
26	26 -- 27	4,0E-03	10
27	27 -- 28	2,0E-03	2
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1502 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 2,73 % 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 = 27000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 330 mm
α = 1,56 graden

δ_{rel} = 407 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 0,74 % 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	591	480	0	0,00E+00	4,18E-03	126
2	2 -- 3	2526	5731	630	1,80E+05	4,18E-03	124
3	3 -- 4	1709	11708	3324	4,69E+06	4,16E-03	114
4	4 -- 5	1806	15889	5147	1,07E+07	4,13E-03	108
5	5 -- 6	3116	20412	7073	1,94E+07	4,07E-03	102
6	6 -- 7	781	59752	10397	3,95E+07	3,94E-03	93
7	7 -- 8	2086	61803	11230	4,55E+07	3,90E-03	91
8	8 -- 9	2175	68390	13455	6,31E+07	3,81E-03	85
9	9 -- 10	4606	75388	15775	8,39E+07	3,71E-03	80
10	10 -- 11	3866	90617	20688	1,36E+08	3,49E-03	70
11	11 -- 12	1063	137026	24811	1,87E+08	3,30E-03	62
12	12 -- 13	5230	141106	25945	2,02E+08	3,25E-03	60
13	13 -- 14	5504	161590	31524	2,84E+08	3,00E-03	51
14	14 -- 15	4418	183901	37395	3,82E+08	2,74E-03	43
15	15 -- 16	1331	236499	42107	4,70E+08	2,54E-03	37
16	16 -- 17	4901	242712	43527	4,98E+08	2,48E-03	36
17	17 -- 18	5890	276504	48755	6,06E+08	2,27E-03	30
18	18 -- 19	3817	305543	55037	7,49E+08	2,02E-03	24
19	19 -- 20	2199	333072	59108	8,49E+08	1,86E-03	21
20	20 -- 21	6098	344529	61454	9,09E+08	1,76E-03	19
21	21 -- 22	6120	381651	67958	1,09E+09	1,54E-03	14
22	22 -- 23	6068	420900	74486	1,28E+09	1,31E-03	10
23	23 -- 24	5918	462274	80959	1,50E+09	1,08E-03	7
24	24 -- 25	5629	505775	87272	1,73E+09	8,51E-04	4
25	25 -- 26	5119	551402	93276	1,98E+09	6,25E-04	2
26	26 -- 27	3971	599155	98736	2,24E+09	4,01E-04	1
27	27 -- 28	4114	644412	102972	2,49E+09	1,99E-04	0
28			728927	107360	2,76E+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	5,66E-02	1668
2	2 -- 3		38170	38170	0,00E+00	5,66E-02	1636
3	3 -- 4			38170	8,70E+07	5,61E-02	1507
4	4 -- 5			38170	1,41E+08	5,56E-02	1428
5	5 -- 6			38170	1,96E+08	5,49E-02	1349
6	6 -- 7		236908	275078	2,84E+08	5,39E-02	1224
7	7 -- 8			275078	4,35E+08	5,35E-02	1194
8	8 -- 9			275078	8,27E+08	5,25E-02	1119
9	9 -- 10			275078	1,22E+09	5,11E-02	1045
10	10 -- 11			275078	2,00E+09	4,77E-02	904
11	11 -- 12		226806	501884	2,62E+09	4,51E-02	799
12	12 -- 13			501884	2,92E+09	4,44E-02	772
13	13 -- 14			501884	4,35E+09	4,06E-02	651
14	14 -- 15			501884	5,78E+09	3,65E-02	541
15	15 -- 16		214530	716414	6,89E+09	3,36E-02	463
16	16 -- 17			716414	7,35E+09	3,28E-02	442
17	17 -- 18			716414	9,04E+09	2,96E-02	368
18	18 -- 19			716414	1,10E+10	2,59E-02	292
19	19 -- 20		61738	778152	1,23E+10	2,35E-02	249
20	20 -- 21			778152	1,30E+10	2,22E-02	226
21	21 -- 22			778152	1,52E+10	1,89E-02	169
22	22 -- 23			778152	1,73E+10	1,58E-02	121
23	23 -- 24			778152	1,95E+10	1,28E-02	82
24	24 -- 25			778152	2,16E+10	9,89E-03	51
25	25 -- 26			778152	2,37E+10	7,12E-03	27
26	26 -- 27			778152	2,59E+10	4,48E-03	11
27	27 -- 28			778152	2,78E+10	2,19E-03	3
28				778152	2,98E+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	3,76E-02	1127
2	2 -- 3		21578	21578	0,00E+00	3,76E-02	1106
3	3 -- 4			21578	4,92E+07	3,74E-02	1020
4	4 -- 5			21578	7,99E+07	3,71E-02	967
5	5 -- 6			21578	1,11E+08	3,67E-02	915
6	6 -- 7		159920	181498	1,60E+08	3,61E-02	831
7	7 -- 8			181498	2,60E+08	3,59E-02	811
8	8 -- 9			181498	5,19E+08	3,53E-02	760
9	9 -- 10			181498	7,77E+08	3,44E-02	711
10	10 -- 11			181498	1,29E+09	3,22E-02	616
11	11 -- 12		158738	340236	1,70E+09	3,05E-02	545
12	12 -- 13			340236	1,91E+09	3,00E-02	527
13	13 -- 14			340236	2,88E+09	2,75E-02	445
14	14 -- 15			340236	3,85E+09	2,48E-02	370
15	15 -- 16		157344	497580	4,60E+09	2,29E-02	317
16	16 -- 17			497580	4,92E+09	2,24E-02	302
17	17 -- 18			497580	6,09E+09	2,02E-02	252
18	18 -- 19			497580	7,46E+09	1,77E-02	200
19	19 -- 20		42050	539630	8,33E+09	1,61E-02	170
20	20 -- 21			539630	8,87E+09	1,52E-02	155
21	21 -- 22			539630	1,04E+10	1,30E-02	116
22	22 -- 23			539630	1,18E+10	1,08E-02	83
23	23 -- 24			539630	1,33E+10	8,77E-03	56
24	24 -- 25			539630	1,48E+10	6,79E-03	35
25	25 -- 26			539630	1,63E+10	4,89E-03	19
26	26 -- 27			539630	1,78E+10	3,08E-03	8
27	27 -- 28			539630	1,91E+10	1,50E-03	2
28				539630	2,05E+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	6,43E-02	1844
2	2 -- 3		60812	60812	0,00E+00	6,43E-02	1807
3	3 -- 4			60812	1,39E+08	6,35E-02	1661
4	4 -- 5			60812	2,25E+08	6,26E-02	1571
5	5 -- 6			60812	3,12E+08	6,16E-02	1483
6	6 -- 7		237350	298162	4,52E+08	5,99E-02	1343
7	7 -- 8			298162	6,16E+08	5,94E-02	1310
8	8 -- 9			298162	1,04E+09	5,81E-02	1226
9	9 -- 10			298162	1,47E+09	5,64E-02	1144
10	10 -- 11			298162	2,32E+09	5,24E-02	989
11	11 -- 12		233646	531808	2,99E+09	4,94E-02	875
12	12 -- 13			531808	3,31E+09	4,86E-02	845
13	13 -- 14			531808	4,82E+09	4,43E-02	712
14	14 -- 15			531808	6,34E+09	3,99E-02	592
15	15 -- 16		229270	761078	7,51E+09	3,67E-02	508
16	16 -- 17			761078	8,00E+09	3,58E-02	484
17	17 -- 18			761078	9,79E+09	3,23E-02	404
18	18 -- 19			761078	1,19E+10	2,83E-02	321
19	19 -- 20		113804	874882	1,32E+10	2,57E-02	273
20	20 -- 21			874882	1,41E+10	2,43E-02	248
21	21 -- 22			874882	1,65E+10	2,08E-02	186
22	22 -- 23			874882	1,89E+10	1,74E-02	134
23	23 -- 24			874882	2,13E+10	1,41E-02	90
24	24 -- 25			874882	2,37E+10	1,09E-02	56
25	25 -- 26			874882	2,61E+10	7,85E-03	30
26	26 -- 27			874882	2,85E+10	4,94E-03	12
27	27 -- 28			874882	3,07E+10	2,42E-03	3
28				874882	3,29E+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	3,79E-02	1128
2	2 -- 3		23602	23602	0,00E+00	3,79E-02	1106
3	3 -- 4			23602	5,38E+07	3,76E-02	1020
4	4 -- 5			23602	8,74E+07	3,72E-02	967
5	5 -- 6			23602	1,21E+08	3,68E-02	914
6	6 -- 7		157856	181458	1,75E+08	3,62E-02	830
7	7 -- 8			181458	2,75E+08	3,60E-02	810
8	8 -- 9			181458	5,34E+08	3,53E-02	760
9	9 -- 10			181458	7,92E+08	3,44E-02	710
10	10 -- 11			181458	1,31E+09	3,22E-02	615
11	11 -- 12		156802	338260	1,72E+09	3,05E-02	544
12	12 -- 13			338260	1,92E+09	3,00E-02	526
13	13 -- 14			338260	2,88E+09	2,75E-02	444
14	14 -- 15			338260	3,85E+09	2,48E-02	369
15	15 -- 16		155554	493814	4,59E+09	2,29E-02	317
16	16 -- 17			493814	4,91E+09	2,23E-02	302
17	17 -- 18			493814	6,07E+09	2,02E-02	252
18	18 -- 19			493814	7,43E+09	1,77E-02	200
19	19 -- 20		46678	540492	8,30E+09	1,61E-02	170
20	20 -- 21			540492	8,84E+09	1,52E-02	155
21	21 -- 22			540492	1,03E+10	1,30E-02	116
22	22 -- 23			540492	1,18E+10	1,08E-02	83
23	23 -- 24			540492	1,33E+10	8,77E-03	56
24	24 -- 25			540492	1,48E+10	6,78E-03	35
25	25 -- 26			540492	1,63E+10	4,89E-03	19
26	26 -- 27			540492	1,78E+10	3,08E-03	8
27	27 -- 28			540492	1,91E+10	1,50E-03	2
28				540492	2,05E+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	1,27E-04	2
2	2 -- 3				2,96E+06	1,27E-04	2
3	3 -- 4				2,96E+06	9,47E-05	1
4	4 -- 5				2,96E+06	8,04E-05	1
5	5 -- 6				2,96E+06	6,93E-05	1
6	6 -- 7				2,96E+06	5,60E-05	1
7	7 -- 8				2,96E+06	5,34E-05	1
8	8 -- 9				2,96E+06	4,85E-05	1
9	9 -- 10				2,96E+06	4,44E-05	1
10	10 -- 11				2,96E+06	3,82E-05	1
11	11 -- 12				2,96E+06	3,48E-05	1
12	12 -- 13				2,96E+06	3,41E-05	1
13	13 -- 14				2,96E+06	3,10E-05	1
14	14 -- 15				2,96E+06	2,86E-05	0
15	15 -- 16				2,96E+06	2,73E-05	0
16	16 -- 17				2,96E+06	2,69E-05	0
17	17 -- 18				2,96E+06	2,58E-05	0
18	18 -- 19				2,96E+06	2,46E-05	0
19	19 -- 20				1,97E+07	2,40E-05	0
20	20 -- 21				1,97E+07	2,20E-05	0
21	21 -- 22				1,97E+07	1,75E-05	0
22	22 -- 23				1,97E+07	1,37E-05	0
23	23 -- 24				1,97E+07	1,04E-05	0
24	24 -- 25				1,97E+07	7,67E-06	0
25	25 -- 26				1,97E+07	5,26E-06	0
26	26 -- 27				1,97E+07	3,17E-06	0
27	27 -- 28				1,97E+07	1,49E-06	0
28					1,97E+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	18,01	60,99	12,35
3	3 -- 4	23,98	61,75	152,27
4	4 -- 5	28,16	62,26	240,63
5	5 -- 6	32,69	62,80	329,73
6	6 -- 7	93,59	301,09	475,25
7	7 -- 8	95,64	301,32	640,91
8	8 -- 9	102,23	301,95	1070,74
9	9 -- 10	109,23	302,60	1501,48
10	10 -- 11	124,46	303,98	2365,85
11	11 -- 12	192,43	538,79	3051,11
12	12 -- 13	196,51	539,11	3374,48
13	13 -- 14	217,00	540,67	4913,17
14	14 -- 15	239,31	542,33	6456,44
15	15 -- 16	313,48	772,92	7651,01
16	16 -- 17	319,69	773,32	8153,54
17	17 -- 18	353,48	774,79	9972,57
18	18 -- 19	382,52	776,56	12105,67
19	19 -- 20	434,64	891,51	13533,18
20	20 -- 21	446,09	892,17	14425,02
21	21 -- 22	483,22	894,00	16880,99
22	22 -- 23	522,46	895,83	19342,00
23	23 -- 24	563,84	897,65	21808,04
24	24 -- 25	607,34	899,43	24279,02
25	25 -- 26	652,97	901,12	26754,77
26	26 -- 27	700,72	902,65	29234,95
27	27 -- 28	745,98	903,84	31493,07
28		830,49	905,08	33754,22

)** - 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	12,35	18,01	30	12,9	1043,6	0,01
2	500 / 825	152,27	23,98	119	155,6	1436,8	0,11
3	500 / 825	240,63	28,16	73	246,1	1714,4	0,15
4	500 / 825	329,73	32,69	72	337,5	2016,5	0,17
5	500 / 825	475,25	93,59	114	493,7	2555,9	0,20
6	500 / 825	640,91	95,64	27	661,9	2694,3	0,25
7	825 / 1042	1070,74	102,23	68	1098,7	3646,3	0,31
8	825 / 1042	1501,48	109,23	66	1536,7	4124,1	0,38
9	825 / 1042	2365,85	124,46	127	2416,8	5168,1	0,47
10	1042 / 1366	3051,11	192,43	93	3120,1	6714,4	0,47
11	1042 / 1366	3374,48	196,51	24	3448,1	6996,3	0,50
12	1042 / 1366	4913,17	217,00	108	5010,3	8414,2	0,60
13	1042 / 1366	6456,44	239,31	98	6577,0	9963,0	0,67
14	1366/ 1773	7651,01	313,48	69	7793,2	12321,4	0,64
15	1366/ 1773	8153,54	319,69	19	8301,9	12754,5	0,66
16	1366/ 1773	9972,57	353,48	65	10144,0	14382,9	0,71
17	1366/ 1773	12105,67	382,52	68	12303,2	16412,6	0,76
18	1366/ 1773	13533,18	434,64	39	13747,5	17774,0	0,78
19	1366/ 1773	14425,02	446,09	20	14648,5	18576,3	0,80
20	1773/ 2590	16880,99	483,22	51	17129,0	23606,5	0,73
21	1773/ 2590	19342,00	522,46	43	19612,4	26363,2	0,75
22	1773/ 2590	21808,04	563,84	35	22098,4	29272,1	0,76
23	1773/ 2590	24279,02	607,34	28	24586,5	32333,2	0,77
24	1773/ 2590	26754,77	652,97	21	27076,0	35546,6	0,77
25	1773/ 2590	29234,95	700,72	14	29566,3	38912,2	0,77
26	1773/ 2590	31493,07	745,98	8	31830,0	42104,0	0,77
27	1773/ 2590	33754,22	830,49	2	34093,3	45421,5	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
522	15,0	34,78	0,81	355	355
608	15,0	40,55	0,81	355	355
662	15,0	44,16	0,81	355	355
717	15,0	47,77	0,81	355	355
804	15,0	53,60	0,81	355	355
825	15,0	54,99	0,81	355	355
879	18,0	48,84	0,81	355	355
933	18,0	51,84	0,81	355	355
1042	18,0	57,86	0,81	355	355
1127	20,0	56,35	0,81	355	355
1150	20,0	57,49	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
1475	22,0	67,03	0,81	327	355
1564	22,0	71,09	0,81	315	355
1669	22,0	75,84	0,81	302	355
1735	22,0	78,86	0,81	294	355
1773	22,0	80,59	0,81	290	355
1878	25,0	75,10	0,81	304	355
1982	25,0	79,28	0,81	293	355
2087	25,0	83,46	0,81	284	355
2191	25,0	87,64	0,81	275	355
2296	25,0	91,82	0,81	268	355
2400	25,0	96,00	0,81	261	355
2495	25,0	99,80	0,81	255	355
2590	25,0	103,60	0,81	249	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	4,58	0,77	355	355	0,02
2	500 / 825	44,84	0,93	355	355	0,13
3	500 / 825	55,55	0,96	355	355	0,16
4	500 / 825	64,34	1,03	355	355	0,18
5	500 / 825	76,93	2,66	355	355	0,22
6	500 / 825	89,53	2,54	355	355	0,26
7	825 / 1042	114,10	2,17	355	355	0,33
8	825 / 1042	140,54	2,17	355	355	0,40
9	825 / 1042	185,25	2,27	355	355	0,53
10	1042 / 1366	178,60	2,88	355	355	0,51
11	1042 / 1366	178,58	2,80	355	355	0,51
12	1042 / 1366	231,33	2,92	355	342	0,66
13	1042 / 1366	254,56	2,95	355	323	0,73
14	1366/ 1773	238,39	3,27	355	331	0,68
15	1366/ 1773	235,08	3,21	355	327	0,67
16	1366/ 1773	265,64	3,42	355	315	0,76
17	1366/ 1773	283,96	3,47	355	302	0,81
18	1366/ 1773	285,63	3,74	355	294	0,82
19	1366/ 1773	286,15	3,73	355	290	0,82
20	1773/ 2590	272,86	3,42	355	304	0,78
21	1773/ 2590	278,88	3,49	355	293	0,80
22	1773/ 2590	282,21	3,57	355	284	0,81
23	1773/ 2590	283,53	3,66	355	275	0,81
24	1773/ 2590	283,36	3,75	355	268	0,81
25	1773/ 2590	282,07	3,84	355	261	0,81
26	1773/ 2590	279,06	3,92	355	255	0,80
27	1773/ 2590	276,66	4,20	355	249	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

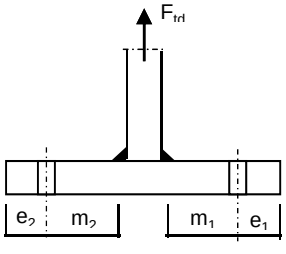
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

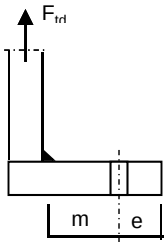
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

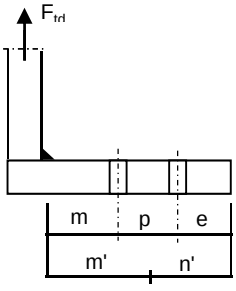
Flenzen en voetplaat:



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		2910,00					
st.c binnenkant		2220,00					
2565	88	588,72	10,28	28	M 48 - 8,8	848,4	0,69
flenzen op 27,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1370,00					
1370,00	36	798,99	21,52	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,75

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							
2910,00	2220,00	153,2	105,0	105,0			158,5
2910,00	2220,00	153,2	100,0	100,0			207,8
flenzen op 27,0 m hoogte.							
1370,00	1370,0	68,2	60,0	60,0			119,6
1370,00	1370,0	68,2	60,0	60,0			119,6

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							
90	1,08E+08	2807,29	1522,89	1696,90	1522,89	1177,45	0,77
90	1,41E+08	3679,83	1783,43	1696,90	1696,90	1177,45	0,69
flenzen op 27,0 m hoogte.							
80	6,41E+07	1878,90	996,13	1060,56	996,13	798,99	0,80
80	6,41E+07	1878,90	996,13	1060,56	996,13	798,99	0,80
	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 / 2590	0,95	1,545	0,18	8,15

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	540	1,000		1,000			
2	531	0,982	1 -- 2	0,991	113	364	837,7
3	492	0,910	2 -- 3	0,946	498		218,4
4	468	0,866	3 -- 4	0,888	348		244,5
5	444	0,822	4 -- 5	0,844	377		264,5
6	406	0,751	5 -- 6	0,786	669	2609	1425,2
7	397	0,735	6 -- 7	0,743	171		310,7
8	374	0,692	7 -- 8	0,714	549		385,2
9	352	0,651	8 -- 9	0,672	583		409,2
10	308	0,570	9 -- 10	0,611	1269		445,3
11	276	0,510	10 -- 11	0,540	1215	2652	1718,7
12	267	0,495	11 -- 12	0,502	340		566,6
13	229	0,423	12 -- 13	0,459	1707		599,0
14	193	0,358	13 -- 14	0,390	1859		652,4
15	168	0,310	14 -- 15	0,334	1688	2695	1992,2
16	161	0,297	15 -- 16	0,304	518		796,5
17	136	0,251	16 -- 17	0,274	1944	872	1198,3
18	110	0,203	17 -- 18	0,227	2420		880,0
19	94	0,175	18 -- 19	0,189	1621	673	1310,9
20	86	0,159	19 -- 20	0,167	955		954,7
21	66	0,122	20 -- 21	0,140	3094		1124,9
22	48	0,089	21 -- 22	0,105	3271		1189,3
23	33	0,061	22 -- 23	0,075	3448		1253,8
24	21	0,038	23 -- 24	0,050	3625		1318,2
25	11	0,021	24 -- 25	0,030	3802		1382,6
26	5	0,009	25 -- 26	0,015	3979		1447,1
27	1	0,002	26 -- 27	0,005	3771		1508,6
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3918	3125	2817,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	838	0,991	0,570	0,56	468,96	0,56
2 -- 3	218	0,946	2,280	2,04	445,87	2,16
3 -- 4	244	0,888	1,425	1,12	274,73	1,27
4 -- 5	265	0,844	1,425	1,01	268,28	1,20
5 -- 6	1425	0,786	2,300	1,42	2027,26	1,81
6 -- 7	311	0,743	0,550	0,30	94,35	0,41
7 -- 8	385	0,714	1,425	0,73	279,47	1,02
8 -- 9	409	0,672	1,425	0,64	262,97	0,96
9 -- 10	445	0,611	2,850	1,06	473,12	1,74
10 -- 11	1719	0,540	2,250	0,66	1128,90	1,22
11 -- 12	567	0,502	0,600	0,15	85,81	0,30
12 -- 13	599	0,459	2,850	0,60	359,65	1,31
13 -- 14	652	0,390	2,850	0,43	283,50	1,11
14 -- 15	1992	0,334	2,200	0,25	488,90	0,73
15 -- 16	796	0,304	0,650	0,06	47,77	0,20
16 -- 17	1198	0,274	2,350	0,18	211,78	0,64
17 -- 18	880	0,227	2,750	0,14	124,69	0,62
18 -- 19	1311	0,189	1,750	0,06	81,58	0,33
19 -- 20	955	0,167	1,000	0,03	26,62	0,17
20 -- 21	1125	0,140	2,750	0,05	61,05	0,39
21 -- 22	1189	0,105	2,750	0,03	36,11	0,29
22 -- 23	1254	0,075	2,750	0,02	19,26	0,21
23 -- 24	1318	0,050	2,750	0,01	8,91	0,14
24 -- 25	1383	0,030	2,750	0,00	3,33	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,87	0,04
26 -- 27	1509	0,005	2,500	0,00	0,11	0,01
27 -- 28	2817	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,56	7563,88	18,91

m_e = 7563,9 / 11,6 = 654,2 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 / 2590	654,2	0,030	1,25	1,545	13,2

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 = 13,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 18,91 / (4 * π * 11,56) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,545 * 8,15 / $15*10^{-6}$ = 8,4E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

Lj / b = 6
Lj = 9,27 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,92 / 18,91 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,076 * 0,130 * 0,42 * 0,2 = 0,026

$y_{F;max}$ = 1,545 * 0,026 = 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		182817	182817	0,00E+00	5,5E-02	1000
2	2 -- 3			182817	1,04E+08	5,5E-02	969
3	3 -- 4			182817	5,21E+08	5,1E-02	847
4	4 -- 5			182817	7,82E+08	4,8E-02	775
5	5 -- 6			182817	1,04E+09	4,5E-02	709
6	6 -- 7			182817	1,46E+09	3,9E-02	612
7	7 -- 8			182817	1,56E+09	3,8E-02	590
8	8 -- 9			182817	1,82E+09	3,5E-02	538
9	9 -- 10			182817	2,08E+09	3,2E-02	490
10	10 -- 11			182817	2,61E+09	2,8E-02	404
11	11 -- 12			182817	3,02E+09	2,4E-02	346
12	12 -- 13			182817	3,13E+09	2,4E-02	332
13	13 -- 14			182817	3,65E+09	2,0E-02	269
14	14 -- 15			182817	4,17E+09	1,7E-02	217
15	15 -- 16			182817	4,57E+09	1,5E-02	182
16	16 -- 17			182817	4,69E+09	1,4E-02	172
17	17 -- 18			182817	5,12E+09	1,2E-02	141
18	18 -- 19			182817	5,62E+09	1,0E-02	109
19	19 -- 20			182817	5,94E+09	9,3E-03	92
20	20 -- 21			182817	6,12E+09	8,6E-03	83
21	21 -- 22			182817	6,63E+09	7,2E-03	61
22	22 -- 23			182817	7,13E+09	5,8E-03	43
23	23 -- 24			182817	7,63E+09	4,6E-03	29
24	24 -- 25			182817	8,14E+09	3,5E-03	18
25	25 -- 26			182817	8,64E+09	2,5E-03	9
26	26 -- 27			182817	9,14E+09	1,5E-03	4
27	27 -- 28			182817	9,60E+09	7,5E-04	1
28	28 -- 29			182817	1,01E+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	15,0	2939842	35	0,0395	2,8
2	608	15,0	4047286	129	0,0395	10,2
3	662	15,0	4829251	162	0,0395	12,8
4	717	15,0	5680304	183	0,0395	14,5
5	804	15,0	7199677	203	0,0395	16,1
6	825	15,0	7589672	206	0,0395	16,3
7	879	18,0	10271259	178	0,0395	14,0
8	933	18,0	11617259	179	0,0395	14,2
9	1042	18,0	14557975	179	0,0395	14,1
10	1127	20,0	18913877	159	0,0395	12,6
11	1150	20,0	19707810	159	0,0395	12,5
12	1258	20,0	23702011	154	0,0395	12,2
13	1366	20,0	28064684	149	0,0395	11,7
14	1450	22,0	34708213	132	0,0395	10,4
15	1475	22,0	35928268	131	0,0395	10,3
16	1564	22,0	40515138	126	0,0395	10,0
17	1669	22,0	46232682	122	0,0395	9,6
18	1735	22,0	50067603	119	0,0395	9,4
19	1773	22,0	52327600	117	0,0395	9,3
20	1878	25,0	66497249	100	0,0395	7,9
21	1982	25,0	74262503	96	0,0395	7,6
22	2087	25,0	82456593	93	0,0395	7,3
23	2191	25,0	91079518	89	0,0395	7,1
24	2296	25,0	100131278	86	0,0395	6,8
25	2400	25,0	109611876	83	0,0395	6,6
26	2495	25,0	118602731	81	0,0395	6,4
27	2590	25,0	127947996	79	0,0395	6,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,95 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 8,15 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 plaatsvind

z_s = 50,365 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,16

$V_m(z)$ = 31,3 m/s

V_o = 31,3 * 20 / 100 = 6,25 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,95 * [8,15 / 6,25]^2 * \exp[-(8,15 / 6,25)^2]$ = 2,83E+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.

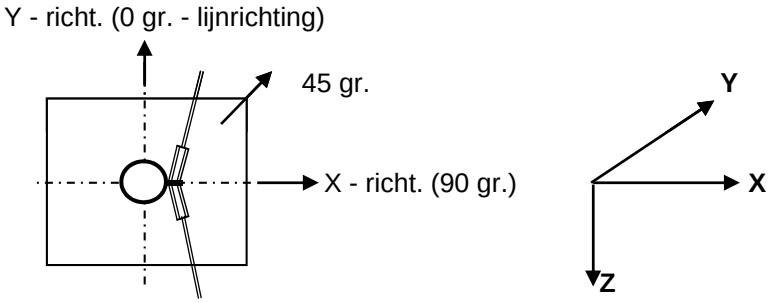
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$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	$\Delta\sigma_k$ in	0,55 $\Delta\sigma_k$ in	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl.	D beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa			< 1
3	Lasnaad	12,21	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
5	Lasnaad	17,40	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
7	Lasnaad	19,54	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
9	Lasnaad	17,02	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
10	Lasnaad	16,97	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
12	Lasnaad	15,05	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
13	Lasnaad	14,60	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
14	Lasnaad	14,09	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
16	Lasnaad	12,38	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
17	flenzen	11,98	35	19,25	1,000E+10	2,83E+08	0,03
18	Lasnaad	11,53	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
20	Lasnaad	11,10	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
21	Lasnaad	9,45	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
22	Lasnaad	9,11	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
23	Lasnaad	8,78	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
24	Lasnaad	8,47	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
25	Lasnaad	8,18	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
26	Lasnaad	7,91	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
27	Lasnaad	7,68	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
28	voetplaat	7,45	35	19,25	1,000E+10	2,83E+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			628			
2 - Windbelasting mast	107				2755	
3 - Belasting geval 1a	778		101		29789	
4 - Belasting geval 1b	540		101		20488	
5 - Belasting geval 3	875		203		32979	
6 - Belasting geval 4	540		124		20485	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	886		729		32544	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	560		729		21005	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	905		**830**		**33754**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	561		751		21001	

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	27869	kNm	33754	kNm	33754	kNm
Dwarskracht	762	kN	905	kN	905	kN
Verticale kracht	607	kN	830	kN	547	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		2910,00					
st.c binnenkant		2220,00					
2565	88	588,72	10,28	28	M 48 - 8,8	848,45	0,69
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2910,00					
st.c binnenkant		2220,00					
2565	88	486,97	8,66	28	M 48 - 8,8	848,45	0,57

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 588,7 kN

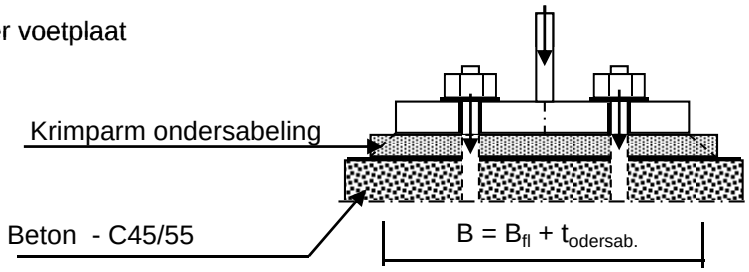
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 487,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 607,6 + 1,00 * 487,0 = 1094,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

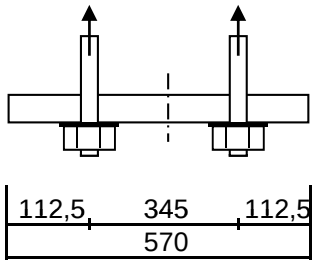
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	550,0	mm	D =	2565	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	590,0	mm			

A_{voetpl} = 590 * 2*π*D / n = 108053 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

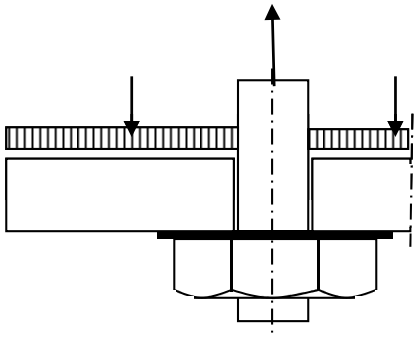


D = 2565 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 570 * 2*π*D / n = 104390 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,3 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 112,5 mm
L_{veld} = 345 mm

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

$M_{Ed;st}$ = 71377 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1946 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 96438 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 96438 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1946 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} = 96438 / 108718,8 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 314,9 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1946 / 7174 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,6 N/mm^2

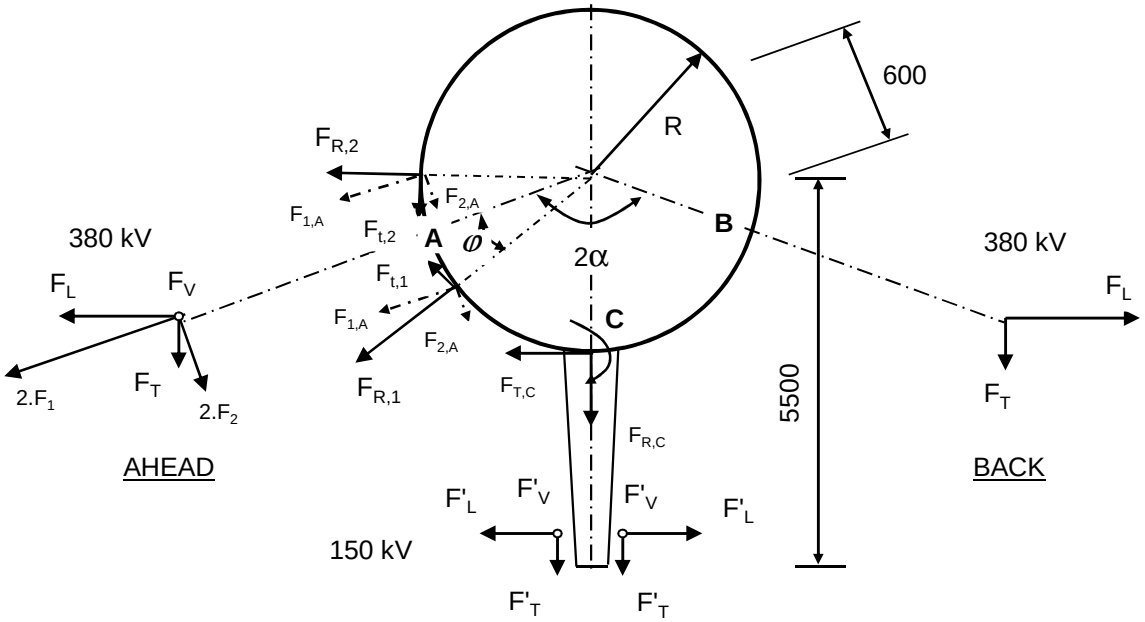
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (314,9^2 + 3*55,6^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 329 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

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

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

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = | F_{T;1;A} + F_{T;2;A} | * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = | F_{T;1;B} + F_{T;2;B} | * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

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

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

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

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

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

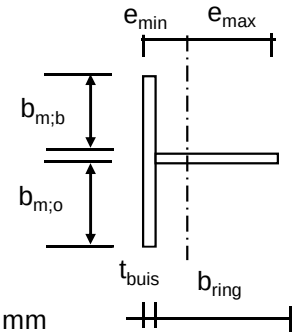
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

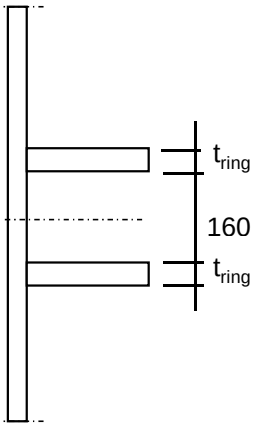
Opmerking:
In mast W2H350+5 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 47,0 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	
$M_{w;Rd}$ =	3408	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 47,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix H en H1
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))	14916	118454	199880	14916	118454	-199880
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	118675	224261	25694	118675	-224261
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	66108	134063	14917	123814	-207307
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100910	212097	25695	120693	-226319
1a- Bundelbr.-(90 gr)	14910	85576	155374	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	17321	92606	174413	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	14907	63880	132983	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	17319	76437	160477	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 804 mm

R = 402,0 mm

Mast 2 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden	
Mast 25 :	Lijnhoek = 2. α =	174,9	graden	
Mast 175 :	Lijnhoek = 2. α =	130,5	graden	
	Lijnhoek = 2. α =	180	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (402+80)) =	38,5	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))	57,5	20,7	57,5	20,7		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62,3	25,4	62,3	25,4		
BG 1a - (wind (45 gr))	36,5	15,9	59,8	21,3		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,2	25,8	63,1	25,5		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	43,7	17,1	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	48,5	19,7	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,0	16,1	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,3	19,5	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

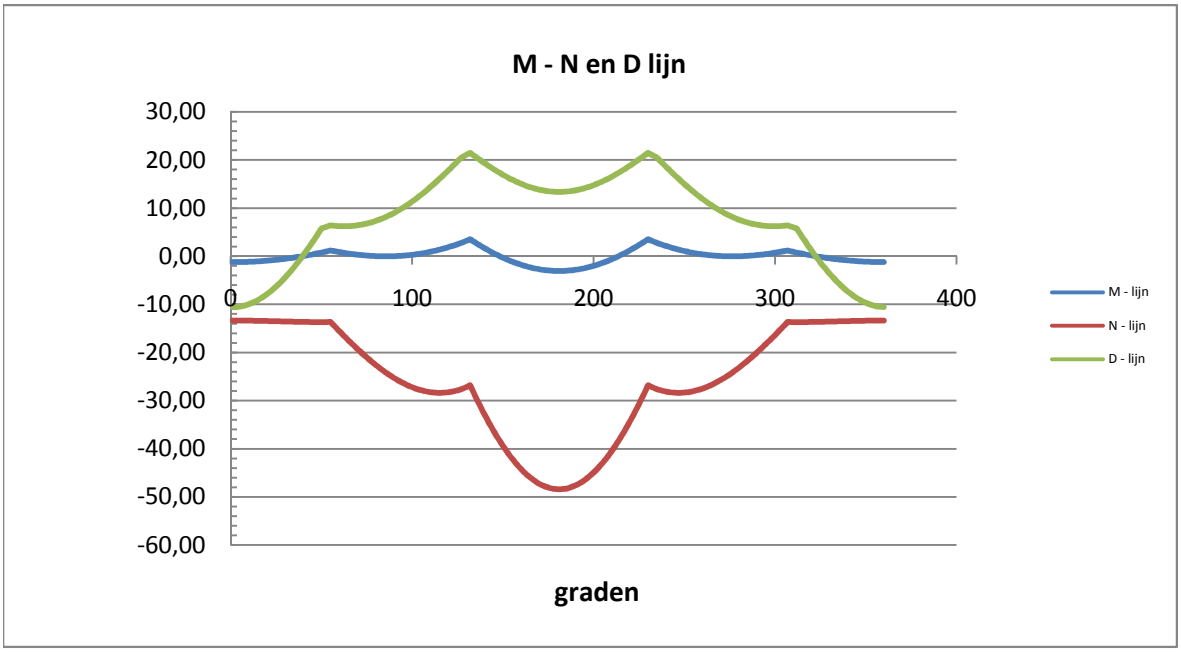
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

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	-1,24	-13,38	-10,54	0,18	2,56
15,0	-1,05	-13,44	-8,85	0,56	7,71
30,0	-0,50	-13,58	-3,98	0,93	12,91
45,0	0,43	-13,69	3,47	0,34	4,67
60,0	0,77	-16,01	6,25	0,67	9,37
75,0	0,09	-21,36	6,91	0,09	1,24
90,0	0,00	-25,52	9,21	0,61	8,48
105,0	0,61	-27,95	13,10	1,38	19,10
120,0	1,99	-28,20	18,21	0,54	7,56
135,0	2,53	-30,00	20,38	3,02	41,92
150,0	-0,48	-39,92	16,73	1,93	26,75
165,0	-2,41	-46,24	14,25	0,66	9,19
180,0	-3,07	-48,40	13,38	0,66	9,19
195,0	-2,41	-46,24	14,25	1,93	26,75
210,0	-0,48	-39,92	16,73	3,02	41,92
225,0	2,53	-30,00	20,38	0,54	7,56
240,0	1,99	-28,20	18,21	1,38	19,10
255,0	0,61	-27,95	13,10	0,61	8,48
270,0	0,00	-25,52	9,21	0,09	1,24
285,0	0,09	-21,36	6,91	0,67	9,37
300,0	0,77	-16,01	6,25	0,34	4,67
315,0	0,43	-13,69	3,47	0,93	12,91
330,0	-0,50	-13,58	-3,98	0,56	7,71
345,0	-1,05	-13,44	-8,85	0,18	2,55
360,0	-1,24	-13,38	-10,54	0,00	0,01

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

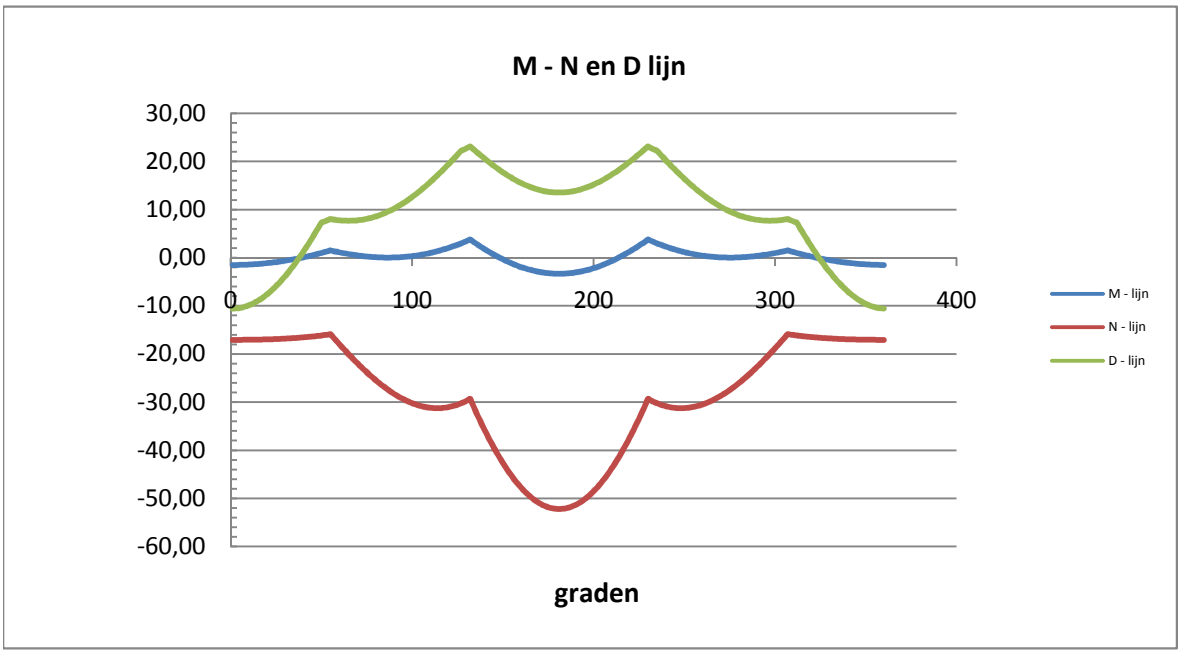
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 13121674 mm^4



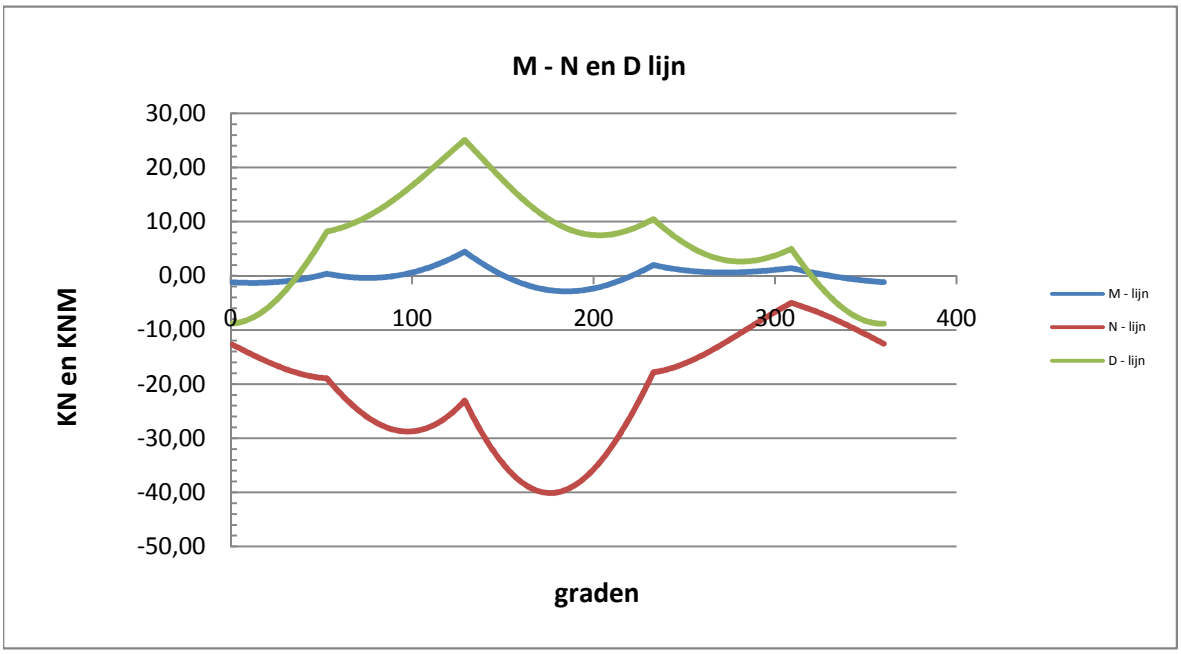
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

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	-1,53	-17,04	-10,54	0,23	3,26
15,0	-1,29	-16,98	-8,69	0,70	9,75
30,0	-0,59	-16,76	-3,36	1,16	16,16
45,0	0,57	-16,30	4,79	0,44	6,05
60,0	1,01	-18,39	7,75	0,82	11,37
75,0	0,19	-24,13	8,17	0,16	2,18
90,0	0,03	-28,48	10,41	0,62	8,66
105,0	0,66	-30,90	14,40	1,47	20,41
120,0	2,13	-30,94	19,79	0,58	8,11
135,0	2,71	-32,66	21,81	3,26	45,29
150,0	-0,55	-43,21	17,49	2,08	28,88
165,0	-2,63	-49,91	14,57	0,71	9,92
180,0	-3,34	-52,21	13,54	0,71	9,92
195,0	-2,63	-49,91	14,57	2,08	28,88
210,0	-0,55	-43,21	17,49	3,26	45,29
225,0	2,71	-32,66	21,81	0,58	8,11
240,0	2,13	-30,94	19,79	1,47	20,41
255,0	0,66	-30,90	14,40	0,62	8,66
270,0	0,03	-28,48	10,41	0,16	2,18
285,0	0,19	-24,13	8,17	0,82	11,37
300,0	1,01	-18,39	7,75	0,44	6,05
315,0	0,57	-16,30	4,79	1,16	16,16
330,0	-0,59	-16,76	-3,36	0,70	9,75
345,0	-1,29	-16,98	-8,69	0,23	3,24
360,0	-1,53	-17,04	-10,53	0,00	0,01



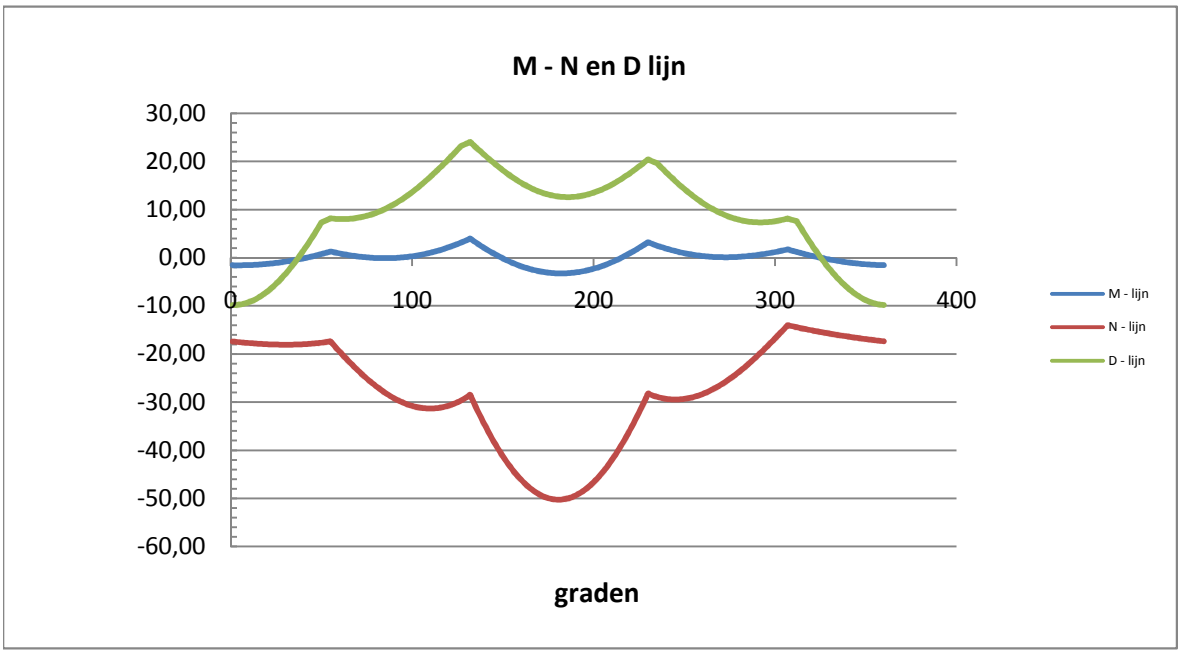
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

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	-1,22	-12,72	-8,79	0,10	1,35
15,0	-1,32	-15,21	-6,96	0,32	4,46
30,0	-1,00	-17,30	-2,39	0,80	11,06
45,0	-0,20	-18,65	4,42	0,12	1,61
60,0	-0,08	-21,91	8,89	0,33	4,55
75,0	-0,41	-26,23	11,08	0,39	5,43
90,0	-0,02	-28,50	14,31	1,17	16,26
105,0	1,15	-28,34	18,34	1,95	27,02
120,0	3,10	-25,58	22,75	0,29	3,98
135,0	2,81	-27,55	22,60	2,88	40,02
150,0	-0,07	-35,07	17,34	1,92	26,71
165,0	-2,00	-39,28	12,74	0,85	11,79
180,0	-2,84	-39,92	9,40	0,24	3,37
195,0	-2,60	-37,06	7,70	1,26	17,46
210,0	-1,35	-31,04	7,72	2,11	29,25
225,0	0,76	-22,47	9,30	0,68	9,42
240,0	1,44	-17,25	8,20	0,64	8,86
255,0	0,80	-15,32	4,88	0,22	3,03
270,0	0,58	-12,62	3,01	0,13	1,79
285,0	0,71	-9,55	2,72	0,39	5,45
300,0	1,10	-6,50	3,87	0,21	2,91
315,0	0,90	-5,76	1,75	0,94	13,08
330,0	-0,05	-7,75	-4,07	0,73	10,10
345,0	-0,77	-10,14	-7,76	0,43	5,94
360,0	-1,20	-12,54	-8,81	0,02	0,27



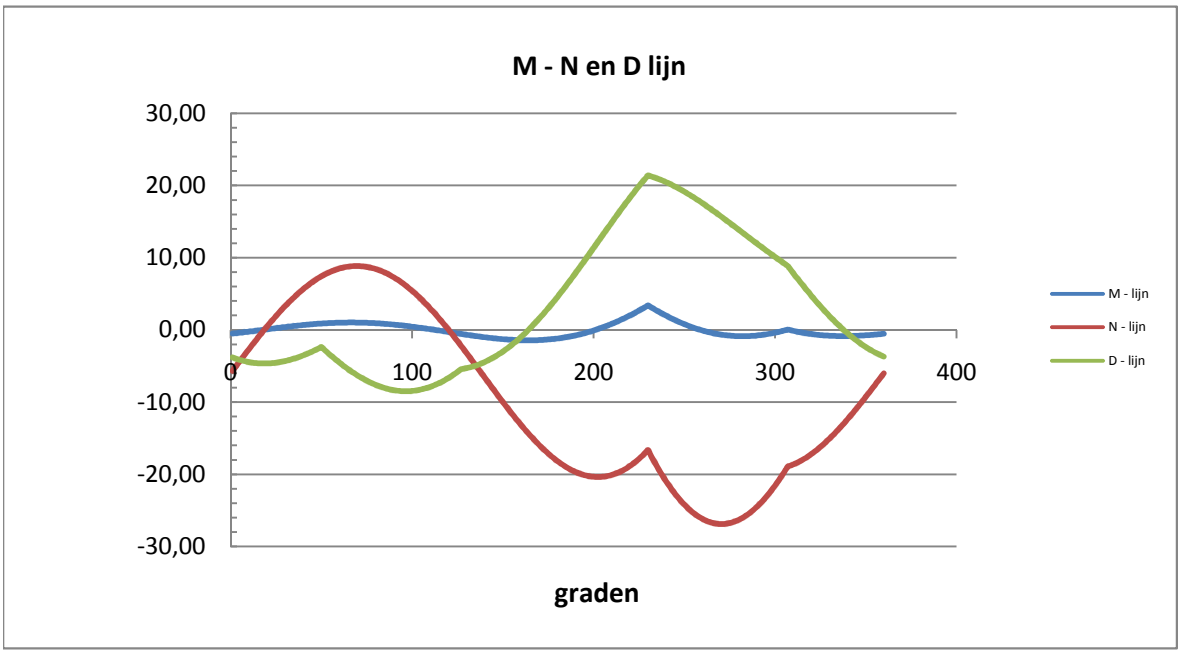
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

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	-1,54	-17,39	-9,83	0,15	2,06
15,0	-1,39	-17,88	-8,12	0,64	8,89
30,0	-0,75	-18,06	-3,01	1,14	15,79
45,0	0,38	-17,80	4,87	0,45	6,19
60,0	0,83	-19,89	8,03	0,78	10,77
75,0	0,05	-25,42	8,81	0,08	1,09
90,0	-0,03	-29,38	11,32	0,73	10,08
105,0	0,70	-31,23	15,46	1,58	21,95
120,0	2,28	-30,62	20,84	0,67	9,25
135,0	2,95	-31,71	22,65	3,26	45,28
150,0	-0,31	-41,80	17,88	2,12	29,40
165,0	-2,43	-48,16	14,38	0,80	11,11
180,0	-3,23	-50,27	12,69	0,58	7,99
195,0	-2,66	-47,98	13,06	1,89	26,22
210,0	-0,77	-41,51	15,38	3,02	41,99
225,0	2,26	-31,42	19,22	0,46	6,33
240,0	1,80	-29,36	17,37	1,24	17,20
255,0	0,56	-28,84	12,49	0,45	6,23
270,0	0,11	-26,20	9,09	0,27	3,74
285,0	0,38	-21,86	7,48	0,87	12,07
300,0	1,25	-16,38	7,64	0,45	6,24
315,0	0,80	-14,76	5,15	1,23	17,01
330,0	-0,42	-15,82	-2,74	0,79	10,97
345,0	-1,21	-16,69	-7,96	0,32	4,48
360,0	-1,54	-17,35	-9,82	0,01	0,10



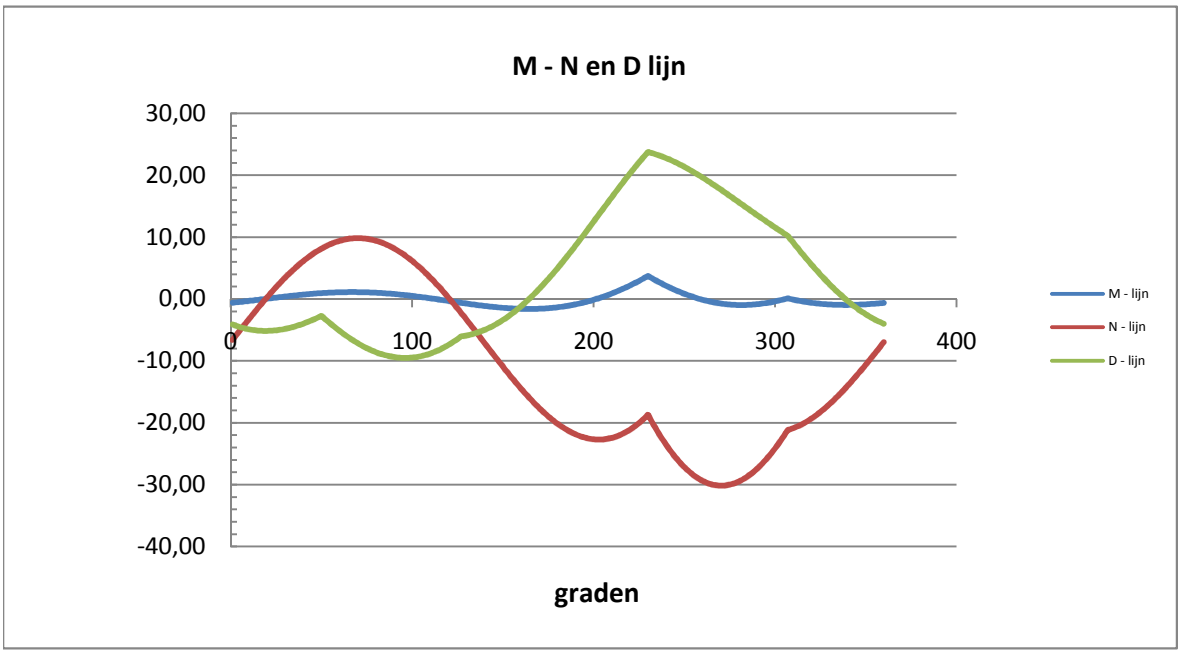
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

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	-0,51	-5,66	-3,80	0,46	6,33
15,0	-0,06	-0,76	-4,64	0,48	6,64
30,0	0,42	3,56	-4,25	0,38	5,31
45,0	0,80	6,80	-2,87	0,20	2,76
60,0	1,00	8,58	-4,74	0,03	0,47
75,0	0,97	8,69	-7,18	0,27	3,74
90,0	0,70	7,11	-8,40	0,46	6,41
105,0	0,24	4,01	-8,20	0,57	7,91
120,0	-0,33	-0,26	-6,51	0,56	7,79
135,0	-0,89	-5,23	-4,86	0,42	5,78
150,0	-1,31	-10,30	-2,83	0,13	1,86
165,0	-1,44	-14,87	0,49	0,27	3,80
180,0	-1,17	-18,33	4,86	0,77	10,76
195,0	-0,40	-20,17	9,94	1,33	18,42
210,0	0,93	-20,01	15,25	1,87	26,00
225,0	2,80	-17,64	20,23	0,97	13,49
240,0	1,83	-21,34	20,38	1,60	22,29
255,0	0,23	-25,53	18,24	0,91	12,61
270,0	-0,68	-26,88	15,60	0,17	2,42
285,0	-0,86	-25,36	12,74	0,52	7,20
300,0	-0,34	-21,22	9,93	0,09	1,25
315,0	-0,43	-17,87	5,98	0,40	5,49
330,0	-0,82	-14,81	1,67	0,01	0,14
345,0	-0,81	-10,55	-1,67	0,27	3,79
360,0	-0,54	-6,00	-3,70	0,03	0,37



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	-0,59	-6,60	-4,11	0,50	6,92
15,0	-0,09	-1,13	-5,12	0,53	7,37
30,0	0,44	3,73	-4,76	0,43	5,99
45,0	0,87	7,40	-3,27	0,23	3,21
60,0	1,10	9,46	-5,37	0,03	0,36
75,0	1,07	9,67	-8,08	0,29	3,99
90,0	0,79	7,99	-9,42	0,50	7,00
105,0	0,28	4,60	-9,16	0,63	8,72
120,0	-0,35	-0,11	-7,25	0,62	8,65
135,0	-0,97	-5,62	-5,43	0,47	6,49
150,0	-1,44	-11,29	-3,21	0,16	2,19
165,0	-1,59	-16,41	0,44	0,29	4,05
180,0	-1,30	-20,33	5,28	0,85	11,78
195,0	-0,45	-22,45	10,92	1,46	20,30
210,0	1,01	-22,35	16,84	2,07	28,77
225,0	3,08	-19,80	22,41	1,08	14,96
240,0	2,00	-23,97	22,65	1,77	24,61
255,0	0,23	-28,64	20,37	0,99	13,75
270,0	-0,76	-30,14	17,51	0,17	2,32
285,0	-0,93	-28,43	14,42	0,61	8,47
300,0	-0,32	-23,76	11,38	0,11	1,49
315,0	-0,42	-20,06	6,97	0,47	6,54
330,0	-0,90	-16,73	2,12	0,01	0,18
345,0	-0,91	-12,03	-1,67	0,29	4,00
360,0	-0,62	-6,97	-3,99	0,03	0,40



Maatgevende belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	40,1	kN		N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	4,43	kNm		M_{Rd} =	28	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	18,6	kNm		M_{Rd} =	3408	kNm
$V_{Ed;max}$ =	25,1	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 40,10 / 1555 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,1 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 4,43 / 27,8 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 37,7 N/mm^2

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

τ_z = 9,3 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 23,05

V_{Ed} = 25,07

$\sigma_b + \sigma_N$ = 37,7 + 3,5 = 41,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

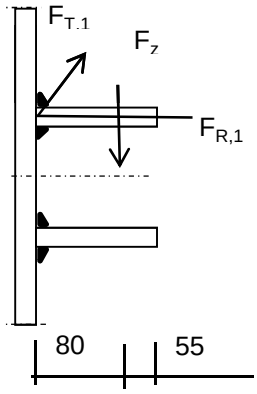
τ_z = 9,3 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 44 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 62,35 kN

$F_{T,1,h}$ = 11,67 kN

F_z = 12,85 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 45,29 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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 27,6 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 7,30 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 28,31 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

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,49 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 146,6 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 $\beta_w = 0{,}9$

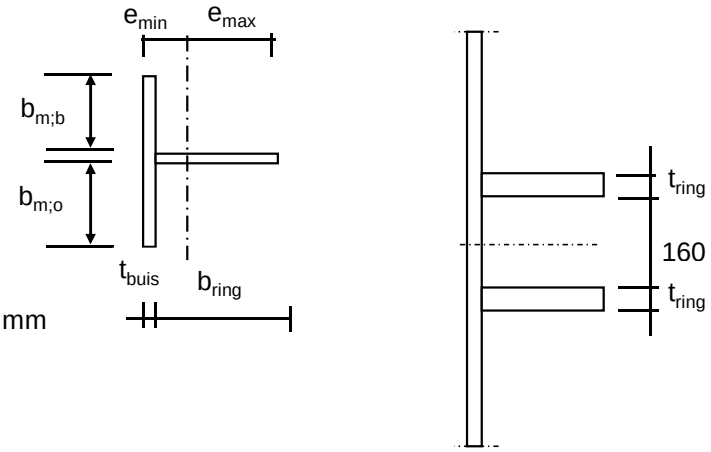
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	146,6 /	302,2 =	0,48	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	66,5 /	244,8 =	0,27	< 1,0	-- Voldoet

9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 38,5 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	
$M_{w;Rd}$ =	8953	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 38,5 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 47 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))	14916	118454	199880	14916	118454	-199880
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	118675	224261	25694	118675	-224261
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	66108	134063	14917	123814	-207307
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100910	212097	25695	120693	-226319
1a- Bundelbr.-(90 gr)	14910	85576	155374	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	17321	92606	174413	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	14907	63880	132983	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	17319	76437	160477	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1127 mm

R = 563,5 mm

Mast 2 : Lijnhoek = 2. α = 180 graden

Mast 25 : Lijnhoek = 2. α = 174,9 graden

Mast 175 : Lijnhoek = 2. α = 130,5 graden

Lijnhoek = 2. α = 180 graden maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (563,5+80)) = 27,8 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))	58,0	30,4	58,0	30,4		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,4	35,8	63,4	35,8		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,4	21,9	60,3	31,4		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,7	35,1	64,1	36,0		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,3	24,4	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	49,4	27,8	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,9	22,0	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	44,4	26,6	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

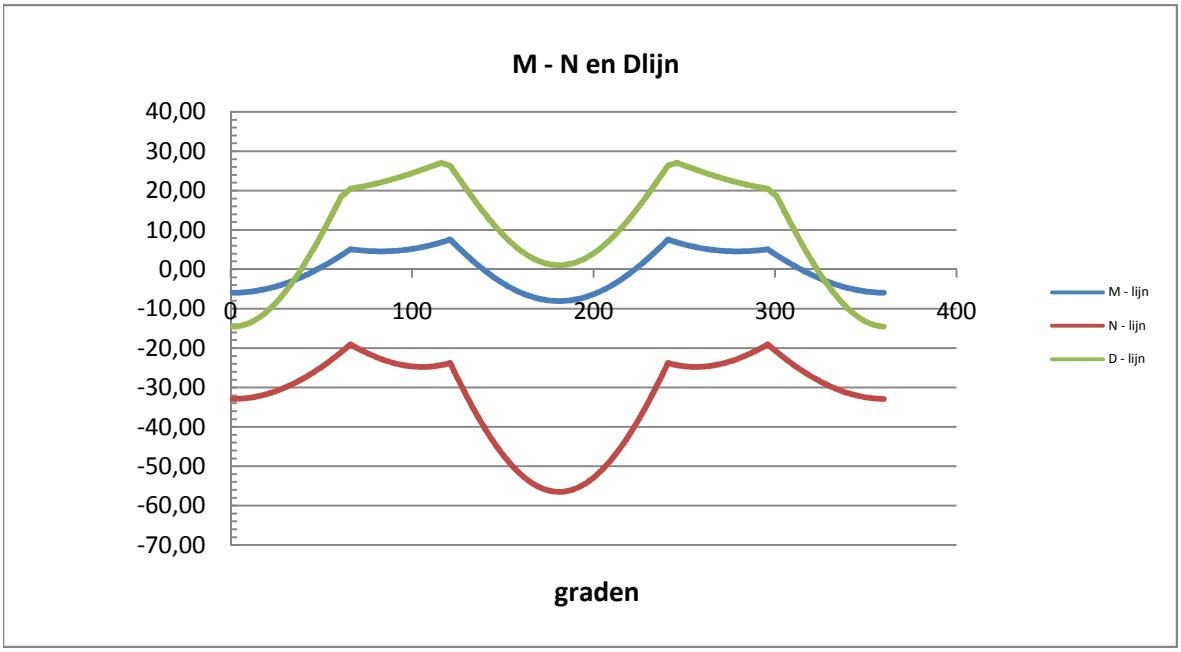
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

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	-5,93	-32,89	-14,51	0,63	7,38
15,0	-5,30	-32,10	-12,09	1,87	21,80
30,0	-3,43	-29,78	-5,12	3,01	35,16
45,0	-0,42	-26,01	5,54	4,01	46,84
60,0	3,59	-20,95	18,55	1,09	12,77
75,0	4,69	-21,40	21,37	0,05	0,55
90,0	4,73	-23,89	23,15	0,96	11,26
105,0	5,70	-24,75	25,41	1,91	22,34
120,0	7,61	-23,74	26,35	6,42	74,91
135,0	1,20	-37,19	16,57	4,99	58,26
150,0	-3,80	-47,63	8,39	3,16	36,93
165,0	-6,96	-54,23	2,98	1,08	12,65
180,0	-8,04	-56,49	1,09	1,08	12,65
195,0	-6,96	-54,23	2,98	3,16	36,93
210,0	-3,80	-47,63	8,39	4,99	58,26
225,0	1,20	-37,19	16,57	6,42	74,91
240,0	7,61	-23,74	26,35	1,91	22,34
255,0	5,70	-24,75	25,41	0,96	11,26
270,0	4,73	-23,89	23,15	0,05	0,55
285,0	4,69	-21,40	21,37	1,09	12,77
300,0	3,59	-20,95	18,55	4,01	46,84
315,0	-0,42	-26,01	5,54	3,01	35,16
330,0	-3,43	-29,78	-5,12	1,87	21,80
345,0	-5,30	-32,10	-12,09	0,63	7,35
360,0	-5,93	-32,88	-14,50	0,00	0,03

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

$S = 182250\ mm^3$

$I = 15614845\ mm^4$



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	56,5	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,04	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	29,6	kNm	M_{Rd} =	8953	kNm
$V_{Ed;max}$ =	27,1	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 56,49 / 2111 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,3 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,04 / 30,4 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 62,6 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 27,08 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 56,49

V_{Ed} = 1,09

$\sigma_b + \sigma_N$ = 62,6 + 6,3 = 68,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

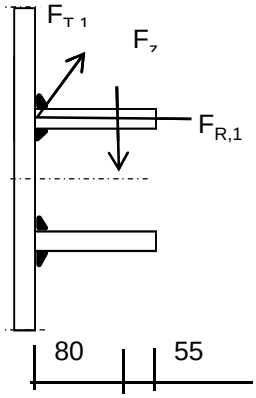
τ_z = 0,4 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 69 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	63,43	kN
$F_{T,1,h}$ =	-0,11	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	74,91	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,0 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = -0,07 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 46,82 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

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,97 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 156,5 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

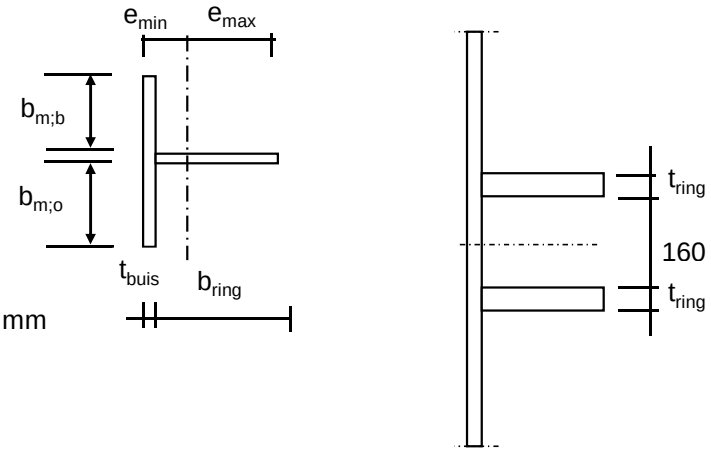
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 156,5 / 302,2 = 0,52 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 67,0 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 30,0 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	
$M_{w;Rd}$ =	16429	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	369	kN	

Belastingen op 30,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 47 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))	14916	118454	199880	14916	118454	-199880
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	118675	224261	25694	118675	-224261
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	66108	134063	14917	123814	-207307
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100910	212097	25695	120693	-226319
1a- Bundelbr.-(90 gr)	14910	85576	155374	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	17321	92606	174413	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	14907	63880	132983	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	17319	76437	160477	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1450 mm

R = 725,0 mm

Mast 2 :	Lijnhoek = 2. α =	180	graden	
Mast 25 :	Lijnhoek = 2. α =	174,9	graden	
Mast 175 :	Lijnhoek = 2. α =	130,5	graden	
	hoek tussen lijnen 2. α =	180	graden	maatgevend
	hoek φ = boogsin(300 / (725+80)) =	21,9	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))	57,4	35,3	57,4	35,3		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,1	41,0	63,1	41,0		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,3	24,9	59,6	36,6		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,6	39,8	63,7	41,3		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,0	28,1	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	49,1	31,8	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,8	24,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	44,4	30,1	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

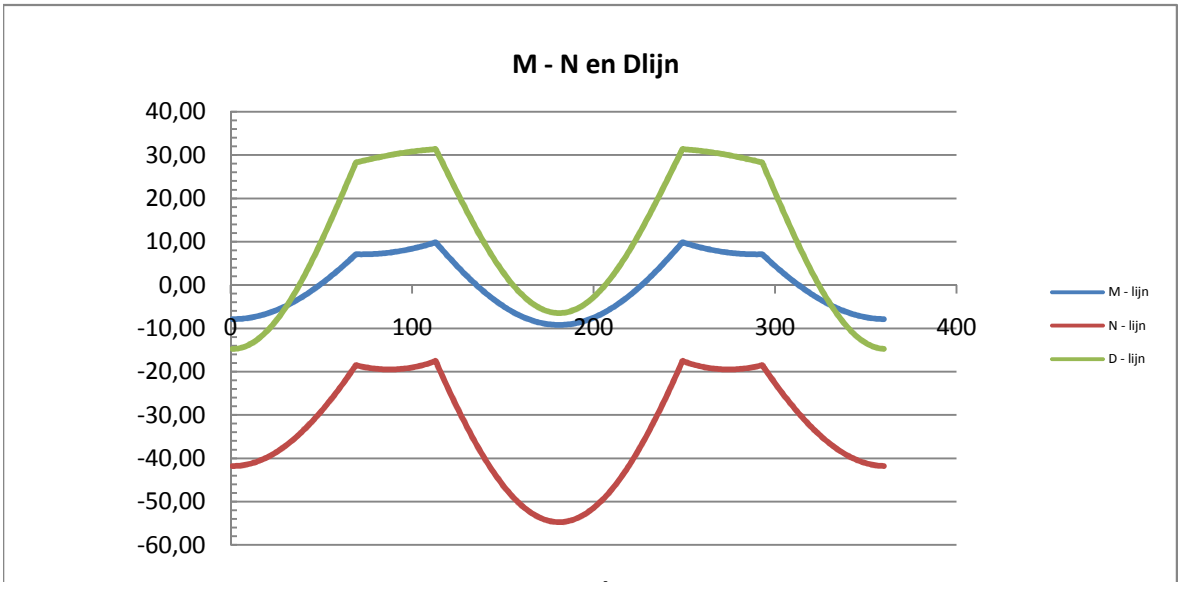
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

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	-7,85	-41,78	-14,73	0,80	8,84
15,0	-7,05	-40,53	-12,15	2,36	26,00
30,0	-4,69	-36,87	-4,72	3,78	41,61
45,0	-0,91	-31,01	6,64	4,97	54,74
60,0	4,06	-23,28	20,48	3,05	33,60
75,0	7,11	-19,14	28,98	0,57	6,30
90,0	7,68	-19,49	30,24	1,32	14,55
105,0	9,00	-18,51	31,13	2,92	32,13
120,0	6,09	-24,96	24,63	6,29	69,30
135,0	-0,20	-37,21	12,49	4,86	53,57
150,0	-5,07	-46,68	2,45	3,07	33,83
165,0	-8,14	-52,66	-4,15	1,05	11,56
180,0	-9,19	-54,70	-6,45	1,05	11,56
195,0	-8,14	-52,66	-4,15	3,07	33,83
210,0	-5,07	-46,68	2,45	4,86	53,57
225,0	-0,20	-37,21	12,49	6,29	69,30
240,0	6,09	-24,96	24,63	2,92	32,13
255,0	9,00	-18,51	31,13	1,32	14,55
270,0	7,68	-19,49	30,24	0,57	6,30
285,0	7,11	-19,14	28,98	3,05	33,60
300,0	4,06	-23,28	20,48	4,97	54,74
315,0	-0,91	-31,01	6,64	3,78	41,61
330,0	-4,69	-36,87	-4,72	2,36	26,00
345,0	-7,05	-40,53	-12,15	0,80	8,80
360,0	-7,85	-41,77	-14,72	0,00	0,04

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

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 16542576 mm^4



graden

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	54,7	kN		N_{Rd} =	2367	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	9,87	kNm		M_{Rd} =	31	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	39,9	kNm		M_{Rd} =	16429	kNm
$V_{Ed;max}$ =	31,4	kN		V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 54,70 / 2367 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 9,87 / 31,4 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 74,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 31,38 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 11,6 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 17,59

V_{Ed} = 31,38

$\sigma_b + \sigma_N$ = 74,4 + 1,8 = 76,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 11,6 N/mm^2

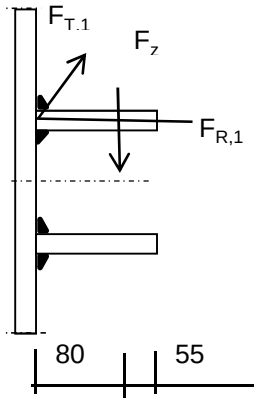
$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

σ_{vlg} = 79 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	63,08	kN
$F_{T,1,h}$ =	-0,11	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	69,30	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 27,9 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = -0,07 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 43,31 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

$\sigma_1 = \tau_1 =$ 66,81 N/mm^2

$\sigma_{Ed} =$ $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 153,2 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)

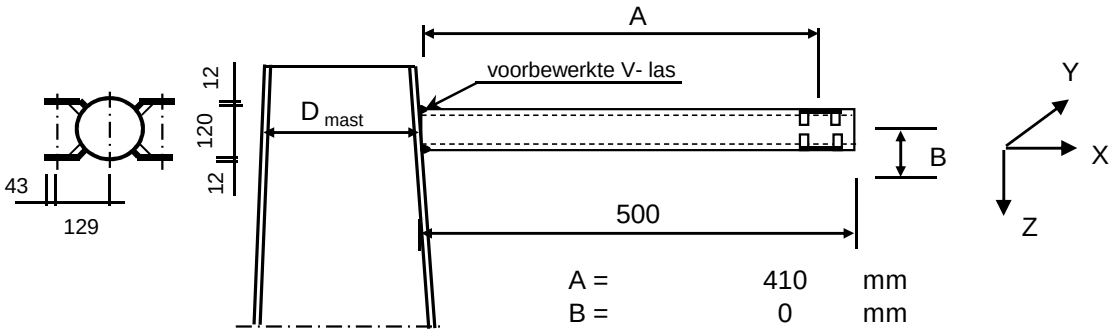
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 153,2 / 302,2 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 66,8 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	521,7	mm
t_{mast} =	15	mm
Hoogte :	54,43	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 H en H1

	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))	19085	31373	1948	19085	-31373	1948
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	30406	55385	8085	30406	-55385	8085
BG 1a - (+wind (45 gr))	8934	17798	1947	20059	-32742	1949
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25127	52487	8083	30988	-55896	8086
BG 1a - bundelbr. (90gr).	12893	22682	1947	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	19705	34409	3321	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8486	17491	1947	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13528	27894	3320	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	13379	23353	1948	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	20384	35278	3321	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))	38,17	0	3,896	0,00	1,60	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	60,812	0	16,17	0,00	6,63	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	28,993	14,944	3,896	0,00	1,60	6,13
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	56,115	3,409	16,169	0,00	6,63	1,40
BG 1a - bundelbr. (90gr).	12,893	22,682	1,947	0,00	0,80	9,30
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	19,705	34,409	3,321	0,00	1,36	14,11
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,486	17,491	1,947	0,00	0,80	7,17
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,528	27,894	3,32	0,00	1,36	11,44
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	13,379	23,353	1,948	0,00	0,80	9,57
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	20,384	35,278	3,321	0,00	1,36	14,46

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 1,36 / 36 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 8,8 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 14,46 / 36 = 0,40 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 93,8 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 20,38 / 953 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,1 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 3,32 / 275 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,6 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 35,28 / 275 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 17,5 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 99 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 104 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

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	15,0	23876	S355	355	2939842
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

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 17,4

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 18,01 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 12,35 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,01 of n_p = -0,010

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 6,63 / 58,1 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 32,6 kNm

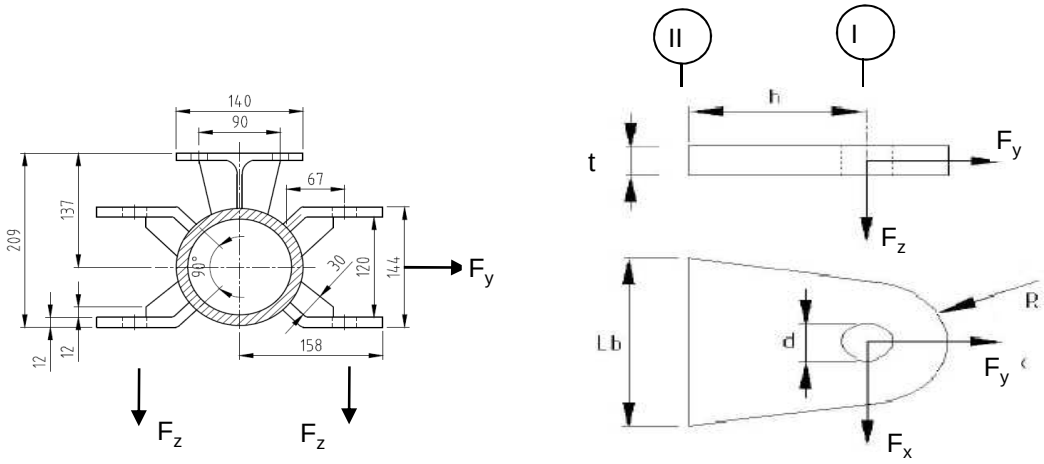
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,46 / 32,6 = 0,44 < 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))	19,09	31,37	1,95
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	**30,41**	**55,39**	**8,09**
BG 1a - (+wind (45 gr))	8,93	17,80	1,95
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	25,13	52,49	8,08

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**15,20**	**27,69**	**8,09**

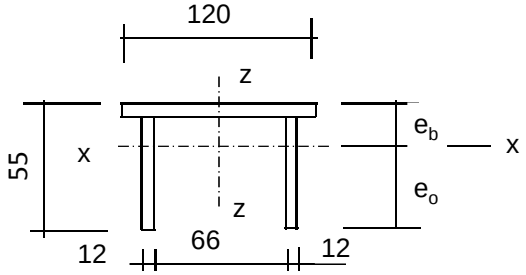
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 28,0 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



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} =	27,69	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,99	kNm
$V_{z,Ed}$ =	8,09	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,53	kNm
$V_{x,Ed}$ =	15,20	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,69	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,99	/	10,5	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		22,2	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	15,20	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,6	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 64,6 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

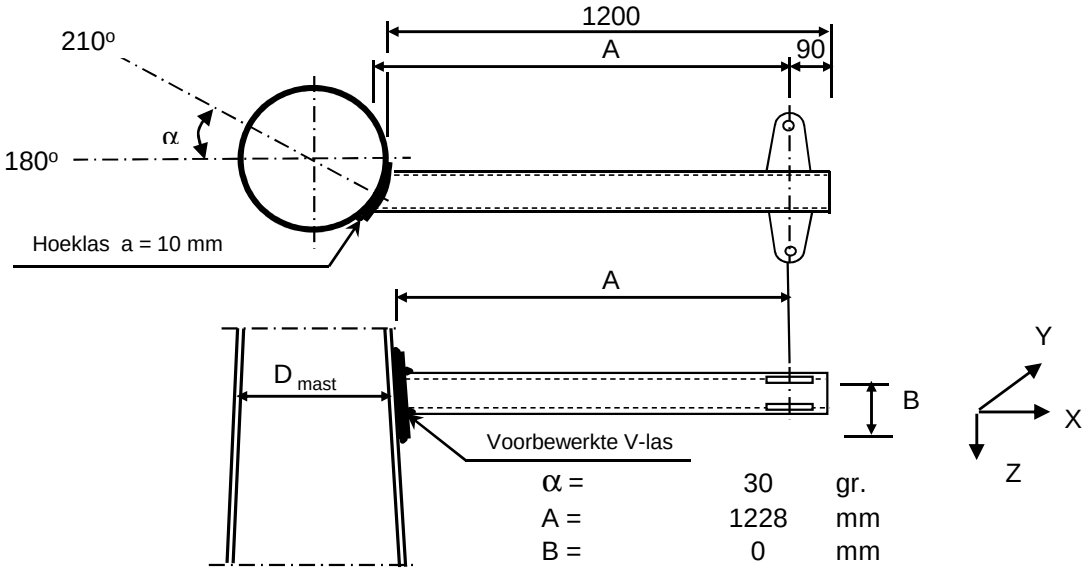
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ of $\tau_2 = \tau_{z,max} * t_1 / (2 * a)$

σ_1 =		54,9	N/mm^2
τ_1 =		54,9	N/mm^2
τ_2 =	0	12,7	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	111,9	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	111,9	/	302,2	= 0,37	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	54,9	/	244,8	= 0,22	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1228	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1765	mm
t_{mast} =	22	mm
Hoogte :	22,5	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 H en H1

	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))	30869	52708	4040	30869	-52708	4040
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	56902	108190	16334	56902	-108190	16334
BG 1a - (+wind (45 gr))	17864	36390	4038	32230	-54613	4040
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50266	105824	16332	57618	-108686	16334
BG 1a - bundelbr. (90gr).	22628	41514	4039	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	34691	63339	6789	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17319	36143	4038	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27167	56685	6788	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	23242	42304	4039	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	35549	64348	6790	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))	61,738	0	8,08	0,00	9,92	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	113,804	0	32,668	0,00	40,12	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	50,094	18,223	8,078	0,00	9,92	22,38
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	107,884	2,862	32,666	0,00	40,12	3,52
BG 1a - bundelbr. (90gr).	22,628	41,514	4,039	0,00	4,96	50,99
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	34,691	63,339	6,789	0,00	8,34	77,80
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17,319	36,143	4,038	0,00	4,96	44,39
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27,167	56,685	6,788	0,00	8,34	69,62
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	23,242	42,304	4,039	0,00	4,96	51,96
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	35,549	64,348	6,79	0,00	8,34	79,03

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind -45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 8,34 / 101 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 19,5 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 79,03 / 101 = 0,78 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 184,4 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,55 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 6,79 / 455 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,0 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 64,35 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,3 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 191 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 194 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))

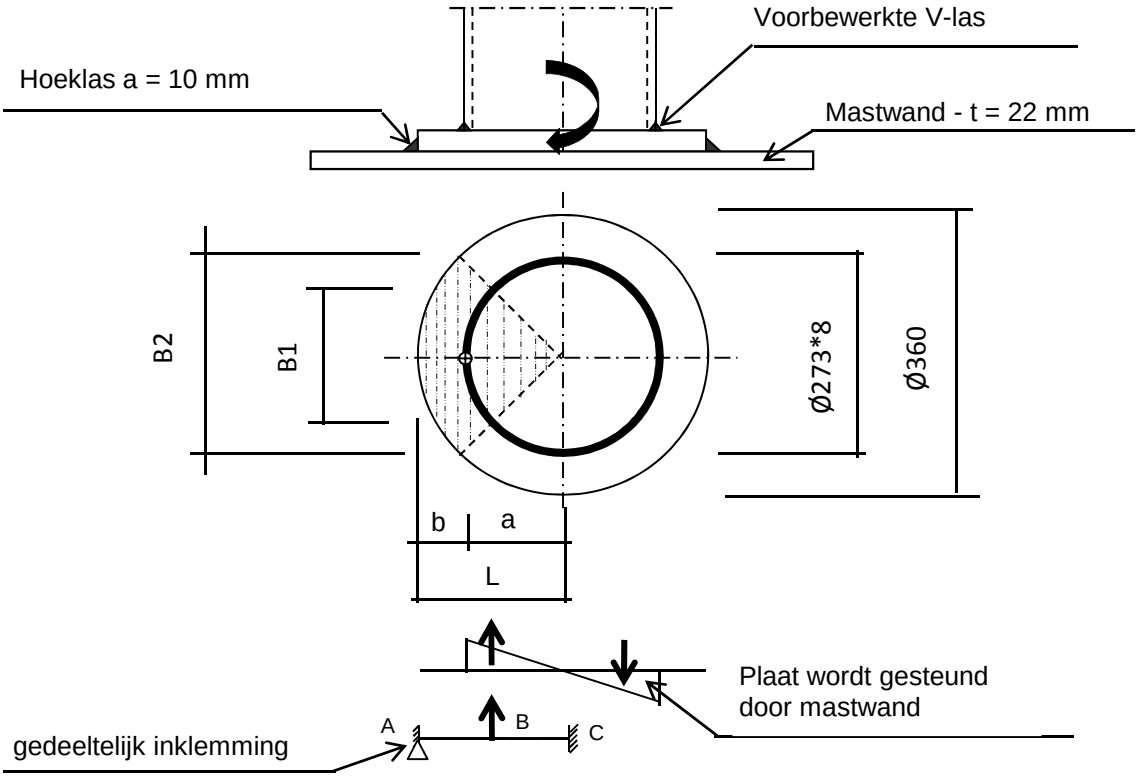
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 79,5 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 263,5 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
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 7,39 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 169,8 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,59 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,19 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 224,7 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 6,6 * 40,0% = 2,64 kNm

$M_{B;Ed} =$ 7,4 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,71 kNm

$R_{A;Ed} =$ 169,8 * 60,0% + 224,7 * 40,0% = 191,8 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,64 / 10,46 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 59,7 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 5,71 / 7,93 = 0,72 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 170,3 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 191,8 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 27,1 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 35,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 181,3 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 105,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 48,0 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	105,5	+	48,0	=		153,5	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	105,5	-	48,0	=		57,5	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		183,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	183,0	/	302,2	=	0,61	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	153,5	/	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	1765,0	22,0	120468	S355	355	51847664
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 ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,20

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 40,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 434,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 13533,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,75 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 157,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 389,6 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 40,12 / 157,5 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 81,3 kNm

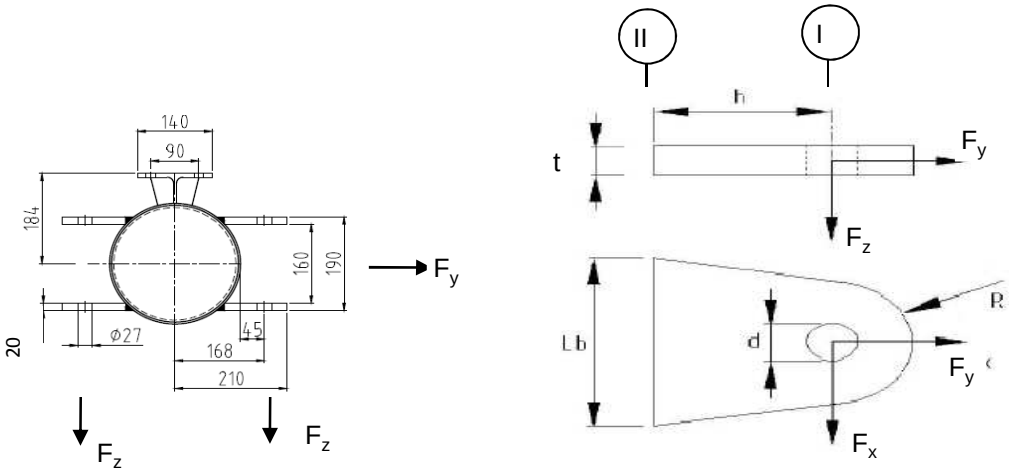
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 389,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 79,03 / 81,3 = 0,97 < 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))	30,87	52,71	4,04
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	**56,90**	**108,19**	**16,33**
BG 1a - (+wind (45 gr))	17,86	36,39	4,04
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	50,27	105,82	16,33

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**28,45**	**54,10**	**16,33**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 54,7 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} =	54,10	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,13	kNm
$V_{z,Ed}$ =	16,33	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,23	kNm
$V_{x,Ed}$ =	28,45	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	54,10	/	663	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		19,3	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,13	/	15,5	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		32,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,23	/	2,2	=	0,55	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		131,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	16,33	/	383	/	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		5,8	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	28,45	/	383	/	0,07	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,2	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 183,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 184 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

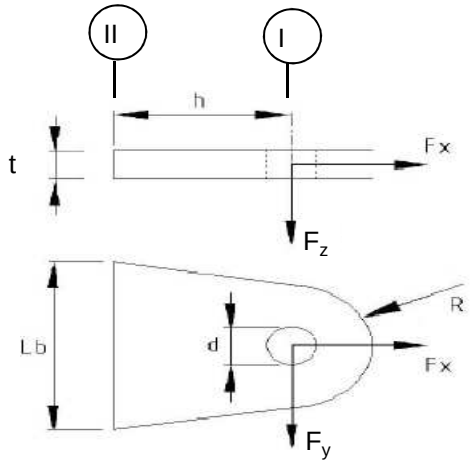
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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	2571,0	25,0	199962	S355	355	126050590
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 830,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 33754,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,77 of $n_p =$ -0,743

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 444,1 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 444,1 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 48,9 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 48,9 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

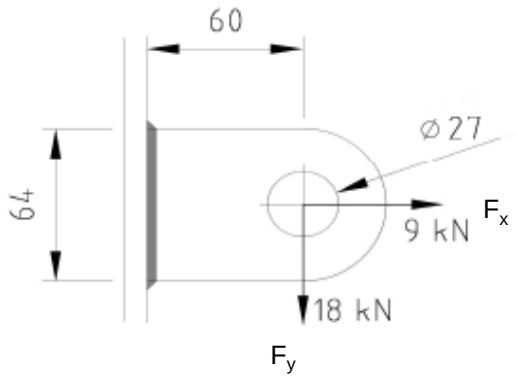
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



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 27.3 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	1552,6	22,0	105787	S355	355	39914236
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 353,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 9972,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,71 of $n_p =$ -0,694

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 366,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 366,5 = 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'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 6012 N/mm' ---> voldoet

Clip op 46,8 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	15,0	37539	S355	355	7340303
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 95,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 640,9 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,90

$N_{1,Rd} =$ 245,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 245,7 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 15,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 15,7 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

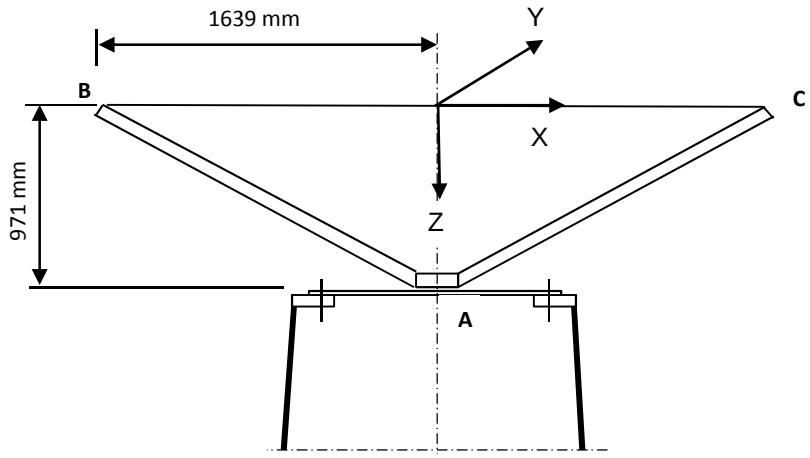
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



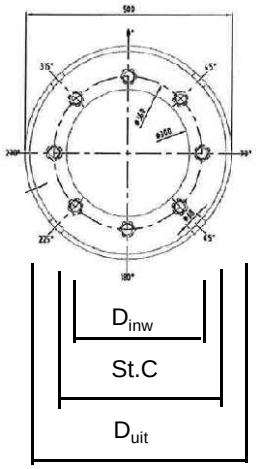
Buis rond 500 * 15

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

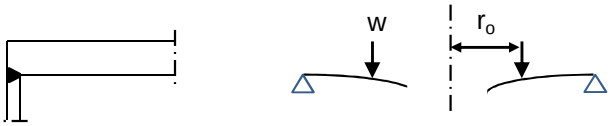
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

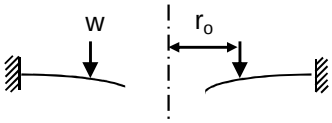
maatgevend belastinggeval : BG2.

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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

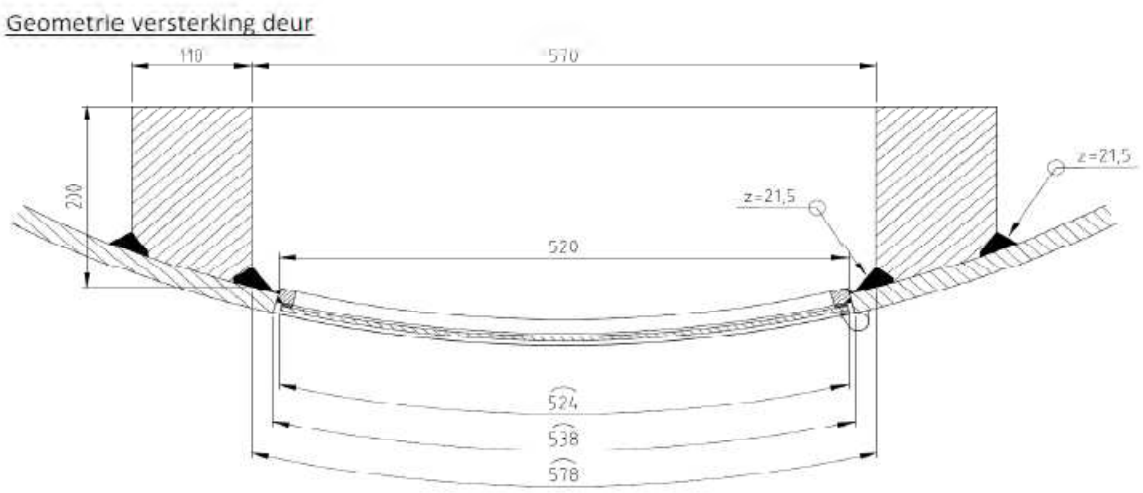
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

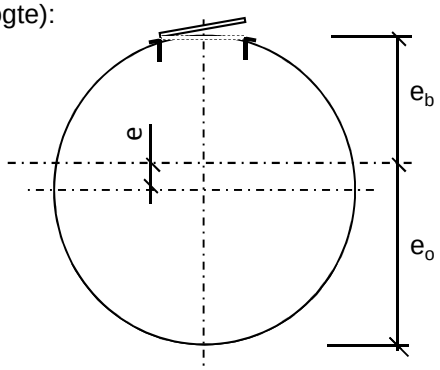
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

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 : 2543 mm
dikte t ; 25 mm

A_{buis} = 197799 mm^2
$A_{versterking}$ = 40566 mm^2
$A_{verlies}$ = 12964 mm^2

A_{tot} = 225401 mm^2

e = 127,1 mm
e_b = 1144,6 mm ; e_o = 1398,8 mm

I_{tot} = 1,83E+11 mm^4
W_{min} = 1,31E+08 mm^3
W_{max} = 1,60E+08 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 34093 kNm ; N_{Ed} = 830 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,7 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 261,1 N/mm^2

σ_{max} = 3,7 + 261,1 = 264,8 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage H, H1 en H2

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14908	69099	136417	14908	69099	-136417
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	68440	135838	14907	68440	-135838
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	67663	135195	14907	67663	-135195
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	9550	18404	1947	9550	-18404
	Comp. gl	4038	18593	36940	4038	18593	-36940
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74601	157630	14900	74601	-157630
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74522	157628	14900	74522	-157628
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74427	157629	14900	74427	-157629
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9699	20385	1946	9699	-20385
	Comp. gl	4036	19711	41685	4036	19711	-41685
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	102011	212189	25691	102011	-212189
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101777	212153	25691	101777	-212153
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	101495	212121	25691	101495	-212121
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8084	25470	52487	8084	25470	-52487
	Comp. gl	16332	50723	105767	16332	50723	-105767
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	74035	156415	17913	74035	-156415
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73959	156420	17913	73959	-156420
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73868	156429	17913	73868	-156429
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	10892	22942	2699	10892	-22942
	Comp. gl	5542	22200	47022	5542	22200	-47022
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
	GW / opgw	2190	8930	19151	2190	8930	-19151
	Comp. gl	4543	18490	39651	4543	18490	-39651
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	66108	134063	14917	123814	-207307
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65748	133837	14916	118362	-199753
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	65321	133591	14915	111722	-190574
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8934	17798	1949	20059	-32742
	Comp. gl	4038	17864	36390	4040	32230	-54613
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74228	157643	14900	80606	-161230

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

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	380C1F2 / 380C2F2	14900	74180	157649	14900	79949	-160648
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74122	157657	14900	79176	-160000
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9629	20378	1946	10923	-21373
	Comp. gl	4036	19619	41690	4037	21183	-42528
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100910	212097	25695	120693	-226319
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100769	212100	25694	118641	-224227
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100599	212109	25694	116217	-221853
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25127	52487	8086	30988	-55896
	Comp. gl	16332	50266	105824	16334	57618	-108686
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73676	156457	17914	79503	-158859
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73629	156466	17914	78919	-158432
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73572	156478	17914	78228	-157962
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10827	22947	2699	11910	-23487
	Comp. gl	5542	22113	47038	5542	23469	-47430
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	118454	199880	14916	118454	-199880
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	113403	192895	14915	113403	-192895
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	107265	184441	14914	107265	-184441
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	19085	31373	1948	19085	-31373
	Comp. gl	4040	30869	52708	4040	30869	-52708
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79960	160657	14900	79960	-160657
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79369	160158	14900	79369	-160158
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78672	159604	14900	78672	-159604
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10789	21228	1946	10789	-21228
	Comp. gl	4037	21025	42392	4037	21025	-42392
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	118675	224261	25694	118675	-224261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	116823	222436	25694	116823	-222436
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114635	220373	25693	114635	-220373
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30406	55385	8085	30406	-55385
	Comp. gl	16334	56902	108190	16334	56902	-108190
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78928	158439	17914	78928	-158439
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78401	158076	17914	78401	-158076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77777	157679	17914	77777	-157679

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

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	GW / opgw	2699	11801	23398	2699	11801	-23398
	Comp. gl	5542	23339	47353	5542	23339	-47353
1a	380C1F1 / 380C2F1	14917	123814	207307	14907	66108	-134063
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14916	118362	199753	14907	65748	-133837
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14915	111722	190574	14907	65321	-133591
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1949	20059	32742	1947	8934	-17798
	Comp. gl	4040	32230	54613	4038	17864	-36390
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80606	161230	14900	74228	-157643
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79949	160648	14900	74180	-157649
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	79176	160000	14900	74122	-157657
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10923	21373	1946	9629	-20378
	Comp. gl	4037	21183	42528	4036	19619	-41690
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	120693	226319	25691	100910	-212097
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	118641	224227	25691	100769	-212100
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	116217	221853	25691	100599	-212109
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8086	30988	55896	8083	25127	-52487
	Comp. gl	16334	57618	108686	16332	50266	-105824
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79503	158859	17913	73676	-156457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78919	158432	17913	73629	-156466
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	78228	157962	17913	73572	-156478
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11910	23487	2699	10827	-22947
	Comp. gl	5542	23469	47430	5542	22113	-47038
1a	380C1F1 / 380C2F1	11179	57785	112156	11179	57785	-112156
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56994	111294	11178	56994	-111294
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	56064	110322	11178	56064	-110322
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8116	15328	1460	8116	-15328
	Comp. gl	3028	15404	30103	3028	15404	-30103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61898	130388	11172	61898	-130388
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61812	130372	11172	61812	-130372
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61709	130356	11172	61709	-130356
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7963	16663	1459	7963	-16663
	Comp. gl	3027	16144	34035	3027	16144	-34035

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

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]
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	91718	190117	21959	91718	-190117
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91471	190054	21959	91471	-190054
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	91176	189992	21959	91176	-189992
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24429	50253	7595	24429	-50253
	Comp. gl	15319	48561	101130	15319	48561	-101130
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62365	131388	14184	62365	-131388
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62285	131385	14184	62285	-131385
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62189	131384	14184	62189	-131384
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9383	19707	2211	9383	-19707
	Comp. gl	4531	19087	40346	4531	19087	-40346
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497	11178	49660	-106497
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497	11178	49660	-106497
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497	11178	49660	-106497
	GW / opgw	1460	6468	13870	1460	6468	-13870
	Comp. gl	3028	13424	28788	3028	13424	-28788
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	54216	108561	11187	119241	-197506
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53792	108198	11186	113437	-189195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	53292	107797	11185	106307	-178966
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7375	14456	1461	19608	-31776
	Comp. gl	3028	14538	29256	3030	30838	-51628
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61496	130339	11173	68954	-136246
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61445	130339	11173	68161	-135370
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61383	130340	11173	67229	-134382
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7886	16640	1459	9428	-18166
	Comp. gl	3027	16045	34025	3027	17869	-35422
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90565	189911	21963	112117	-207932
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90418	189903	21963	109864	-205408
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90242	189899	21962	107199	-202519
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24080	50242	7597	30115	-54026
	Comp. gl	15319	48098	101176	15321	55647	-104462
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61989	131395	14184	68481	-135225
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61940	131400	14184	67810	-134611

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

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 yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61882	131408	14184	67020	-133927
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9315	19705	2212	10509	-20483
	Comp. gl	4531	18997	40356	4531	20467	-40993
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	113535	189336	11186	113535	-189336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	108119	181567	11185	108119	-181567
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	101477	172033	11184	101477	-172033
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18597	30325	1461	18597	-30325
	Comp. gl	3030	29376	49508	3030	29376	-49508
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68174	135384	11173	68174	-135384
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67462	134624	11173	67462	-134624
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66625	133769	11173	66625	-133769
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9264	17959	1459	9264	-17959
	Comp. gl	3027	17678	35215	3027	17678	-35215
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	109902	205450	21963	109902	-205450
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	107866	203231	21962	107866	-203231
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105460	200699	21962	105460	-200699
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29513	53473	7597	29513	-53473
	Comp. gl	15321	54907	103913	15321	54907	-103913
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67821	134621	14184	67821	-134621
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67217	134094	14184	67217	-134094
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66505	133508	14184	66505	-133508
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10387	20364	2212	10387	-20364
	Comp. gl	4531	20322	40883	4531	20322	-40883
1a	380C1F1 / 380C2F1	11187	119241	197506	11178	54216	-108561
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11186	113437	189195	11178	53792	-108198
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11185	106307	178966	11178	53292	-107797
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19608	31776	1460	7375	-14456
	Comp. gl	3030	30838	51628	3028	14538	-29256
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68954	136246	11172	61496	-130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	68161	135370	11172	61445	-130339
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	67229	134382	11172	61383	-130340
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9428	18166	1459	7886	-16640

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
	Attachment point	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	17869	35422	3027	16045	-34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	112117	207932	21959	90565	-189911
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	109864	205408	21959	90418	-189903
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	107199	202519	21959	90242	-189899
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	30115	54026	7595	24080	-50242
	Comp. gl	15321	55647	104462	15319	48098	-101176
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68481	135225	14184	61989	-131395
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67810	134611	14184	61940	-131400
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	67020	133927	14184	61882	-131408
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10509	20483	2211	9315	-19705
	Comp. gl	4531	20467	40993	4531	18997	-40356

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

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]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	65091	133470	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	64829	133341	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	64517	133204	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	8727	17636	0	0	0
	Comp. gl	4038	17616	36253	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74382	157631	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74321	157634	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74248	157641	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9658	20379	0	0	0
	Comp. gl	4036	19657	41686	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17319	77382	160689	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	77179	160627	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17319	76937	160565	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3320	13878	28057	0	0	0
	Comp. gl	6788	27606	56797	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	71996	152513	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71937	152520	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	71866	152531	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2548	10397	21964	0	0	0
	Comp. gl	5241	21242	45084	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548	0	0	0
	GW / opgw	2190	8930	19151	0	0	0
	Comp. gl	4543	18490	39651	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	63880	132983	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	63729	132945	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	63549	132907	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8486	17491	0	0	0
	Comp. gl	4038	17319	36143	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

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]
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74094	157662	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74056	157669	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74010	157678	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9604	20378	0	0	0
	Comp. gl	4036	19586	41695	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17319	76437	160477	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76318	160466	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17319	76174	160457	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3320	13528	27894	0	0	0
	Comp. gl	6788	27167	56685	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	71715	152560	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71678	152569	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	71634	152580	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2548	10346	21970	0	0	0
	Comp. gl	5241	21173	45099	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	85576	155374	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	83284	152456	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	80561	149065	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1947	12893	22682	0	0	0
	Comp. gl	4039	22628	41514	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	78346	159359	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77917	159053	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	77409	158718	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10453	20890	0	0	0
	Comp. gl	4036	20630	42085	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17321	92606	174413	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	90889	172448	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17320	88862	170202	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3321	19705	34409	0	0	0
	Comp. gl	6789	34691	63339	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	75703	153686	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75309	153458	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

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	17312	74843	153210	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2548	11089	22253	0	0	0
	Comp. gl	5241	22117	45271	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14911	88058	158585	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	85534	155320	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14910	82531	151510	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	13379	23353	0	0	0
	Comp. gl	4039	23242	42304	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	78814	159713	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	78338	159353	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	77776	158957	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10550	20983	0	0	0
	Comp. gl	4037	20745	42169	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17321	94476	176608	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	92575	174377	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17321	90327	171817	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3321	20384	35278	0	0	0
	Comp. gl	6790	35549	64348	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	76130	153954	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75695	153682	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	75180	153386	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2548	11171	22313	0	0	0
	Comp. gl	5241	22215	45321	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	53025	107594	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	52720	107376	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	52361	107137	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	7129	14209	0	0	0
	Comp. gl	3028	14248	29031	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61661	130350	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61595	130344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61517	130340	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7917	16647	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

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	3027	16086	34027	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13590	65576	135371	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	65351	135262	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13590	65084	135146	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2832	12503	25108	0	0	0
	Comp. gl	5777	24721	50612	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13582	60175	127164	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	60114	127166	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	60039	127170	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2061	8858	18663	0	0	0
	Comp. gl	4230	18068	38278	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497	0	0	0
	GW / opgw	1460	6468	13870	0	0	0
	Comp. gl	3028	13424	28788	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	51637	106730	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	51468	106652	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	51267	106569	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	6847	13976	0	0	0
	Comp. gl	3028	13911	28833	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61354	130342	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61314	130344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61267	130349	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7859	16636	0	0	0
	Comp. gl	3027	16010	34026	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13590	64538	134960	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	64409	134928	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13590	64255	134896	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2832	12125	24885	0	0	0
	Comp. gl	5777	24254	50438	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13582	59883	127186	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

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]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	59845	127192	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	59799	127200	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2061	8805	18664	0	0	0
	Comp. gl	4230	17997	38288	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	77266	137556	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	74616	133872	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11180	71442	129512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1460	11975	20714	0	0	0
	Comp. gl	3029	20198	36303	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	66233	133386	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	65721	132902	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65119	132363	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	8857	17466	0	0	0
	Comp. gl	3027	17204	34738	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13592	83217	154282	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	81230	151737	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13592	78874	148787	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2834	18850	32577	0	0	0
	Comp. gl	5779	32500	58641	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13583	64284	129201	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	63835	128853	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	63305	128469	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2061	9621	19105	0	0	0
	Comp. gl	4231	19015	38620	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	80112	141547	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	77217	137489	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11181	73741	132664	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1460	12514	21496	0	0	0
	Comp. gl	3029	20909	37300	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	66794	133939	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	66224	133377	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65554	132749	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H1**

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	1459	8974	17604	0	0	0
	Comp. gl	3027	17341	34870	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	13593	85372	157089	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	83181	154235	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13592	80578	150913	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2834	19574	33540	0	0	0
	Comp. gl	5779	33435	59816	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	13583	64774	129603	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13583	64276	129195	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	13582	63689	128743	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2061	9713	19188	0	0	0
	Comp. gl	4231	19125	38694	0	0	0

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

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	12421	58367	117326	12421	58367	-117326
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57958	117006	12421	57958	-117006
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57476	116653	12421	57476	-116653
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7923	15607	1622	7923	-15607
	Comp. gl	3365	15695	31704	3365	15695	-31704
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65890	139733	12415	65890	-139733
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65839	139735	12415	65839	-139735
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65777	139739	12415	65777	-139739
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8488	17925	1621	8488	-17925
	Comp. gl	3363	17277	36661	3363	17277	-36661
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83791	175308	19607	83791	-175308
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83636	175288	19607	83636	-175288
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83451	175270	19607	83451	-175270
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19827	41097	5711	19827	-41097
	Comp. gl	11555	39606	82930	11555	39606	-82930
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62782	133068	14424	62782	-133068
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62733	133074	14424	62733	-133074
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62673	133082	14424	62673	-133082
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9034	19096	2123	9034	-19096
	Comp. gl	4367	18474	39227	4367	18474	-39227
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56507	116043	12426	94024	-162842
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56282	115924	12425	90310	-157634
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	56014	115796	12425	85824	-151386
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7542	15268	1623	14920	-25150
	Comp. gl	3365	15242	31407	3366	24508	-42891
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65647	139755	12415	69665	-141646
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65616	139760	12415	69257	-141321
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65578	139767	12415	68776	-140963
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8442	17924	1621	9251	-18472
	Comp. gl	3363	17217	36667	3363	18203	-37105

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

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]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83064	175261	19609	96087	-184395
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82971	175265	19608	94729	-183021
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82858	175273	19608	93129	-181472
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19596	41092	5712	23606	-43590
	Comp. gl	11555	39299	82964	11556	44295	-85080
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62547	133104	14425	66290	-134405
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62516	133111	14424	65919	-134159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62478	133120	14424	65480	-133891
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8991	19100	2123	9691	-19414
	Comp. gl	4367	18417	39239	4367	19298	-39452
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	90373	157721	12425	90373	-157721
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	86956	152956	12425	86956	-152956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82840	147267	12424	82840	-147267
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	14241	24172	1623	14241	-24172
	Comp. gl	3366	23590	41597	3366	23590	-41597
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69264	141327	12415	69264	-141327
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68896	141050	12415	68896	-141050
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68462	140746	12415	68462	-140746
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9168	18388	1621	9168	-18388
	Comp. gl	3363	18105	37029	3363	18105	-37029
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	94752	183044	19608	94752	-183044
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93529	181851	19608	93529	-181851
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	92087	180510	19608	92087	-180510
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	23204	43218	5712	23204	-43218
	Comp. gl	11556	43804	84720	11556	43804	-84720
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65925	134163	14424	65925	-134163
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65590	133956	14424	65590	-133956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65192	133730	14424	65192	-133730
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9622	19361	2123	9622	-19361
	Comp. gl	4367	19214	39406	4367	19214	-39406
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	94024	162842	12421	56507	-116043
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	90310	157634	12421	56282	-115924

W2H350+5 TOWER **APPENDIX: H2**

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]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	85824	151386	12421	56014	-115796
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14920	25150	1622	7542	-15268
	Comp. gl	3366	24508	42891	3365	15242	-31407
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69665	141646	12415	65647	-139755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	69257	141321	12415	65616	-139760
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68776	140963	12415	65578	-139767
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9251	18472	1621	8442	-17924
	Comp. gl	3363	18203	37105	3363	17217	-36667
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	96087	184395	19607	83064	-175261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	94729	183021	19607	82971	-175265
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	93129	181472	19607	82858	-175273
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23606	43590	5711	19596	-41092
	Comp. gl	11556	44295	85080	11555	39299	-82964
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	66290	134405	14424	62547	-133104
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65919	134159	14424	62516	-133111
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65480	133891	14424	62478	-133120
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9691	19414	2123	8991	-19100
	Comp. gl	4367	19298	39452	4367	18417	-39239

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

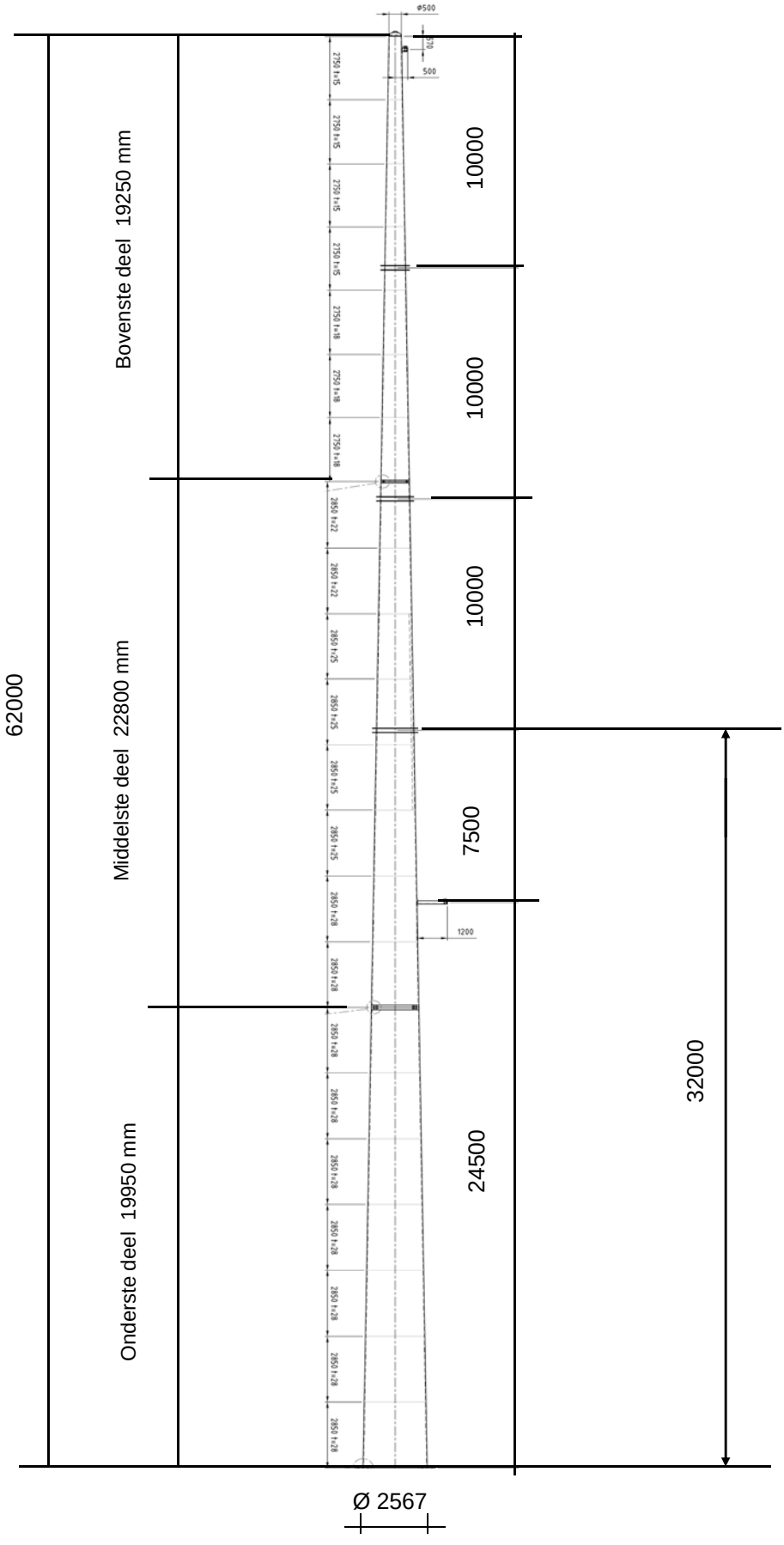
62,0 m - 2567 - 500

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

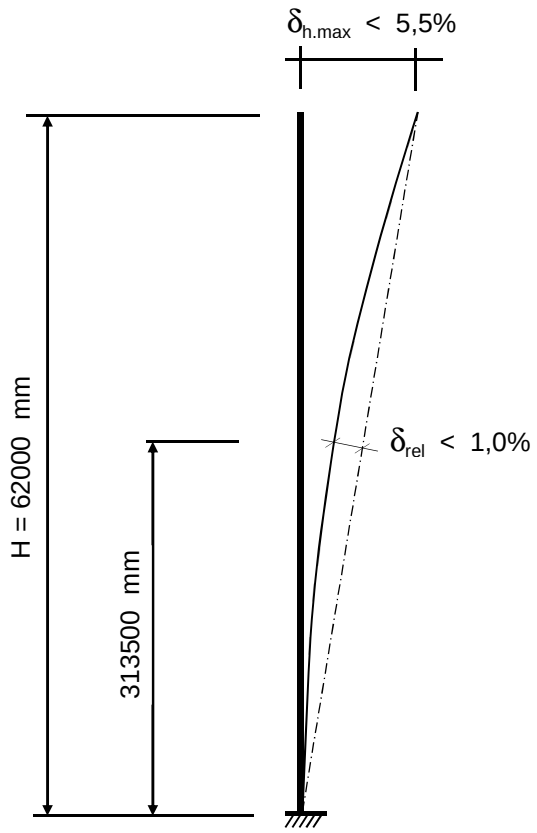
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

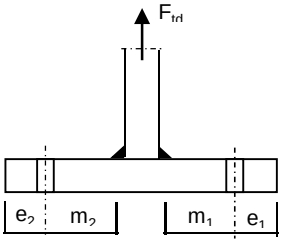
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

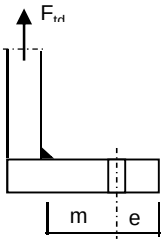
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

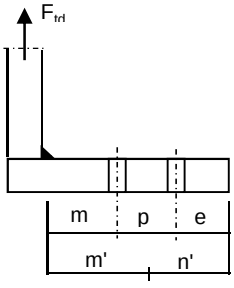
Flenzen en voetplaat:



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.

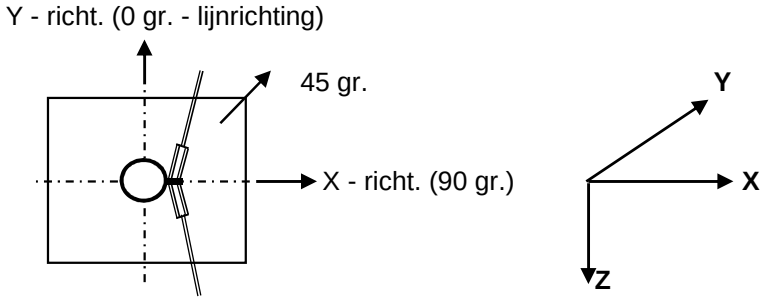
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

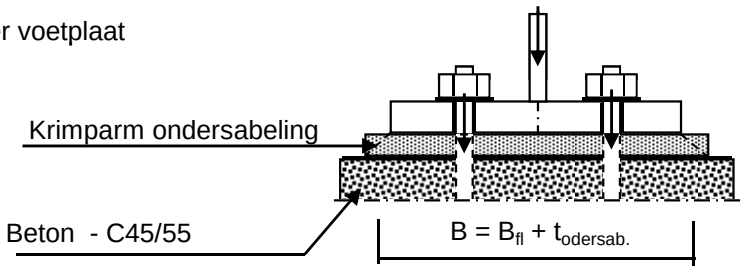
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 510,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 643,0 + 1,00 * 510,9 = 1153,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

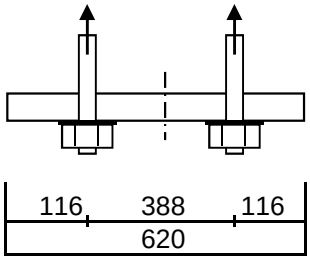
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

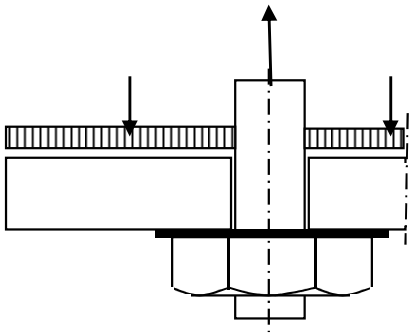


D = 2539 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 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

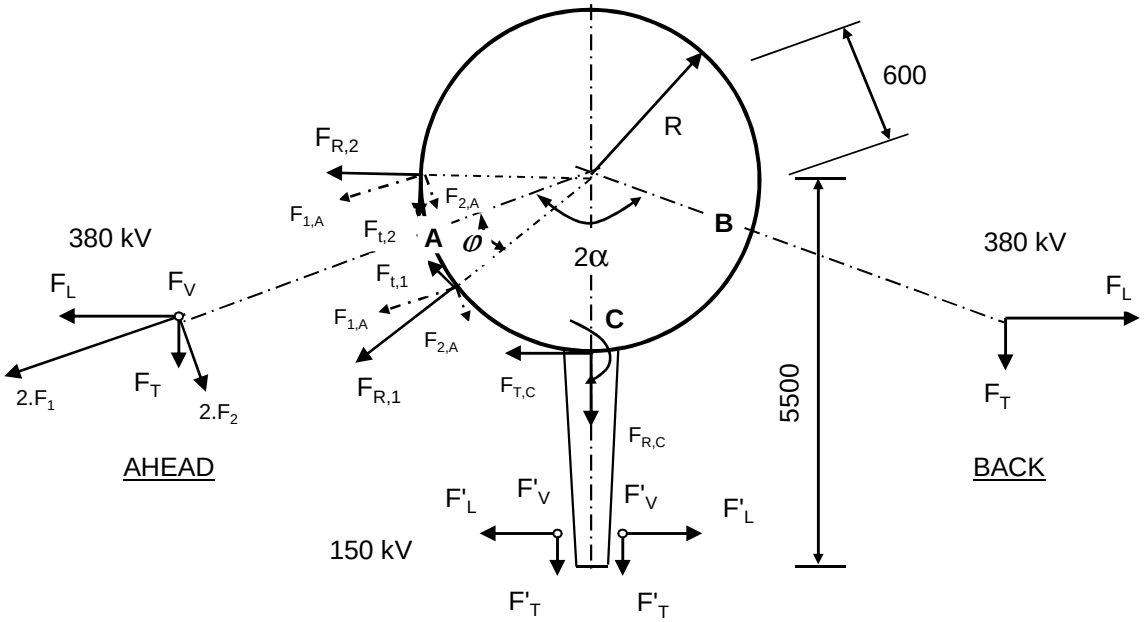
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (288,2^2 + 3*52,0^2)^{0,5}$
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

$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = (F_{L,Ba}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ba}.\text{Cos}\alpha) / 4$

$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = (F_{L,Ba}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ba}.\text{Sin}\alpha) / 4$

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

$F_{R;1;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi + F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi - F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;A} = F_{1,A}.\text{Cos}\varphi - F_{2;A}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;A} = F_{1,A}.\text{Sin}\varphi + F_{2;A}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = | F_{T;1;A} + F_{T;2;A} | * R$

$F_{R;1;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi + F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;1;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi - F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

$F_{R;2;B} = F_{1,B}.\text{Cos}\varphi - F_{2;B}.\text{Sin}\varphi$; $F_{T;2;B} = F_{1,B}.\text{Sin}\varphi + F_{2;B}.\text{Cos}\varphi$

; $M_w = | F_{T;1;B} + F_{T;2;B} | * R$

150 kV: Per bevevestigingsring

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

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

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

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

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

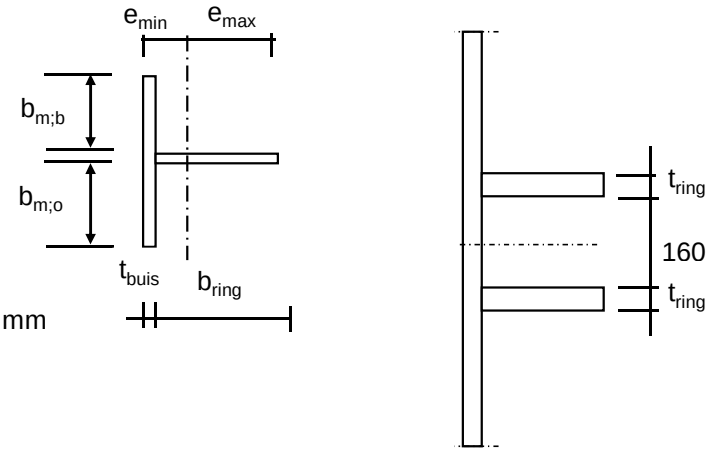
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

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

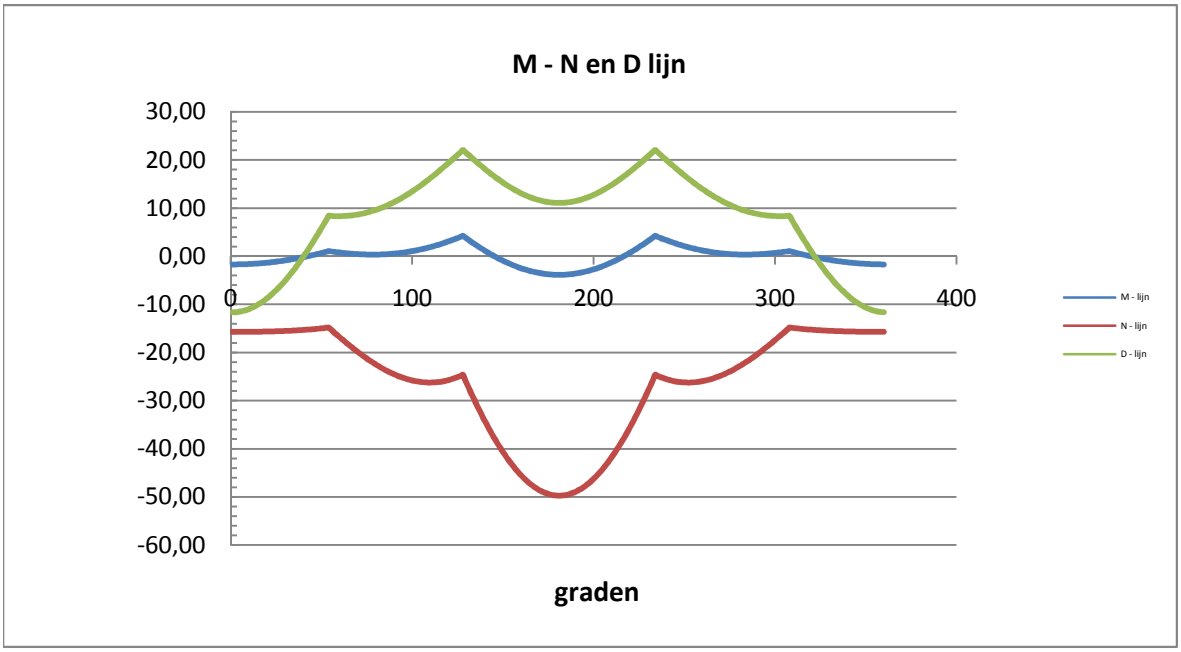
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

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

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

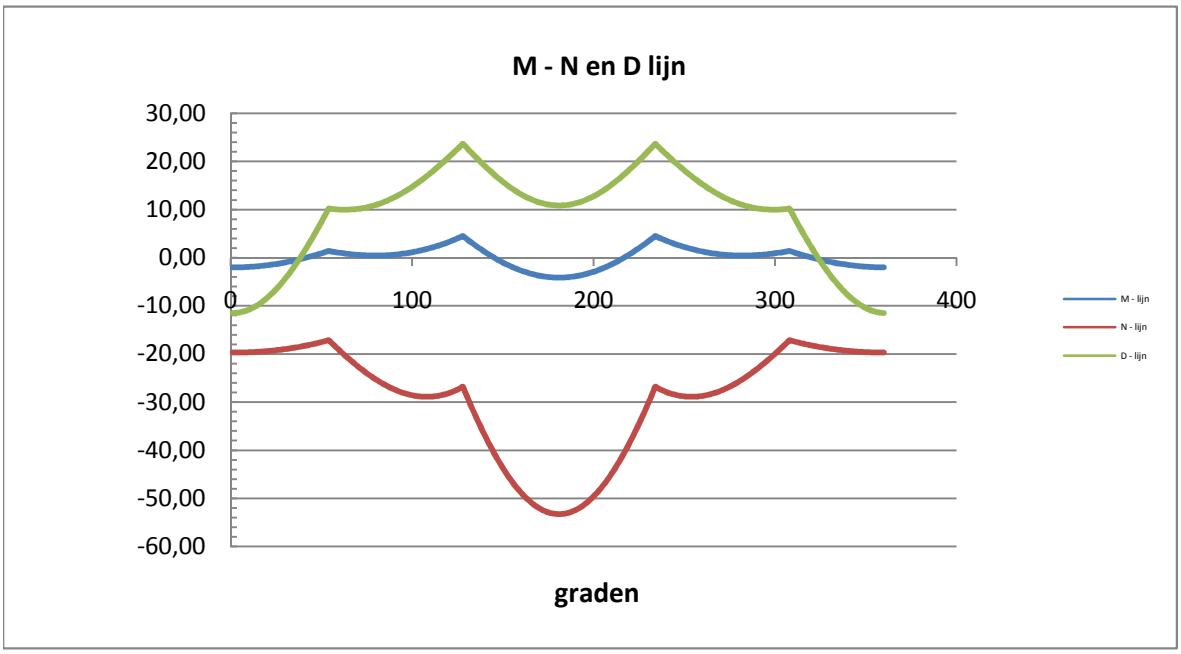
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 13121674 mm^4



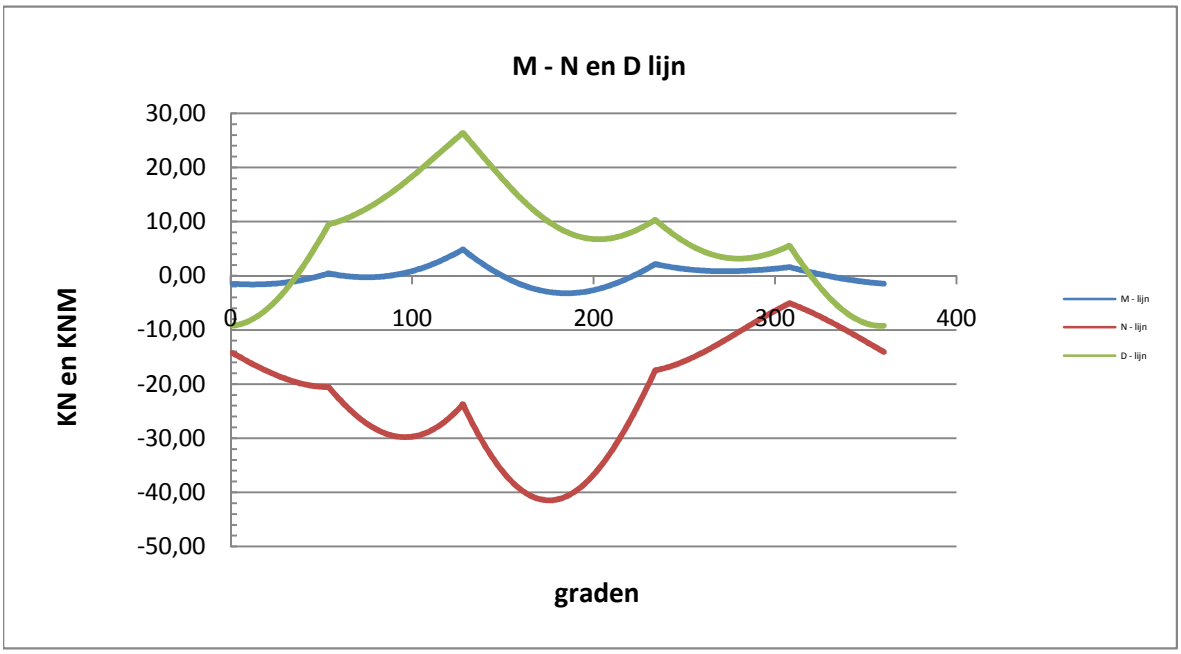
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

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



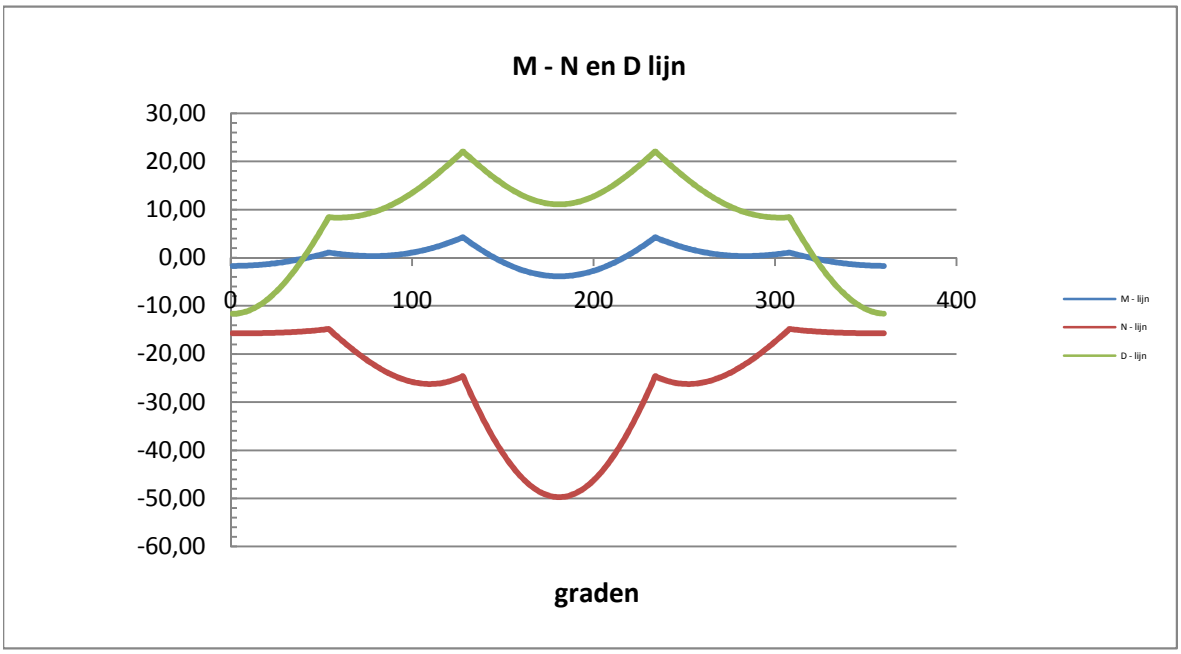
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

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



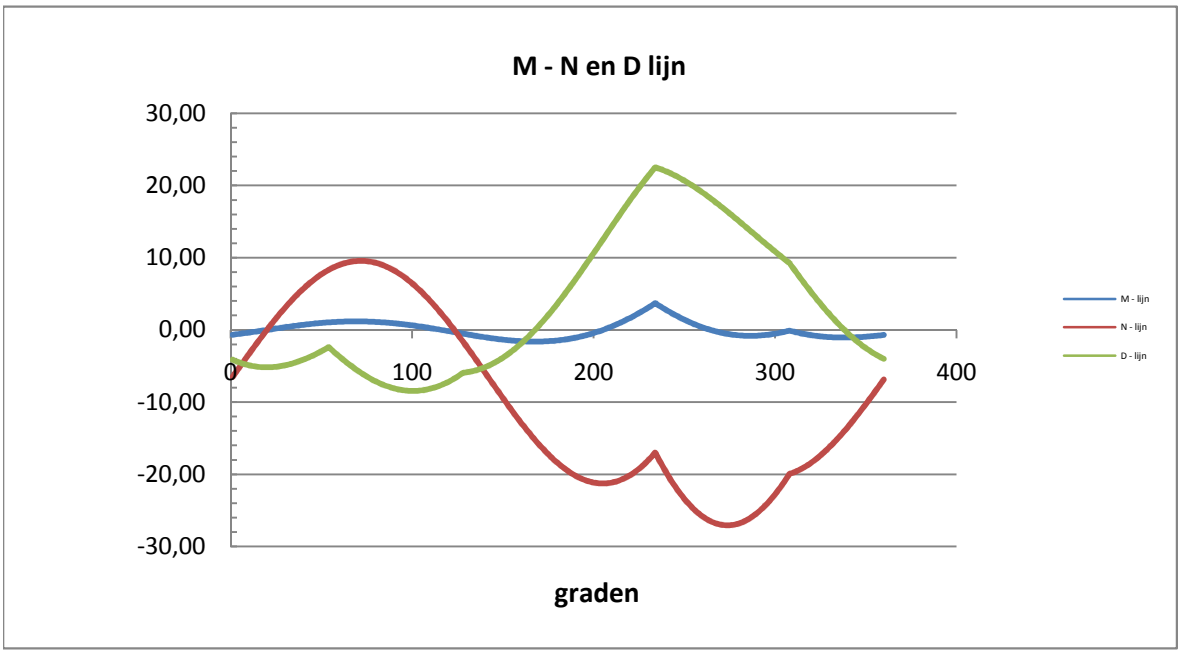
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

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



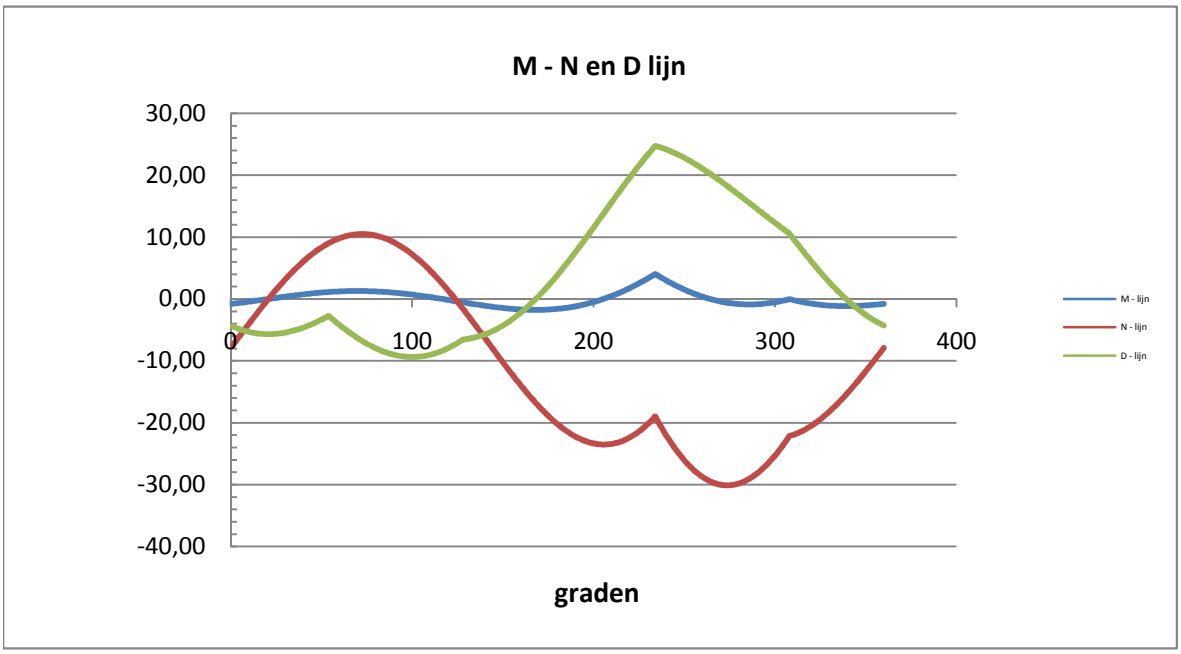
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

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

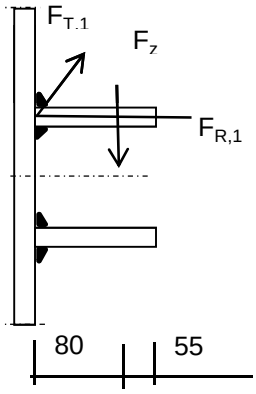
$\sigma_b + \sigma_N$ = 41,3 + 3,6 = 44,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

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

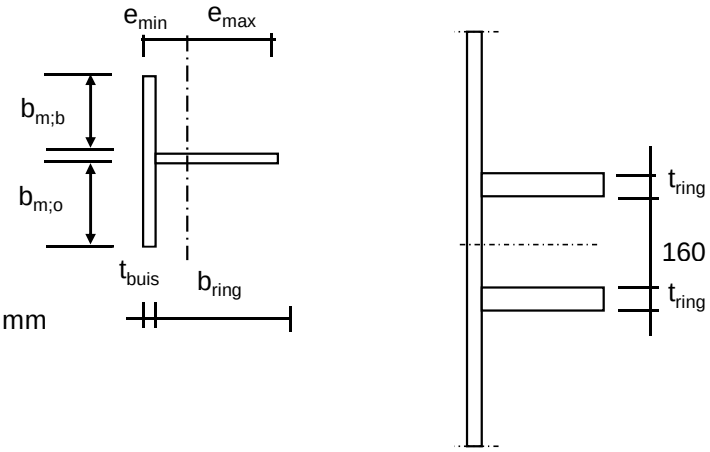
9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 42,0 meter hoogte

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

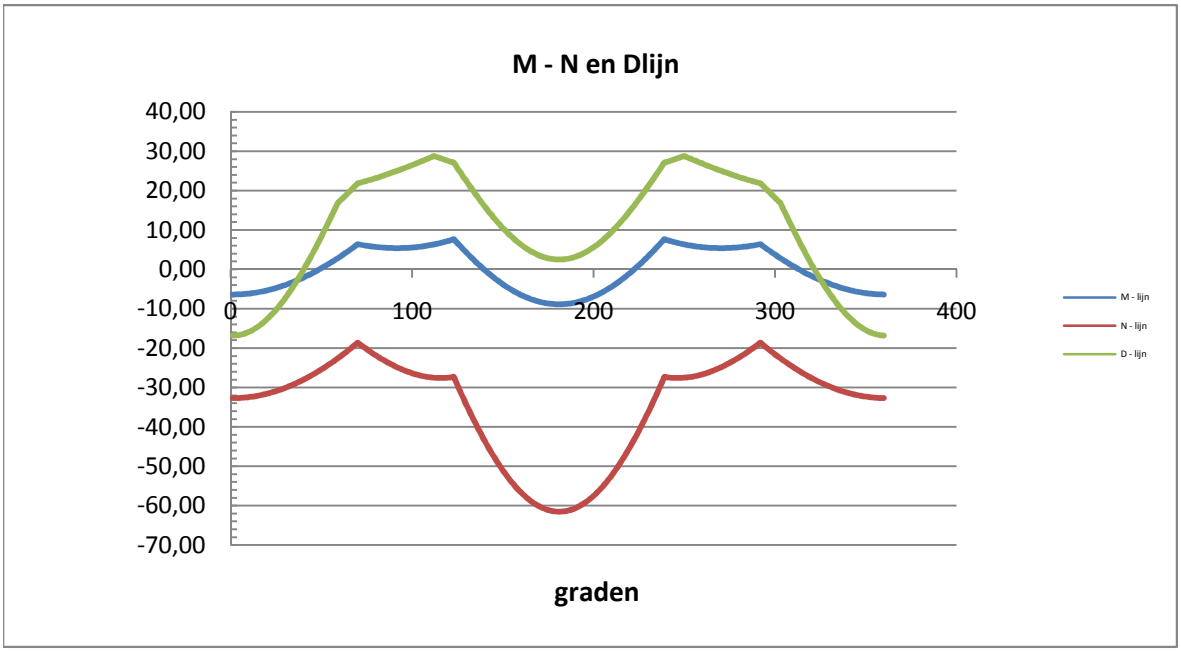
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

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

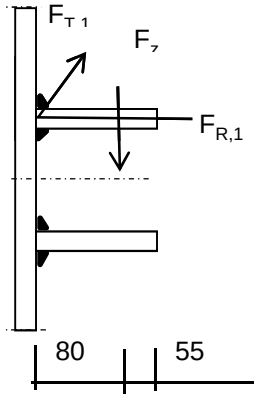
τ_z = 0,9 N/mm^2

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

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

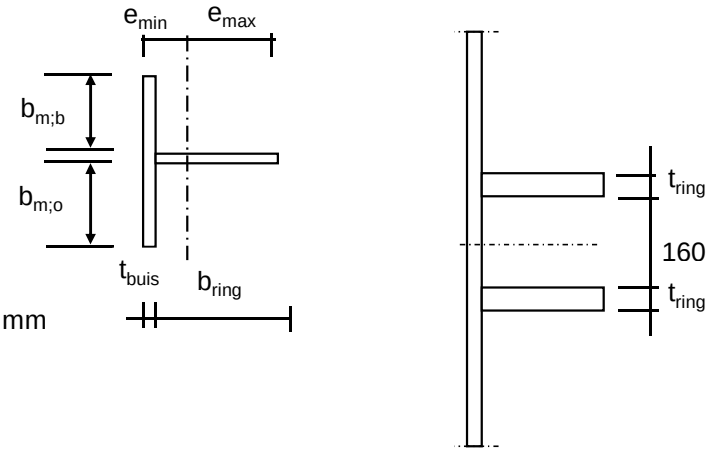
9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,0 meter hoogte

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

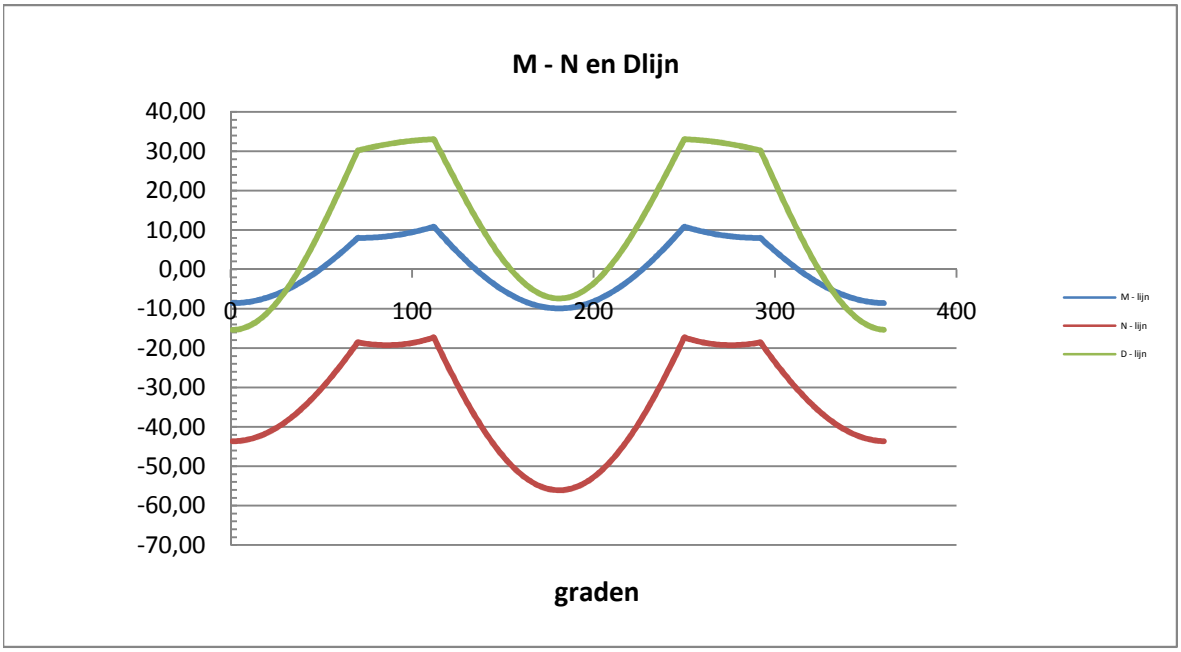
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

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

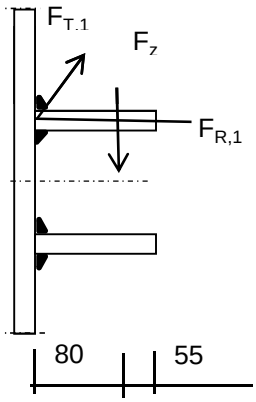
$\sigma_{vlg} = \{ (\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3*\tau^2 \}^{0,5}$

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 $\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

$f_{w;u;d} = f_{t;d} / (\beta * \gamma_M *$ wortel(3))

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

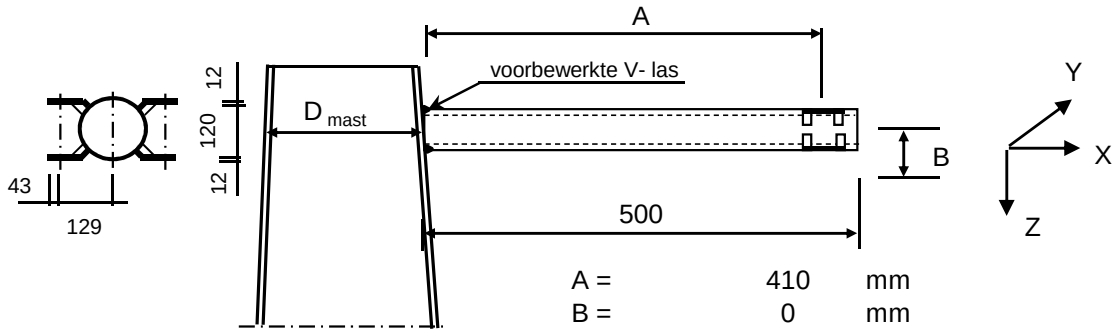
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

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 $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 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

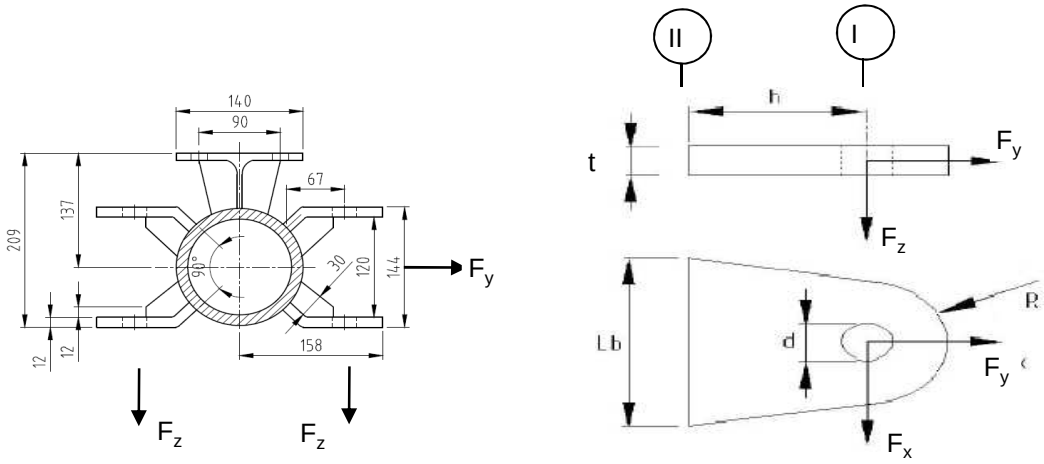
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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	54,96	9,24

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,23**	**29,08**	**9,25**

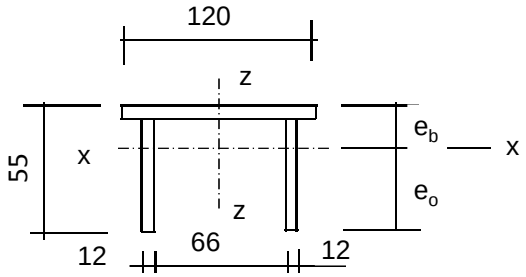
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

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

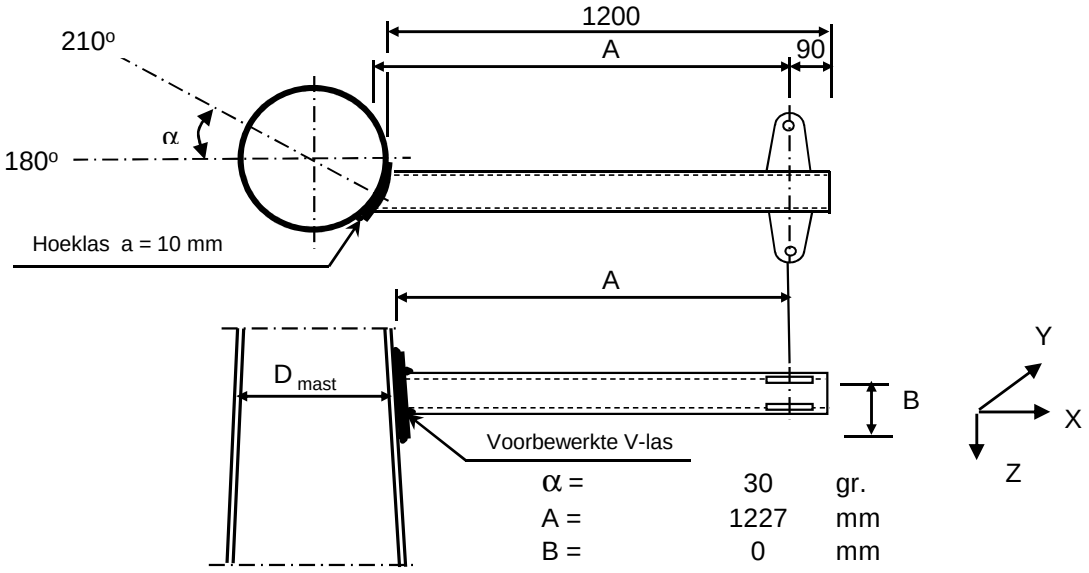
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ 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
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 "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))

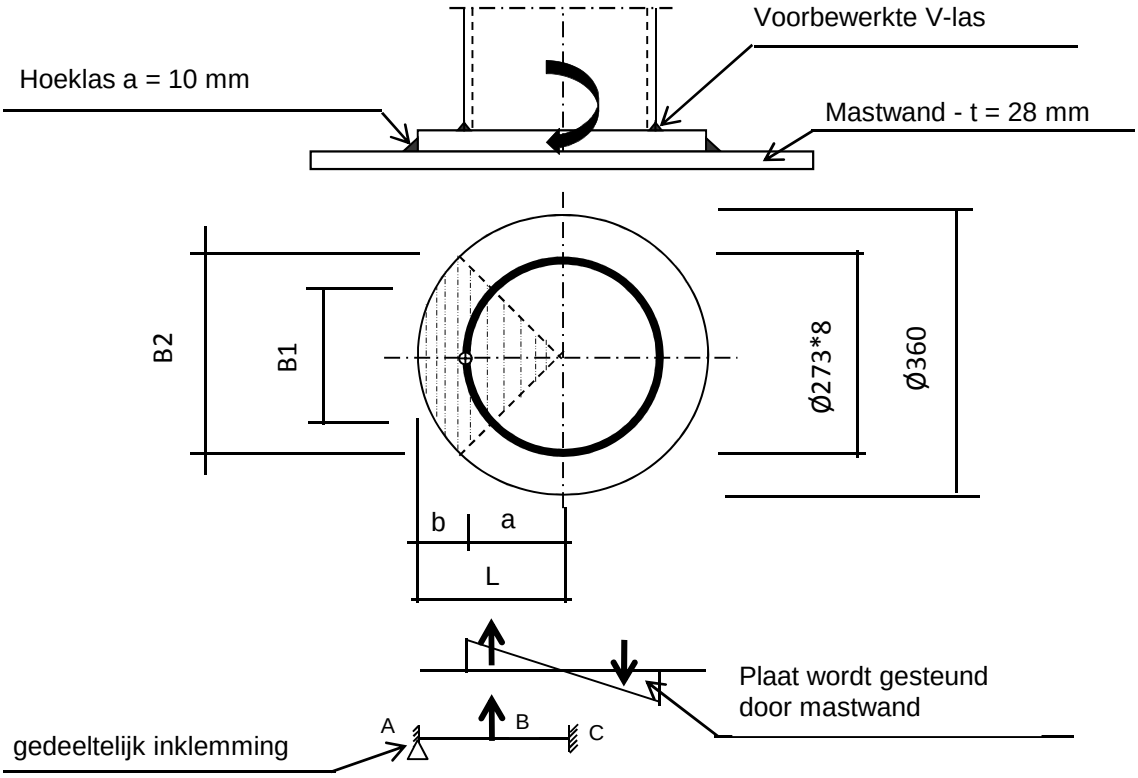
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 * Boog B2 * 355 / 1,5) / 10^{-6} = 10,46 kNm

$M_{B;Rd}$ = ((1/4) * t_{pl}^2 * 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

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 27,6 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * 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 / (β_w * γ_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 a = 10 mm rondom

Per mm las:

t.g.v buigspanning:

σ_1 = τ_1 = σ_b * t / (1 * a * $2^{0,5}$) = 107,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

σ_1 = τ_1 = ± τ * 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
$\tau_2 = 0$							
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

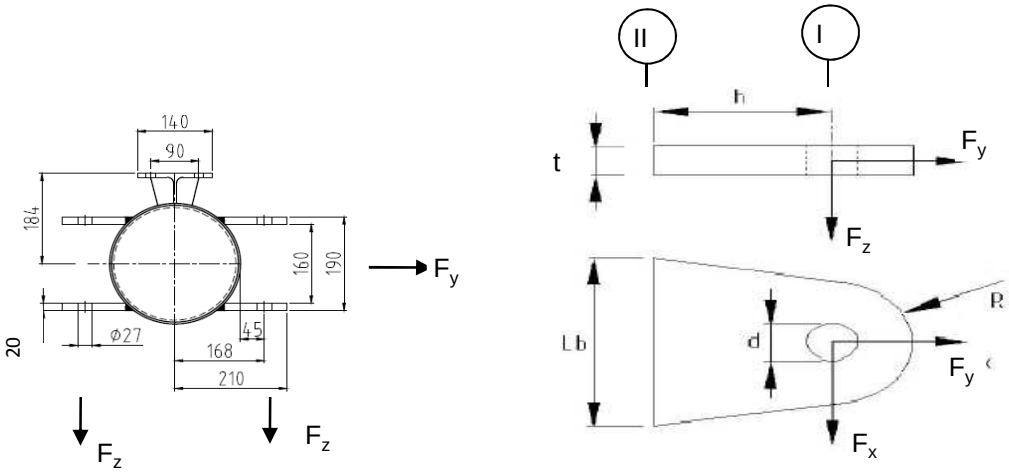
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))

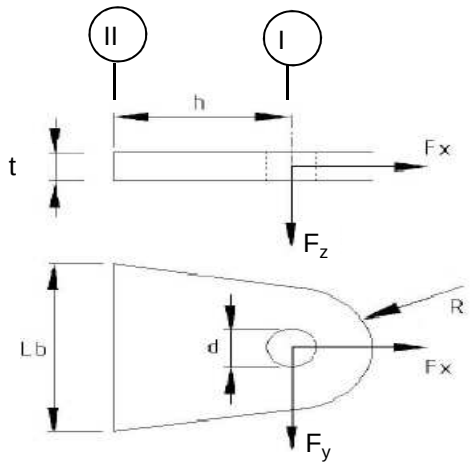
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

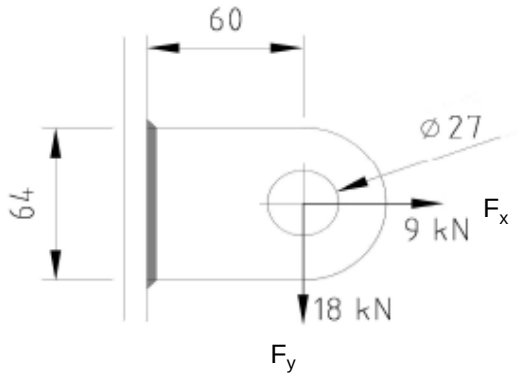
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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

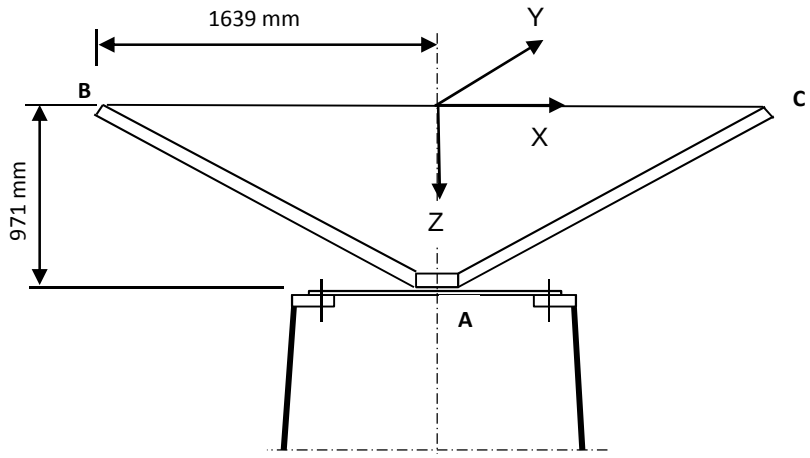
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



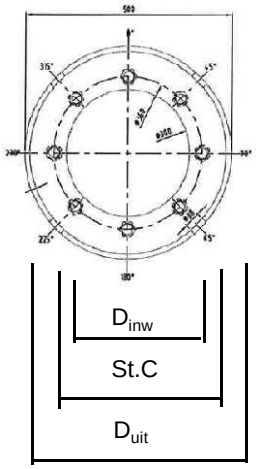
Buis rond 500 * 15

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

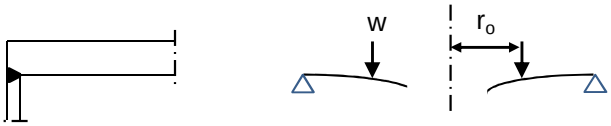
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

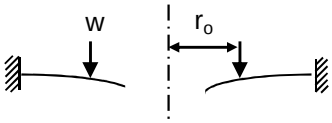
maatgevend belastinggeval : BG2.

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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

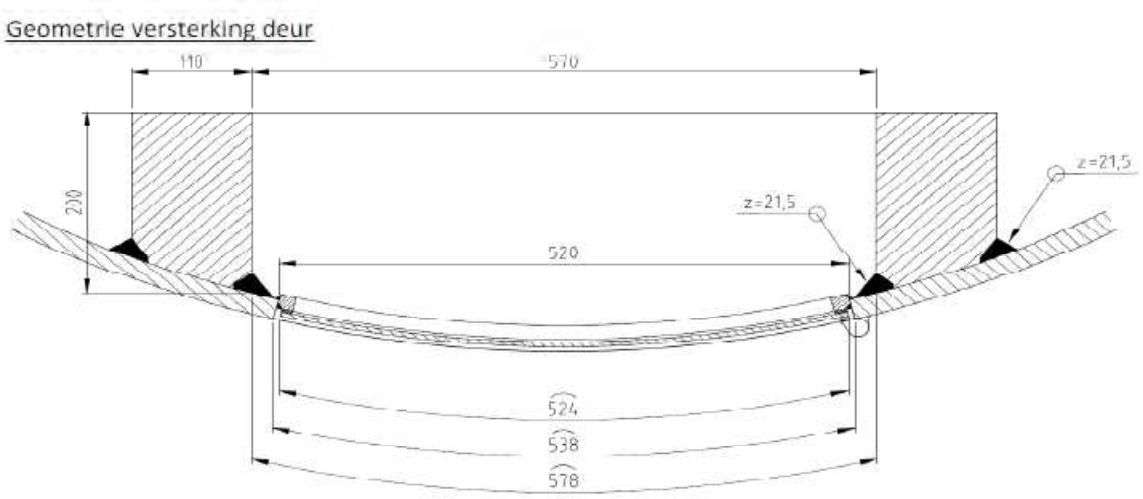
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

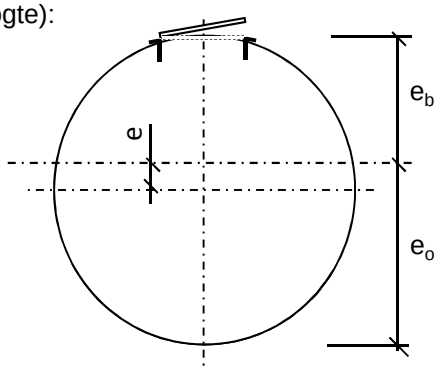
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - 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 2e 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	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	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		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[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(+0)"

Tracé – Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	
01-Detailberekening toegevoegd	22 - 03 - 13	ing. Miko Hakhverdian	
02-Mast nummer tracé VHZ-BWK 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(+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
9.0 Detailberekening	55

	blz.
9.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV	55
9.1.1 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 47m hoogte	56
9.1.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 37m hoogte	66
9.1.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 27m 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 M, M1 en M2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H400(+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 W2H400(+0) zijn de bijlage M en M1 (berekening maststerkte) en bijlage M2 (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 W2H400(+0) zijn de bijlage M en M1 (berekening maststerkte) en bijlage M2 (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(+0)"

Berekening

W2H400+0

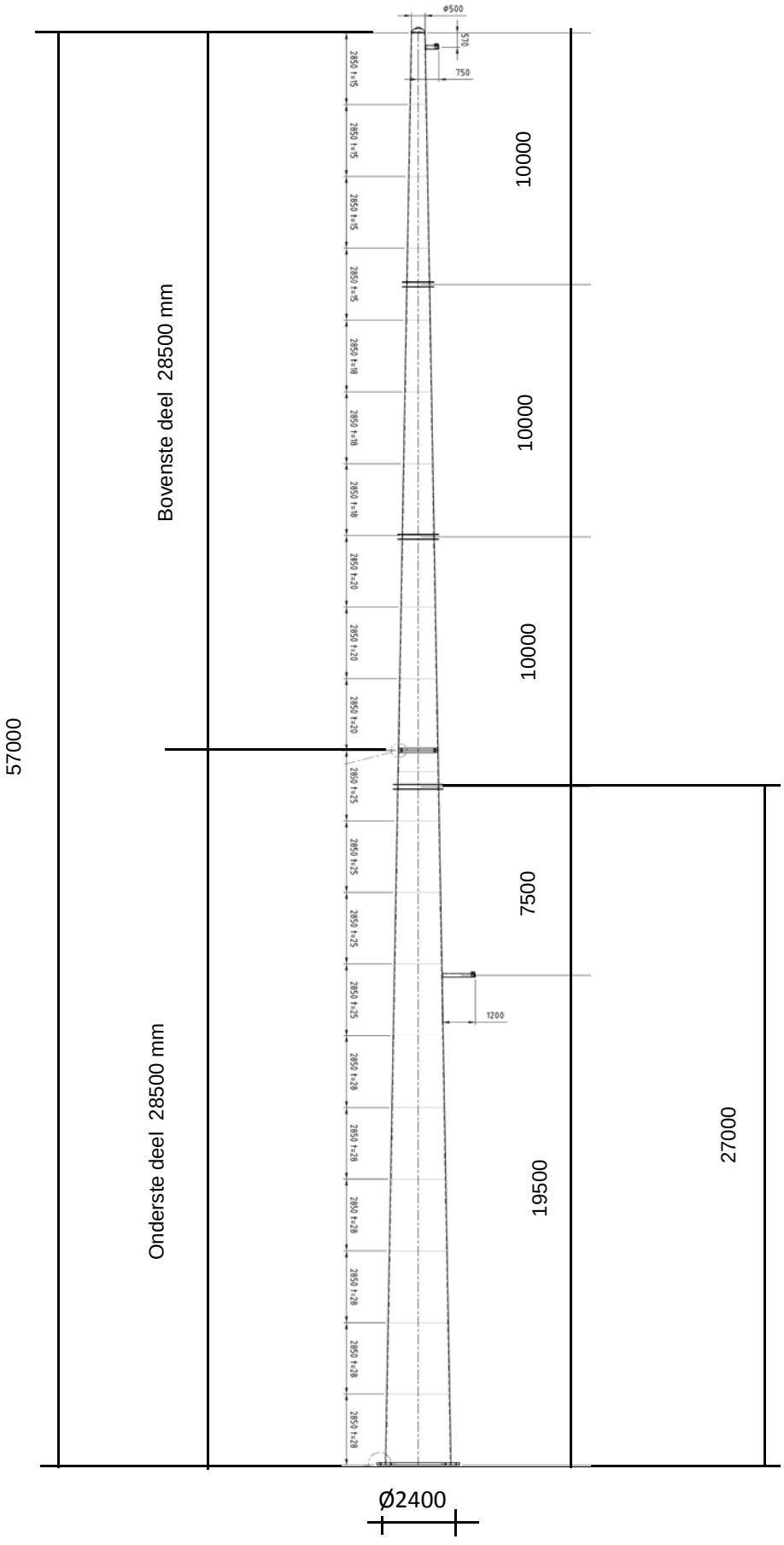
57,0 m - 2400 - 500

Tracé Beverwijk - Vijfhuizen

en

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H400(+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	1450	833	785	n.v.t.	2	1	47,73
6	1400	880	833	n.v.t.	2	1	46,30
7	2850	975	880	n.v.t.	2	1	44,18
8	2850	1070	975	n.v.t.	2	1	41,33
9	2850	1165	1070	n.v.t.	2	1	38,48
10	50	1167	1165	n.v.t.	2	1	37,03
11	2800	1260	1167	n.v.t.	2	1	35,60
12	2850	1355	1260	n.v.t.	2	1	32,78
13	2850	1450	1355	n.v.t.	2	1	29,93
14	1500	1500	1450	n.v.t.	2	1	27,75
15	1350	1545	1500	n.v.t.	2	1	26,33
16	1425	1593	1545	n.v.t.	2	1	24,94
17	1425	1640	1593	n.v.t.	2	1	23,51
18	1425	1688	1640	n.v.t.	2	1	22,09
19	1425	1735	1688	n.v.t.	2	1	20,66
20	450	1750	1735	n.v.t.	2	1	19,73
21	2400	1830	1750	n.v.t.	2	1	18,30
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	15,0	23303	182,93	7,13E+08	174,91	2,80E+06
2	557	15,0	25541	200,50	9,39E+08	191,70	3,37E+06
3	643	15,0	29570	232,13	1,46E+09	221,92	4,53E+06
4	738	15,0	34047	267,27	2,22E+09	255,50	6,03E+06
5	809	15,0	37424	293,78	2,95E+09	280,83	7,30E+06
6	857	15,0	39663	311,35	3,51E+09	297,62	8,20E+06
7	928	18,0	51431	403,73	5,32E+09	321,62	1,15E+07
8	1023	18,0	56803	445,90	7,17E+09	355,20	1,40E+07
9	1118	18,0	62175	488,08	9,40E+09	388,78	1,68E+07
10	1166	20,0	71995	565,16	1,18E+10	405,17	2,03E+07
11	1213	20,0	74979	588,59	1,34E+10	421,97	2,20E+07
12	1308	20,0	80896	635,03	1,68E+10	455,25	2,56E+07
13	1403	20,0	86865	681,89	2,08E+10	488,84	2,96E+07
14	1475	25,0	113883	893,98	2,99E+10	512,73	4,06E+07
15	1523	25,0	117613	923,26	3,30E+10	529,52	4,33E+07
16	1569	25,0	121246	951,78	3,61E+10	545,87	4,61E+07
17	1616	25,0	124976	981,07	3,96E+10	562,66	4,90E+07
18	1664	25,0	128707	1010,35	4,32E+10	579,45	5,19E+07
19	1711	25,0	132438	1039,64	4,71E+10	596,24	5,50E+07
20	1743	25,0	134892	1058,90	4,97E+10	607,29	5,71E+07
21	1790	25,0	138623	1088,19	5,40E+10	624,08	6,03E+07
22	1878	28,0	162691	1277,12	6,96E+10	653,97	7,41E+07
23	1973	28,0	171047	1342,72	8,09E+10	687,56	8,20E+07
24	2068	28,0	179404	1408,32	9,33E+10	721,14	9,03E+07
25	2163	28,0	187760	1473,92	1,07E+11	754,72	9,89E+07
26	2258	28,0	196117	1539,52	1,22E+11	788,31	1,08E+08
27	2353	28,0	204474	1605,12	1,38E+11	821,89	1,17E+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	2,33E+04	7,13E+08
2	56430	2 -- 3	2	2280	2,55E+04	9,39E+08
3	54150	3 -- 4	3	2850	2,96E+04	1,46E+09
4	51300	4 -- 5	4	2850	3,40E+04	2,22E+09
5	48450	5 -- 6	5	1450	3,74E+04	2,95E+09
6	47000	6 -- 7	6	1400	3,97E+04	3,51E+09
7	45600	7 -- 8	7	2850	5,14E+04	5,32E+09
8	42750	8 -- 9	8	2850	5,68E+04	7,17E+09
9	39900	9 -- 10	9	2850	6,22E+04	9,40E+09
10	37050	10 -- 11	10	50	7,20E+04	1,18E+10
11	37000	11 -- 12	11	2800	7,50E+04	1,34E+10
12	34200	12 -- 13	12	2850	8,09E+04	1,68E+10
13	31350	13 -- 14	13	2850	8,69E+04	2,08E+10
14	28500	14 -- 15	14	1500	1,14E+05	2,99E+10
15	27000	15 -- 16	15	1350	1,18E+05	3,30E+10
16	25650	16 -- 17	16	1425	1,21E+05	3,61E+10
17	24225	17 -- 18	17	1425	1,25E+05	3,96E+10
18	22800	18 -- 19	18	1425	1,29E+05	4,32E+10
19	21375	19 -- 20	19	1425	1,32E+05	4,71E+10
20	19950	20 -- 21	20	450	1,35E+05	4,97E+10
21	19500	21 -- 22	21	2400	1,39E+05	5,40E+10
22	17100	22 -- 23	22	2850	1,63E+05	6,96E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	1,71E+05	8,09E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,79E+05	9,33E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,88E+05	1,07E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,96E+05	1,22E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,04E+05	1,38E+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	47,73	0,21	1,15	30,95	0,18	1364
6	46,30	0,21	1,14	30,78	0,18	1353
7	44,18	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
8	41,33	0,21	1,12	30,13	0,19	1313
9	38,48	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
10	37,03	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
11	35,60	0,21	1,08	29,29	0,19	1261
12	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
13	29,93	0,21	1,05	28,31	0,20	1201
14	27,75	0,21	1,03	27,88	0,20	1176
15	26,33	0,21	1,02	27,59	0,20	1158
16	24,94	0,21	1,01	27,28	0,21	1140
17	23,51	0,21	1,00	26,95	0,21	1120
18	22,09	0,21	0,98	26,59	0,21	1100
19	20,66	0,21	0,97	26,22	0,22	1078
20	19,73	0,21	0,96	25,95	0,22	1063
21	18,30	0,21	0,95	25,53	0,22	1039
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	2,07E-02	678,40
2	2 -- 3	4913	3710	5,24	0,55	2,07E-02	666,58
3	3 -- 4	7043		10,15	18,09	2,06E-02	619,36
4	4 -- 5	8045		17,19	57,06	2,03E-02	560,91
5	5 -- 6	4477		25,24	117,53	1,98E-02	503,68
6	6 -- 7	4569	29694	59,41	157,37	1,95E-02	475,20
7	7 -- 8	11934		63,98	243,75	1,91E-02	448,19
8	8 -- 9	13136		75,91	443,09	1,82E-02	394,90
9	9 -- 10	14338		89,05	678,16	1,72E-02	344,37
10	10 -- 11	290		103,39	952,38	1,60E-02	297,03
11	11 -- 12	16900	30137	133,81	957,56	1,60E-02	296,23
12	12 -- 13	18526		150,71	1355,90	1,48E-02	253,03
13	13 -- 14	19861		169,24	1811,83	1,35E-02	212,52
14	14 -- 15	13635	9037	198,14	2322,47	1,22E-02	175,76
15	15 -- 16	12667	30581	242,35	2629,91	1,16E-02	157,90
16	16 -- 17	13777		255,02	2965,63	1,11E-02	142,60
17	17 -- 18	14194		268,80	3338,86	1,05E-02	127,25
18	18 -- 19	14611		282,99	3732,00	9,86E-03	112,76
19	19 -- 20	15029		297,60	4145,68	9,24E-03	99,14
20	20 -- 21	4833		312,63	4580,47	8,61E-03	86,40
21	21 -- 22	26477	7694	325,16	4722,24	8,41E-03	82,57
22	22 -- 23	36825		351,63	5534,39	7,33E-03	63,64
23	23 -- 24	38695		388,46	6589,03	6,15E-03	44,39
24	24 -- 25	40565		427,15	7751,28	4,95E-03	28,53
25	25 -- 26	42434		467,72	9026,47	3,73E-03	16,12
26	26 -- 27	44304		510,15	10419,94	2,50E-03	7,21
27	27 -- 28	46173		554,46	11937,01	1,25E-03	1,82
28			37407	638,04	13583,01	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	112,8	40,0	0,678	1010,48	69,430
2	2 -- 3	491,3	371,0	0,667	5525,10	367,964
3	3 -- 4	704,3		0,619	4077,38	245,279
4	4 -- 5	804,5		0,561	4200,75	227,933
5	5 -- 6	447,7		0,504	2149,74	107,254
6	6 -- 7	456,9	2969,4	0,475	15911,73	767,925
7	7 -- 8	1193,4		0,448	4935,14	212,069
8	8 -- 9	1313,6		0,395	4763,25	179,479
9	9 -- 10	1433,8		0,344	4510,76	147,463
10	10 -- 11	29,0		0,297	84,41	2,552
11	11 -- 12	1690,0	3013,7	0,296	13311,22	391,931
12	12 -- 13	1852,6		0,253	4230,38	100,378
13	13 -- 14	1986,1		0,213	3782,61	74,857
14	14 -- 15	1363,5	903,7	0,176	3789,57	65,864
15	15 -- 16	1266,7	3058,1	0,158	6604,08	104,843
16	16 -- 17	1377,7		0,143	1823,46	25,079
17	17 -- 18	1419,4		0,127	1670,95	20,440
18	18 -- 19	1461,1		0,113	1518,60	16,401
19	19 -- 20	1502,9		0,099	1367,72	12,934
20	20 -- 21	483,3		0,086	400,54	3,450
21	21 -- 22	2647,7	769,4	0,083	2522,13	19,397
22	22 -- 23	3682,5		0,064	1951,35	10,744
23	23 -- 24	3869,5		0,044	1383,89	5,143
24	24 -- 25	4056,5		0,029	888,31	2,021
25	25 -- 26	4243,4		0,016	485,47	0,577
26	26 -- 27	4430,4		0,007	196,22	0,090
27	27 -- 28	4617,3		0,002	41,30	0,004
28			3740,7	0,000	0,00	0,000
				Som	93137	3182

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

$n_{1,x}$	=	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	919	0,991	0,570	0,56	514,73	0,57
2 -- 3	215	0,948	2,280	2,05	441,35	2,16
3 -- 4	247	0,870	2,850	2,16	532,95	2,48
4 -- 5	282	0,785	2,850	1,75	495,26	2,24
5 -- 6	2357	0,721	1,450	0,75	1778,62	1,05
6 -- 7	326	0,681	1,400	0,65	211,62	0,95
7 -- 8	419	0,621	2,850	1,10	460,79	1,77
8 -- 9	461	0,545	2,850	0,85	389,98	1,55
9 -- 10	503	0,473	2,850	0,64	320,42	1,35
10 -- 11	60855	0,437	0,050	0,01	581,74	0,02
11 -- 12	604	0,405	2,800	0,46	276,96	1,13
12 -- 13	650	0,343	2,850	0,34	218,11	0,98
13 -- 14	1014	0,286	2,850	0,23	236,66	0,82
14 -- 15	2948	0,246	1,500	0,09	267,40	0,37
15 -- 16	938	0,221	1,350	0,07	62,13	0,30
16 -- 17	967	0,199	1,425	0,06	54,49	0,28
17 -- 18	996	0,177	1,425	0,04	44,41	0,25
18 -- 19	1025	0,156	1,425	0,03	35,64	0,22
19 -- 20	1055	0,137	1,425	0,03	28,10	0,19
20 -- 21	2784	0,125	0,450	0,01	19,43	0,06
21 -- 22	1103	0,108	2,400	0,03	30,75	0,26
22 -- 23	1292	0,080	2,850	0,02	23,35	0,23
23 -- 24	1358	0,054	2,850	0,01	11,17	0,15
24 -- 25	1423	0,033	2,850	0,00	4,39	0,09
25 -- 26	1489	0,017	2,850	0,00	1,25	0,05
26 -- 27	1555	0,007	2,850	0,00	0,20	0,02
27 -- 28	2933	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	11,93	7041,93	19,54

m_e = 7041,9 / 11,9 = 590,4 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,86	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)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,062	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,074	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,85	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,49	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,42	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,15
R^2 =	0,69
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,64 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,62

$c_s c_d$ = **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	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	46,72	2,52E+06	0,80	0,81	0,64
6	46,53	2,66E+06	0,80	0,81	0,64
7	46,24	2,86E+06	0,79	0,81	0,64
8	45,83	3,12E+06	0,79	0,81	0,64
9	45,39	3,38E+06	0,79	0,81	0,64
10	45,15	3,51E+06	0,79	0,81	0,64
11	44,91	3,63E+06	0,79	0,81	0,64
12	44,40	3,87E+06	0,79	0,81	0,64
13	43,84	4,10E+06	0,79	0,81	0,64
14	43,37	4,26E+06	0,79	0,81	0,64
15	43,04	4,37E+06	0,79	0,81	0,64
16	42,70	4,47E+06	0,79	0,81	0,64
17	42,34	4,56E+06	0,79	0,81	0,64
18	41,95	4,65E+06	0,79	0,81	0,64
19	41,53	4,74E+06	0,78	0,81	0,63
20	41,24	4,79E+06	0,78	0,81	0,63
21	40,77	4,86E+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 - M, M1 en M2		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,00	1			
3e traverse - 380C1F3	27,00	1			
Retourstroomgeleider	19,50	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	47,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	37,00	0,000
3e traverse - 380C1F3	27,00	0,000
Retourstroomgeleider	19,50	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	56,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,00	1			
3e traverse - 380C1F3	27,00	1			
Retourstroomgeleider	19,50	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	0,188	0,068	398	0,698
2	4571	342	4913	0,822	0,274	1688	0,741
3	6616	428	7043	1,183	0,342	2322	0,815
4	7617	428	8045	1,355	0,342	2547	0,894
5	4260	218	4477	0,755	0,174	1379	0,951
6	4359	210	4569	0,772	0,168	1383	0,988
7	11506	428	11934	1,699	0,342	2967	1,041
8	12708	428	13136	1,870	0,342	3159	1,108
9	13910	428	14338	2,041	0,342	3338	1,171
10	283	8	290	0,037	0,006	60	1,201
11	16480	420	16900	2,174	0,336	3442	1,229
12	18098	428	18526	2,381	0,342	3650	1,281
13	19434	428	19861	2,551	0,342	3779	1,326
14	13410	225	13635	1,410	0,180	2033	1,356
15	12464	203	12667	1,309	0,162	1853	1,372
16	13563	214	13777	1,423	0,171	1976	1,387
17	13980	214	14194	1,465	0,171	1993	1,399
18	14398	214	14611	1,506	0,171	2006	1,408
19	14815	214	15029	1,548	0,171	2016	1,414
20	4765	68	4833	0,497	0,054	638	1,417
21	26117	360	26477	2,723	0,288	3402	1,417
22	36398	428	36825	3,385	0,342	4012	1,408
23	38268	428	38695	3,546	0,342	3923	1,376
24	40137	428	40565	3,705	0,342	3750	1,316
25	42007	428	42434	3,857	0,342	3446	1,209
26	43876	428	44304	3,995	0,342	2903	1,019
27	45746	428	46173	4,158	0,342	2927	1,027
	480828	8550	489378	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	66988

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	2586	4452	4450	18488	5956
3	3 -- 4	2966				
4	4 -- 5	3387				
5	5 -- 6	3705				
6	6 -- 7	3916	35639	35619	60299	41653
7	7 -- 8	5025				
8	8 -- 9	5531				
9	9 -- 10	6037				
10	10 -- 11	6962				
11	11 -- 12	7243	36170	36152	60832	42186
12	12 -- 13	7800				
13	13 -- 14	8363				
14	14 -- 15	10908	10844	10844	10844	10844
15	15 -- 16	11259	36703	36685	61365	42719
16	16 -- 17	11601				
17	17 -- 18	11953				
18	18 -- 19	12304				
19	19 -- 20	12656				
20	20 -- 21	12887				
21	21 -- 22	13238	9234	9230	37352	12244
22	22 -- 23	15505				
23	23 -- 24	16293				
24	24 -- 25	17080				
25	25 -- 26	17867				
26	26 -- 27	18654				
27	27 -- 28	19441				
28			44888	44888	44888	44888

KEMA rapport - bijlage M - 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 3010 / 1730 , t = 100 mm ; G = 3741 kg
Flenzen op 28,5m : 2 * rond 1450 / 1135 , t = 90 mm ; G = 904 kg

Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 47m : 2 * rond 1103 / 833 , t = 20 mm ; G = 129 kg
Bevestigingsringen op 37m : 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	698				
2	2 -- 3	741	29530	17898	48662	19080
3	3 -- 4	815				
4	4 -- 5	894				
5	5 -- 6	951				
6	6 -- 7	988	184474	134292	192468	130952
7	7 -- 8	1041				
8	8 -- 9	1108				
9	9 -- 10	1171				
10	10 -- 11	1201				
11	11 -- 12	1229	175294	133292	189164	130034
12	12 -- 13	1281				
13	13 -- 14	1326				
14	14 -- 15	1356				
15	15 -- 16	1372	163368	132022	184980	128860
16	16 -- 17	1387				
17	17 -- 18	1399				
18	18 -- 19	1408				
19	19 -- 20	1414				
20	20 -- 21	1417				
21	21 -- 22	1417	45248	34972	89848	37706
22	22 -- 23	1408				
23	23 -- 24	1376				
24	24 -- 25	1316				
25	25 -- 26	1209				
26	26 -- 27	1019				
27	27 -- 28	1027				
28						

KEMA rapport - bijlage M2 - 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	1117				
2	2 -- 3	1185	39998	21378	64384	23584
3	3 -- 4	1303				
4	4 -- 5	1430				
5	5 -- 6	1522				
6	6 -- 7	1581	244224	157372	244008	158050
7	7 -- 8	1665				
8	8 -- 9	1773				
9	9 -- 10	1874				
10	10 -- 11	1922				
11	11 -- 12	1967	230532	155768	238992	156602
12	12 -- 13	2049				
13	13 -- 14	2122				
14	14 -- 15	2169				
15	15 -- 16	2196	212526	153732	232622	154758
16	16 -- 17	2219				
17	17 -- 18	2238				
18	18 -- 19	2253				
19	19 -- 20	2263				
20	20 -- 21	2267				
21	21 -- 22	2268	59254	41026	117594	46024
22	22 -- 23	2252				
23	23 -- 24	2202				
24	24 -- 25	2105				
25	25 -- 26	1935				
26	26 -- 27	1630				
27	27 -- 28	1643				
28						

KEMA rapport - bijlage M - 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	398		0	0,00E+00	3,42E-03	105
2	2 -- 3	1688		398	1,24E+05	3,42E-03	103
3	3 -- 4	2322		2087	3,03E+06	3,41E-03	95
4	4 -- 5	2547		4408	1,25E+07	3,34E-03	85
5	5 -- 6	1379		6955	2,89E+07	3,22E-03	76
6	6 -- 7	1383		8334	4,02E+07	3,14E-03	71
7	7 -- 8	2967		9717	5,31E+07	3,05E-03	67
8	8 -- 9	3159		12684	8,57E+07	2,88E-03	59
9	9 -- 10	3338		15843	1,27E+08	2,68E-03	51
10	10 -- 11	60		19181	1,78E+08	2,46E-03	43
11	11 -- 12	3442		19241	1,79E+08	2,46E-03	43
12	12 -- 13	3650		22682	2,38E+08	2,25E-03	37
13	13 -- 14	3779		26332	3,09E+08	2,03E-03	31
14	14 -- 15	2033		30111	3,91E+08	1,80E-03	25
15	15 -- 16	1853		32145	4,38E+08	1,70E-03	22
16	16 -- 17	1976		33998	4,83E+08	1,61E-03	20
17	17 -- 18	1993		35974	5,34E+08	1,52E-03	18
18	18 -- 19	2006		37967	5,87E+08	1,42E-03	16
19	19 -- 20	2016		39973	6,43E+08	1,33E-03	14
20	20 -- 21	638		41989	7,02E+08	1,23E-03	12
21	21 -- 22	3402		42626	7,21E+08	1,20E-03	12
22	22 -- 23	4012		46028	8,29E+08	1,04E-03	9
23	23 -- 24	3923		50040	9,67E+08	8,60E-04	6
24	24 -- 25	3750		53962	1,12E+09	6,86E-04	4
25	25 -- 26	3446		57712	1,28E+09	5,12E-04	2
26	26 -- 27	2903		61158	1,45E+09	3,40E-04	1
27	27 -- 28	2927		64061	1,62E+09	1,69E-04	0
28				66988	1,81E+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	4,74E-02	1461
2	2 -- 3		29530	29530	1,40E+05	4,74E-02	1434
3	3 -- 4			29530	6,85E+07	4,70E-02	1326
4	4 -- 5			29530	1,55E+08	4,60E-02	1193
5	5 -- 6			29530	2,42E+08	4,48E-02	1064
6	6 -- 7		184474	214004	2,89E+08	4,42E-02	999
7	7 -- 8			214004	5,92E+08	4,34E-02	938
8	8 -- 9			214004	1,21E+09	4,11E-02	817
9	9 -- 10			214004	1,83E+09	3,82E-02	704
10	10 -- 11			214004	2,45E+09	3,51E-02	599
11	11 -- 12		175294	389298	2,46E+09	3,51E-02	598
12	12 -- 13			389298	3,57E+09	3,21E-02	503
13	13 -- 14			389298	4,69E+09	2,87E-02	417
14	14 -- 15			389298	5,82E+09	2,53E-02	340
15	15 -- 16		163368	552666	6,41E+09	2,38E-02	303
16	16 -- 17			552666	7,16E+09	2,25E-02	271
17	17 -- 18			552666	7,96E+09	2,11E-02	240
18	18 -- 19			552666	8,75E+09	1,97E-02	211
19	19 -- 20			552666	9,55E+09	1,82E-02	184
20	20 -- 21			552666	1,03E+10	1,68E-02	159
21	21 -- 22		45248	597914	1,06E+10	1,63E-02	152
22	22 -- 23			597914	1,20E+10	1,39E-02	115
23	23 -- 24			597914	1,38E+10	1,14E-02	79
24	24 -- 25			597914	1,55E+10	8,97E-03	50
25	25 -- 26			597914	1,72E+10	6,60E-03	28
26	26 -- 27			597914	1,89E+10	4,31E-03	12
27	27 -- 28			597914	2,06E+10	2,11E-03	3
28	28 -- 29			597914	2,23E+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	3,38E-02	1062
2	2 -- 3		17898	17898	9,96E+04	3,38E-02	1043
3	3 -- 4			17898	4,17E+07	3,36E-02	966
4	4 -- 5			17898	9,43E+07	3,29E-02	871
5	5 -- 6			17898	1,48E+08	3,22E-02	778
6	6 -- 7		134292	152190	1,76E+08	3,18E-02	732
7	7 -- 8			152190	3,92E+08	3,13E-02	688
8	8 -- 9			152190	8,32E+08	2,97E-02	600
9	9 -- 10			152190	1,27E+09	2,78E-02	518
10	10 -- 11			152190	1,71E+09	2,56E-02	442
11	11 -- 12		133292	285482	1,72E+09	2,56E-02	441
12	12 -- 13			285482	2,53E+09	2,35E-02	372
13	13 -- 14			285482	3,36E+09	2,11E-02	308
14	14 -- 15			285482	4,18E+09	1,86E-02	252
15	15 -- 16		132022	417504	4,62E+09	1,76E-02	224
16	16 -- 17			417504	5,19E+09	1,66E-02	201
17	17 -- 18			417504	5,79E+09	1,56E-02	178
18	18 -- 19			417504	6,39E+09	1,45E-02	157
19	19 -- 20			417504	6,99E+09	1,35E-02	137
20	20 -- 21			417504	7,59E+09	1,24E-02	118
21	21 -- 22		34972	452476	7,78E+09	1,21E-02	113
22	22 -- 23			452476	8,87E+09	1,03E-02	86
23	23 -- 24			452476	1,02E+10	8,49E-03	59
24	24 -- 25			452476	1,15E+10	6,68E-03	37
25	25 -- 26			452476	1,28E+10	4,91E-03	21
26	26 -- 27			452476	1,41E+10	3,21E-03	9
27	27 -- 28			452476	1,54E+10	1,57E-03	2
28				452476	1,66E+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	5,69E-02	1694
2	2 -- 3		48662	48662	1,68E+05	5,69E-02	1662
3	3 -- 4			48662	1,12E+08	5,62E-02	1533
4	4 -- 5			48662	2,54E+08	5,45E-02	1375
5	5 -- 6			48662	3,96E+08	5,25E-02	1222
6	6 -- 7		192468	241130	4,71E+08	5,15E-02	1146
7	7 -- 8			241130	8,13E+08	5,03E-02	1075
8	8 -- 9			241130	1,51E+09	4,74E-02	935
9	9 -- 10			241130	2,21E+09	4,39E-02	805
10	10 -- 11			241130	2,91E+09	4,02E-02	685
11	11 -- 12		189164	430294	2,92E+09	4,01E-02	683
12	12 -- 13			430294	4,14E+09	3,66E-02	575
13	13 -- 14			430294	5,39E+09	3,27E-02	476
14	14 -- 15			430294	6,63E+09	2,88E-02	389
15	15 -- 16		184980	615274	7,28E+09	2,72E-02	347
16	16 -- 17			615274	8,12E+09	2,57E-02	311
17	17 -- 18			615274	9,01E+09	2,41E-02	275
18	18 -- 19			615274	9,90E+09	2,24E-02	242
19	19 -- 20			615274	1,08E+10	2,08E-02	211
20	20 -- 21			615274	1,17E+10	1,92E-02	183
21	21 -- 22		89848	705122	1,19E+10	1,87E-02	174
22	22 -- 23			705122	1,37E+10	1,60E-02	133
23	23 -- 24			705122	1,57E+10	1,31E-02	91
24	24 -- 25			705122	1,77E+10	1,03E-02	58
25	25 -- 26			705122	1,97E+10	7,60E-03	32
26	26 -- 27			705122	2,17E+10	4,97E-03	14
27	27 -- 28			705122	2,38E+10	2,43E-03	4
28				705122	2,58E+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	3,36E-02	1049
2	2 -- 3		19080	19080	9,89E+04	3,36E-02	1030
3	3 -- 4			19080	4,44E+07	3,33E-02	954
4	4 -- 5			19080	1,00E+08	3,27E-02	859
5	5 -- 6			19080	1,57E+08	3,19E-02	767
6	6 -- 7		130952	150032	1,87E+08	3,15E-02	721
7	7 -- 8			150032	4,00E+08	3,09E-02	678
8	8 -- 9			150032	8,34E+08	2,94E-02	591
9	9 -- 10			150032	1,27E+09	2,74E-02	510
10	10 -- 11			150032	1,70E+09	2,52E-02	435
11	11 -- 12		130034	280066	1,71E+09	2,52E-02	434
12	12 -- 13			280066	2,51E+09	2,31E-02	366
13	13 -- 14			280066	3,31E+09	2,08E-02	303
14	14 -- 15			280066	4,12E+09	1,83E-02	248
15	15 -- 16		128860	408926	4,55E+09	1,73E-02	221
16	16 -- 17			408926	5,11E+09	1,64E-02	198
17	17 -- 18			408926	5,70E+09	1,53E-02	176
18	18 -- 19			408926	6,29E+09	1,43E-02	154
19	19 -- 20			408926	6,87E+09	1,33E-02	135
20	20 -- 21			408926	7,46E+09	1,22E-02	117
21	21 -- 22		37706	446632	7,65E+09	1,19E-02	111
22	22 -- 23			446632	8,73E+09	1,02E-02	85
23	23 -- 24			446632	1,00E+10	8,36E-03	58
24	24 -- 25			446632	1,13E+10	6,57E-03	37
25	25 -- 26			446632	1,26E+10	4,84E-03	20
26	26 -- 27			446632	1,39E+10	3,16E-03	9
27	27 -- 28			446632	1,51E+10	1,55E-03	2
28				446632	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	1,35E-04	2
2	2 -- 3				2,82E+06	1,35E-04	2
3	3 -- 4				2,82E+06	1,02E-04	1
4	4 -- 5				2,82E+06	7,58E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	5,86E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	5,20E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	4,66E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	3,94E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	3,41E-05	1
10	10 -- 11				2,82E+06	3,00E-05	1
11	11 -- 12				2,82E+06	3,00E-05	1
12	12 -- 13				2,82E+06	2,72E-05	0
13	13 -- 14				2,82E+06	2,49E-05	0
14	14 -- 15				2,82E+06	2,30E-05	0
15	15 -- 16				2,82E+06	2,24E-05	0
16	16 -- 17				2,82E+06	2,18E-05	0
17	17 -- 18				2,82E+06	2,13E-05	0
18	18 -- 19				2,82E+06	2,08E-05	0
19	19 -- 20				2,82E+06	2,04E-05	0
20	20 -- 21				2,82E+06	2,00E-05	0
21	21 -- 22				1,88E+07	1,98E-05	0
22	22 -- 23				1,88E+07	1,59E-05	0
23	23 -- 24				1,88E+07	1,22E-05	0
24	24 -- 25				1,88E+07	9,05E-06	0
25	25 -- 26				1,88E+07	6,32E-06	0
26	26 -- 27				1,88E+07	3,94E-06	0
27	27 -- 28				1,88E+07	1,85E-06	0
28					1,88E+07	0,00E+00	0

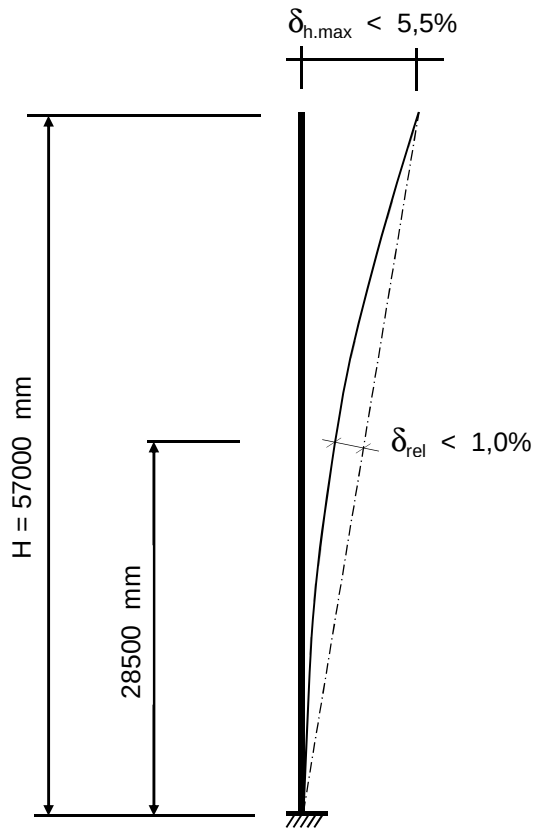
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	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	1728
2	2 -- 3	5,8E-02	1695
3	3 -- 4	5,7E-02	1563
4	4 -- 5	5,6E-02	1402
5	5 -- 6	5,4E-02	1246
6	6 -- 7	5,3E-02	1169
7	7 -- 8	5,1E-02	1096
8	8 -- 9	4,8E-02	954
9	9 -- 10	4,5E-02	821
10	10 -- 11	4,1E-02	699
11	11 -- 12	4,1E-02	697
12	12 -- 13	3,7E-02	587
13	13 -- 14	3,3E-02	486
14	14 -- 15	2,9E-02	396
15	15 -- 16	2,8E-02	354
16	16 -- 17	2,6E-02	317
17	17 -- 18	2,5E-02	281
18	18 -- 19	2,3E-02	247
19	19 -- 20	2,1E-02	216
20	20 -- 21	2,0E-02	187
21	21 -- 22	1,9E-02	178
22	22 -- 23	1,6E-02	135
23	23 -- 24	1,3E-02	93
24	24 -- 25	1,1E-02	59
25	25 -- 26	7,8E-03	33
26	26 -- 27	5,1E-03	14
27	27 -- 28	2,5E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1728 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 3,03 % 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 14 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 396 mm
α = 1,74 graden

δ_{rel} = 467 mm ----> δ_h *100 / 57000

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	597	480	0	0,00E+00	5,41E-03	166
2	2 -- 3	2533	6286	637	1,82E+05	5,41E-03	163
3	3 -- 4	3482	12182	3338	4,71E+06	5,38E-03	150
4	4 -- 5	3821	20634	7053	1,95E+07	5,28E-03	135
5	5 -- 6	2069	30287	11129	4,54E+07	5,09E-03	120
6	6 -- 7	2075	71299	13335	6,32E+07	4,96E-03	113
7	7 -- 8	4450	76782	15548	8,34E+07	4,82E-03	106
8	8 -- 9	4738	91103	20294	1,34E+08	4,55E-03	93
9	9 -- 10	5007	106866	25348	1,99E+08	4,23E-03	80
10	10 -- 11	90	124071	30689	2,79E+08	3,89E-03	69
11	11 -- 12	5163	160589	30785	2,81E+08	3,88E-03	68
12	12 -- 13	5475	180870	36292	3,75E+08	3,56E-03	58
13	13 -- 14	5669	203101	42132	4,87E+08	3,21E-03	48
14	14 -- 15	3050	237778	48178	6,15E+08	2,85E-03	40
15	15 -- 16	2779	290843	51432	6,90E+08	2,69E-03	35
16	16 -- 17	2964	306043	54396	7,61E+08	2,55E-03	32
17	17 -- 18	2990	322575	57558	8,41E+08	2,40E-03	28
18	18 -- 19	3010	339607	60747	9,25E+08	2,25E-03	25
19	19 -- 20	3023	357141	63957	1,01E+09	2,10E-03	22
20	20 -- 21	956	375175	67182	1,11E+09	1,95E-03	19
21	21 -- 22	5103	390208	68202	1,14E+09	1,90E-03	18
22	22 -- 23	6017	421980	73645	1,31E+09	1,64E-03	14
23	23 -- 24	5884	466171	80064	1,53E+09	1,36E-03	10
24	24 -- 25	5624	512605	86340	1,76E+09	1,09E-03	6
25	25 -- 26	5169	561282	92339	2,02E+09	8,12E-04	3
26	26 -- 27	4354	612203	97853	2,29E+09	5,38E-04	2
27	27 -- 28	4391	665368	102497	2,58E+09	2,68E-04	0
28			765664	107180	2,87E+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	6,21E-02	1910
2	2 -- 3		39998	39998	0,00E+00	6,21E-02	1874
3	3 -- 4			39998	9,12E+07	6,16E-02	1733
4	4 -- 5			39998	2,05E+08	6,02E-02	1559
5	5 -- 6			39998	3,19E+08	5,86E-02	1390
6	6 -- 7		244224	284222	3,77E+08	5,78E-02	1305
7	7 -- 8			284222	7,75E+08	5,67E-02	1225
8	8 -- 9			284222	1,59E+09	5,37E-02	1067
9	9 -- 10			284222	2,40E+09	4,99E-02	919
10	10 -- 11			284222	3,21E+09	4,59E-02	783
11	11 -- 12		230532	514754	3,22E+09	4,58E-02	780
12	12 -- 13			514754	4,66E+09	4,19E-02	657
13	13 -- 14			514754	6,13E+09	3,75E-02	544
14	14 -- 15			514754	7,59E+09	3,30E-02	443
15	15 -- 16		212526	727280	8,37E+09	3,11E-02	395
16	16 -- 17			727280	9,35E+09	2,94E-02	354
17	17 -- 18			727280	1,04E+10	2,75E-02	314
18	18 -- 19			727280	1,14E+10	2,57E-02	276
19	19 -- 20			727280	1,25E+10	2,38E-02	241
20	20 -- 21			727280	1,35E+10	2,19E-02	208
21	21 -- 22		59254	786534	1,38E+10	2,13E-02	198
22	22 -- 23			786534	1,57E+10	1,82E-02	151
23	23 -- 24			786534	1,80E+10	1,49E-02	103
24	24 -- 25			786534	2,02E+10	1,17E-02	65
25	25 -- 26			786534	2,24E+10	8,62E-03	36
26	26 -- 27			786534	2,47E+10	5,63E-03	16
27	27 -- 28			786534	2,69E+10	2,75E-03	4
28				786534	2,92E+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	3,92E-02	1230
2	2 -- 3		21378	21378	0,00E+00	3,92E-02	1208
3	3 -- 4			21378	4,87E+07	3,89E-02	1119
4	4 -- 5			21378	1,10E+08	3,82E-02	1009
5	5 -- 6			21378	1,71E+08	3,73E-02	901
6	6 -- 7		157372	178750	2,02E+08	3,69E-02	847
7	7 -- 8			178750	4,52E+08	3,62E-02	796
8	8 -- 9			178750	9,61E+08	3,44E-02	695
9	9 -- 10			178750	1,47E+09	3,21E-02	600
10	10 -- 11			178750	1,98E+09	2,97E-02	512
11	11 -- 12		155768	334518	1,99E+09	2,96E-02	510
12	12 -- 13			334518	2,93E+09	2,72E-02	431
13	13 -- 14			334518	3,88E+09	2,44E-02	357
14	14 -- 15			334518	4,83E+09	2,16E-02	291
15	15 -- 16		153732	488250	5,33E+09	2,03E-02	260
16	16 -- 17			488250	5,99E+09	1,92E-02	233
17	17 -- 18			488250	6,69E+09	1,80E-02	207
18	18 -- 19			488250	7,38E+09	1,68E-02	182
19	19 -- 20			488250	8,08E+09	1,56E-02	159
20	20 -- 21			488250	8,78E+09	1,44E-02	137
21	21 -- 22		41026	529276	9,00E+09	1,40E-02	131
22	22 -- 23			529276	1,03E+10	1,20E-02	100
23	23 -- 24			529276	1,18E+10	9,84E-03	68
24	24 -- 25			529276	1,33E+10	7,74E-03	43
25	25 -- 26			529276	1,48E+10	5,70E-03	24
26	26 -- 27			529276	1,63E+10	3,72E-03	11
27	27 -- 28			529276	1,78E+10	1,82E-03	3
28				529276	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	7,21E-02	2138
2	2 -- 3		64384	64384	0,00E+00	7,21E-02	2097
3	3 -- 4			64384	1,47E+08	7,12E-02	1934
4	4 -- 5			64384	3,30E+08	6,90E-02	1734
5	5 -- 6			64384	5,14E+08	6,64E-02	1540
6	6 -- 7		244008	308392	6,07E+08	6,51E-02	1445
7	7 -- 8			308392	1,04E+09	6,35E-02	1355
8	8 -- 9			308392	1,92E+09	5,98E-02	1179
9	9 -- 10			308392	2,80E+09	5,53E-02	1014
10	10 -- 11			308392	3,68E+09	5,06E-02	863
11	11 -- 12		238992	547384	3,69E+09	5,05E-02	861
12	12 -- 13			547384	5,22E+09	4,61E-02	725
13	13 -- 14			547384	6,78E+09	4,12E-02	600
14	14 -- 15			547384	8,34E+09	3,63E-02	489
15	15 -- 16		232622	780006	9,16E+09	3,42E-02	437
16	16 -- 17			780006	1,02E+10	3,23E-02	392
17	17 -- 18			780006	1,13E+10	3,03E-02	347
18	18 -- 19			780006	1,24E+10	2,82E-02	305
19	19 -- 20			780006	1,36E+10	2,62E-02	266
20	20 -- 21			780006	1,47E+10	2,42E-02	231
21	21 -- 22		117594	897600	1,50E+10	2,35E-02	220
22	22 -- 23			897600	1,72E+10	2,01E-02	167
23	23 -- 24			897600	1,97E+10	1,65E-02	115
24	24 -- 25			897600	2,23E+10	1,30E-02	73
25	25 -- 26			897600	2,48E+10	9,58E-03	40
26	26 -- 27			897600	2,74E+10	6,26E-03	18
27	27 -- 28			897600	3,00E+10	3,07E-03	4
28				897600	3,25E+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	4,02E-02	1253
2	2 -- 3		23584	23584	0,00E+00	4,02E-02	1230
3	3 -- 4			23584	5,38E+07	3,98E-02	1139
4	4 -- 5			23584	1,21E+08	3,90E-02	1026
5	5 -- 6			23584	1,88E+08	3,81E-02	916
6	6 -- 7		158050	181634	2,22E+08	3,76E-02	861
7	7 -- 8			181634	4,77E+08	3,69E-02	809
8	8 -- 9			181634	9,94E+08	3,51E-02	706
9	9 -- 10			181634	1,51E+09	3,27E-02	609
10	10 -- 11			181634	2,03E+09	3,01E-02	520
11	11 -- 12		156602	338236	2,04E+09	3,01E-02	518
12	12 -- 13			338236	2,99E+09	2,76E-02	437
13	13 -- 14			338236	3,95E+09	2,48E-02	362
14	14 -- 15			338236	4,91E+09	2,19E-02	296
15	15 -- 16		154758	492994	5,42E+09	2,06E-02	264
16	16 -- 17			492994	6,09E+09	1,95E-02	237
17	17 -- 18			492994	6,79E+09	1,83E-02	210
18	18 -- 19			492994	7,49E+09	1,71E-02	185
19	19 -- 20			492994	8,19E+09	1,59E-02	161
20	20 -- 21			492994	8,90E+09	1,46E-02	139
21	21 -- 22		46024	539018	9,12E+09	1,42E-02	133
22	22 -- 23			539018	1,04E+10	1,22E-02	101
23	23 -- 24			539018	1,19E+10	9,99E-03	69
24	24 -- 25			539018	1,35E+10	7,86E-03	44
25	25 -- 26			539018	1,50E+10	5,79E-03	24
26	26 -- 27			539018	1,66E+10	3,78E-03	11
27	27 -- 28			539018	1,81E+10	1,85E-03	3
28				539018	1,96E+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	1,62E-04	2
2	2 -- 3				3,38E+06	1,62E-04	2
3	3 -- 4				3,38E+06	1,22E-04	2
4	4 -- 5				3,38E+06	9,09E-05	1
5	5 -- 6				3,38E+06	7,03E-05	1
6	6 -- 7				3,38E+06	6,24E-05	1
7	7 -- 8				3,38E+06	5,60E-05	1
8	8 -- 9				3,38E+06	4,73E-05	1
9	9 -- 10				3,38E+06	4,09E-05	1
10	10 -- 11				3,38E+06	3,61E-05	1
11	11 -- 12				3,38E+06	3,60E-05	1
12	12 -- 13				3,38E+06	3,26E-05	1
13	13 -- 14				3,38E+06	2,99E-05	1
14	14 -- 15				3,38E+06	2,77E-05	0
15	15 -- 16				3,38E+06	2,69E-05	0
16	16 -- 17				3,38E+06	2,62E-05	0
17	17 -- 18				3,38E+06	2,56E-05	0
18	18 -- 19				3,38E+06	2,50E-05	0
19	19 -- 20				3,38E+06	2,44E-05	0
20	20 -- 21				3,38E+06	2,40E-05	0
21	21 -- 22				2,25E+07	2,38E-05	0
22	22 -- 23				2,25E+07	1,90E-05	0
23	23 -- 24				2,25E+07	1,46E-05	0
24	24 -- 25				2,25E+07	1,09E-05	0
25	25 -- 26				2,25E+07	7,59E-06	0
26	26 -- 27				2,25E+07	4,73E-06	0
27	27 -- 28				2,25E+07	2,21E-06	0
28					2,25E+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	20,32	64,56	14,09
3	3 -- 4	26,22	65,32	162,16
4	4 -- 5	34,67	66,37	349,82
5	5 -- 6	44,32	67,51	540,60
6	6 -- 7	110,00	312,14	638,95
7	7 -- 8	115,48	312,76	1076,38
8	8 -- 9	129,80	314,10	1969,67
9	9 -- 10	145,56	315,52	2866,88
10	10 -- 11	162,77	317,02	3768,25
11	11 -- 12	223,95	556,04	3784,10
12	12 -- 13	244,23	557,59	5343,19
13	13 -- 14	266,46	559,23	6934,66
14	14 -- 15	301,14	562,93	8530,90
15	15 -- 16	378,86	794,47	9372,99
16	16 -- 17	394,06	795,30	10446,09
17	17 -- 18	410,59	796,19	11580,03
18	18 -- 19	427,63	797,09	12715,25
19	19 -- 20	445,16	797,99	13851,75
20	20 -- 21	463,20	798,90	14989,53
21	21 -- 22	506,35	916,78	15426,61
22	22 -- 23	538,12	918,31	17628,72
23	23 -- 24	582,31	920,12	20248,49
24	24 -- 25	628,74	921,88	22873,34
25	25 -- 26	677,42	923,57	25503,11
26	26 -- 27	728,34	925,12	28137,49
27	27 -- 28	781,51	926,43	30775,95
28		881,80	927,74	33418,15

)** - 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 / 880	14,09	20,32	33	14,8	1032,6	0,02
2	500 / 880	162,16	26,22	132	166,3	1372,4	0,12
3	500 / 880	349,82	34,67	161	359,5	1865,0	0,20
4	500 / 880	540,60	44,32	156	557,2	2433,2	0,23
5	500 / 880	638,95	110,00	77	664,0	2751,2	0,25
6	500 / 880	1076,38	115,48	73	1109,9	3076,8	0,37
7	880 / 1165	1969,67	129,80	142	2021,6	4513,1	0,45
8	880 / 1165	2866,88	145,56	133	2938,2	5462,4	0,54
9	880 / 1165	3768,25	162,77	122	3859,4	6502,2	0,60
10	1165 / 1450	3784,10	223,95	2	3875,7	7208,5	0,55
11	1165 / 1450	5343,19	244,23	110	5461,6	8440,3	0,66
12	1165 / 1450	6934,66	266,46	101	7080,0	9793,8	0,73
13	1165 / 1450	8530,90	301,14	90	8703,2	11247,9	0,78
14	1450/ 1830	9372,99	378,86	43	9561,6	14916,5	0,65
15	1450/ 1830	10446,09	394,06	36	10649,0	15848,1	0,68
16	1450/ 1830	11580,03	410,59	36	11797,8	16862,1	0,71
17	1450/ 1830	12715,25	427,63	34	12947,4	17907,5	0,73
18	1450/ 1830	13851,75	445,16	31	14097,9	18984,4	0,75
19	1450/ 1830	14989,53	463,20	29	15249,2	20092,8	0,77
20	1450/ 1830	15426,61	506,35	9	15690,7	20449,3	0,78
21	1450/ 1830	17628,72	538,12	43	17915,7	22403,8	0,81
22	1830/ 2400	20248,49	582,31	42	20560,1	27691,2	0,75
23	1830/ 2400	22873,34	628,74	34	23206,5	30554,7	0,77
24	1830/ 2400	25503,11	677,42	26	25853,9	33559,2	0,78
25	1830/ 2400	28137,49	728,34	18	28501,7	36704,5	0,79
26	1830/ 2400	30775,95	781,51	11	31148,6	39990,8	0,79
27	1830/ 2400	33418,15	881,80	4	33794,0	43418,0	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
519	15,0	34,60	0,81	355	355
595	15,0	39,67	0,81	355	355
690	15,0	46,00	0,81	355	355
785	15,0	52,33	0,81	355	355
833	15,0	55,56	0,81	355	355
880	15,0	58,67	0,81	355	355
975	18,0	54,17	0,81	355	355
1070	18,0	59,44	0,81	355	355
1165	18,0	64,72	0,81	335	355
1167	20,0	58,33	0,81	355	355
1260	20,0	63,00	0,81	342	355
1355	20,0	67,75	0,81	325	355
1450	20,0	72,50	0,81	311	355
1500	25,0	60,00	0,81	353	355
1545	25,0	61,80	0,81	346	355
1593	25,0	63,70	0,81	339	355
1640	25,0	65,60	0,81	332	355
1688	25,0	67,50	0,81	326	355
1735	25,0	69,40	0,81	320	355
1750	25,0	70,00	0,81	318	355
1830	25,0	73,20	0,81	309	355
1925	28,0	68,75	0,81	322	355
2020	28,0	72,14	0,81	312	355
2115	28,0	75,54	0,81	303	355
2210	28,0	78,93	0,81	294	355
2305	28,0	82,32	0,81	286	355
2400	28,0	85,71	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 / 880	5,28	0,87	355	355	0,02
2	500 / 880	49,34	1,03	355	355	0,14
3	500 / 880	79,31	1,17	355	355	0,23
4	500 / 880	92,45	1,30	355	355	0,26
5	500 / 880	91,02	2,94	355	355	0,26
6	500 / 880	135,31	2,91	355	355	0,39
7	880 / 1165	176,23	2,52	355	355	0,50
8	880 / 1165	209,60	2,56	355	355	0,60
9	880 / 1165	229,46	2,62	355	335	0,65
10	1165 / 1450	191,15	3,11	355	355	0,55
11	1165 / 1450	248,19	3,26	355	342	0,71
12	1165 / 1450	276,06	3,29	355	325	0,79
13	1165 / 1450	294,02	3,47	355	311	0,84
14	1450/ 1830	235,54	3,33	355	353	0,67
15	1450/ 1830	245,82	3,35	355	346	0,70
16	1450/ 1830	256,14	3,39	355	339	0,73
17	1450/ 1830	264,45	3,42	355	332	0,76
18	1450/ 1830	271,38	3,46	355	326	0,78
19	1450/ 1830	277,12	3,50	355	320	0,79
20	1450/ 1830	274,79	3,75	355	318	0,79
21	1450/ 1830	296,99	3,88	355	309	0,85
22	1830/ 2400	277,39	3,58	355	322	0,79
23	1830/ 2400	283,05	3,68	355	312	0,81
24	1830/ 2400	286,46	3,78	355	303	0,82
25	1830/ 2400	288,15	3,88	355	294	0,82
26	1830/ 2400	288,49	3,98	355	286	0,83
27	1830/ 2400	287,79	4,31	355	279	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

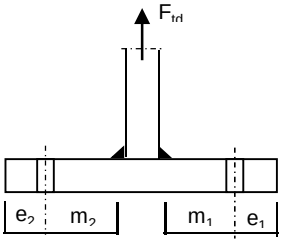
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

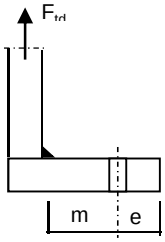
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

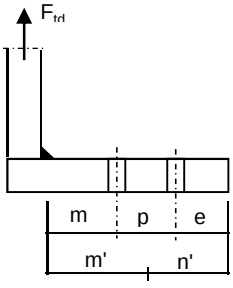
Flenzen en voetplaat:



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		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	630,37	10,54	28	M 48 - 8,8	848,4	0,74
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1250,00					
1250,00	32	843,68	17,59	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,80

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							
2760,00	1984,00	173,2	127,0	127,0			141,7
2760,00	1984,00	173,2	125,0	125,0			197,1
flenzen op 28,5 m hoogte.							
1250,00	1250,0	68,2	57,5	57,5			122,7
1250,00	1250,0	73,2	57,5	57,5			122,7

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	1,19E+08	2739,72	1508,21	1696,90	1508,21	1260,74	0,84
100	1,65E+08	3811,30	1818,15	1696,90	1696,90	1260,74	0,74
flenzen op 28,5 m hoogte.							
90	8,32E+07	2440,90	1147,32	1060,56	1060,56	843,68	0,80
90	8,32E+07	2274,20	1103,43	1060,56	1060,56	843,68	0,80
	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	0,86	1,450	0,18	6,94

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	678	1,000		1,000			
2	667	0,983	1 -- 2	0,991	113	411	919,0
3	619	0,913	2 -- 3	0,948	491		215,5
4	561	0,827	3 -- 4	0,870	704		247,1
5	504	0,742	4 -- 5	0,785	804		282,3
6	475	0,700	5 -- 6	0,721	448	2969	2356,6
7	448	0,661	6 -- 7	0,681	457		326,4
8	395	0,582	7 -- 8	0,621	1193		418,7
9	344	0,508	8 -- 9	0,545	1314		460,9
10	297	0,438	9 -- 10	0,473	1434		503,1
11	296	0,437	10 -- 11	0,437	29	3014	60855,1
12	253	0,373	11 -- 12	0,405	1690		603,6
13	213	0,313	12 -- 13	0,343	1853		650,0
14	176	0,259	13 -- 14	0,286	1986	904	1014,0
15	158	0,233	14 -- 15	0,246	1363	3058	2947,7
16	143	0,210	15 -- 16	0,221	1267		938,3
17	127	0,188	16 -- 17	0,199	1378		966,8
18	113	0,166	17 -- 18	0,177	1419		996,1
19	99	0,146	18 -- 19	0,156	1461		1025,4
20	86	0,127	19 -- 20	0,137	1503		1054,6
21	83	0,122	20 -- 21	0,125	483	769	2783,7
22	64	0,094	21 -- 22	0,108	2648		1103,2
23	44	0,065	22 -- 23	0,080	3683		1292,1
24	29	0,042	23 -- 24	0,054	3870		1357,7
25	16	0,024	24 -- 25	0,033	4056		1423,3
26	7	0,011	25 -- 26	0,017	4243		1488,9
27	2	0,003	26 -- 27	0,007	4430		1554,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	4617	3741	2932,6

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	0,991	0,570	0,56	514,73	0,57
2 -- 3	215	0,948	2,280	2,05	441,35	2,16
3 -- 4	247	0,870	2,850	2,16	532,95	2,48
4 -- 5	282	0,785	2,850	1,75	495,26	2,24
5 -- 6	2357	0,721	1,450	0,75	1778,62	1,05
6 -- 7	326	0,681	1,400	0,65	211,62	0,95
7 -- 8	419	0,621	2,850	1,10	460,79	1,77
8 -- 9	461	0,545	2,850	0,85	389,98	1,55
9 -- 10	503	0,473	2,850	0,64	320,42	1,35
10 -- 11	60855	0,437	0,050	0,01	581,74	0,02
11 -- 12	604	0,405	2,800	0,46	276,96	1,13
12 -- 13	650	0,343	2,850	0,34	218,11	0,98
13 -- 14	1014	0,286	2,850	0,23	236,66	0,82
14 -- 15	2948	0,246	1,500	0,09	267,40	0,37
15 -- 16	938	0,221	1,350	0,07	62,13	0,30
16 -- 17	967	0,199	1,425	0,06	54,49	0,28
17 -- 18	996	0,177	1,425	0,04	44,41	0,25
18 -- 19	1025	0,156	1,425	0,03	35,64	0,22
19 -- 20	1055	0,137	1,425	0,03	28,10	0,19
20 -- 21	2784	0,125	0,450	0,01	19,43	0,06
21 -- 22	1103	0,108	2,400	0,03	30,75	0,26
22 -- 23	1292	0,080	2,850	0,02	23,35	0,23
23 -- 24	1358	0,054	2,850	0,01	11,17	0,15
24 -- 25	1423	0,033	2,850	0,00	4,39	0,09
25 -- 26	1489	0,017	2,850	0,00	1,25	0,05
26 -- 27	1555	0,007	2,850	0,00	0,20	0,02
27 -- 28	2933	0,001	2,850	0,00	0,02	0,00
		Σ	57,00	11,93	7041,93	19,54

m_e = 7041,9 / 11,9 = 590,4 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	590,4	0,030	1,25	1,450	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 = 19,54 / (4 * π * 11,93) = 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 * 6,94 / $15*10^{-6}$ = 6,7E+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 = 7,55 / 19,54 = 0,39

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,074 * 0,130 * 0,39 * 0,2 = 0,023

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,023 = 0,033 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		138920	138920	0,00E+00	5,3E-02	1000
2	2 -- 3			138920	7,92E+07	5,3E-02	970
3	3 -- 4			138920	3,96E+08	5,0E-02	852
4	4 -- 5			138920	7,92E+08	4,4E-02	717
5	5 -- 6			138920	1,19E+09	3,8E-02	599
6	6 -- 7			138920	1,39E+09	3,5E-02	546
7	7 -- 8			138920	1,58E+09	3,2E-02	498
8	8 -- 9			138920	1,98E+09	2,8E-02	412
9	9 -- 10			138920	2,38E+09	2,4E-02	338
10	10 -- 11			138920	2,77E+09	2,0E-02	276
11	11 -- 12			138920	2,78E+09	2,0E-02	275
12	12 -- 13			138920	3,17E+09	1,7E-02	223
13	13 -- 14			138920	3,56E+09	1,4E-02	178
14	14 -- 15			138920	3,96E+09	1,2E-02	141
15	15 -- 16			138920	4,17E+09	1,1E-02	124
16	16 -- 17			138920	4,36E+09	1,0E-02	110
17	17 -- 18			138920	4,55E+09	9,2E-03	96
18	18 -- 19			138920	4,75E+09	8,4E-03	84
19	19 -- 20			138920	4,95E+09	7,6E-03	72
20	20 -- 21			138920	5,15E+09	6,9E-03	62
21	21 -- 22			138920	5,21E+09	6,7E-03	59
22	22 -- 23			138920	5,54E+09	5,6E-03	44
23	23 -- 24			138920	5,94E+09	4,4E-03	30
24	24 -- 25			138920	6,33E+09	3,4E-03	19
25	25 -- 26			138920	6,73E+09	2,5E-03	10
26	26 -- 27			138920	7,13E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			138920	7,52E+09	7,6E-04	1
28	28 -- 29			138920	7,92E+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	15,0	2908640	27	0,0334	1,8
2	595	15,0	3865792	102	0,0334	6,9
3	690	15,0	5253609	151	0,0334	10,1
4	785	15,0	6854068	173	0,0334	11,6
5	833	15,0	7749952	179	0,0334	12,0
6	880	15,0	8667171	183	0,0334	12,2
7	975	18,0	12712975	156	0,0334	10,4
8	1070	18,0	15386965	154	0,0334	10,3
9	1165	18,0	18316127	151	0,0334	10,1
10	1167	20,0	20305643	137	0,0334	9,2
11	1260	20,0	23775374	133	0,0334	8,9
12	1355	20,0	27588103	129	0,0334	8,6
13	1450	20,0	31684359	125	0,0334	8,4
14	1500	25,0	42018393	99	0,0334	6,6
15	1545	25,0	44642616	98	0,0334	6,5
16	1593	25,0	47498900	96	0,0334	6,4
17	1640	25,0	50443786	94	0,0334	6,3
18	1688	25,0	53477275	93	0,0334	6,2
19	1735	25,0	56599365	91	0,0334	6,1
20	1750	25,0	57603696	90	0,0334	6,0
21	1830	25,0	63109352	88	0,0334	5,9
22	1925	28,0	78003444	76	0,0334	5,1
23	2020	28,0	86069711	74	0,0334	4,9
24	2115	28,0	94532916	71	0,0334	4,8
25	2210	28,0	103393059	69	0,0334	4,6
26	2305	28,0	112650141	67	0,0334	4,5
27	2400	28,0	122304162	65	0,0334	4,3

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

$V_{crit,1} =$ 6,94 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

$z_s =$ 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,86 * [6,94 / 6,30]^2 * \exp[-(6,94 / 6,30)^2] =$ 2,98E+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.

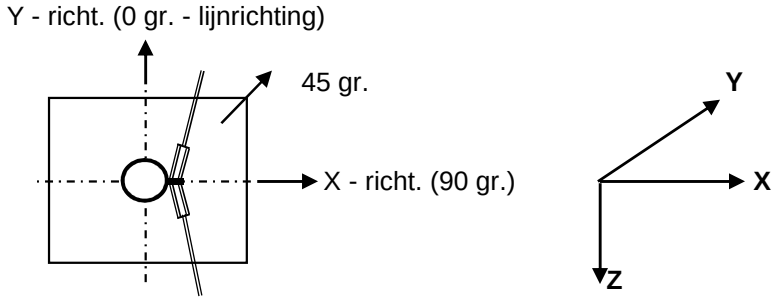
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	8,22	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
4	Lasnaad	12,10	46	25,30	1,000E+10	2,98E+08	0,03
5	Lasnaad	13,91	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
7	Lasnaad	14,67	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
8	Lasnaad	12,50	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
9	Lasnaad	12,39	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
10	Lasnaad	12,15	46	25,30	1,000E+10	2,98E+08	0,03
12	Lasnaad	10,69	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
13	Lasnaad	10,37	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
14	flenzen	10,03	35	19,25	1,000E+10	2,98E+08	0,03
16	Lasnaad	7,83	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
18	Lasnaad	7,56	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
20	Lasnaad	7,30	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
22	Lasnaad	7,05	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
23	Lasnaad	6,11	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
24	Lasnaad	5,91	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
25	Lasnaad	5,72	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
26	Lasnaad	5,53	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
27	Lasnaad	5,36	45	24,75	1,000E+10	2,98E+08	0,03
28	voetplaat	5,20	35	19,25	1,000E+10	2,98E+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			650			
2 - Windbelasting mast	107				2874	
3 - Belasting geval 1a	787		116		29181	
4 - Belasting geval 1b	529		116		19340	
5 - Belasting geval 3	898		232		32610	
6 - Belasting geval 4	539		139		19659	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	894		766		32056	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	549		766		19879	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	928		**882**		**33418**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	559		788		20198	

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	27353	kNm	33418	kNm	33418	kNm
Dwarskracht	772	kN	928	kN	928	kN
Verticale kracht	638	kN	882	kN	574	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		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	630,37	10,54	28	M 48 - 8,8	848,45	0,74
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2760,00					
st.c binnenkant		1984,00					
2372	88	516,91	8,77	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 630,4 kN

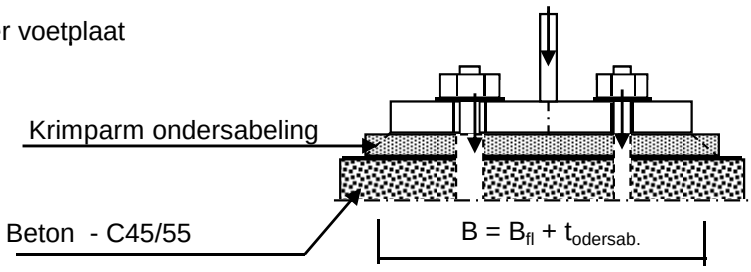
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 516,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 650,4 + 1,00 * 516,9 = 1167,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

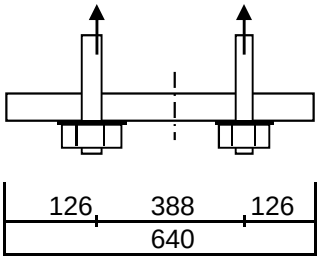
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	640,0	mm	D =	2372	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	680,0	mm			

A_{voetpl} = 680 * 2*π*D / n = 115165 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

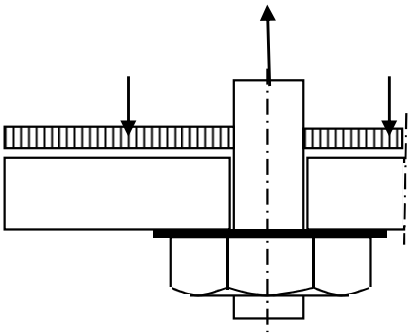


D = 2372 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 640 * $2*\pi*D / n$ = 108391 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 126 mm
L_{veld} = 388 mm

t = 40 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 92330 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2257 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 126550 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 126550 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2257 N/mm'

$M_{Rd} = (1/4) *1,0 * t^2 * f_y$ = 142000 Nmm/mm'
$V_{Rd} = 1,0 * t * f_y / 3^{0,5}$ = 8198 N/mm'

M_{Ed} / M_{Rd} = 126550 / 142000,0 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 316,4 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2257 / 8198 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 56,4 N/mm^2

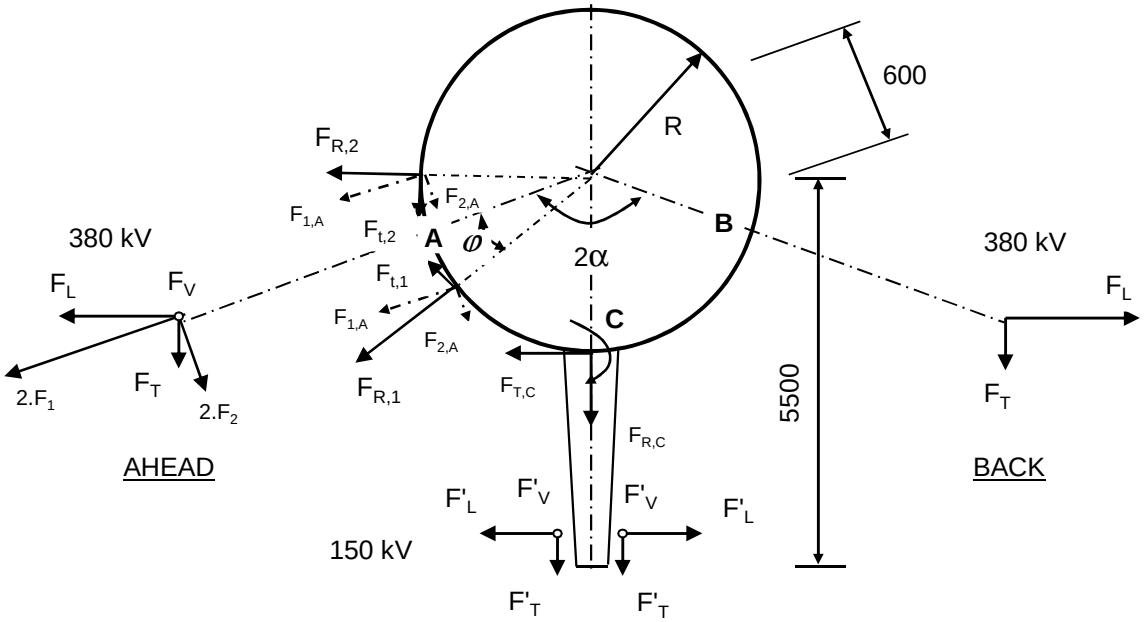
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (316,4^2 + 3*56,4^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 331 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 zijn de geleiders van de 150 kV niet aanwezig.

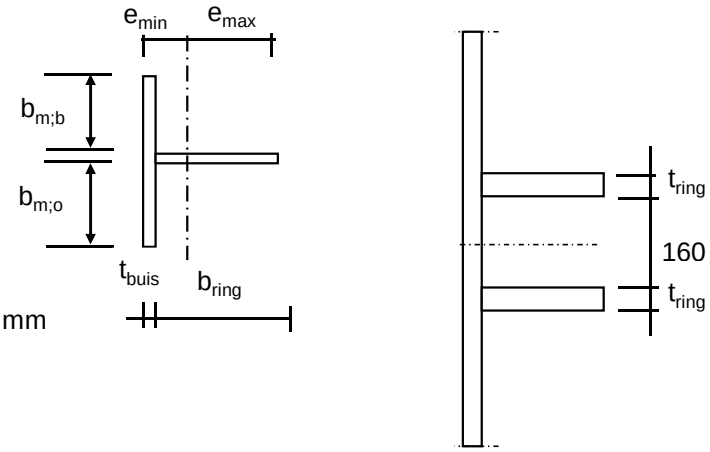
9.1.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 47,0 meter hoogte

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
$M_{w;Rd}$ = 3668 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 47,0 meter

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix M en M1
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))	17055,0	122112,0	201776,0	17055,0	122112,0	-201776,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380,0	122004,0	228076,0	29380,0	122004,0	-228076,0
BG 1a - (wind (45 gr))	17045,0	66910,0	134937,0	17057,0	127805,0	-209473,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376,0	102975,0	216051,0	29380,0	124148,0	-230156,0
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049,0	87386,0	156164,0	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	19805,0	93806,0	174330,0	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045,0	64525,0	133927,0	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	19802,0	76626,0	160503,0	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 833 mm

R = 416,7 mm

Mast 3: Lijnhoek = 2. α = 160,5 graden

Mast 166: Lijnhoek = 2. α = 130,7 graden

Lijnhoek = 2. α = 160,5 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))	56,8	30,7	56,8	30,7		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,2	36,6	61,2	36,6		
BG 1a - (wind (45 gr))	35,3	22,2	59,1	31,8		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,7	36,1	62,0	36,8		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	42,6	24,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	46,9	27,9	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	34,7	22,3	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	41,4	26,8	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

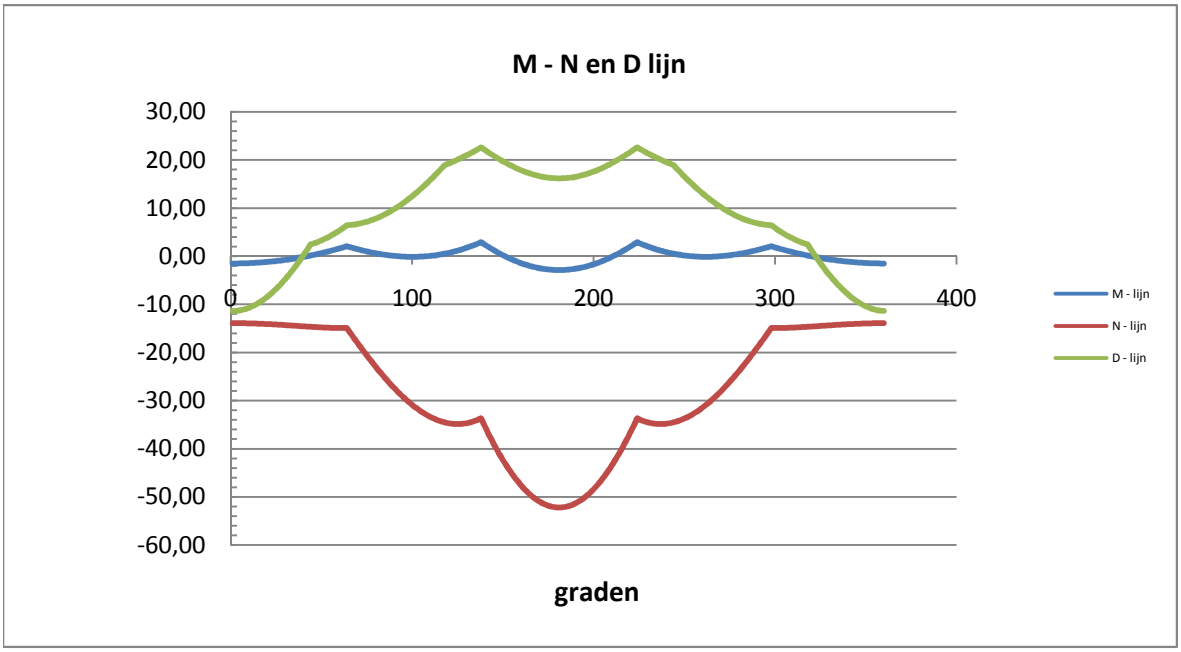
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

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	-1,49	-13,89	-11,37	0,20	2,76
15,0	-1,29	-14,01	-9,55	0,60	8,32
30,0	-0,69	-14,32	-4,34	1,01	14,00
45,0	0,31	-14,69	2,70	1,43	19,82
60,0	1,74	-14,90	5,63	0,81	11,25
75,0	0,93	-21,07	7,29	0,88	12,24
90,0	0,05	-27,73	10,00	0,09	1,30
105,0	-0,04	-32,49	14,42	0,83	11,50
120,0	0,78	-34,74	19,41	1,81	25,18
135,0	2,60	-34,02	22,19	2,54	35,31
150,0	0,05	-42,91	19,53	2,15	29,89
165,0	-2,10	-49,83	17,07	0,74	10,27
180,0	-2,84	-52,20	16,19	0,74	10,27
195,0	-2,10	-49,83	17,07	2,15	29,89
210,0	0,05	-42,91	19,53	2,54	35,31
225,0	2,60	-34,02	22,19	1,81	25,18
240,0	0,78	-34,74	19,41	0,83	11,50
255,0	-0,04	-32,49	14,42	0,09	1,30
270,0	0,05	-27,73	10,00	0,88	12,24
285,0	0,93	-21,07	7,29	0,81	11,25
300,0	1,74	-14,90	5,63	1,43	19,82
315,0	0,31	-14,69	2,70	1,01	14,00
330,0	-0,69	-14,32	-4,34	0,60	8,32
345,0	-1,29	-14,01	-9,55	0,20	2,75
360,0	-1,49	-13,89	-11,36	0,00	0,01

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

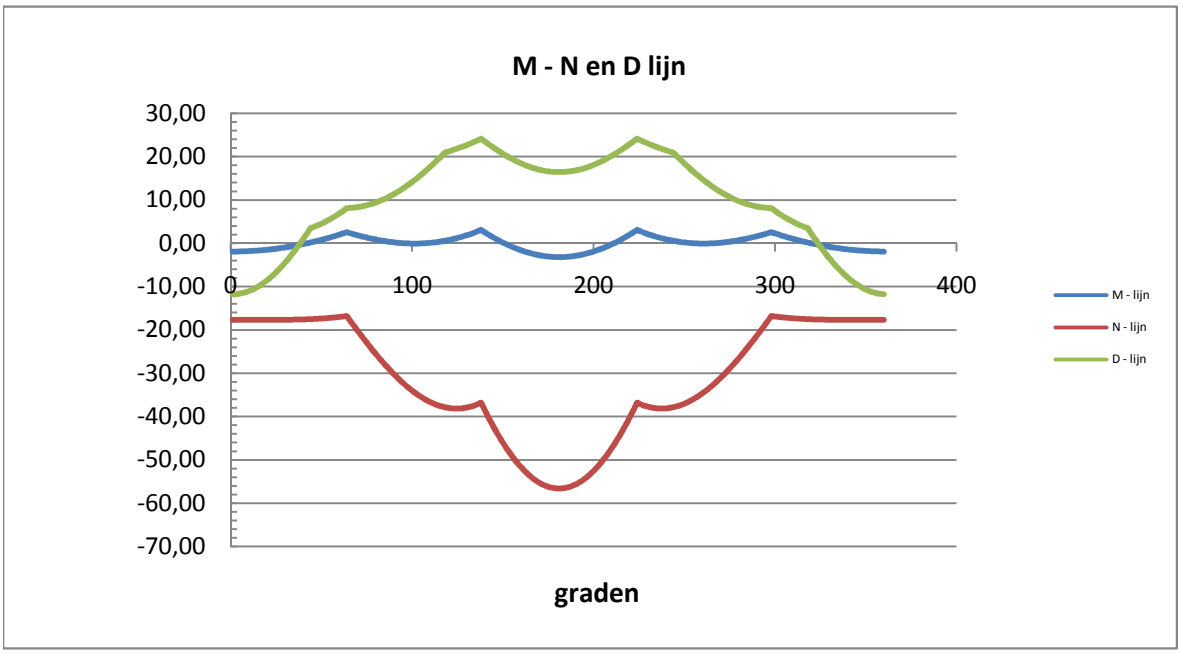
$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 13121674 mm^4



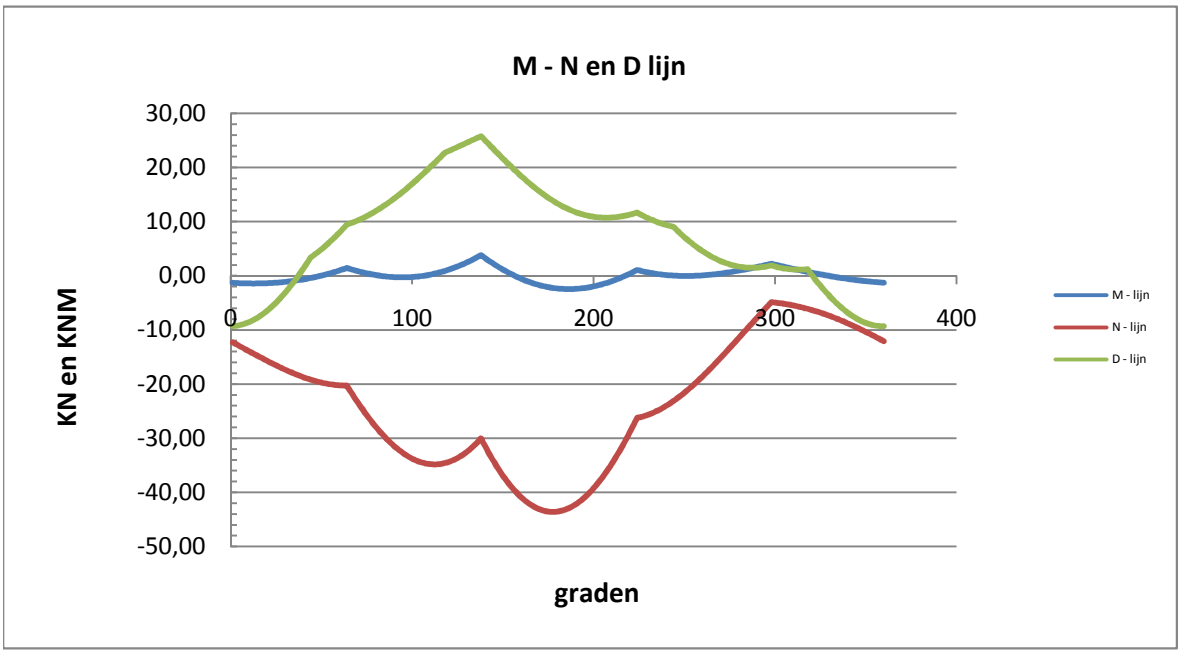
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

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	-1,88	-17,71	-11,74	0,25	3,51
15,0	-1,63	-17,71	-9,73	0,76	10,54
30,0	-0,87	-17,68	-3,97	1,26	17,55
45,0	0,40	-17,50	3,82	1,76	24,48
60,0	2,16	-16,99	7,22	0,92	12,81
75,0	1,23	-23,53	8,89	1,05	14,60
90,0	0,18	-30,69	11,61	0,18	2,50
105,0	0,00	-35,77	16,19	0,83	11,60
120,0	0,84	-38,09	21,30	1,91	26,60
135,0	2,75	-37,21	23,75	2,77	38,47
150,0	-0,02	-46,70	20,43	2,34	32,45
165,0	-2,35	-54,10	17,48	0,80	11,15
180,0	-3,16	-56,64	16,44	0,80	11,15
195,0	-2,35	-54,10	17,48	2,34	32,45
210,0	-0,02	-46,70	20,43	2,77	38,47
225,0	2,75	-37,21	23,75	1,91	26,60
240,0	0,84	-38,09	21,30	0,83	11,60
255,0	0,00	-35,77	16,19	0,18	2,50
270,0	0,18	-30,69	11,61	1,05	14,60
285,0	1,23	-23,53	8,89	0,92	12,81
300,0	2,16	-16,99	7,22	1,76	24,48
315,0	0,40	-17,50	3,82	1,26	17,55
330,0	-0,87	-17,68	-3,97	0,76	10,54
345,0	-1,63	-17,71	-9,73	0,25	3,50
360,0	-1,88	-17,71	-11,73	0,00	0,02



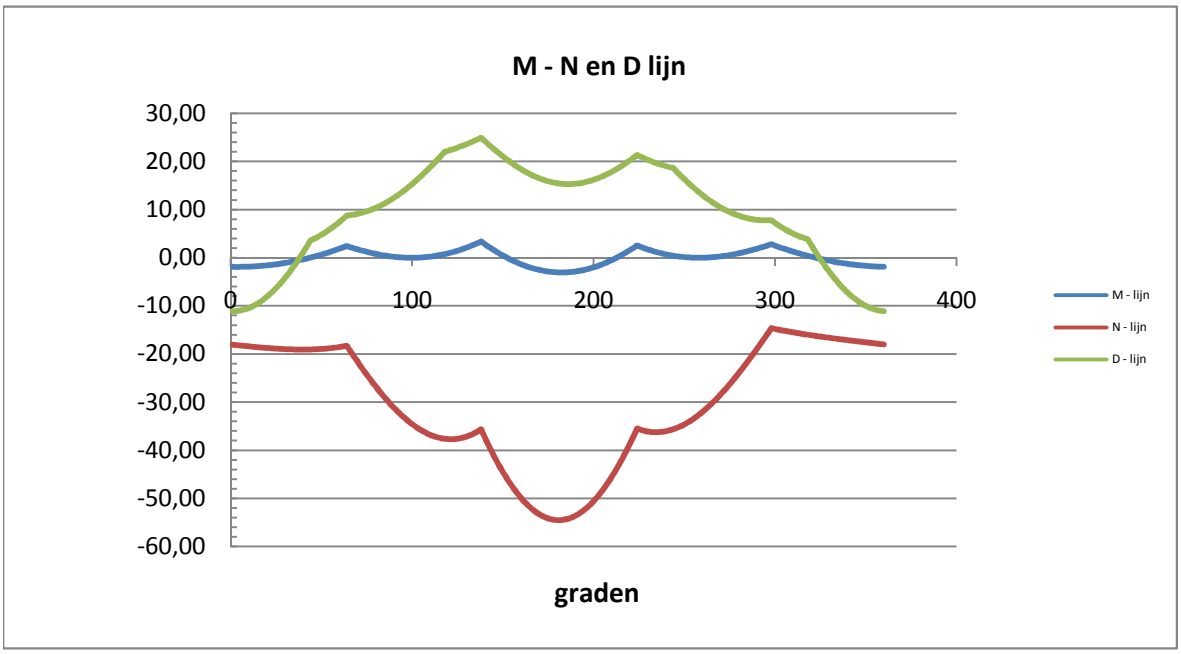
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

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	-1,31	-12,29	-9,31	0,11	1,51
15,0	-1,42	-15,00	-7,47	0,32	4,43
30,0	-1,10	-17,50	-2,73	0,82	11,35
45,0	-0,29	-19,38	3,84	1,37	19,00
60,0	1,08	-20,27	8,36	0,72	9,97
75,0	0,36	-26,20	11,20	0,64	8,96
90,0	-0,28	-31,71	14,50	0,25	3,53
105,0	-0,03	-34,55	18,81	1,23	17,13
120,0	1,21	-34,28	23,18	2,20	30,62
135,0	3,41	-30,75	25,47	2,46	34,24
150,0	0,95	-37,37	21,34	2,27	31,47
165,0	-1,32	-42,41	16,70	1,06	14,78
180,0	-2,38	-43,49	13,18	0,17	2,34
195,0	-2,22	-40,63	11,16	1,32	18,34
210,0	-0,90	-34,21	10,78	1,78	24,68
225,0	0,88	-26,10	11,31	0,79	10,94
240,0	0,09	-23,82	9,29	0,11	1,55
255,0	-0,02	-19,88	5,52	0,45	6,30
270,0	0,44	-14,82	2,59	0,88	12,16
285,0	1,31	-9,28	1,49	0,66	9,11
300,0	1,97	-5,01	1,62	1,13	15,65
315,0	0,84	-5,95	1,15	0,96	13,27
330,0	-0,12	-7,54	-4,09	0,74	10,26
345,0	-0,85	-9,71	-8,10	0,44	6,11
360,0	-1,29	-12,11	-9,32	0,02	0,29



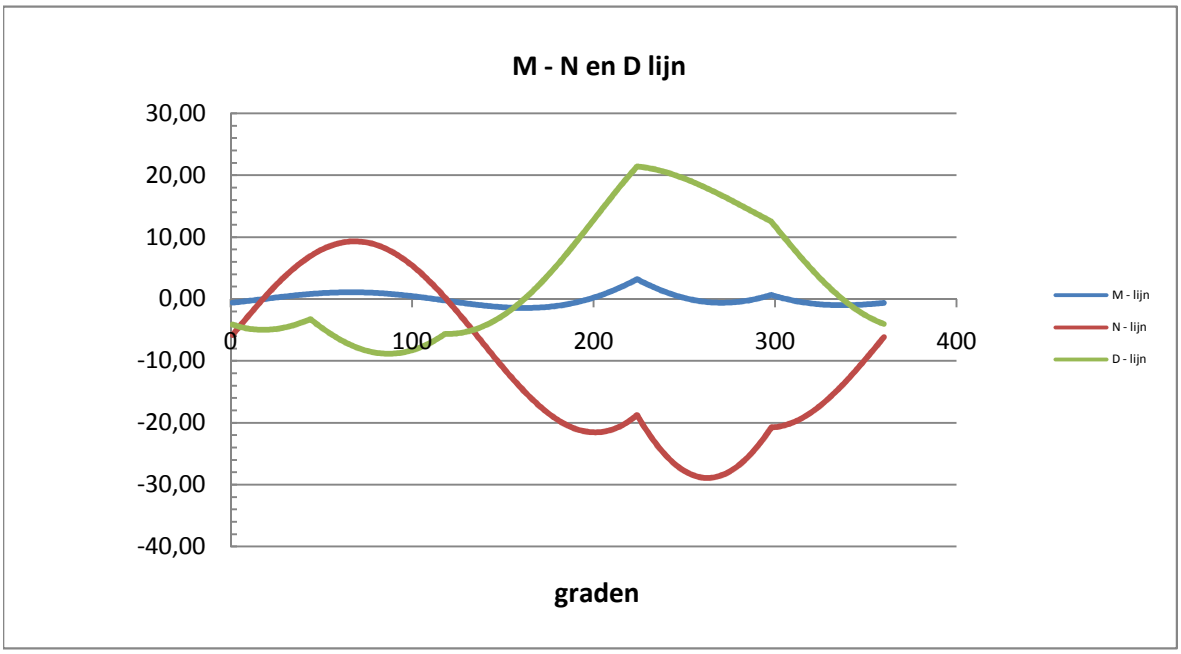
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

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	-1,91	-18,05	-11,08	0,17	2,35
15,0	-1,74	-18,62	-9,21	0,70	9,73
30,0	-1,04	-19,00	-3,67	1,24	17,26
45,0	0,20	-19,02	3,96	1,78	24,78
60,0	1,99	-18,48	7,76	0,88	12,19
75,0	1,11	-24,80	9,77	0,97	13,54
90,0	0,14	-31,56	12,69	0,08	1,10
105,0	0,06	-36,06	17,32	0,94	13,11
120,0	1,00	-37,71	22,33	2,01	27,96
135,0	3,01	-36,12	24,54	2,77	38,50
150,0	0,24	-45,13	20,74	2,39	33,26
165,0	-2,15	-52,18	17,16	0,92	12,71
180,0	-3,07	-54,55	15,41	0,63	8,76
195,0	-2,44	-52,06	15,74	2,11	29,26
210,0	-0,33	-44,94	18,04	2,57	35,70
225,0	2,24	-35,77	20,95	1,64	22,73
240,0	0,60	-35,96	18,88	0,62	8,56
255,0	-0,01	-33,22	14,26	0,33	4,53
270,0	0,31	-28,02	10,25	1,12	15,59
285,0	1,44	-21,01	8,10	0,93	12,95
300,0	2,37	-14,86	6,97	1,77	24,60
315,0	0,60	-15,87	4,08	1,32	18,31
330,0	-0,72	-16,68	-3,42	0,84	11,70
345,0	-1,56	-17,39	-9,06	0,34	4,70
360,0	-1,90	-18,01	-11,07	0,01	0,10



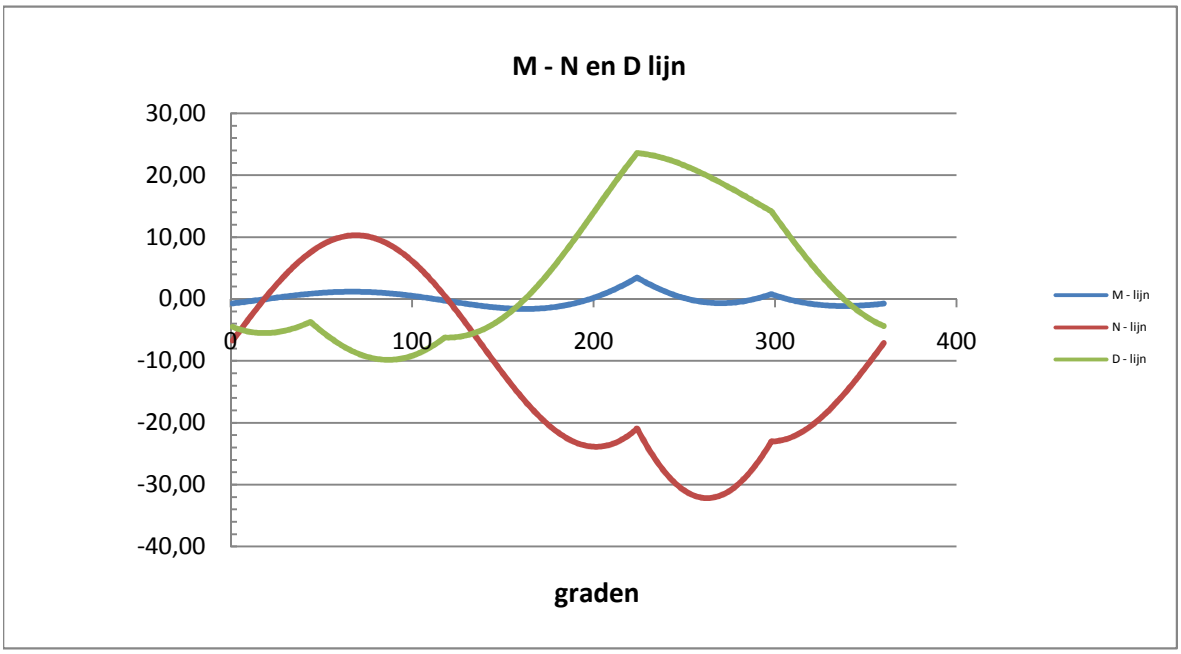
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

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	-5,82	-4,15	0,51	7,09
15,0	-0,11	-0,61	-4,99	0,53	7,36
30,0	0,42	3,94	-4,53	0,42	5,84
45,0	0,84	7,30	-3,74	0,22	2,99
60,0	1,06	9,07	-6,68	0,04	0,55
75,0	1,02	9,07	-8,45	0,29	4,08
90,0	0,72	7,27	-8,81	0,50	6,91
105,0	0,22	3,87	-7,65	0,61	8,41
120,0	-0,38	-0,74	-5,66	0,58	8,09
135,0	-0,96	-6,04	-4,78	0,41	5,69
150,0	-1,37	-11,39	-2,50	0,09	1,19
165,0	-1,46	-16,15	1,13	0,37	5,17
180,0	-1,09	-19,67	5,85	0,93	12,92
195,0	-0,16	-21,43	11,27	1,54	21,34
210,0	1,38	-21,02	16,88	1,51	20,99
225,0	2,89	-19,74	21,36	1,93	26,75
240,0	0,97	-25,62	20,40	1,20	16,68
255,0	-0,24	-28,59	18,76	0,39	5,45
270,0	-0,63	-28,44	16,69	0,41	5,73
285,0	-0,22	-25,25	14,39	0,59	8,21
300,0	0,38	-20,67	11,42	0,96	13,27
315,0	-0,58	-19,06	6,17	0,42	5,77
330,0	-0,99	-15,69	1,59	0,03	0,42
345,0	-0,96	-11,06	-1,93	0,31	4,37
360,0	-0,65	-6,18	-4,05	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	-0,72	-6,73	-4,50	0,56	7,77
15,0	-0,16	-0,94	-5,50	0,59	8,17
30,0	0,43	4,15	-5,06	0,47	6,57
45,0	0,91	7,93	-4,23	0,25	3,48
60,0	1,16	9,98	-7,48	0,03	0,42
75,0	1,13	10,06	-9,42	0,31	4,34
90,0	0,81	8,14	-9,78	0,54	7,51
105,0	0,27	4,45	-8,46	0,66	9,23
120,0	-0,39	-0,62	-6,24	0,64	8,95
135,0	-1,04	-6,47	-5,32	0,46	6,39
150,0	-1,50	-12,41	-2,85	0,11	1,48
165,0	-1,60	-17,72	1,12	0,40	5,50
180,0	-1,21	-21,69	6,31	1,01	14,04
195,0	-0,20	-23,71	12,30	1,68	23,36
210,0	1,49	-23,35	18,52	1,66	23,06
225,0	3,15	-22,02	23,52	2,11	29,35
240,0	1,03	-28,54	22,55	1,31	18,14
255,0	-0,27	-31,82	20,83	0,41	5,63
270,0	-0,68	-31,62	18,64	0,49	6,80
285,0	-0,19	-28,05	16,19	0,68	9,38
300,0	0,49	-22,96	12,96	1,09	15,16
315,0	-0,60	-21,28	7,12	0,49	6,78
330,0	-1,09	-17,61	1,99	0,01	0,15
345,0	-1,08	-12,53	-1,97	0,33	4,65
360,0	-0,75	-7,13	-4,38	0,03	0,45



Maatgevende belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	43,6	kN	N_{Rd} =	1555	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	3,77	kNm	M_{Rd} =	28	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	14,3	kNm	M_{Rd} =	3668	kNm
$V_{Ed;max}$ =	25,8	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 43,59 / 1555 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 3,77 / 27,8 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 32,1 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 25,77 / 369 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 9,5 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 30,03

V_{Ed} = 25,77

$\sigma_b + \sigma_N$ = 32,1 + 4,6 = 36,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

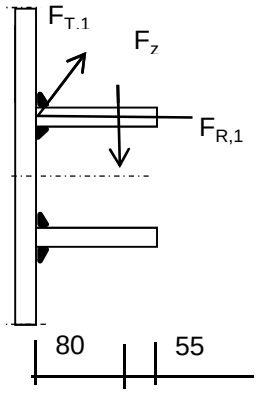
τ_z = 9,5 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 40 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 61,23 kN

$F_{T,1,h}$ = 53,33 kN

F_z = 14,69 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 38,50 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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 27,1 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 33,33 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 24,06 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

$\sigma_1 = \tau_1$ = 71,58 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 174,3 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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 174,3 / 302,2 = 0,58 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 71,6 / 244,8 = 0,29 < 1,0 -- Voldoet

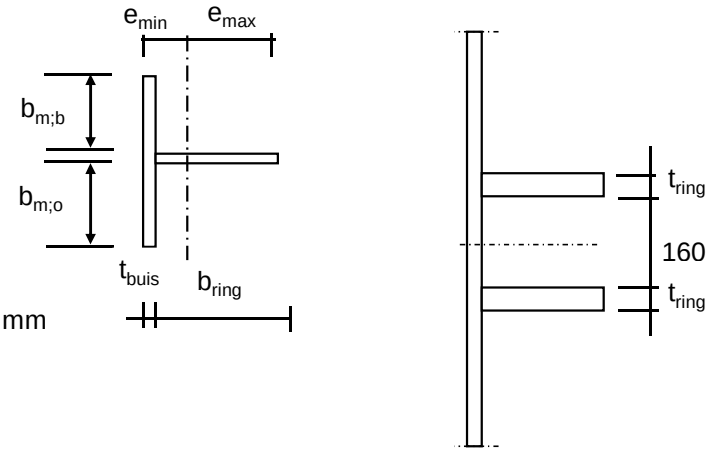
9.1.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 37,0 meter hoogte

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
$M_{w;Rd}$ = 9611 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 369 kN

Belastingen op 37,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 47 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))	17055,0	122112,0	201776,0	17055,0	122112,0	-201776,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380,0	122004,0	228076,0	29380,0	122004,0	-228076,0
BG 1a - (wind (45 gr))	17045,0	66910,0	134937,0	17057,0	127805,0	-209473,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376,0	102975,0	216051,0	29380,0	124148,0	-230156,0
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049,0	87386,0	156164,0	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	19805,0	93806,0	174330,0	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045,0	64525,0	133927,0	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19802,0	76626,0	160503,0	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1167 mm

R = 583,3 mm

Mast 3: Lijnhoek = 2. α = 160,5 graden

Mast 166: Lijnhoek = 2. α = 130,7 graden

Lijnhoek = 2. α = 160,5 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))	58,7	39,2	58,7	39,2		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,0	45,5	64,0	45,5		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,1	27,3	61,1	40,6		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,7	44,0	64,7	45,8		
	0,0	0,0	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,4	30,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,0	34,7	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	36,5	27,2	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,6	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

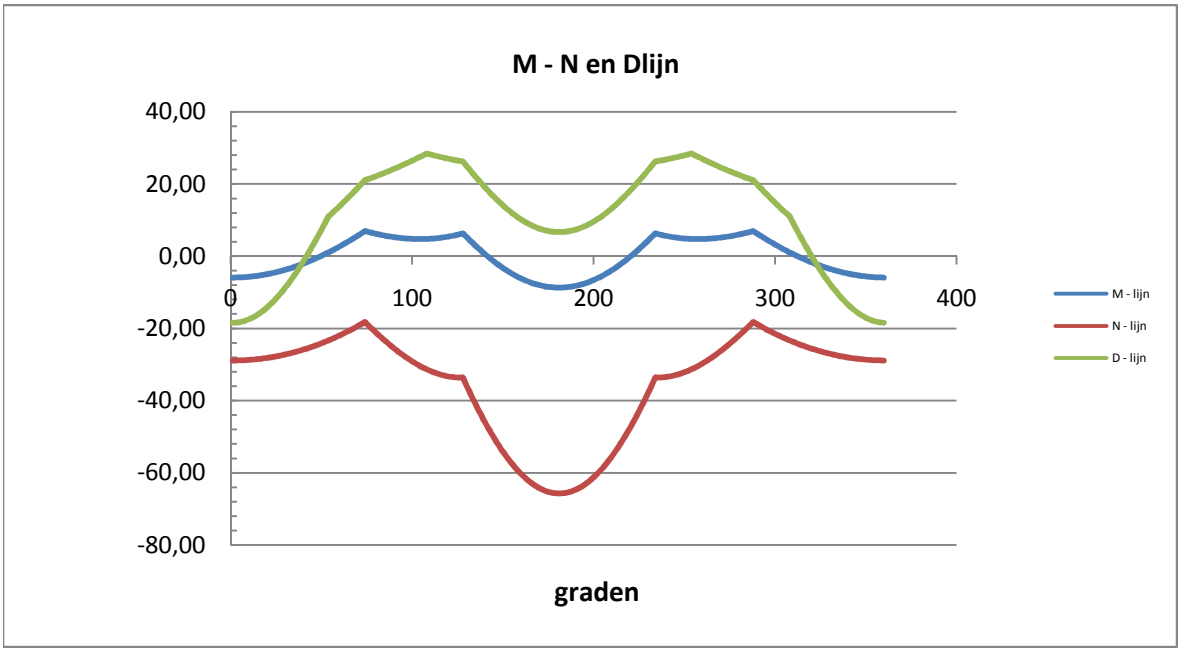
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

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	-5,88	-28,88	-18,48	0,58	6,72
15,0	-5,30	-28,44	-15,81	1,71	19,96
30,0	-3,59	-27,11	-8,12	2,79	32,57
45,0	-0,80	-24,87	3,65	3,78	44,14
60,0	2,98	-21,71	14,36	3,72	43,42
75,0	6,70	-19,20	21,47	1,49	17,34
90,0	5,22	-25,90	24,44	0,46	5,33
105,0	4,76	-30,83	27,99	0,77	8,97
120,0	5,53	-33,38	26,95	3,10	36,17
135,0	2,43	-42,01	21,46	5,98	69,77
150,0	-3,55	-54,81	13,69	3,80	44,38
165,0	-7,35	-62,93	8,52	1,30	15,22
180,0	-8,65	-65,71	6,71	1,30	15,22
195,0	-7,35	-62,93	8,52	3,80	44,38
210,0	-3,55	-54,81	13,69	5,98	69,77
225,0	2,43	-42,01	21,46	3,10	36,17
240,0	5,53	-33,38	26,95	0,77	8,97
255,0	4,76	-30,83	27,99	0,46	5,33
270,0	5,22	-25,90	24,44	1,49	17,34
285,0	6,70	-19,20	21,47	3,72	43,42
300,0	2,98	-21,71	14,36	3,78	44,14
315,0	-0,80	-24,87	3,65	2,79	32,57
330,0	-3,59	-27,11	-8,12	1,71	19,96
345,0	-5,30	-28,44	-15,81	0,57	6,69
360,0	-5,87	-28,88	-18,47	0,00	0,03

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

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 15614845 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	65,7	kN	N_{Rd} =	2111	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	8,65	kNm	M_{Rd} =	30	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	21,2	kNm	M_{Rd} =	9611	kNm
$V_{Ed;max}$ =	28,5	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 65,71 / 2111 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,4 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 8,65 / 30,4 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 67,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 28,49 / 369 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 10,6 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 65,71

V_{Ed} = 6,71

$\sigma_b + \sigma_N$ = 67,4 + 7,4 = 74,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

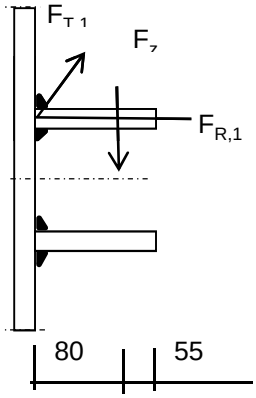
τ_z = 2,5 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 75 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	63,95	kN
$F_{T,1,h}$ =	45,95	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	69,77	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,3 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 28,72 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 43,61 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

$\sigma_1 = \tau_1$ = 72,78 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 192,0 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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 192,0 / 302,2 = 0,64 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 72,8 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

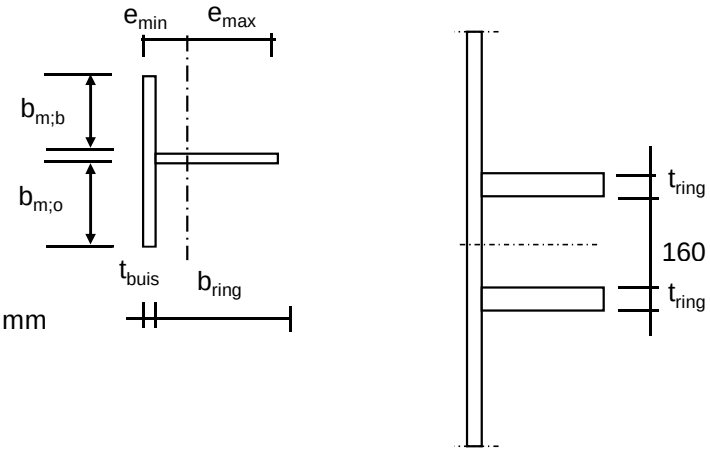
9.1.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 27,0 meter hoogte

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 27,0 meter (gelijkgesteld aan de belastingen van de geleiders op 47 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))	17055,0	122112,0	201776,0	17055,0	122112,0	-201776,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29380,0	122004,0	228076,0	29380,0	122004,0	-228076,0
BG 1a - (wind (45 gr))	17045,0	66910,0	134937,0	17057,0	127805,0	-209473,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29376,0	102975,0	216051,0	29380,0	124148,0	-230156,0
1a- Bundelbr.-(90 gr)	17049,0	87386,0	156164,0	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs	19805,0	93806,0	174330,0	0,0	0,0	0,0
1a- Bundelbr.-(45 gr)	17045,0	64525,0	133927,0	0,0	0,0	0,0
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs	19802,0	76626,0	160503,0	0,0	0,0	0,0

Diameter mast t.p.v ringen D = 1500 mm

R = 750,0 mm

Mast 3: Lijnhoek = 2. α = 160,5 graden

Mast 166: Lijnhoek = 2. α = 130,7 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 160,5 graden

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))	59,0	43,4	59,0	43,4		
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,6	49,8	64,6	49,8		
BG 1a - (wind (45 gr))	37,5	29,7	61,3	45,0		
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,6	47,8	65,3	50,2		
	0,0	0,0	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(90 gr)	44,7	33,9	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(90 gr + ijs)	49,4	38,1	0,0	0,0		
1a- Bundelbr.-(45 gr)	37,0	29,6	0,0	0,0		
3 - Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,3	35,5	0,0	0,0		

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

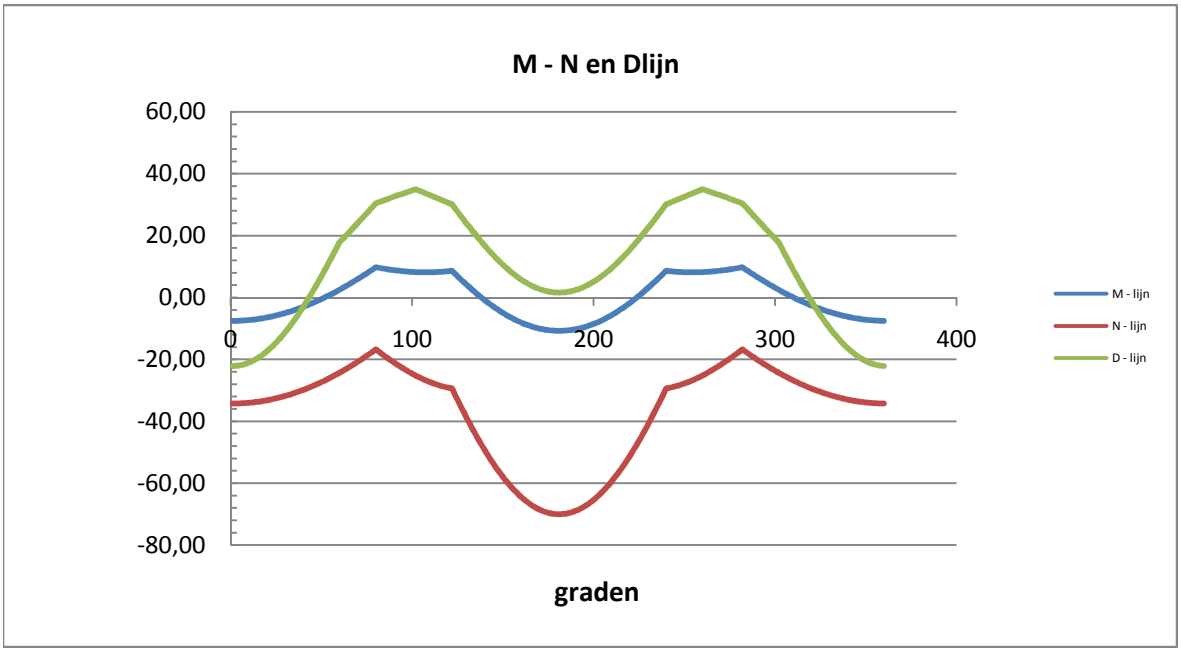
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr. + ijs

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	-7,56	-34,25	-22,16	0,68	6,95
15,0	-6,87	-33,60	-19,16	2,02	20,59
30,0	-4,85	-31,64	-10,51	3,28	33,43
45,0	-1,57	-28,42	2,76	4,41	44,96
60,0	2,84	-23,98	18,48	5,37	54,68
75,0	8,21	-18,43	27,88	0,56	5,66
90,0	8,77	-21,39	32,81	0,62	6,33
105,0	8,15	-26,37	34,03	0,43	4,34
120,0	8,57	-29,28	30,36	7,53	76,64
135,0	1,05	-45,32	19,56	6,38	65,02
150,0	-5,34	-58,67	10,07	4,06	41,30
165,0	-9,39	-67,13	3,79	1,39	14,16
180,0	-10,78	-70,03	1,59	1,39	14,16
195,0	-9,39	-67,13	3,79	4,06	41,30
210,0	-5,34	-58,67	10,07	6,38	65,02
225,0	1,05	-45,32	19,56	7,53	76,64
240,0	8,57	-29,28	30,36	0,43	4,34
255,0	8,15	-26,37	34,03	0,62	6,33
270,0	8,77	-21,39	32,81	0,56	5,66
285,0	8,21	-18,43	27,88	5,37	54,68
300,0	2,84	-23,98	18,48	4,41	44,96
315,0	-1,57	-28,42	2,76	3,28	33,43
330,0	-4,85	-31,64	-10,51	2,02	20,59
345,0	-6,87	-33,60	-19,16	0,68	6,92
360,0	-7,55	-34,25	-22,15	0,00	0,03

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

$S =$ 182250 mm^3

$I =$ 17896923 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	70,0	kN	N_{Rd} =	2790	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	10,78	kNm	M_{Rd} =	33	kNm
$M_{w,Ed;max}$ =	28,5	kNm	M_{Rd} =	19889	kNm
$V_{Ed;max}$ =	35,0	kN	V_{Rd} =	369	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 70,03 / 2790 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,9 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 10,78 / 32,8 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 77,8 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 34,97 / 369 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 13,0 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 70,03

V_{Ed} = 1,59

$\sigma_b + \sigma_N$ = 77,8 + 5,9 = 83,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

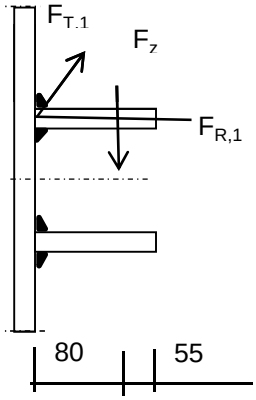
τ_z = 0,6 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 84 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	64,59	kN
$F_{T,1,h}$ =	41,20	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	76,64	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 28,5 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 25,75 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 47,90 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 80)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 44,52 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 73,06 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 194,0 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)

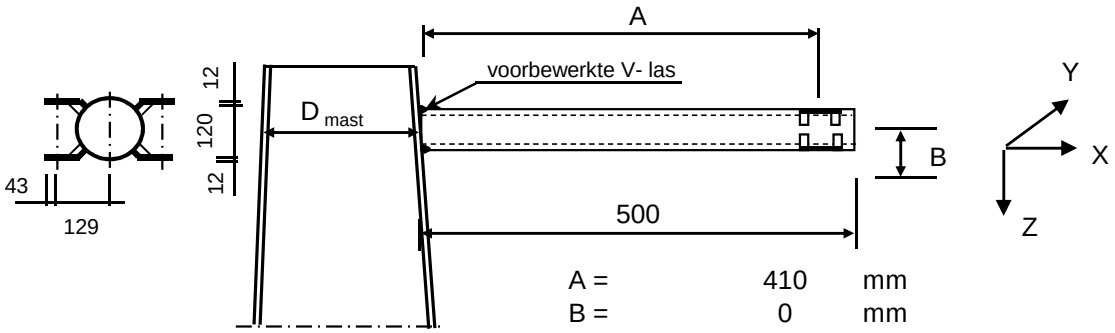
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 194,0 / 302,2 = 0,64 < 1,0 -- Voldoet

$\tau_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 73,1 / 244,8 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	519	mm
t_{mast} =	15	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

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix M en M1

	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	19999	-32087	2228
BG 3 - (wind (90) + ijs)	32192	57937	9246	32192	-57937	9246
BG 1a - (wind (45 gr))	9067	17908	2226	21053	-33538	2228
BG 3 - (wind (45) + ijs)	26364	54957	9244	32831	-58473	9246
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13317	22945	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20529	35156	3797	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8581	17603	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13812	28356	3796	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	13840	23646	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	21267	36073	3797	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))	39,998	0	4,456	0,00	1,83	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,384	0	18,492	0,00	7,58	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	30,12	15,63	4,454	0,00	1,83	6,41
BG 3 - (wind (45) + ijs)	59,195	3,516	18,49	0,00	7,58	1,44
BG 1a - bundelbr. (90gr).	13,317	22,945	2,227	0,00	0,91	9,41
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,529	35,156	3,797	0,00	1,56	14,41
BG 1a - bundelbr. (45gr).	8,581	17,603	2,226	0,00	0,91	7,22
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	13,812	28,356	3,796	0,00	1,56	11,63
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	13,84	23,646	2,227	0,00	0,91	9,69
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**21,267**	**36,073**	**3,797**	**0,00**	**1,56**	**14,79**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

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
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	14,79	/	36	=	0,41	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		95,9	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	21,27	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		5,3	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,80	/	275	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		1,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	36,07	/	275	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		17,9	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 102 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 106 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	23750	S355	355	2908640
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

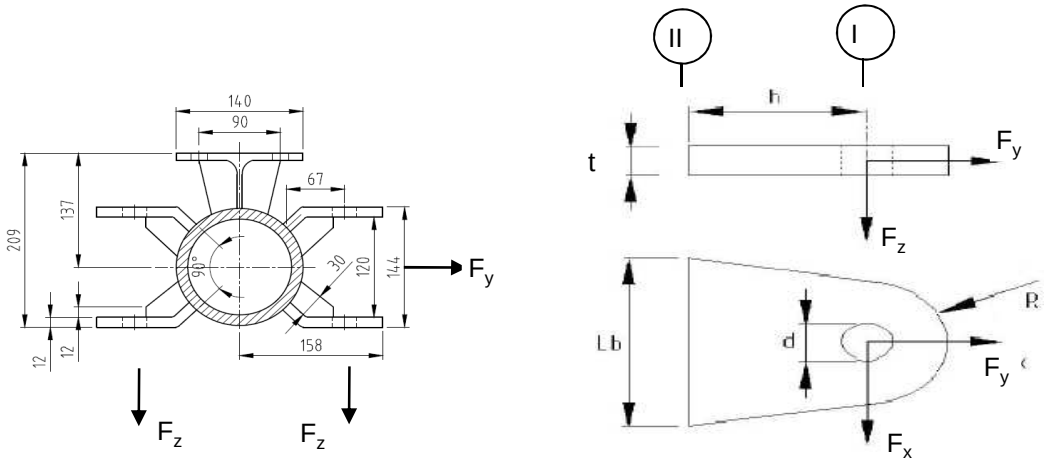
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 58,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 14,79 / 32,7 = 0,45 < 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

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**16,10**	**28,97**	**9,25**

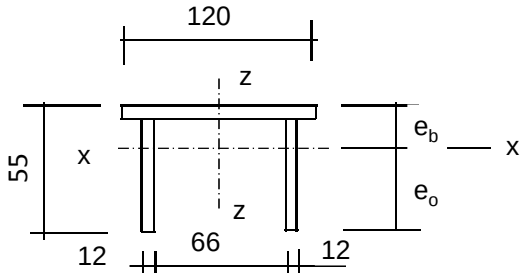
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

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} =	28,97	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
$V_{x,Ed}$ =	16,10	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	28,97	/	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	16,10	/	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

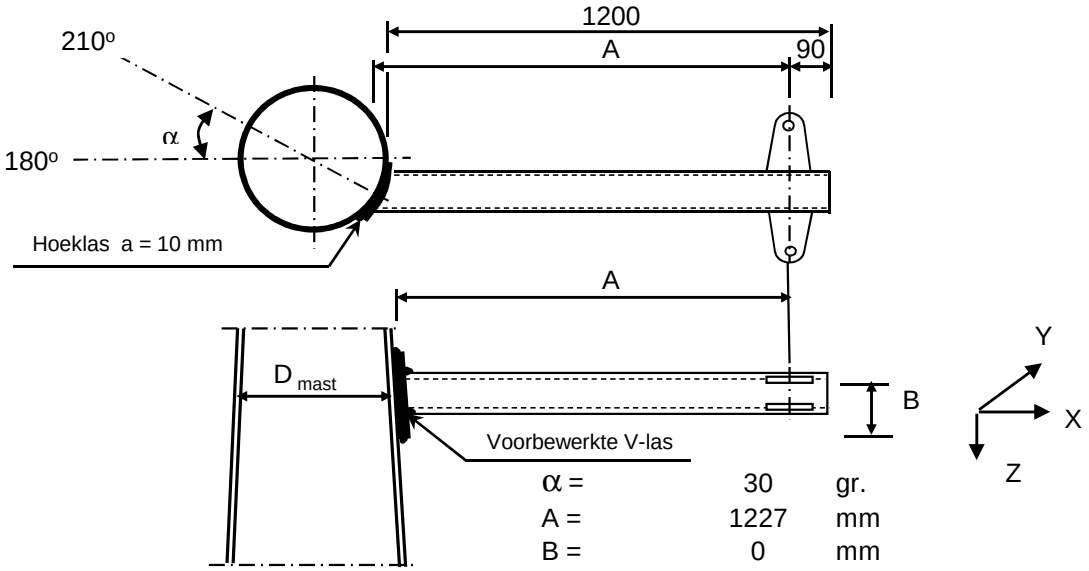
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{y,max} * t / (2 * a)$ 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} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=	122,6	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	122,6	/	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 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1227	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1750	mm
t_{mast} =	25	mm
Hoogte :	19,5	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 M en M1

	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	29627	-50223	4619
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58797	112434	18678	58797	-112434	18678
BG 1a - (wind (45 gr))	17921	36536	4617	30889	-51929	4619
BG 3 - (wind (45) + ijs)	52601	110859	18676	59452	-112815	18678
BG 1a - bundelbr. (90gr).	22147	40574	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	34414	62891	7763	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17421	36373	4617	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27612	57660	7762	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	22694	41227	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	35188	63731	7763	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))	59,254	0	9,238	0,00	11,34	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	117,594	0	37,356	0,00	45,84	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	48,81	15,393	9,236	0,00	11,33	18,89
BG 3 - (wind (45) + ijs)	112,053	1,956	37,354	0,00	45,84	2,40
BG 1a - bundelbr. (90gr).	22,147	40,574	4,618	0,00	5,67	49,79
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	34,414	62,891	7,763	0,00	9,53	77,18
BG 1a - bundelbr. (45gr).	17,421	36,373	4,617	0,00	5,67	44,64
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	27,612	57,66	7,762	0,00	9,53	70,76
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	22,694	41,227	4,618	0,00	5,67	50,59
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	**35,188**	**63,731**	**7,763**	**0,00**	**9,53**	**78,21**

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

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

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 78,21 / 101 = 0,77 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 182,4 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,19 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,3 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 7,76 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 63,73 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 19,1 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 189 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 192 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))

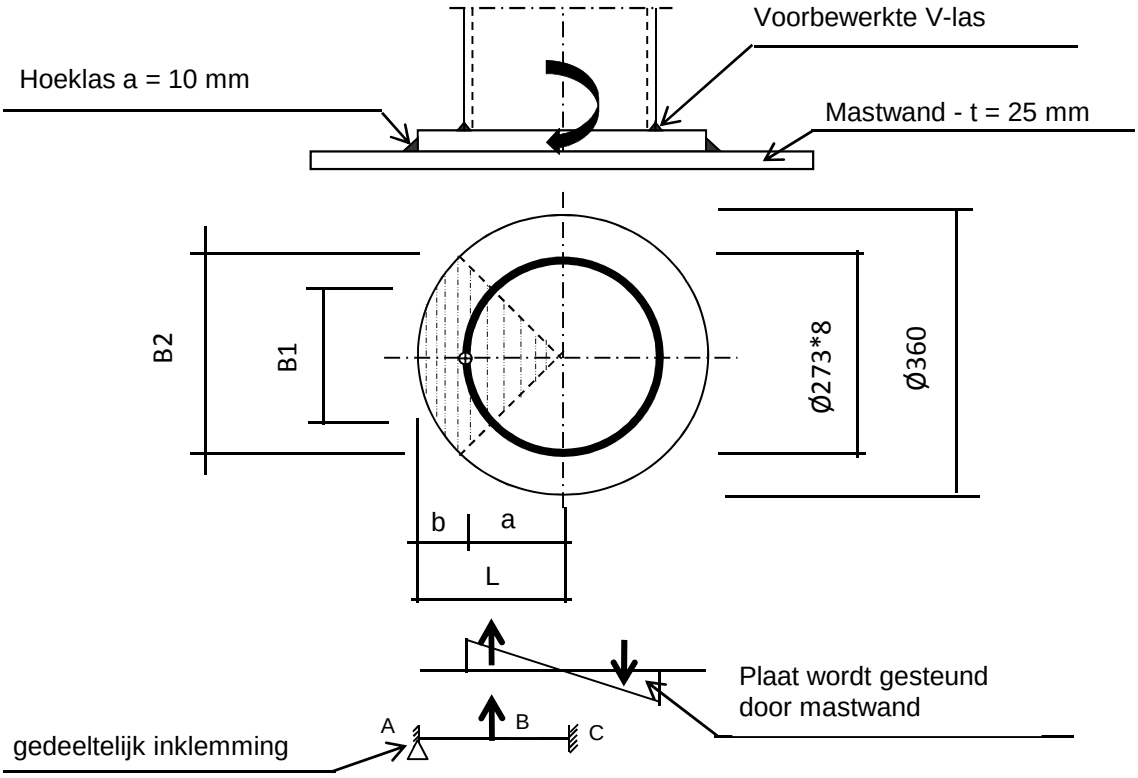
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 78,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

$F_{Ed} =$ 261,2 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

$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) =$ 7,32 kNm

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) =$ 168,4 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,53 kNm
$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,16 kNm
$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 222,8 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 6,5 * 40,0% = 2,61 kNm
$M_{B;Ed}$ = 7,3 * 60,0% + 3,2 * 40,0% = 5,66 kNm
$R_{A;Ed}$ = 168,4 * 60,0% + 222,8 * 40,0% = 190,1 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 2,61 / 10,46 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,A} =$ 59,2 N/mm^2
$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 5,66 / 7,93 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,B} =$ 168,9 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 190,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 26,9 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 35,5 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 179,7 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 104,6 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 47,6 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	104,6	+	47,6	=		152,1	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	104,6	-	47,6	=		57,0	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		181,4	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	181,4	/	302,2	=	0,60	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	152,1	/	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	1750,0	25,0	135481	S355	355	57603696
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

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 35,0

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 506,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 15426,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,76 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 = 0,60

$M_{ip,1,Rd}$ = 187,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 442,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 45,84 / 187,0 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 102,7 kNm

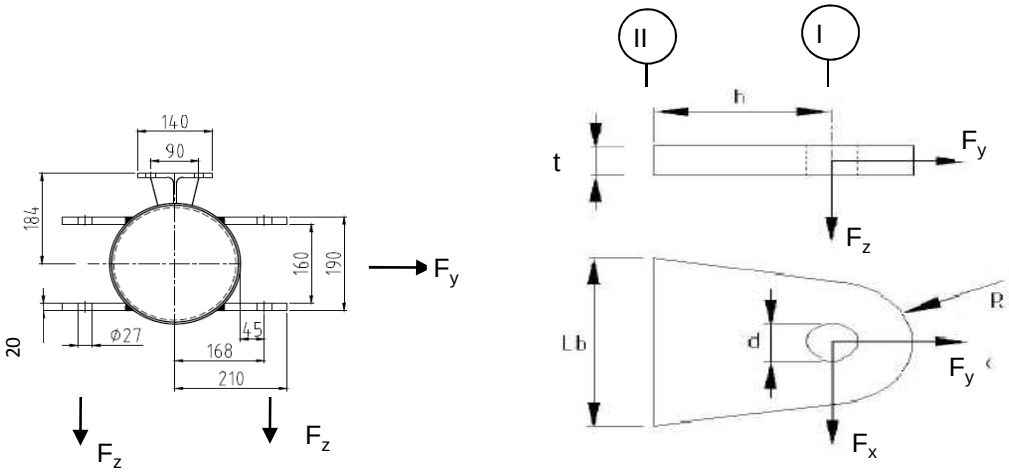
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 442,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 78,21 / 102,7 = 0,76 < 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

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**29,40**	**56,22**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 57,0 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} =	56,22	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,20	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	29,40	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	56,22	/	663	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		20,1	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,20	/	15,5	=	0,14	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		33,7	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	29,40	/	383	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,5	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 203,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 205 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))

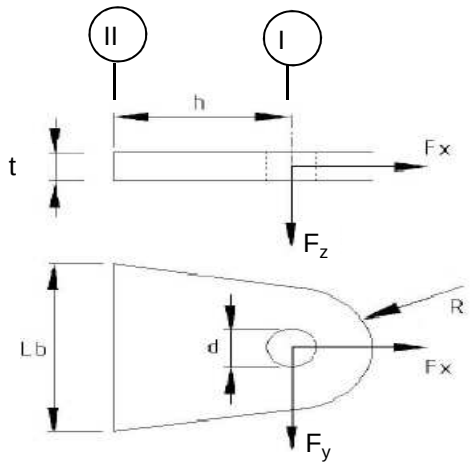
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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	2383,3	28,0	207186	S355	355	120581764
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 881,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 33418,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,79 of $n_p =$ -0,769

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 538,4 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 538,4 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 59,2 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 59,2 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

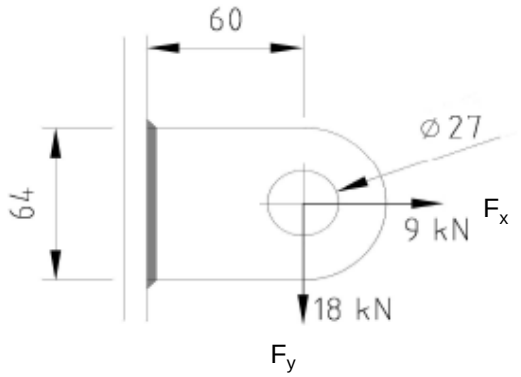
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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:
56,43 - 54,93 - 46,8 - 44,3 - 36,8 - 43,3 - 26,8 - 24,3 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

9.5.1 - Controle capaciteit van de aansluiting

Clip op 24.3 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	25,0	122915	S355	355	47346361
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 410,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11580,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,70 of $n_p =$ -0,680

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 481,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 481,2 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 30,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 30,8 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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 46,8 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	840,0	15,0	38877	S355	355	7877842
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 115,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 1076,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,39 of $n_p =$ -0,377

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 226,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 226,7 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 14,5 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 14,5 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

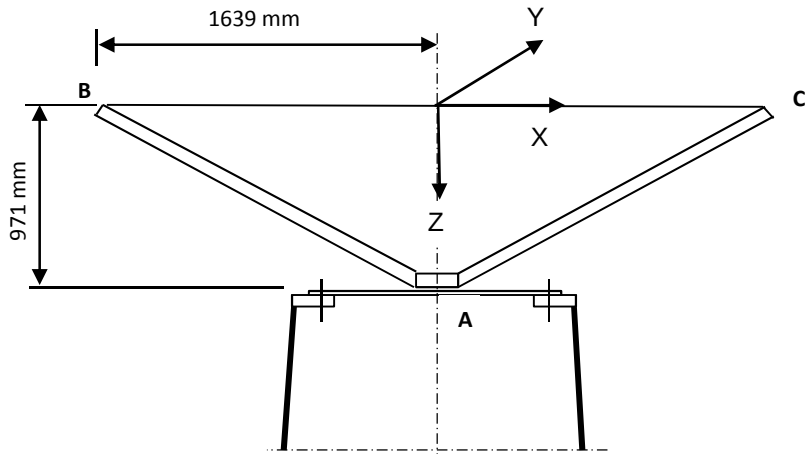
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



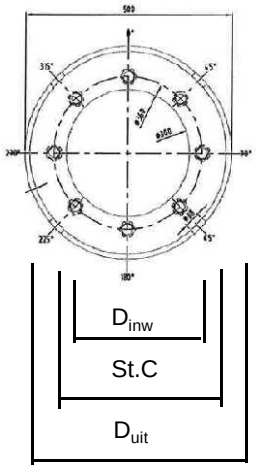
Buis rond 500 * 15

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

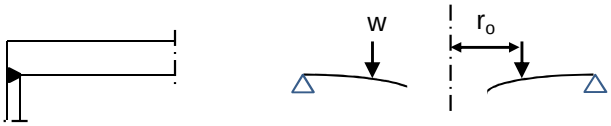
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

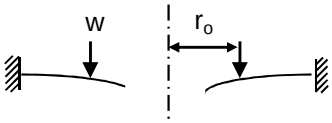
maatgevend belastinggeval : BG2.

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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

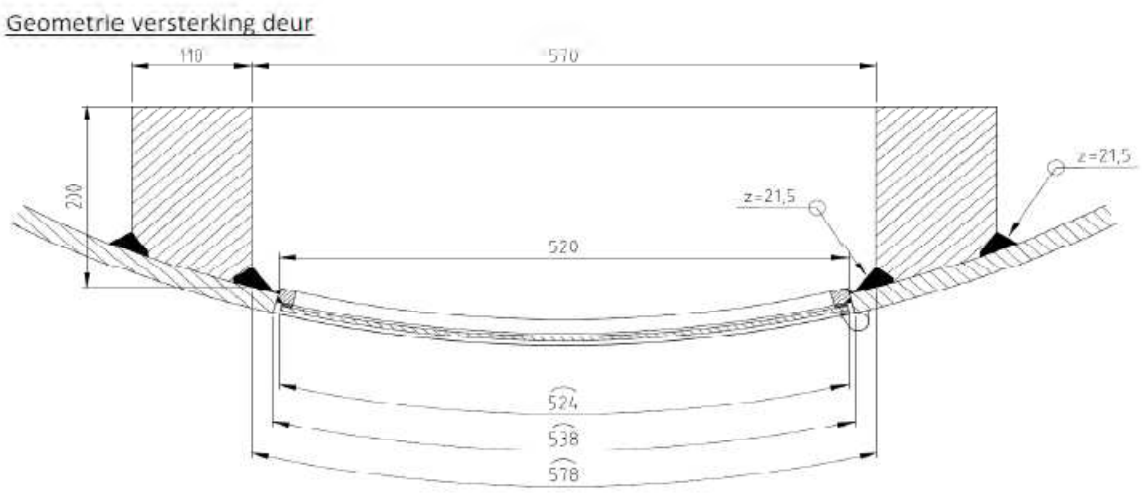
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

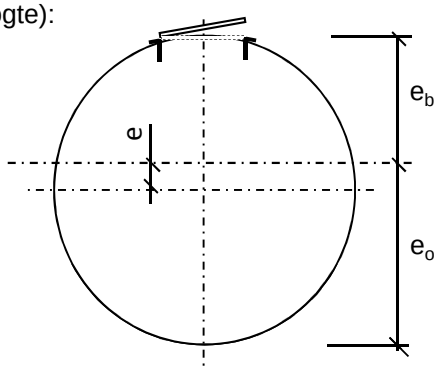
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

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 :	2359	mm
dikte t ;	28	mm

A_{buis} =	205060	mm^2
$A_{versterking}$ =	40256	mm^2
$A_{verlies}$ =	14506	mm^2
A_{tot} =	230810	mm^2

e =	103,0	mm			
e_b =	1076,6	mm ;	e_o =	1282,6	mm

I_{tot} =	1,58E+11	mm^4
W_{min} =	1,24E+08	mm^3
W_{max} =	1,47E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	33794	kNm ;	N_{Ed} =	882	kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,8	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	273,6	N/mm^2

σ_{max} = 3,8 + 273,6 = 277,4 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage M, M1 en M2

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

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	17046	70078	137223	17046	70078	-137223
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	69192	136508	17045	69192	-136508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	68068	135679	17045	68068	-135679
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	9732	18523	2226	9732	-18523
	Comp. gl	4617	18574	36939	4617	18574	-36939
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72927	153781	17036	72927	-153781
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72817	153783	17036	72817	-153783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72673	153791	17036	72673	-153791
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9502	19907	2225	9502	-19907
	Comp. gl	4615	19311	40833	4615	19311	-40833
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	104175	216107	29376	104175	-216107
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	103850	216072	29376	103850	-216072
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	103426	216048	29376	103426	-216048
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	9244	26747	54947	9244	26747	-54947
	Comp. gl	18676	53042	110780	18676	53042	-110780
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73717	155475	20053	73717	-155475
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73611	155485	20053	73611	-155485
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73472	155503	20053	73472	-155503
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2978	10778	22643	2978	10778	-22643
	Comp. gl	6122	21940	46471	6122	21940	-46471
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	66910	134937	17057	127805	-209473
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	66421	134664	17055	120404	-199472
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65796	134360	17053	110638	-186355
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	9067	17908	2228	21053	-33538
	Comp. gl	4617	17921	36536	4619	30889	-51929
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72519	153807	17037	79373	-157310

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

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, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72451	153817	17036	78483	-156573
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72362	153833	17036	77356	-155718
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9424	19902	2225	10835	-20916
	Comp. gl	4615	19222	40844	4615	20654	-41434
3	380C1F1 / 380C2F1	29376	102975	216051	29380	124148	-230156
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	102778	216062	29380	121371	-227477
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	102520	216087	29379	117843	-224280
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9244	26364	54957	9246	32831	-58473
	Comp. gl	18676	52601	110859	18678	59452	-112815
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	73322	155530	20053	79643	-157881
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	73257	155544	20053	78842	-157337
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	73170	155565	20053	77823	-156715
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	10705	22649	2978	11912	-23225
	Comp. gl	6122	21855	46489	6122	23133	-46748
1a	380C1F1 / 380C2F1	17055	122112	201776	17055	122112	-201776
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17054	115266	192555	17054	115266	-192555
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17052	106263	180528	17052	106263	-180528
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	19999	32087	2228	19999	-32087
	Comp. gl	4619	29627	50223	4619	29627	-50223
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	78686	156737	17036	78686	-156737
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	77884	156106	17036	77884	-156106
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	76866	155378	17036	76866	-155378
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10689	20765	2225	10689	-20765
	Comp. gl	4615	20513	41330	4615	20513	-41330
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	122004	228076	29380	122004	-228076
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29379	119496	225746	29379	119496	-225746
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29378	116311	222979	29378	116311	-222979
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9246	32192	57937	9246	32192	-57937
	Comp. gl	18678	58797	112434	18678	58797	-112434
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79025	157457	20053	79025	-157457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78301	156996	20053	78301	-156996
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77379	156472	20053	77379	-156472

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

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: 90 dgr	GW / opgw	2978	11792	23129	2978	11792	-23129
	Comp. gl	6122	23012	46688	6122	23012	-46688
1a	380C1F1 / 380C2F1	17057	127805	209473	17045	66910	-134937
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17055	120404	199472	17045	66421	-134664
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17053	110638	186355	17045	65796	-134360
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2228	21053	33538	2226	9067	-17908
	Comp. gl	4619	30889	51929	4617	17921	-36536
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	79373	157310	17036	72519	-153807
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	78483	156573	17036	72451	-153817
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	77356	155718	17036	72362	-153833
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10835	20916	2225	9424	-19902
	Comp. gl	4615	20654	41434	4615	19222	-40844
3	380C1F1 / 380C2F1	29380	124148	230156	29376	102975	-216051
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29380	121371	227477	29376	102778	-216062
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	117843	224280	29376	102520	-216087
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9246	32831	58473	9244	26364	-54957
0	Comp. gl	18678	59452	112815	18676	52601	-110859
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	79643	157881	20053	73322	-155530
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	78842	157337	20053	73257	-155544
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	77823	156715	20053	73170	-155565
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	11912	23225	2978	10705	-22649
	Comp. gl	6122	23133	46748	6122	21855	-46489
1a	380C1F1 / 380C2F1	12782	58036	111402	12782	58036	-111402
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	56984	110332	12781	56984	-110332
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	55657	109066	12781	55657	-109066
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	8214	15270	1669	8214	-15270
	Comp. gl	3462	15152	29601	3462	15152	-29601
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	59216	124380	12774	59216	-124380
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	59098	124362	12774	59098	-124362
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58944	124348	12774	58944	-124348
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7655	15947	1668	7655	-15947
	Comp. gl	3461	15510	32684	3461	15510	-32684

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

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]
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	93070	192294	25109	93070	-192294
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	92728	192224	25109	92728	-192224
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	92286	192159	25109	92286	-192159
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	25616	52520	8685	25616	-52520
	Comp. gl	17518	50691	105739	17518	50691	-105739
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	61202	128636	15788	61202	-128636
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	61090	128635	15788	61090	-128635
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60945	128639	15788	60945	-128639
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2421	9156	19166	2421	9156	-19166
	Comp. gl	4966	18589	39287	4966	18589	-39287
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	54301	107898	12791	122732	-198598
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	53733	107456	12790	114837	-187539
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	53013	106947	12788	104296	-172759
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	7425	14386	1671	20561	-32483
	Comp. gl	3462	14389	28964	3464	29178	-48261
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58779	124344	12775	66727	-130192
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58708	124346	12775	65660	-129077
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58615	124352	12774	64315	-127754
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7570	15926	1669	9233	-17482
	Comp. gl	3461	15417	32683	3461	17055	-33716
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	91816	192123	25113	114791	-210096
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	91613	192119	25113	111750	-206850
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	91346	192127	25112	107883	-202926
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8685	25227	52518	8688	31879	-56433
	Comp. gl	17518	50246	105808	17520	57260	-108116
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	60789	128653	15789	67801	-132489
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	60721	128662	15788	66886	-131698

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

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 yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	60632	128677	15788	65727	-130776
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	9080	19165	2421	10410	-20003
	Comp. gl	4966	18503	39300	4966	19878	-39768
1a	380C1F1 / 380C2F1	12790	116665	190102	12790	116665	-190102
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12789	109310	179789	12789	109310	-179789
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	99518	166069	12788	99518	-166069
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	19466	30945	1671	19466	-30945
	Comp. gl	3464	27805	46318	3464	27805	-46318
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	65902	129326	12775	65902	-129326
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64944	128359	12774	64944	-128359
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63734	127218	12774	63734	-127218
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	9058	17269	1669	9058	-17269
	Comp. gl	3461	16888	33556	3461	16888	-33556
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	112443	207579	25113	112443	-207579
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25112	109695	204733	25112	109695	-204733
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25111	106204	201310	25111	106204	-201310
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	31219	55852	8688	31219	-55852
	Comp. gl	17519	56584	107691	17519	56584	-107691
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	67094	131873	15788	67094	-131873
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66269	131195	15788	66269	-131195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65224	130408	15788	65224	-130408
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	10274	19874	2421	10274	-19874
	Comp. gl	4966	19744	39681	4966	19744	-39681
1a	380C1F1 / 380C2F1	12791	122732	198598	12781	54301	-107898
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12790	114837	187539	12781	53733	-107456
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12788	104296	172759	12781	53013	-106947
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1671	20561	32483	1669	7425	-14386
	Comp. gl	3464	29178	48261	3462	14389	-28964
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	66727	130192	12774	58779	-124344
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	65660	129077	12774	58708	-124346
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	64315	127754	12774	58615	-124352
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	9233	17482	1668	7570	-15926

W2H400 TOWER **APPENDIX: M**

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	17055	33716	3461	15417	-32683
3	380C1F1 / 380C2F1	25113	114791	210096	25109	91816	-192123
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	111750	206850	25109	91613	-192119
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	107883	202926	25109	91346	-192127
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8688	31879	56433	8685	25227	-52518
0	Comp. gl	17520	57260	108116	17518	50246	-105808
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	67801	132489	15788	60789	-128653
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	66886	131698	15788	60721	-128662
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	65727	130776	15788	60632	-128677
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	10410	20003	2421	9080	-19165
	Comp. gl	4966	19878	39768	4966	18503	-39300

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

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]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17045	65826	134373	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	65468	134222	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	65008	134058	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	8844	17745	0	0	0
	Comp. gl	4617	17694	36441	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	72687	153789	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72602	153797	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72491	153811	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2225	9456	19902	0	0	0
	Comp. gl	4615	19259	40838	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	77649	160685	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	77370	160616	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	77009	160547	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3796	14197	28519	0	0	0
	Comp. gl	7762	28023	57724	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71768	151817	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71685	151829	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71576	151849	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2828	10305	21724	0	0	0
	Comp. gl	5821	21035	44648	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	64525	133927	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	64318	133886	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	64049	133848	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2226	8581	17603	0	0	0
	Comp. gl	4617	17421	36373	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

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	72371	153832	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	72318	153843	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	72248	153859	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	9396	19903	0	0	0
	Comp. gl	4615	19190	40851	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19802	76626	160503	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	76460	160495	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19802	76244	160493	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3796	13812	28356	0	0	0
	Comp. gl	7762	27612	57660	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	71459	151875	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	71407	151888	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	71338	151907	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2828	10248	21731	0	0	0
	Comp. gl	5821	20969	44665	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	87386	156164	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	84318	152421	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17047	80402	147805	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2227	13317	22945	0	0	0
	Comp. gl	4618	22147	40574	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	76963	155444	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76378	155062	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	75634	154628	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	10325	20417	0	0	0
	Comp. gl	4615	20158	41101	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19805	93806	174330	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	91497	171816	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	88569	168787	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3797	20529	35156	0	0	0
	Comp. gl	7763	34414	62891	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	75792	152927	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75252	152641	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

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	74561	152323	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2828	11076	22025	0	0	0
	Comp. gl	5821	21862	44754	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	17049	89995	159414	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	86614	155213	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	82288	150002	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	13840	23646	0	0	0
	Comp. gl	4618	22694	41227	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	77463	155795	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	76816	155344	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	75992	154829	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	10431	20513	0	0	0
	Comp. gl	4615	20261	41162	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	19806	95780	176549	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19805	93223	173686	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19804	89977	170218	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3797	21267	36073	0	0	0
0	Comp. gl	7763	35188	63731	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	19451	76252	153193	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	75656	152852	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	19451	74894	152469	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2828	11166	22089	0	0	0
	Comp. gl	5821	21954	44791	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	53046	106969	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	52637	106708	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	52115	106411	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1669	7162	14138	0	0	0
	Comp. gl	3462	14131	28801	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58958	124349	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58868	124344	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58750	124344	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	7604	15933	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

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	15455	32681	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65018	133599	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64711	133470	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64317	133331	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12721	25353	0	0	0
	Comp. gl	6606	24915	51058	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59120	124694	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59033	124698	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58920	124709	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8656	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17632	37349	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	51575	106156	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51344	106066	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51048	105969	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6857	13907	0	0	0
	Comp. gl	3462	13826	28664	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58624	124351	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58568	124357	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58496	124367	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7540	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15383	32687	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63903	133220	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63725	133186	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63495	133154	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12307	25129	0	0	0
	Comp. gl	6606	24481	50947	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58799	124726	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

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	58745	124735	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58675	124750	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8597	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17564	37362	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12784	78370	136835	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	74831	132082	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12783	70268	126077	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12330	20830	0	0	0
	Comp. gl	3463	19379	34640	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	63849	127322	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63158	126712	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62284	126000	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8621	16762	0	0	0
	Comp. gl	3461	16469	33190	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	83610	152469	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	80948	149198	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15540	77559	145178	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19599	33162	0	0	0
	Comp. gl	6607	31902	57505	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	63557	126691	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	62944	126249	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62166	125743	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9505	18656	0	0	0
	Comp. gl	4665	18519	37585	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	81354	140889	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	77482	135636	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72472	128957	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	12908	21647	0	0	0
	Comp. gl	3463	20016	35486	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64442	127875	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63674	127164	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62704	126333	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M1**

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	8747	16904	0	0	0
	Comp. gl	3461	16590	33290	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	85877	155317	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82939	151637	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15540	79190	147089	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20384	34180	0	0	0
0	Comp. gl	6608	32748	58500	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64081	127095	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63402	126576	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62540	125978	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9607	18745	0	0	0
	Comp. gl	4665	18620	37642	0	0	0

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

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	58692	117160	14202	58692	-117160
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58142	116771	14202	58142	-116771
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57443	116326	14202	57443	-116326
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8001	15595	1855	8001	-15595
	Comp. gl	3847	15612	31551	3847	15612	-31551
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63513	134465	14194	63513	-134465
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63442	134470	14194	63442	-134470
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63349	134480	14194	63349	-134480
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8208	17289	1854	8208	-17289
	Comp. gl	3845	16725	35481	3845	16725	-35481
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84527	176406	22419	84527	-176406
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84313	176388	22419	84313	-176388
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84033	176377	22419	84033	-176377
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20615	42601	6530	20615	-42601
	Comp. gl	13213	41028	86007	13213	41028	-86007
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62072	131372	16206	62072	-131372
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62002	131382	16206	62002	-131382
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61911	131397	16206	61911	-131397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8886	18744	2356	8886	-18744
	Comp. gl	4850	18157	38551	4850	18157	-38551
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56720	115936	14208	96086	-163003
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56414	115796	14207	91088	-156197
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56020	115643	14206	84571	-147435
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7591	15255	1856	15496	-25493
	Comp. gl	3847	15204	31341	3848	23458	-40767
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63248	134496	14195	67574	-136310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63204	134505	14195	67020	-135903
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63145	134517	14195	66317	-135437
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8158	17289	1854	9040	-17840
	Comp. gl	3845	16667	35491	3845	17574	-35782

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

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]
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83735	176385	22421	97648	-185363
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83605	176395	22420	95817	-183619
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83434	176414	22420	93496	-181553
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20357	42602	6531	24772	-45174
	Comp. gl	13213	40733	86056	13214	45371	-87517
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61813	131418	16207	65868	-132646
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61769	131428	16207	65360	-132339
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61712	131443	16206	64713	-131993
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8839	18750	2356	9616	-19075
	Comp. gl	4850	18101	38565	4850	18931	-38691
1a	380C1F1 / 380C2F1	14207	92237	157756	14207	92237	-157756
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	87647	151551	14207	87647	-151551
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	81684	143612	14206	81684	-143612
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	14765	24466	1856	14765	-24466
	Comp. gl	3848	22624	39645	3848	22624	-39645
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67146	135993	14195	67146	-135993
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66646	135648	14195	66646	-135648
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	66011	135254	14194	66011	-135254
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8949	17754	1854	8949	-17754
	Comp. gl	3845	17486	35726	3845	17486	-35726
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96234	184008	22421	96234	-184008
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	94582	182497	22420	94582	-182497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	92490	180718	22420	92490	-180718
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24331	44784	6531	24331	-44784
	Comp. gl	13214	44924	87242	13214	44924	-87242
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65476	132407	16207	65476	-132407
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65017	132149	16207	65017	-132149
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64430	131860	16206	64430	-131860
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9540	19019	2356	9540	-19019
	Comp. gl	4850	18853	38657	4850	18853	-38657
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	96086	163003	14202	56720	-115936
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	91088	156197	14202	56414	-115796

W2H400 TOWER **APPENDIX: M2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	**BACK** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84571	147435	14202	56020	-115643
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15496	25493	1855	7591	-15255
	Comp. gl	3848	23458	40767	3847	15204	-31341
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67574	136310	14194	63248	-134496
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67020	135903	14194	63204	-134505
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66317	135437	14194	63145	-134517
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9040	17840	1854	8158	-17289
	Comp. gl	3845	17574	35782	3845	16667	-35491
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	97648	185363	22419	83735	-176385
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95817	183619	22419	83605	-176395
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93496	181553	22419	83434	-176414
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24772	45174	6530	20357	-42602
	Comp. gl	13214	45371	87517	13213	40733	-86056
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65868	132646	16206	61813	-131418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65360	132339	16206	61769	-131428
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64713	131993	16206	61712	-131443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9616	19075	2356	8839	-18750
	Comp. gl	4850	18931	38691	4850	18101	-38565

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

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

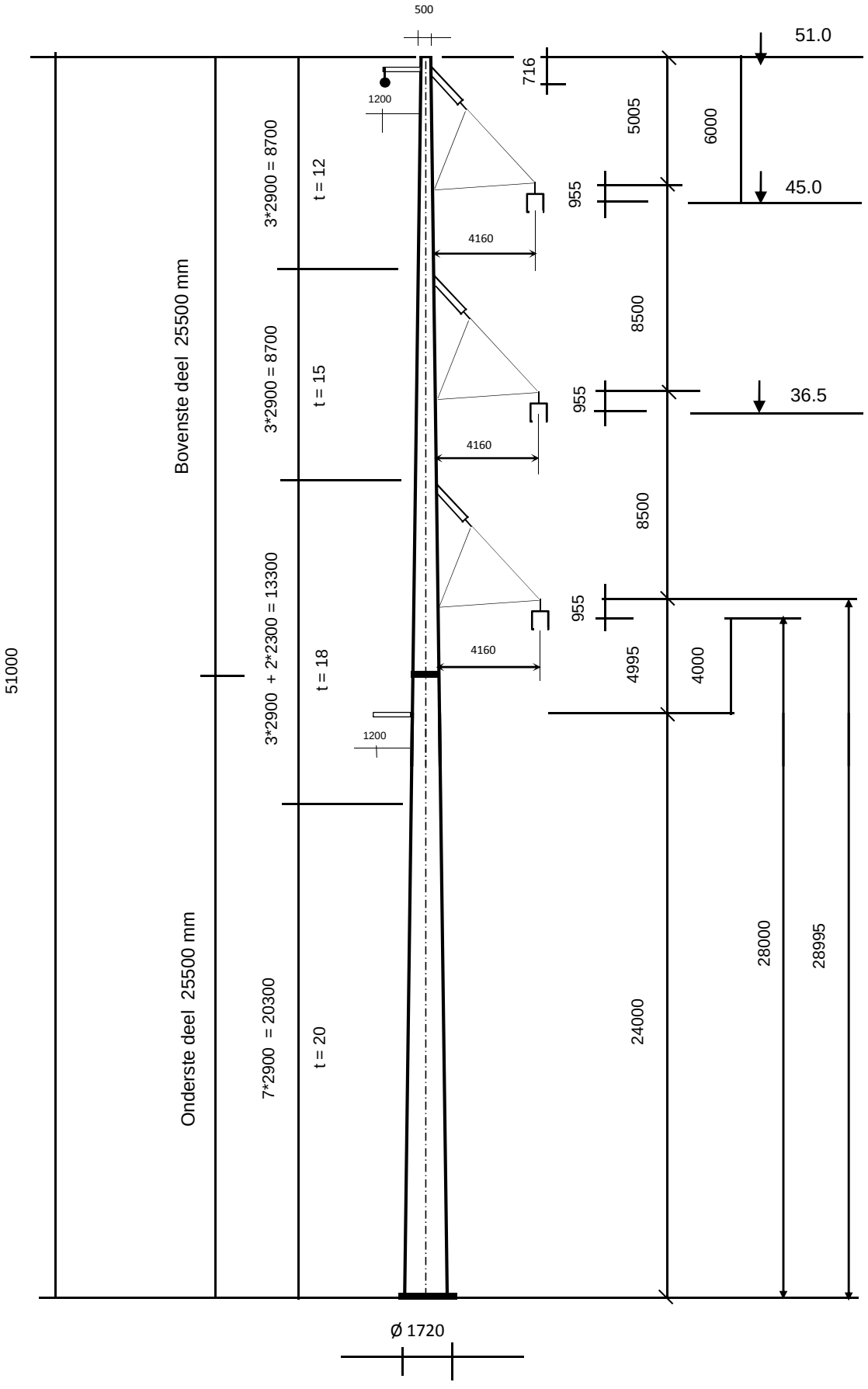
W2S350+5

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

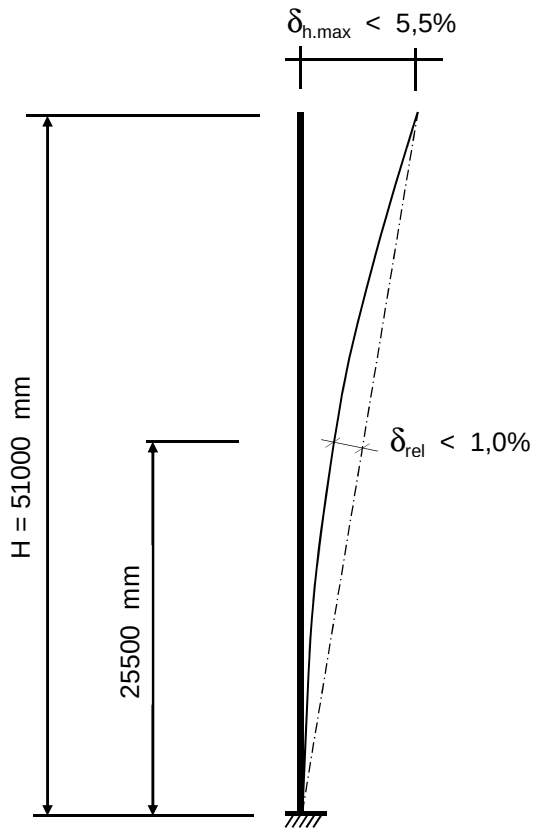
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

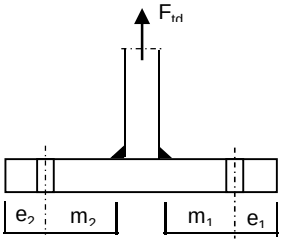
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

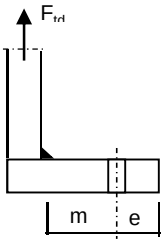
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

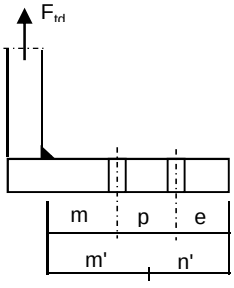
Flenzen en voetplaat:



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.

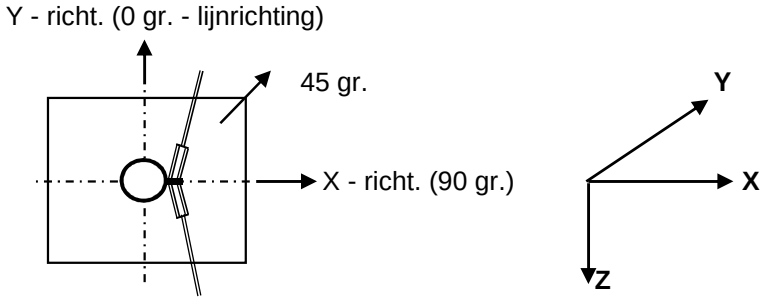
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
		11,43					
5	Lasnaad	12,44	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
		13,95					
7	Lasnaad	15,10	45	24,75	1,000E+10	1,44E+08	0,01
		12,94					
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

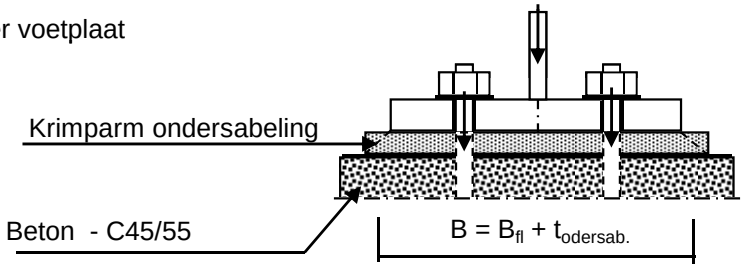
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 388,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 583,1 + 1,00 * 388,9 = 972,0 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

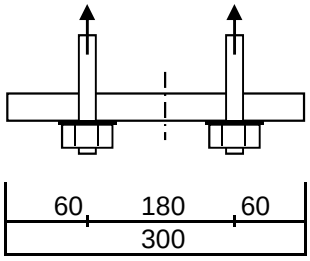
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

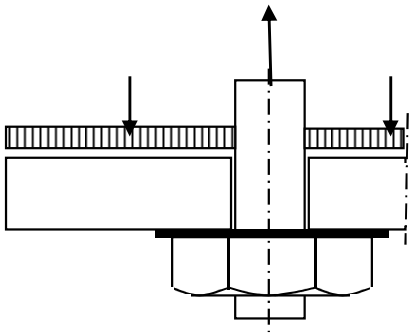


D = 1700 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 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

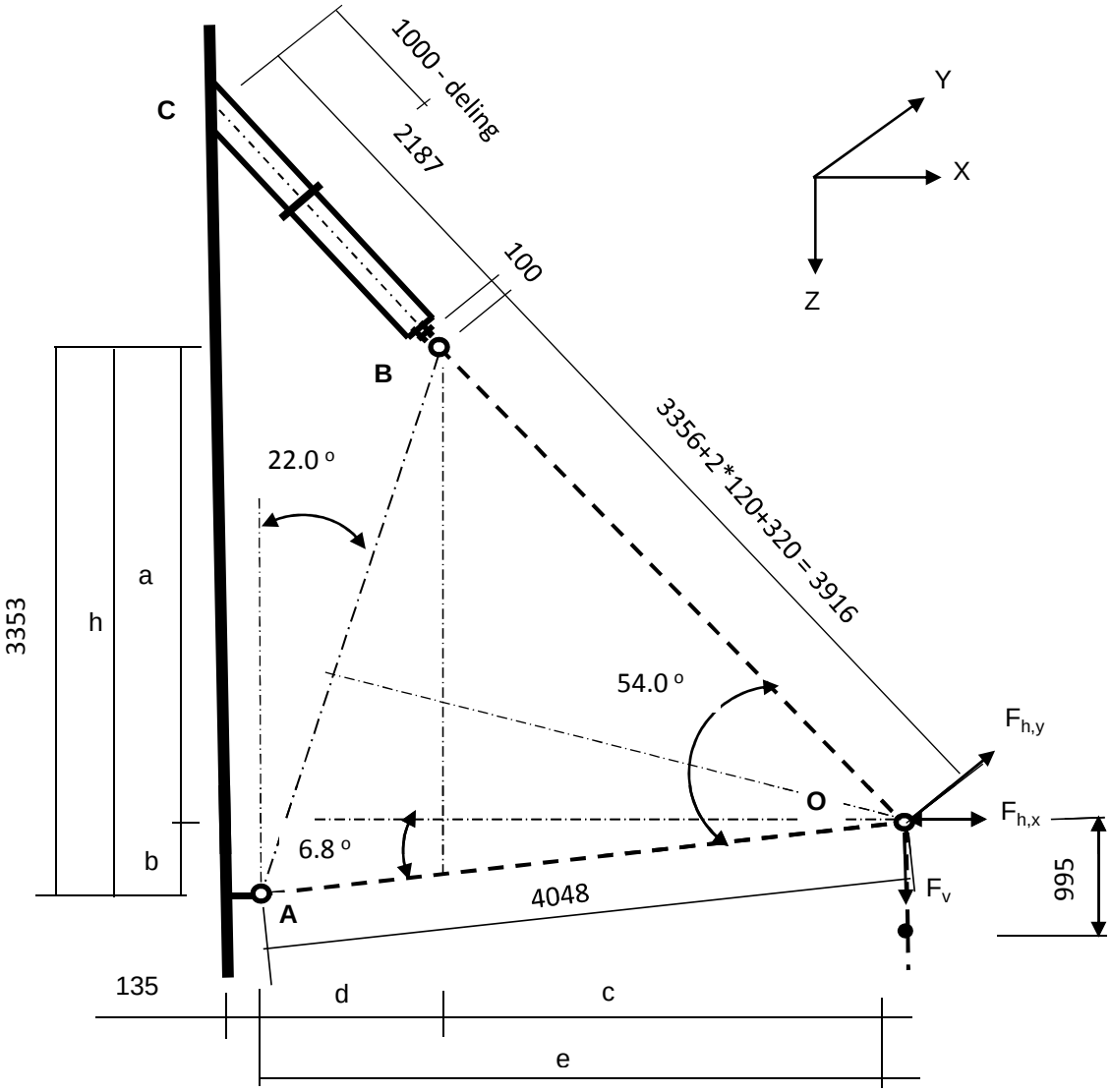
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (169,3^2 + 3*50,8^2)^{0,5}$
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

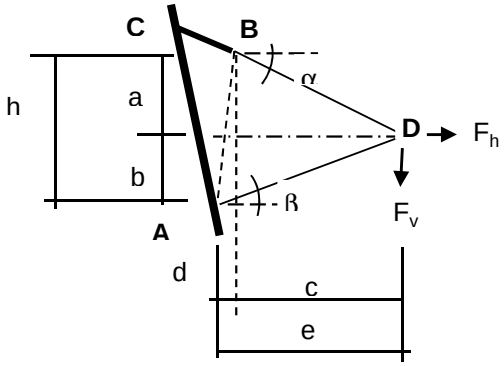
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

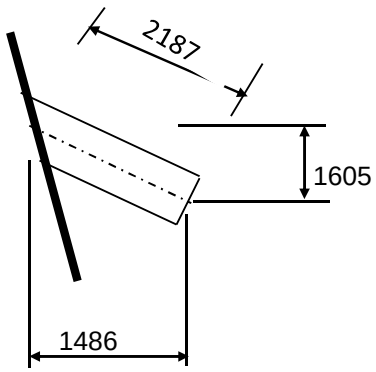
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	32,50	0,00	35,10	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	17,26	0,00	18,64	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	48,14	0,00	51,99	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	37,57	0,00	40,57	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (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



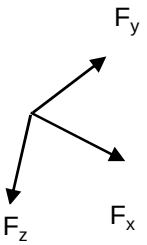


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

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))

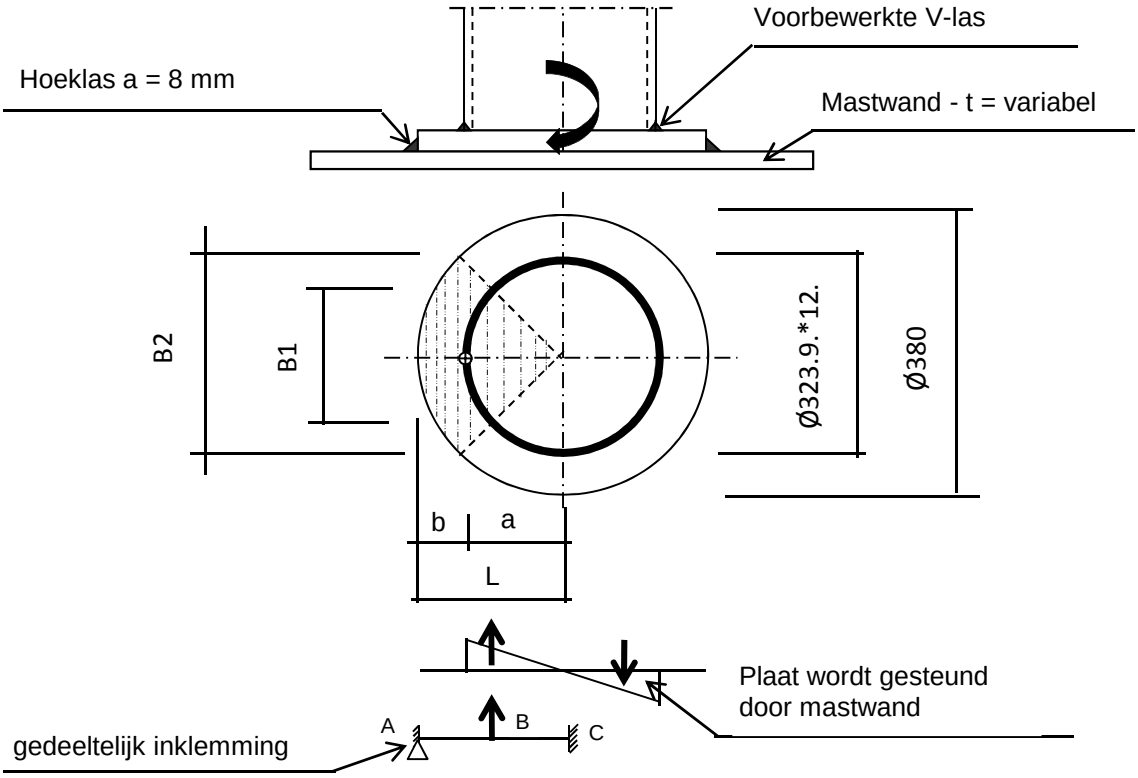
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

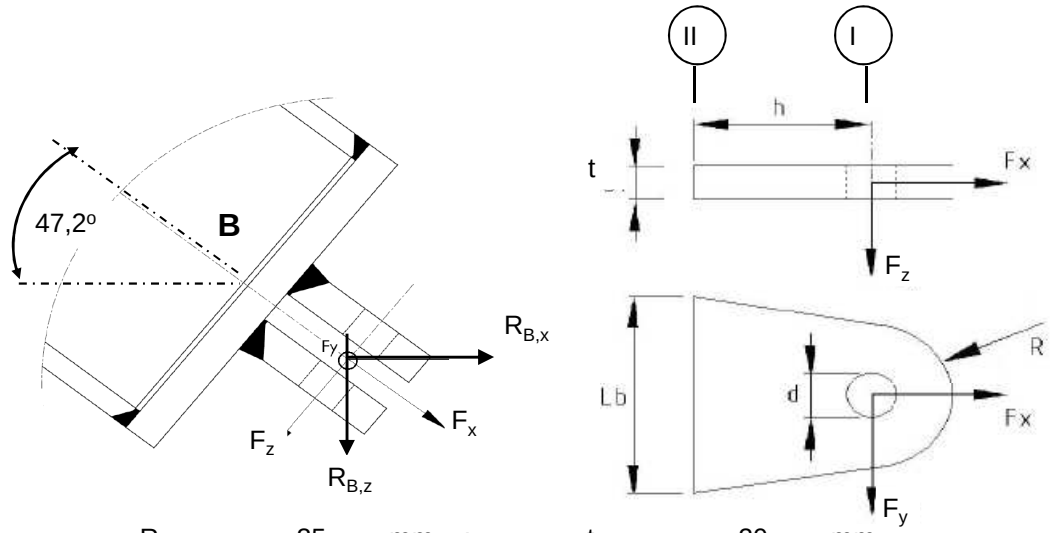
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))

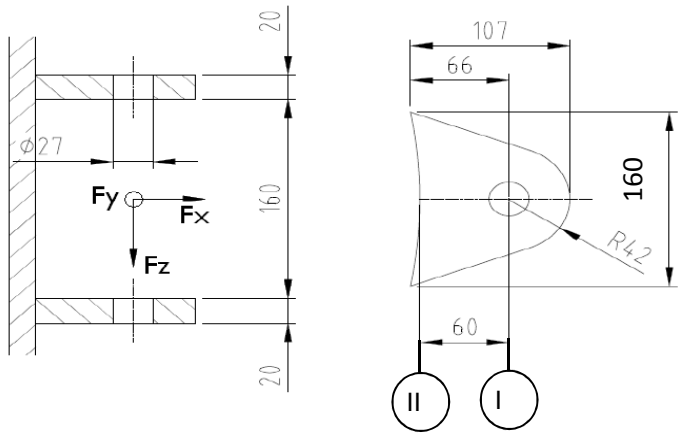
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 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 $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 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} = 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

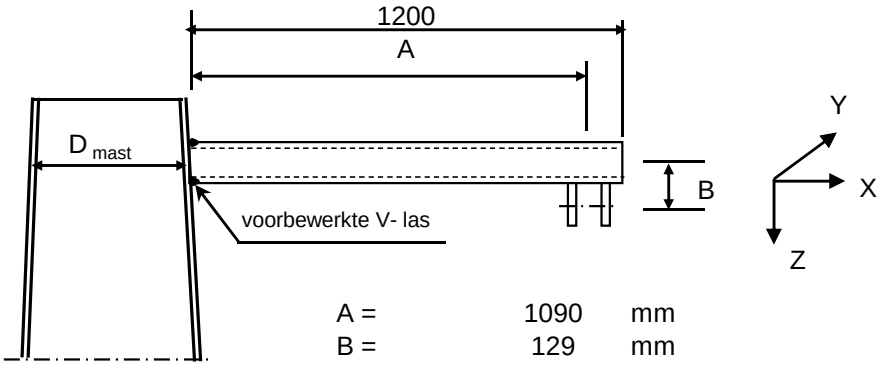
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

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

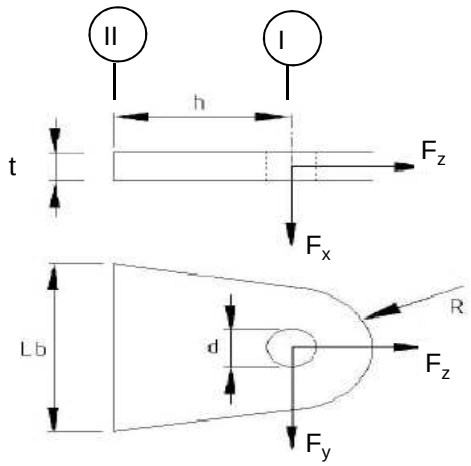
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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

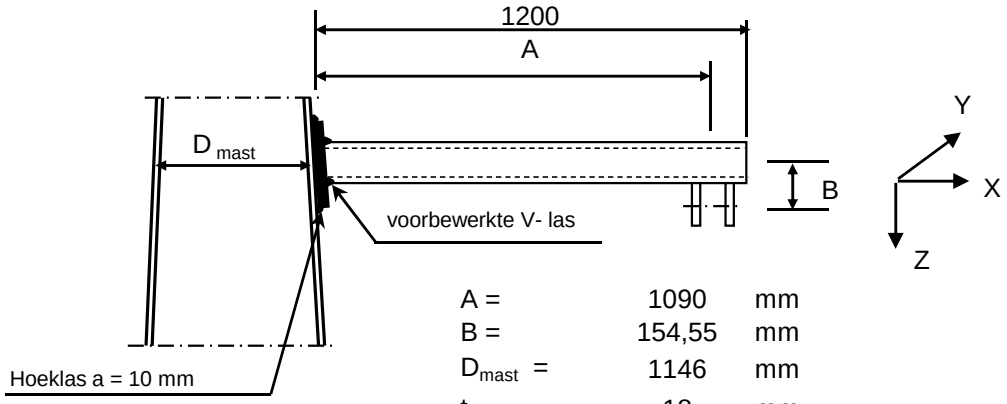
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

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))

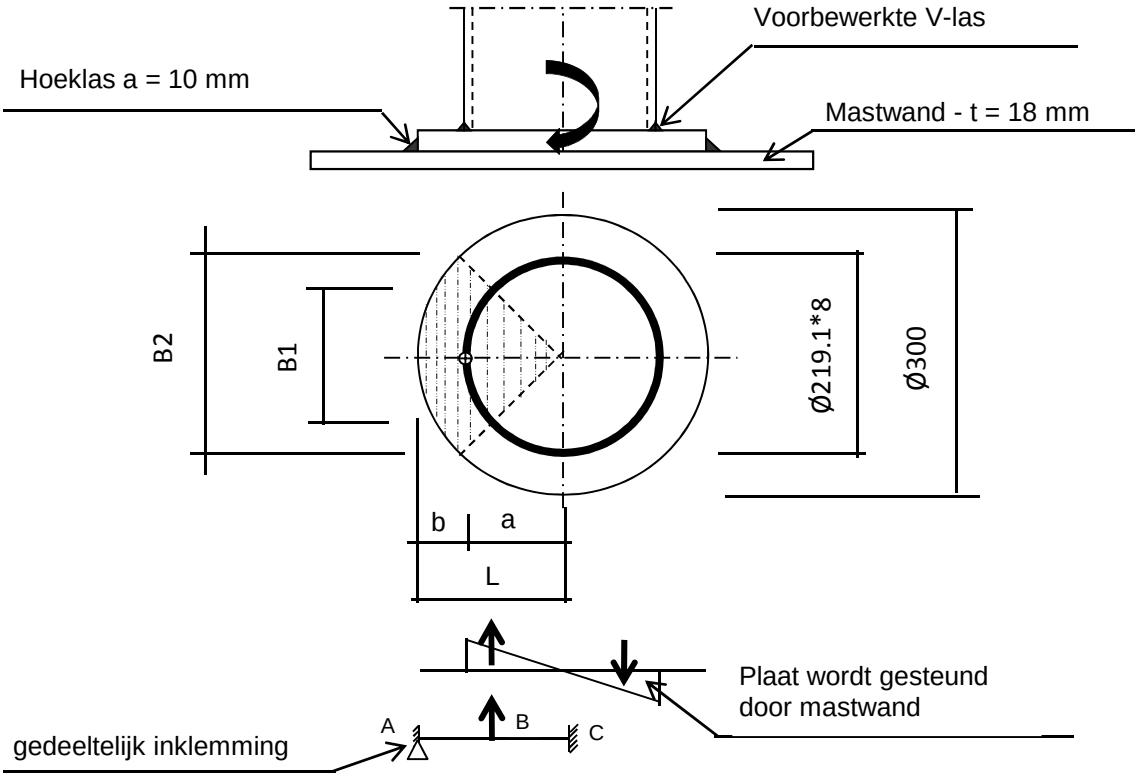
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

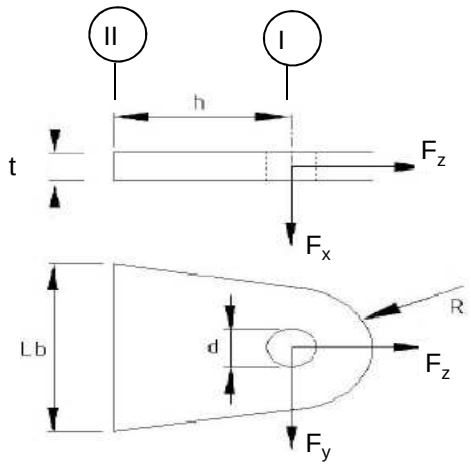
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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

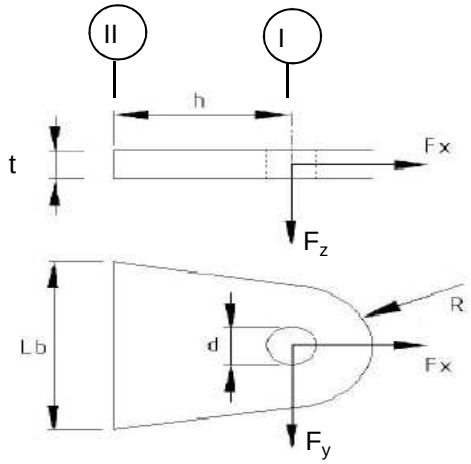
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

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))

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	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

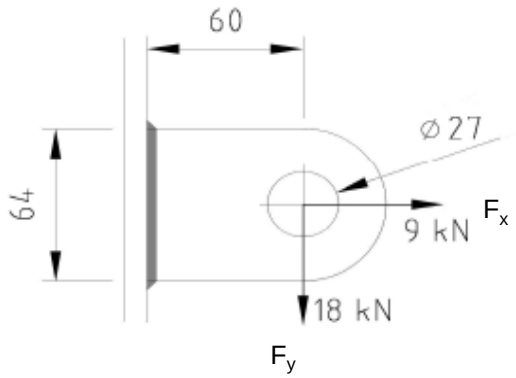
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

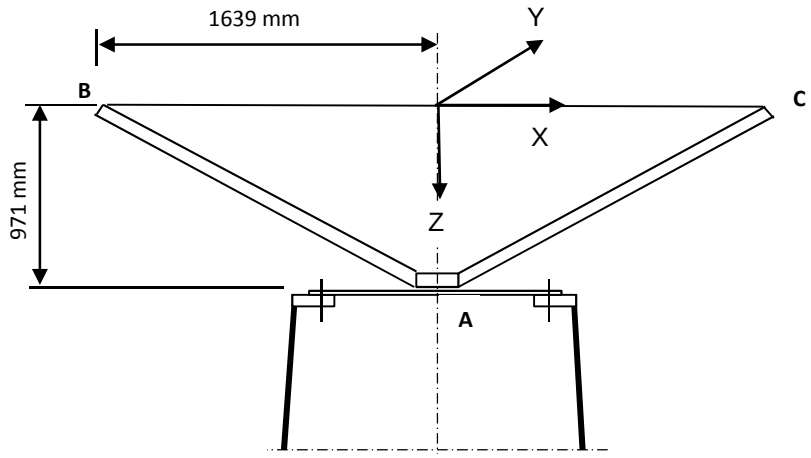
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



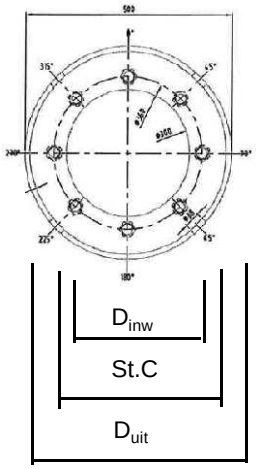
Buis rond 500 * 12

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

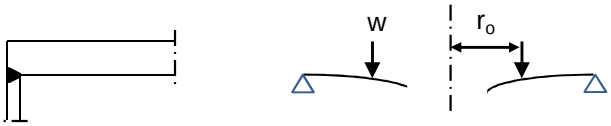
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

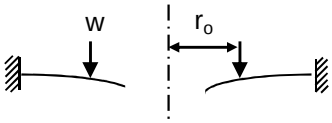
maatgevend belastinggeval : BG2.

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)

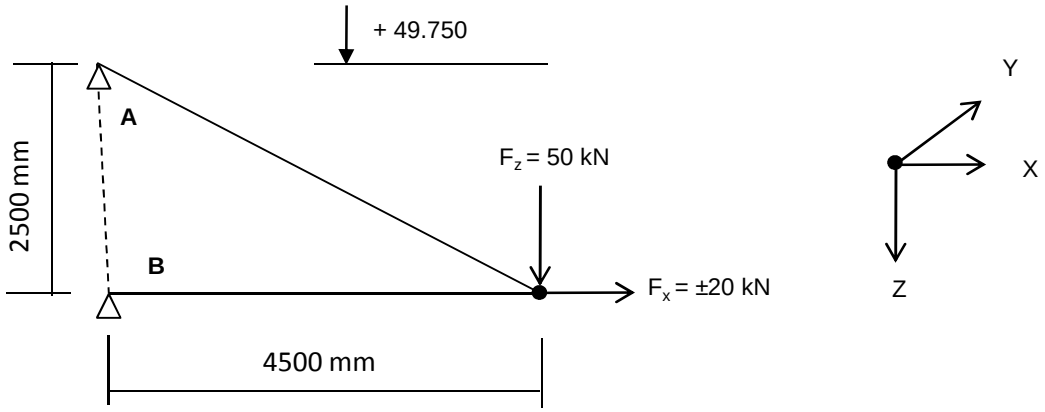
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

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

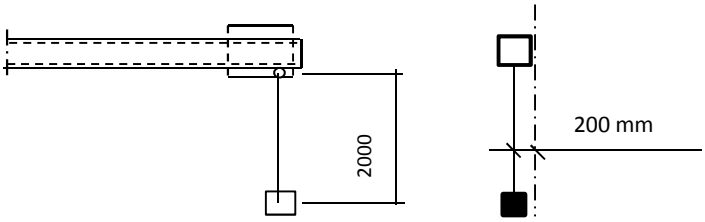
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

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 :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

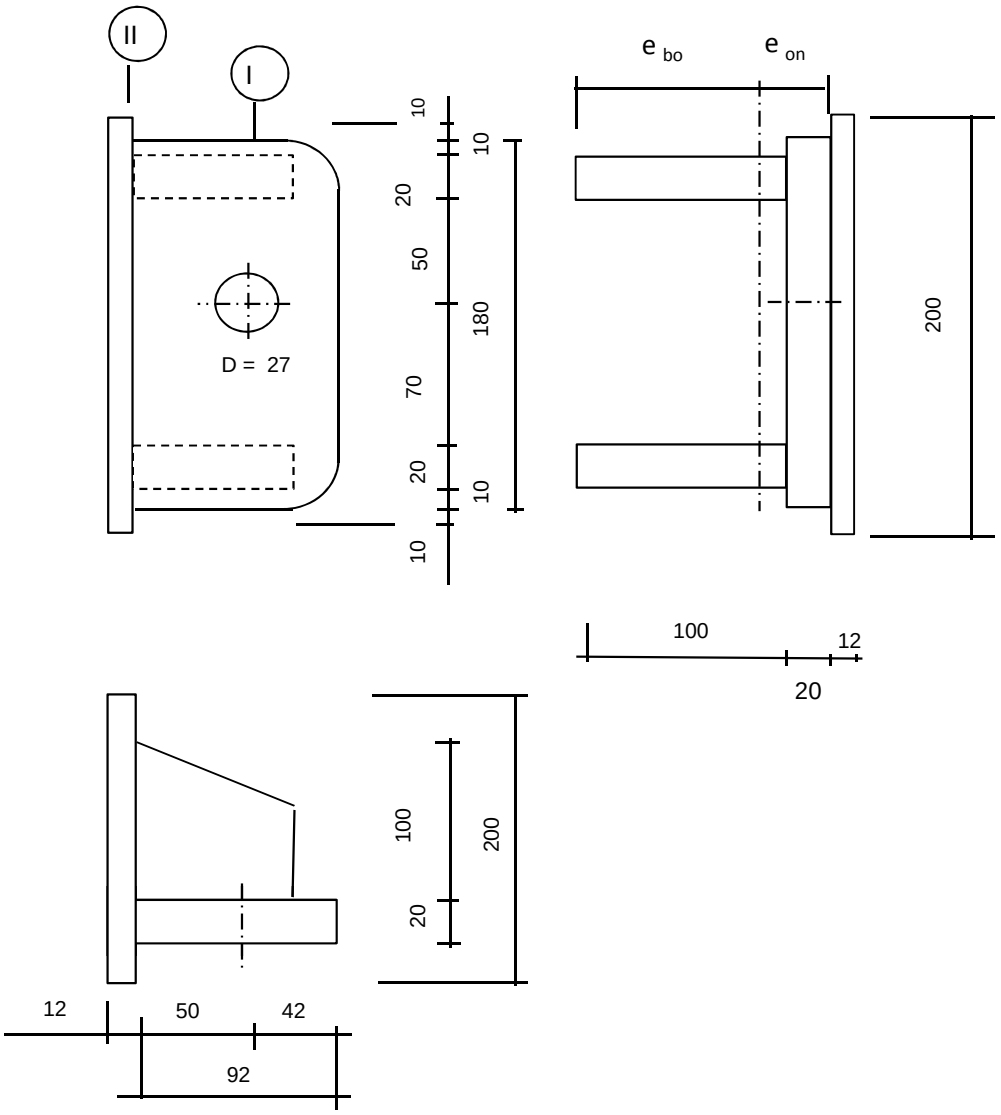
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

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: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

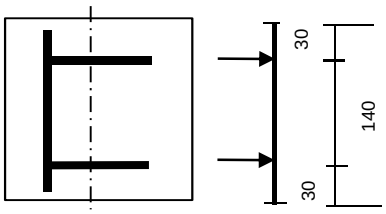
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

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

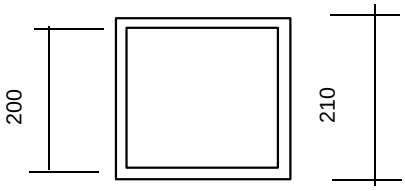
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

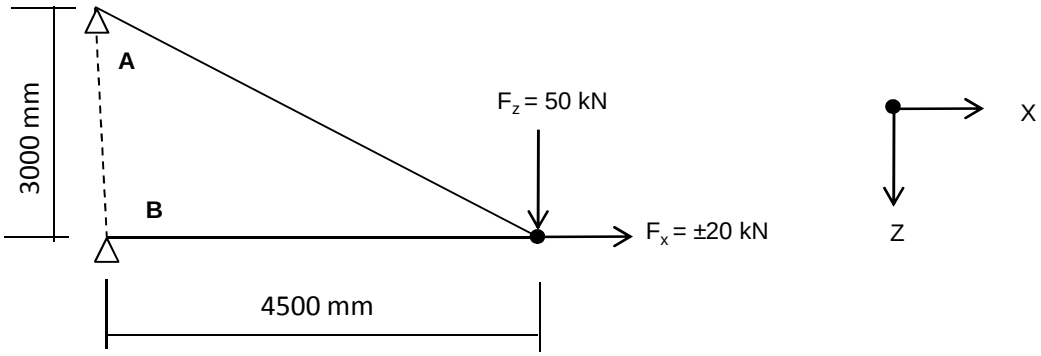
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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

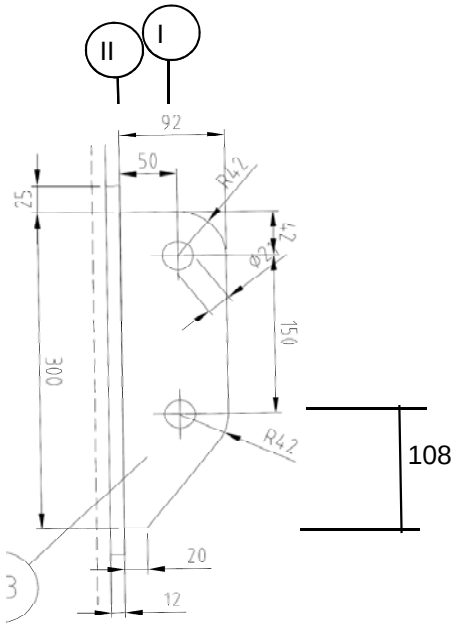


$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0	kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,0	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	55,0	kN

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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

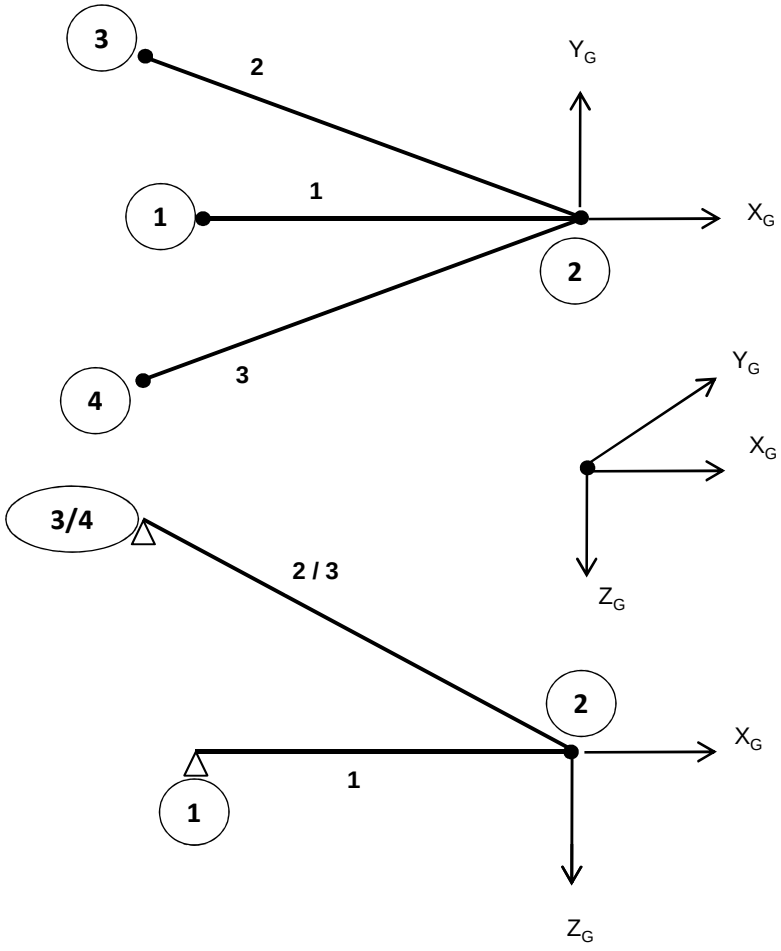
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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.)

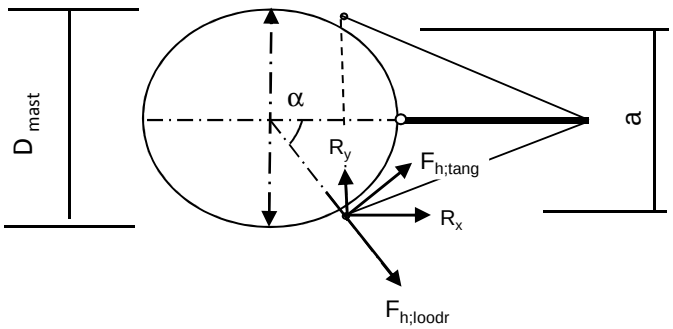
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

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

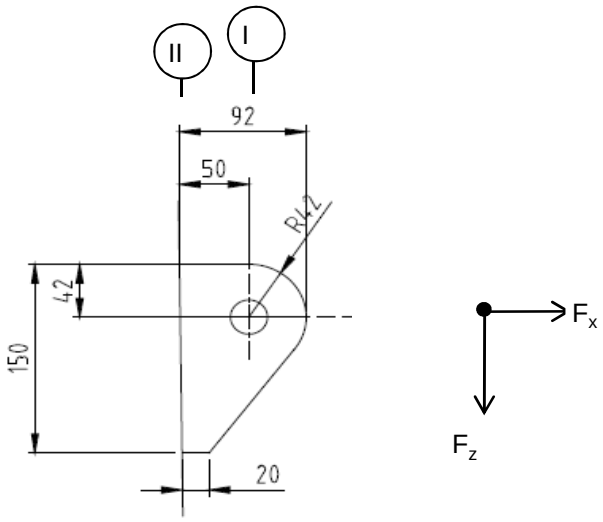
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 29,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 19,74 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 61,51 kN

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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

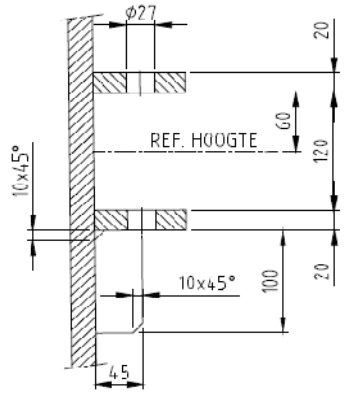
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

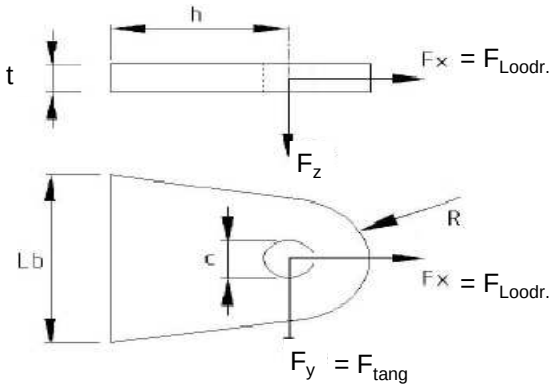
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

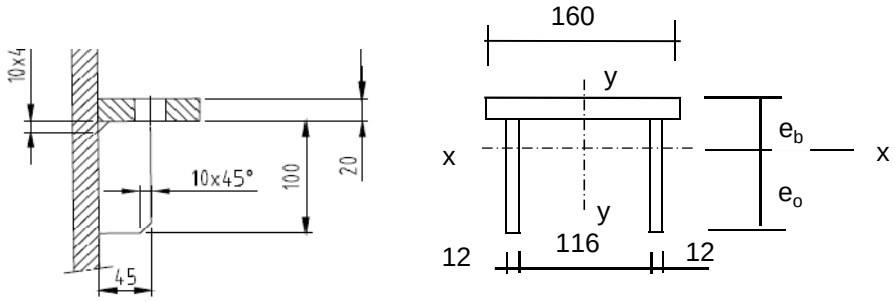
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

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

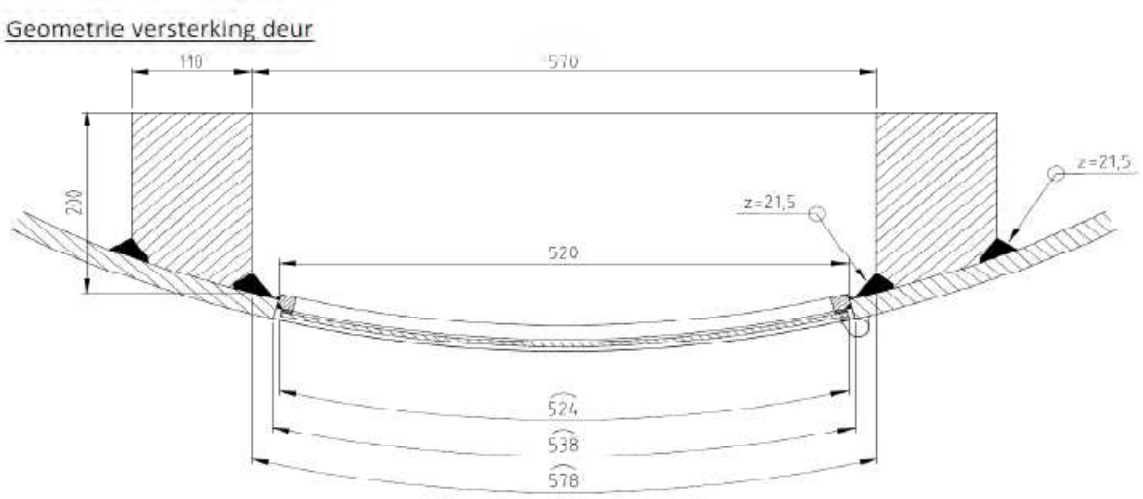
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 19,74 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,77 kNm

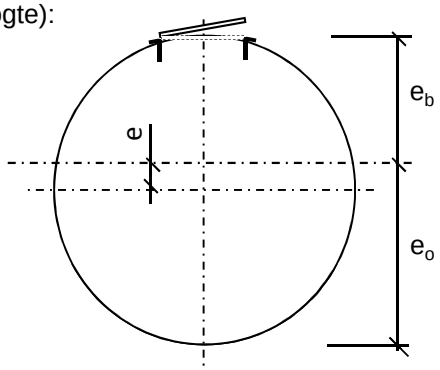
$\sigma_{max.}t_i$ = 988,4 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 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 2e 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

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W2S400(+0)”

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	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(+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 50,75/48,25 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 46,33 / 41,83 en 36,33 / 31,83 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 P en P2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+0) 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(+0) zijn de bijlage P (berekening maststerkte) en bijlage P2 (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 52,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,80 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 26,0 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 W2S400(+0) zijn de bijlage P (berekening maststerkte) en bijlage P2 (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 (+0)”

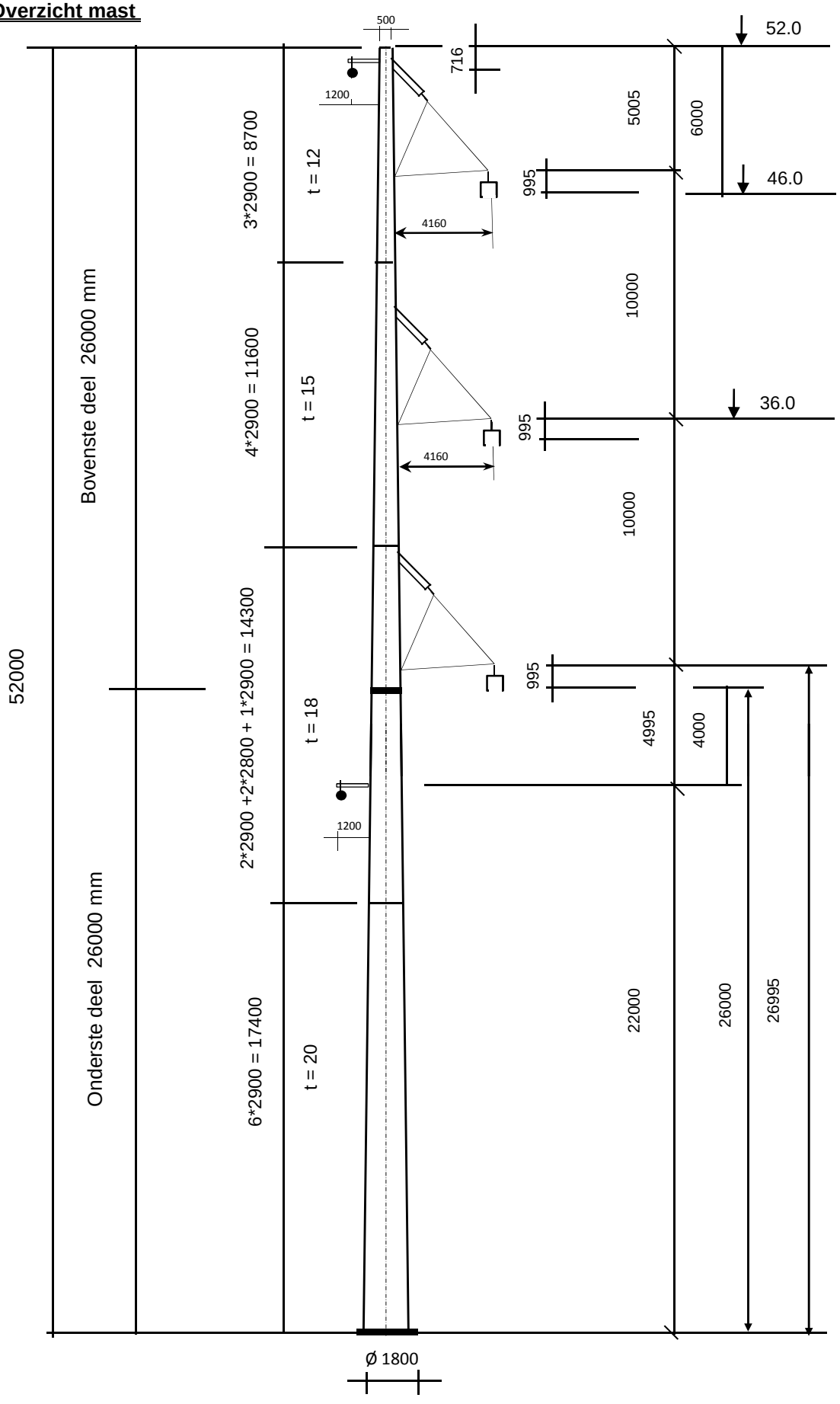
Berekening

W2S400 +0

52,0 m - 1800 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,150

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	51,64
2	2184	573	518	n.v.t.	2	1	50,19
3	2105	625	573	n.v.t.	2	1	48,05
4	795	645	625	n.v.t.	2	1	46,60
5	1450	681	645	n.v.t.	2	1	45,48
6	1450	718	681	n.v.t.	2	1	44,03
7	2900	790	718	n.v.t.	2	1	41,85
8	2900	863	790	n.v.t.	2	1	38,95
9	505	875	863	n.v.t.	2	1	37,25
10	2395	935	875	n.v.t.	2	1	35,80
11	2900	1008	935	n.v.t.	2	1	33,15
12	2900	1080	1008	n.v.t.	2	1	30,25
13	1805	1125	1080	n.v.t.	2	1	27,90
14	995	1150	1125	n.v.t.	2	1	26,50
15	1400	1185	1150	n.v.t.	2	1	25,30
16	1400	1220	1185	n.v.t.	2	1	23,90
17	1200	1250	1220	n.v.t.	2	1	22,60
18	1700	1293	1220	n.v.t.	2	1	21,15
19	1450	1329	1293	n.v.t.	2	1	19,58
20	1450	1365	1329	n.v.t.	2	1	18,13
21	1450	1401	1365	n.v.t.	2	1	16,68
22	1450	1438	1401	n.v.t.	2	1	15,23
23	2900	1510	1438	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	1583	1510	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	1655	1583	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	1728	1655	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	1800	1728	n.v.t.	2	1	1,45
	52000				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	18735	147,07	5,79E+08	175,75	2,27E+06
2	545	12,0	20101	157,79	7,15E+08	188,56	2,62E+06
3	599	12,0	22122	173,66	9,53E+08	207,51	3,18E+06
4	635	12,0	23489	184,39	1,14E+09	220,33	3,59E+06
5	663	12,0	24547	192,69	1,30E+09	230,25	3,92E+06
6	699	12,0	25913	203,42	1,53E+09	243,06	4,38E+06
7	754	15,0	34813	273,28	2,38E+09	261,24	6,30E+06
8	826	15,0	38229	300,10	3,15E+09	286,87	7,62E+06
9	869	15,0	40235	315,84	3,67E+09	301,91	8,44E+06
10	905	15,0	41943	329,25	4,15E+09	314,73	9,18E+06
11	971	15,0	45062	353,74	5,15E+09	338,13	1,06E+07
12	1044	18,0	58005	455,34	7,63E+09	362,71	1,46E+07
13	1103	18,0	61331	481,44	9,02E+09	383,50	1,64E+07
14	1138	18,0	63310	496,98	9,92E+09	395,88	1,74E+07
15	1168	18,0	65003	510,27	1,07E+10	406,46	1,84E+07
16	1203	18,0	66982	525,81	1,17E+10	418,83	1,95E+07
17	1235	18,0	68820	540,23	1,27E+10	430,32	2,06E+07
18	1256	18,0	70021	549,67	1,34E+10	437,83	2,14E+07
19	1311	18,0	73096	573,81	1,53E+10	457,06	2,33E+07
20	1347	18,0	75146	589,90	1,66E+10	469,87	2,46E+07
21	1383	20,0	85648	672,33	1,99E+10	481,99	2,88E+07
22	1419	20,0	87925	690,21	2,15E+10	494,80	3,03E+07
23	1474	20,0	91342	717,03	2,41E+10	514,03	3,28E+07
24	1546	20,0	95897	752,79	2,79E+10	539,66	3,61E+07
25	1619	20,0	100452	788,55	3,21E+10	565,29	3,97E+07
26	1691	20,0	105008	824,31	3,67E+10	590,92	4,34E+07
27	1764	20,0	109563	860,07	4,16E+10	616,55	4,72E+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	52000	1 -- 2	1	716	1,87E+04	5,79E+08
2	51284	2 -- 3	2	2184	2,01E+04	7,15E+08
3	49100	3 -- 4	3	2105	2,21E+04	9,53E+08
4	46995	4 -- 5	4	795	2,35E+04	1,14E+09
5	46200	5 -- 6	5	1450	2,45E+04	1,30E+09
6	44750	6 -- 7	6	1450	2,59E+04	1,53E+09
7	43300	7 -- 8	7	2900	3,48E+04	2,38E+09
8	40400	8 -- 9	8	2900	3,82E+04	3,15E+09
9	37500	9 -- 10	9	505	4,02E+04	3,67E+09
10	36995	10 -- 11	10	2395	4,19E+04	4,15E+09
11	34600	11 -- 12	11	2900	4,51E+04	5,15E+09
12	31700	12 -- 13	12	2900	5,80E+04	7,63E+09
13	28800	13 -- 14	13	1805	6,13E+04	9,02E+09
14	26995	14 -- 15	14	995	6,33E+04	9,92E+09
15	26000	15 -- 16	15	1400	6,50E+04	1,07E+10
16	24600	16 -- 17	16	1400	6,70E+04	1,17E+10
17	23200	17 -- 18	17	1200	6,88E+04	1,27E+10
18	22000	18 -- 19	18	1700	7,00E+04	1,34E+10
19	20300	19 -- 20	19	1450	7,31E+04	1,53E+10
20	18850	20 -- 21	20	1450	7,51E+04	1,66E+10
21	17400	21 -- 22	21	1450	8,56E+04	1,99E+10
22	15950	22 -- 23	22	1450	8,79E+04	2,15E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	9,13E+04	2,41E+10
24	11600	24 -- 25	24	2900	9,59E+04	2,79E+10
25	8700	25 -- 26	25	2900	1,00E+05	3,21E+10
26	5800	26 -- 27	26	2900	1,05E+05	3,67E+10
27	2900	27 -- 28	27	2900	1,10E+05	4,16E+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	51,64	0,21	1,16	31,39	0,18	1392
2	50,19	0,21	1,16	31,23	0,18	1382
3	48,05	0,21	1,15	30,99	0,18	1366
4	46,60	0,21	1,14	30,81	0,18	1355
5	45,48	0,21	1,14	30,68	0,18	1347
6	44,03	0,21	1,13	30,49	0,19	1335
7	41,85	0,21	1,12	30,21	0,19	1317
8	38,95	0,21	1,10	29,80	0,19	1292
9	37,25	0,21	1,09	29,55	0,19	1276
10	35,80	0,21	1,09	29,32	0,19	1263
11	33,15	0,21	1,07	28,89	0,20	1236
12	30,25	0,21	1,05	28,37	0,20	1205
13	27,90	0,21	1,03	27,91	0,20	1177
14	26,50	0,21	1,02	27,62	0,20	1160
15	25,30	0,21	1,01	27,36	0,21	1145
16	23,90	0,21	1,00	27,04	0,21	1126
17	22,60	0,21	0,99	26,72	0,21	1107
18	21,15	0,21	0,98	26,35	0,21	1085
19	19,58	0,21	0,96	25,91	0,22	1060
20	18,13	0,21	0,94	25,48	0,22	1036
21	16,68	0,21	0,93	25,00	0,23	1009
22	15,23	0,21	0,91	24,49	0,23	981
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	1160	400	0,40	0,00	3,99E-02	1214,70
2	2 -- 3	3774	3712	5,27	0,70	3,99E-02	1186,16
3	3 -- 4	3971		9,05	16,34	3,98E-02	1099,17
4	4 -- 5	1585	28419	41,44	39,56	3,95E-02	1015,76
5	5 -- 6	3012		43,02	73,13	3,93E-02	984,45
6	6 -- 7	3167		46,03	137,70	3,87E-02	927,86
7	7 -- 8	8360		49,20	206,74	3,79E-02	872,24
8	8 -- 9	9138		57,56	361,54	3,63E-02	764,35
9	9 -- 10	1671		66,70	541,72	3,43E-02	661,73
10	10 -- 11	8245	28417	96,79	575,82	3,40E-02	644,49
11	11 -- 12	10693		105,03	817,49	3,21E-02	565,29
12	12 -- 13	13640		115,72	1137,59	2,94E-02	475,90
13	13 -- 14	8961		129,36	1492,96	2,71E-02	393,79
14	14 -- 15	5094	28414	166,74	1734,55	2,55E-02	346,28
15	15 -- 16	7354	4564	176,40	1902,99	2,47E-02	321,30
16	16 -- 17	7571		183,75	2155,09	2,34E-02	287,63
17	17 -- 18	6663		191,32	2417,64	2,21E-02	255,75
18	18 -- 19	9599	7697	205,68	2651,23	2,10E-02	229,89
19	19 -- 20	8538		215,28	3009,05	1,93E-02	195,65
20	20 -- 21	8771		223,82	3327,39	1,78E-02	168,73
21	21 -- 22	9966		232,59	3658,29	1,64E-02	143,90
22	22 -- 23	10226		242,56	4002,77	1,51E-02	121,09
23	23 -- 24	21229		252,78	4361,89	1,37E-02	100,22
24	24 -- 25	22266		274,01	5125,74	1,10E-02	64,28
25	25 -- 26	23303		296,28	5952,66	8,27E-03	36,24
26	26 -- 27	24340		319,58	6845,65	5,52E-03	16,17
27	27 -- 28	25377		343,92	7807,72	2,76E-03	4,08
28			9745	379,04	8841,89	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	116,0	40,0	1,215	1843,16	226,237
2	2 -- 3	377,4	371,2	1,186	8549,80	1015,029
3	3 -- 4	397,1		1,099	4119,72	444,083
4	4 -- 5	158,5	2841,9	1,016	29873,00	3090,656
5	5 -- 6	301,2		0,984	2824,78	275,324
6	6 -- 7	316,7		0,928	2796,37	256,561
7	7 -- 8	836,0		0,872	6711,07	559,799
8	8 -- 9	913,8		0,764	6391,92	464,599
9	9 -- 10	167,1		0,662	1070,46	71,267
10	10 -- 11	824,5	2841,7	0,644	22858,63	1481,995
11	11 -- 12	1069,3		0,565	5461,16	289,811
12	12 -- 13	1364,0		0,476	5818,52	257,917
13	13 -- 14	896,1		0,394	3252,84	122,699
14	14 -- 15	509,4	2841,4	0,346	11320,36	397,471
15	15 -- 16	735,4	456,4	0,321	3635,00	115,285
16	16 -- 17	757,1		0,288	2017,95	55,887
17	17 -- 18	666,3		0,256	1587,10	39,284
18	18 -- 19	959,9	769,7	0,230	3739,52	84,135
19	19 -- 20	853,8		0,196	1525,91	28,339
20	20 -- 21	877,1		0,169	1344,99	21,431
21	21 -- 22	996,6		0,144	1295,44	17,497
22	22 -- 23	1022,6		0,121	1110,06	12,522
23	23 -- 24	2122,9		0,100	1712,95	14,362
24	24 -- 25	2226,6		0,064	1097,85	5,625
25	25 -- 26	2330,3		0,036	599,04	1,600
26	26 -- 27	2434,0		0,016	241,75	0,249
27	27 -- 28	2537,7		0,004	50,81	0,011
28			974,5	0,000	0,00	0,000
				Som	132850	9350

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

$n_{1,x}$	=	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	736	0,988	0,716	0,70	514,94	0,71
2 -- 3	173	0,941	2,184	1,93	333,95	2,05
3 -- 4	1539	0,871	2,105	1,60	2454,71	1,83
4 -- 5	199	0,823	0,795	0,54	107,45	0,65
5 -- 6	208	0,787	1,450	0,90	186,60	1,14
6 -- 7	218	0,741	1,450	0,80	173,88	1,07
7 -- 8	288	0,674	2,900	1,32	379,40	1,95
8 -- 9	315	0,587	2,900	1,00	314,88	1,70
9 -- 10	5958	0,538	0,505	0,15	869,80	0,27
10 -- 11	344	0,498	2,395	0,59	204,45	1,19
11 -- 12	369	0,429	2,900	0,53	196,42	1,24
12 -- 13	470	0,358	2,900	0,37	174,80	1,04
13 -- 14	2071	0,305	1,805	0,17	346,84	0,55
14 -- 15	971	0,275	0,995	0,08	72,93	0,27
15 -- 16	525	0,251	1,400	0,09	46,20	0,35
16 -- 17	541	0,224	1,400	0,07	37,88	0,31
17 -- 18	1197	0,200	1,200	0,05	57,38	0,24
18 -- 19	565	0,175	1,700	0,05	29,45	0,30
19 -- 20	589	0,150	1,450	0,03	19,21	0,22
20 -- 21	605	0,129	1,450	0,02	14,52	0,19
21 -- 22	687	0,109	1,450	0,02	11,86	0,16
22 -- 23	705	0,091	1,450	0,01	8,49	0,13
23 -- 24	732	0,068	2,900	0,01	9,73	0,20
24 -- 25	768	0,041	2,900	0,00	3,81	0,12
25 -- 26	804	0,022	2,900	0,00	1,08	0,06
26 -- 27	839	0,008	2,900	0,00	0,17	0,02
27 -- 28	1211	0,002	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	52,00	11,03	6570,83	17,99

m_e = 6570,8 / 11,0 = 595,9 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,60	Hz
b =	1,15	m
h =	52,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	31,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	100,33	

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

B^2 = 0,56

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,069	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,081	
$v_m(z_s)$ =	28,55	m/s
$v_m(z)$ =	31,43	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,91	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,28	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,57	
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 =	1,15	
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

$c_s c_d$ = **1,19**

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	47,20	1,60E+06	0,80	0,82	0,66
2	47,03	1,71E+06	0,80	0,82	0,66
3	46,76	1,87E+06	0,80	0,82	0,66
4	46,57	1,97E+06	0,80	0,82	0,66
5	46,42	2,05E+06	0,80	0,82	0,66
6	46,22	2,16E+06	0,80	0,82	0,66
7	45,91	2,31E+06	0,80	0,82	0,66
8	45,47	2,50E+06	0,79	0,82	0,65
9	45,19	2,62E+06	0,79	0,82	0,65
10	44,95	2,71E+06	0,79	0,82	0,65
11	44,47	2,88E+06	0,79	0,82	0,65
12	43,90	3,05E+06	0,79	0,82	0,65
13	43,40	3,19E+06	0,79	0,82	0,65
14	43,08	3,27E+06	0,79	0,82	0,65
15	42,79	3,33E+06	0,79	0,82	0,65
16	42,44	3,40E+06	0,79	0,82	0,65
17	42,09	3,47E+06	0,79	0,82	0,65
18	41,67	3,49E+06	0,79	0,82	0,65
19	41,19	3,60E+06	0,79	0,82	0,65
20	40,71	3,66E+06	0,78	0,82	0,65
21	40,18	3,71E+06	0,78	0,82	0,65
22	39,61	3,75E+06	0,78	0,82	0,65
23	38,63	3,80E+06	0,78	0,82	0,64
24	37,03	3,82E+06	0,78	0,82	0,64
25	34,86	3,76E+06	0,77	0,82	0,64
26	31,49	3,55E+06	0,77	0,82	0,63
27	30,93	3,64E+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	51,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V10,0 (18 - 11 - 2013) Appendix - P en P2		
1e traverse - 380C1F1	46,995	1			
2e traverse - 380C1F2	36,995	1			
3e traverse - 380C1F3	26,995	1			
Retourstroomgeleider	22,000	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	51,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	46,995	4,473
2e traverse - 380C1F2	36,995	4,598
3e traverse - 380C1F3	26,995	4,723
Retourstroomgeleider	22,000	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	51,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	46,995	1			
2e traverse - 380C1F2	36,995	1			
3e traverse - 380C1F3	26,995	1			
Retourstroomgeleider	22,000	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	0,240	0,086	540	0,754
2	3446	328	3774	0,784	0,262	1720	0,787
3	3656	316	3971	0,829	0,253	1757	0,835
4	1466	119	1585	0,332	0,095	689	0,866
5	2794	218	3012	0,631	0,174	1290	0,890
6	2950	218	3167	0,665	0,174	1333	0,919
7	7925	435	8360	1,433	0,348	2789	0,962
8	8703	435	9138	1,568	0,348	2944	1,015
9	1595	76	1671	0,287	0,061	527	1,044
10	7886	359	8245	1,416	0,287	2558	1,068
11	10258	435	10693	1,838	0,348	3213	1,108
12	13205	435	13640	1,972	0,348	3323	1,146
13	8690	271	8961	1,295	0,217	2116	1,172
14	4945	149	5094	0,736	0,119	1180	1,186
15	7144	210	7354	1,062	0,168	1674	1,196
16	7361	210	7571	1,093	0,168	1688	1,205
17	6483	180	6663	0,961	0,144	1455	1,213
18	9344	255	9599	1,384	0,204	2050	1,206
19	8320	218	8538	1,230	0,174	1771	1,221
20	8554	218	8771	1,263	0,174	1770	1,220
21	9749	218	9966	1,295	0,174	1763	1,216
22	10008	218	10226	1,328	0,174	1751	1,208
23	20794	435	21229	2,751	0,348	3438	1,185
24	21831	435	22266	2,877	0,348	3286	1,133
25	22868	435	23303	2,997	0,348	3020	1,042
26	23905	435	24340	3,106	0,348	2546	0,878
27	24942	435	25377	3,234	0,348	2547	0,878
	259874	7800	267674	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast} =$	54736

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	4457	4450	18494	5957
3	3 -- 4	2264				
4	4 -- 5	2393	34117	34073	58763	40107
5	5 -- 6	2492				
6	6 -- 7	2621				
7	7 -- 8	3459				
8	8 -- 9	3781				
9	9 -- 10	3970				
10	10 -- 11	4131	34114	34073	58761	40107
11	11 -- 12	4425				
12	12 -- 13	5644				
13	13 -- 14	5957				
14	14 -- 15	6144	34109	34073	58759	40106
15	15 -- 16	6303	5477	5477	5477	5477
16	16 -- 17	6490				
17	17 -- 18	6663				
18	18 -- 19	6776	9240	9231	37358	12243
19	19 -- 20	7066				
20	20 -- 21	7259				
21	21 -- 22	8248				
22	22 -- 23	8463				
23	23 -- 24	8784				
24	24 -- 25	9214				
25	25 -- 26	9643				
26	26 -- 27	10072				
27	27 -- 28	10501				
28			11694	11694	11694	11694

KEMA rapport - bijlage P - 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 2150 / 1410 , t = 60 mm ; G = 975 kg
Flenzen op 26,0m : 2 * rond 1150 / 840 , t = 60 mm ; G = 456 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	754				
2	2 -- 3	787	9874	3185	11890	3301
3	3 -- 4	835				
4	4 -- 5	866	58142	21484	41299	21122
5	5 -- 6	890				
6	6 -- 7	919				
7	7 -- 8	962				
8	8 -- 9	1015				
9	9 -- 10	1044				
10	10 -- 11	1068	53447	20650	38897	20300
11	11 -- 12	1108				
12	12 -- 13	1146				
13	13 -- 14	1172				
14	14 -- 15	1186	47194	19544	35715	19208
15	15 -- 16	1196				
16	16 -- 17	1205				
17	17 -- 18	1213				
18	18 -- 19	1206	14234	5455	18738	5729
19	19 -- 20	1221				
20	20 -- 21	1220				
21	21 -- 22	1216				
22	22 -- 23	1208				
23	23 -- 24	1185				
24	24 -- 25	1133				
25	25 -- 26	1042				
26	26 -- 27	878				
27	27 -- 28	878				
28						

KEMA rapport - bijlage P2 - 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	1207				
2	2 -- 3	1260	14351	4219	16942	4435
3	3 -- 4	1336				
4	4 -- 5	1386	83821	27707	57358	27742
5	5 -- 6	1423				
6	6 -- 7	1471				
7	7 -- 8	1539				
8	8 -- 9	1624				
9	9 -- 10	1671				
10	10 -- 11	1709	76816	26440	53748	26498
11	11 -- 12	1772				
12	12 -- 13	1834				
13	13 -- 14	1876				
14	14 -- 15	1897	67461	24762	48963	24848
15	15 -- 16	1913				
16	16 -- 17	1929				
17	17 -- 18	1940				
18	18 -- 19	1929	20464	7012	26329	7510
19	19 -- 20	1954				
20	20 -- 21	1953				
21	21 -- 22	1946				
22	22 -- 23	1932				
23	23 -- 24	1897				
24	24 -- 25	1813				
25	25 -- 26	1666				
26	26 -- 27	1405				
27	27 -- 28	1405				
28						

KEMA rapport - bijlage P - 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	540		0	0,00E+00	6,58E-03	199
2	2 -- 3	1720		540	2,17E+05	6,58E-03	194
3	3 -- 4	1757		2260	3,40E+06	6,56E-03	180
4	4 -- 5	689		4017	1,06E+07	6,49E-03	166
5	5 -- 6	1290		4706	1,42E+07	6,45E-03	161
6	6 -- 7	1333		5995	2,24E+07	6,36E-03	151
7	7 -- 8	2789		7328	3,25E+07	6,23E-03	142
8	8 -- 9	2944		10117	5,88E+07	5,98E-03	125
9	9 -- 10	527		13061	9,35E+07	5,65E-03	108
10	10 -- 11	2558		13588	1,01E+08	5,58E-03	105
11	11 -- 12	3213		16146	1,37E+08	5,26E-03	92
12	12 -- 13	3323		19359	1,91E+08	4,82E-03	77
13	13 -- 14	2116		22682	2,53E+08	4,43E-03	64
14	14 -- 15	1180		24798	2,97E+08	4,16E-03	56
15	15 -- 16	1674		25978	3,23E+08	4,02E-03	52
16	16 -- 17	1688		27652	3,62E+08	3,80E-03	46
17	17 -- 18	1455		29339	4,03E+08	3,59E-03	41
18	18 -- 19	2050		30794	4,40E+08	3,40E-03	37
19	19 -- 20	1771		32844	4,95E+08	3,12E-03	32
20	20 -- 21	1770		34615	5,45E+08	2,88E-03	27
21	21 -- 22	1763		36384	5,97E+08	2,65E-03	23
22	22 -- 23	1751		38148	6,52E+08	2,43E-03	19
23	23 -- 24	3438		39899	7,09E+08	2,21E-03	16
24	24 -- 25	3286		43336	8,32E+08	1,77E-03	10
25	25 -- 26	3020		46622	9,63E+08	1,33E-03	6
26	26 -- 27	2546		49643	1,10E+09	8,84E-04	3
27	27 -- 28	2547		52189	1,25E+09	4,41E-04	1
28				54736	1,41E+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	4,32E-02	1219
2	2 -- 3		9874	9874	1,59E+05	4,32E-02	1188
3	3 -- 4			9874	2,26E+07	4,30E-02	1094
4	4 -- 5		58142	68017	4,70E+07	4,27E-02	1003
5	5 -- 6			68017	1,02E+08	4,24E-02	970
6	6 -- 7			68017	2,04E+08	4,16E-02	909
7	7 -- 8			68017	3,05E+08	4,05E-02	849
8	8 -- 9			68017	5,09E+08	3,81E-02	735
9	9 -- 10			68017	7,13E+08	3,55E-02	628
10	10 -- 11		53447	121464	7,49E+08	3,50E-02	610
11	11 -- 12			121464	1,05E+09	3,25E-02	529
12	12 -- 13			121464	1,41E+09	2,93E-02	439
13	13 -- 14			121464	1,77E+09	2,64E-02	358
14	14 -- 15		47194	168658	2,00E+09	2,46E-02	312
15	15 -- 16			168658	2,17E+09	2,36E-02	288
16	16 -- 17			168658	2,41E+09	2,22E-02	256
17	17 -- 18			168658	2,66E+09	2,07E-02	226
18	18 -- 19		14234	182891	2,86E+09	1,95E-02	202
19	19 -- 20			182891	3,18E+09	1,77E-02	170
20	20 -- 21			182891	3,45E+09	1,62E-02	146
21	21 -- 22			182891	3,72E+09	1,47E-02	123
22	22 -- 23			182891	3,99E+09	1,34E-02	103
23	23 -- 24			182891	4,26E+09	1,20E-02	85
24	24 -- 25			182891	4,80E+09	9,44E-03	54
25	25 -- 26			182891	5,34E+09	6,93E-03	30
26	26 -- 27			182891	5,87E+09	4,52E-03	13
27	27 -- 28			182891	6,41E+09	2,21E-03	3
28	28 -- 29			182891	6,94E+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	1,60E-02	455
2	2 -- 3		3185	3185	5,86E+04	1,60E-02	444
3	3 -- 4			3185	7,32E+06	1,59E-02	409
4	4 -- 5		21484	24669	1,54E+07	1,58E-02	376
5	5 -- 6			24669	3,55E+07	1,57E-02	363
6	6 -- 7			24669	7,23E+07	1,54E-02	340
7	7 -- 8			24669	1,09E+08	1,50E-02	318
8	8 -- 9			24669	1,83E+08	1,42E-02	276
9	9 -- 10			24669	2,57E+08	1,32E-02	236
10	10 -- 11		20650	45319	2,70E+08	1,31E-02	229
11	11 -- 12			45319	3,82E+08	1,22E-02	199
12	12 -- 13			45319	5,17E+08	1,10E-02	166
13	13 -- 14			45319	6,52E+08	9,91E-03	135
14	14 -- 15		19544	64864	7,37E+08	9,25E-03	118
15	15 -- 16			64864	8,03E+08	8,88E-03	109
16	16 -- 17			64864	8,96E+08	8,35E-03	97
17	17 -- 18			64864	9,89E+08	7,82E-03	86
18	18 -- 19		5455	70319	1,07E+09	7,36E-03	76
19	19 -- 20			70319	1,19E+09	6,68E-03	65
20	20 -- 21			70319	1,29E+09	6,11E-03	55
21	21 -- 22			70319	1,40E+09	5,55E-03	47
22	22 -- 23			70319	1,50E+09	5,05E-03	39
23	23 -- 24			70319	1,61E+09	4,55E-03	32
24	24 -- 25			70319	1,81E+09	3,58E-03	20
25	25 -- 26			70319	2,02E+09	2,63E-03	11
26	26 -- 27			70319	2,23E+09	1,72E-03	5
27	27 -- 28			70319	2,43E+09	8,40E-04	1
28				70319	2,64E+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	3,44E-02	958
2	2 -- 3		11890	11890	1,26E+05	3,44E-02	933
3	3 -- 4			11890	2,68E+07	3,42E-02	858
4	4 -- 5		41299	53189	5,47E+07	3,38E-02	786
5	5 -- 6			53189	9,81E+07	3,36E-02	760
6	6 -- 7			53189	1,77E+08	3,28E-02	711
7	7 -- 8			53189	2,57E+08	3,19E-02	664
8	8 -- 9			53189	4,16E+08	2,99E-02	575
9	9 -- 10			53189	5,76E+08	2,77E-02	491
10	10 -- 11		38897	92086	6,04E+08	2,74E-02	477
11	11 -- 12			92086	8,31E+08	2,54E-02	414
12	12 -- 13			92086	1,11E+09	2,28E-02	344
13	13 -- 14			92086	1,38E+09	2,06E-02	281
14	14 -- 15		35715	127800	1,55E+09	1,92E-02	245
15	15 -- 16			127800	1,68E+09	1,84E-02	226
16	16 -- 17			127800	1,87E+09	1,73E-02	201
17	17 -- 18			127800	2,05E+09	1,62E-02	177
18	18 -- 19		18738	146538	2,21E+09	1,52E-02	159
19	19 -- 20			146538	2,46E+09	1,38E-02	134
20	20 -- 21			146538	2,68E+09	1,27E-02	115
21	21 -- 22			146538	2,89E+09	1,15E-02	97
22	22 -- 23			146538	3,11E+09	1,05E-02	81
23	23 -- 24			146538	3,33E+09	9,44E-03	67
24	24 -- 25			146538	3,76E+09	7,42E-03	42
25	25 -- 26			146538	4,19E+09	5,46E-03	23
26	26 -- 27			146538	4,62E+09	3,56E-03	10
27	27 -- 28			146538	5,05E+09	1,74E-03	3
28				146538	5,47E+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	1,58E-02	450
2	2 -- 3		3301	3301	5,81E+04	1,58E-02	439
3	3 -- 4			3301	7,57E+06	1,58E-02	405
4	4 -- 5		21122	24423	1,59E+07	1,56E-02	372
5	5 -- 6			24423	3,58E+07	1,56E-02	359
6	6 -- 7			24423	7,22E+07	1,53E-02	337
7	7 -- 8			24423	1,09E+08	1,49E-02	315
8	8 -- 9			24423	1,82E+08	1,40E-02	273
9	9 -- 10			24423	2,55E+08	1,31E-02	233
10	10 -- 11		20300	44723	2,68E+08	1,29E-02	227
11	11 -- 12			44723	3,78E+08	1,20E-02	197
12	12 -- 13			44723	5,12E+08	1,08E-02	164
13	13 -- 14			44723	6,45E+08	9,80E-03	134
14	14 -- 15		19208	63931	7,29E+08	9,14E-03	117
15	15 -- 16			63931	7,94E+08	8,78E-03	108
16	16 -- 17			63931	8,86E+08	8,26E-03	96
17	17 -- 18			63931	9,77E+08	7,73E-03	85
18	18 -- 19		5729	69660	1,06E+09	7,27E-03	76
19	19 -- 20			69660	1,18E+09	6,60E-03	64
20	20 -- 21			69660	1,28E+09	6,05E-03	55
21	21 -- 22			69660	1,38E+09	5,49E-03	46
22	22 -- 23			69660	1,49E+09	5,00E-03	39
23	23 -- 24			69660	1,59E+09	4,50E-03	32
24	24 -- 25			69660	1,79E+09	3,54E-03	20
25	25 -- 26			69660	2,00E+09	2,60E-03	11
26	26 -- 27			69660	2,20E+09	1,70E-03	5
27	27 -- 28			69660	2,41E+09	8,31E-04	1
28				69660	2,61E+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	7,29E-03	151
2	2 -- 3				5,42E+06	7,29E-03	145
3	3 -- 4				5,42E+06	7,36E-03	129
4	4 -- 5				1,22E+08	7,42E-03	114
5	5 -- 6				1,22E+08	7,02E-03	108
6	6 -- 7				1,22E+08	6,37E-03	98
7	7 -- 8				1,22E+08	5,82E-03	89
8	8 -- 9				1,22E+08	5,12E-03	74
9	9 -- 10				1,22E+08	4,58E-03	60
10	10 -- 11				2,52E+08	4,50E-03	57
11	11 -- 12				2,52E+08	3,81E-03	47
12	12 -- 13				2,52E+08	3,13E-03	37
13	13 -- 14				2,52E+08	2,68E-03	29
14	14 -- 15				3,87E+08	2,44E-03	24
15	15 -- 16				3,87E+08	2,25E-03	22
16	16 -- 17				3,87E+08	2,01E-03	19
17	17 -- 18				3,87E+08	1,79E-03	16
18	18 -- 19				3,72E+08	1,62E-03	14
19	19 -- 20				3,72E+08	1,39E-03	12
20	20 -- 21				3,72E+08	1,23E-03	10
21	21 -- 22				3,72E+08	1,07E-03	8
22	22 -- 23				3,72E+08	9,41E-04	7
23	23 -- 24				3,72E+08	8,21E-04	5
24	24 -- 25				3,72E+08	6,08E-04	3
25	25 -- 26				3,72E+08	4,24E-04	2
26	26 -- 27				3,72E+08	2,64E-04	1
27	27 -- 28				3,72E+08	1,24E-04	0
28					3,72E+08	0,00E+00	0

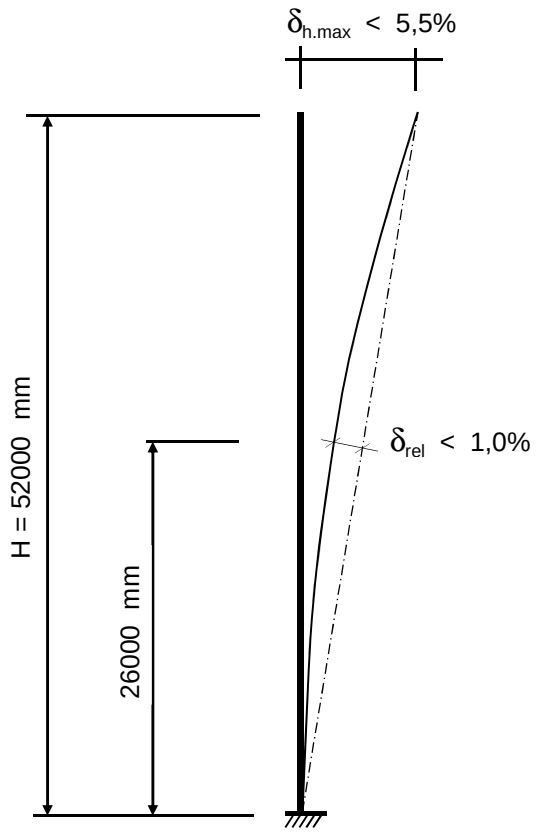
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	G_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	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	5,7E-02	1568
2	2 -- 3	5,7E-02	1527
3	3 -- 4	5,7E-02	1403
4	4 -- 5	5,7E-02	1283
5	5 -- 6	5,6E-02	1238
6	6 -- 7	5,4E-02	1158
7	7 -- 8	5,3E-02	1081
8	8 -- 9	4,9E-02	933
9	9 -- 10	4,6E-02	795
10	10 -- 11	4,5E-02	772
11	11 -- 12	4,2E-02	668
12	12 -- 13	3,7E-02	554
13	13 -- 14	3,3E-02	451
14	14 -- 15	3,1E-02	392
15	15 -- 16	3,0E-02	362
16	16 -- 17	2,8E-02	322
17	17 -- 18	2,6E-02	284
18	18 -- 19	2,5E-02	253
19	19 -- 20	2,2E-02	214
20	20 -- 21	2,0E-02	183
21	21 -- 22	1,8E-02	155
22	22 -- 23	1,7E-02	129
23	23 -- 24	1,5E-02	106
24	24 -- 25	1,2E-02	67
25	25 -- 26	8,7E-03	37
26	26 -- 27	5,7E-03	16
27	27 -- 28	2,8E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1568 mm ----> δ_h *100 / 52000

Percentage uitbuig. = 3,02 % 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 = 26000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 362 mm
α = 1,73 graden

δ_{rel} = 422 mm ----> δ_h *100 / 52000

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	810	480	0	0,00E+00	1,02E-02	310
2	2 -- 3	2579	6329	864	3,09E+05	1,02E-02	302
3	3 -- 4	2636	10858	3615	5,20E+06	1,02E-02	280
4	4 -- 5	1033	49740	6427	1,58E+07	1,01E-02	259
5	5 -- 6	1935	51642	7529	2,13E+07	1,00E-02	251
6	6 -- 7	1999	55256	9593	3,37E+07	9,88E-03	236
7	7 -- 8	4184	59057	11725	4,92E+07	9,70E-03	222
8	8 -- 9	4416	69089	16188	8,97E+07	9,30E-03	195
9	9 -- 10	791	80054	20898	1,43E+08	8,79E-03	168
10	10 -- 11	3837	116173	21741	1,54E+08	8,69E-03	164
11	11 -- 12	4819	126067	25834	2,11E+08	8,20E-03	144
12	12 -- 13	4985	138899	30974	2,94E+08	7,52E-03	121
13	13 -- 14	3174	155267	36291	3,91E+08	6,91E-03	100
14	14 -- 15	1770	200128	39677	4,60E+08	6,50E-03	88
15	15 -- 16	2511	211718	41564	5,00E+08	6,27E-03	81
16	16 -- 17	2532	220543	44242	5,60E+08	5,94E-03	73
17	17 -- 18	2183	229629	46943	6,24E+08	5,61E-03	65
18	18 -- 19	3075	246864	49271	6,82E+08	5,31E-03	58
19	19 -- 20	2656	258383	52551	7,68E+08	4,88E-03	49
20	20 -- 21	2654	268629	55384	8,46E+08	4,51E-03	43
21	21 -- 22	2645	279154	58215	9,29E+08	4,14E-03	36
22	22 -- 23	2626	291113	61036	1,02E+09	3,81E-03	31
23	23 -- 24	5157	303384	63838	1,11E+09	3,47E-03	25
24	24 -- 25	4929	328859	69338	1,30E+09	2,78E-03	16
25	25 -- 26	4531	355578	74596	1,51E+09	2,09E-03	9
26	26 -- 27	3819	383542	79428	1,73E+09	1,39E-03	4
27	27 -- 28	3821	412750	83502	1,97E+09	6,93E-04	1
28			454896	87577	2,22E+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	6,05E-02	1711
2	2 -- 3		14351	14351	0,00E+00	6,05E-02	1667
3	3 -- 4			14351	3,13E+07	6,03E-02	1535
4	4 -- 5		83821	98172	6,16E+07	5,98E-02	1409
5	5 -- 6			98172	1,40E+08	5,95E-02	1361
6	6 -- 7			98172	2,82E+08	5,84E-02	1276
7	7 -- 8			98172	4,24E+08	5,68E-02	1192
8	8 -- 9			98172	7,09E+08	5,35E-02	1032
9	9 -- 10			98172	9,94E+08	4,98E-02	882
10	10 -- 11		76816	174988	1,04E+09	4,91E-02	857
11	11 -- 12			174988	1,46E+09	4,56E-02	743
12	12 -- 13			174988	1,97E+09	4,10E-02	617
13	13 -- 14			174988	2,48E+09	3,70E-02	504
14	14 -- 15		67461	242448	2,79E+09	3,45E-02	439
15	15 -- 16			242448	3,03E+09	3,31E-02	405
16	16 -- 17			242448	3,37E+09	3,11E-02	360
17	17 -- 18			242448	3,71E+09	2,91E-02	318
18	18 -- 19		20464	262912	4,00E+09	2,74E-02	284
19	19 -- 20			262912	4,45E+09	2,48E-02	240
20	20 -- 21			262912	4,83E+09	2,27E-02	205
21	21 -- 22			262912	5,21E+09	2,07E-02	174
22	22 -- 23			262912	5,59E+09	1,88E-02	145
23	23 -- 24			262912	5,98E+09	1,69E-02	119
24	24 -- 25			262912	6,74E+09	1,33E-02	75
25	25 -- 26			262912	7,50E+09	9,77E-03	42
26	26 -- 27			262912	8,26E+09	6,37E-03	18
27	27 -- 28			262912	9,03E+09	3,12E-03	5
28				262912	9,79E+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	2,00E-02	571
2	2 -- 3		4219	4219	0,00E+00	2,00E-02	557
3	3 -- 4			4219	9,21E+06	2,00E-02	513
4	4 -- 5		27707	31925	1,81E+07	1,98E-02	471
5	5 -- 6			31925	4,35E+07	1,97E-02	456
6	6 -- 7			31925	8,98E+07	1,94E-02	427
7	7 -- 8			31925	1,36E+08	1,89E-02	400
8	8 -- 9			31925	2,29E+08	1,78E-02	346
9	9 -- 10			31925	3,21E+08	1,66E-02	296
10	10 -- 11		26440	58365	3,37E+08	1,64E-02	288
11	11 -- 12			58365	4,77E+08	1,53E-02	250
12	12 -- 13			58365	6,46E+08	1,37E-02	208
13	13 -- 14			58365	8,16E+08	1,24E-02	170
14	14 -- 15		24762	83127	9,21E+08	1,16E-02	148
15	15 -- 16			83127	1,00E+09	1,11E-02	137
16	16 -- 17			83127	1,12E+09	1,05E-02	122
17	17 -- 18			83127	1,24E+09	9,81E-03	108
18	18 -- 19		7012	90139	1,34E+09	9,23E-03	96
19	19 -- 20			90139	1,49E+09	8,38E-03	81
20	20 -- 21			90139	1,62E+09	7,68E-03	69
21	21 -- 22			90139	1,75E+09	6,98E-03	59
22	22 -- 23			90139	1,88E+09	6,35E-03	49
23	23 -- 24			90139	2,01E+09	5,72E-03	40
24	24 -- 25			90139	2,27E+09	4,50E-03	26
25	25 -- 26			90139	2,54E+09	3,31E-03	14
26	26 -- 27			90139	2,80E+09	2,16E-03	6
27	27 -- 28			90139	3,06E+09	1,06E-03	2
28				90139	3,32E+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	4,67E-02	1299
2	2 -- 3		16942	16942	0,00E+00	4,67E-02	1266
3	3 -- 4			16942	3,70E+07	4,64E-02	1164
4	4 -- 5		57358	74300	7,27E+07	4,58E-02	1067
5	5 -- 6			74300	1,32E+08	4,55E-02	1030
6	6 -- 7			74300	2,39E+08	4,45E-02	965
7	7 -- 8			74300	3,47E+08	4,32E-02	901
8	8 -- 9			74300	5,63E+08	4,06E-02	780
9	9 -- 10			74300	7,78E+08	3,76E-02	666
10	10 -- 11		53748	128048	8,16E+08	3,71E-02	647
11	11 -- 12			128048	1,12E+09	3,44E-02	561
12	12 -- 13			128048	1,49E+09	3,09E-02	466
13	13 -- 14			128048	1,87E+09	2,79E-02	381
14	14 -- 15		48963	177012	2,10E+09	2,60E-02	332
15	15 -- 16			177012	2,27E+09	2,50E-02	307
16	16 -- 17			177012	2,52E+09	2,35E-02	273
17	17 -- 18			177012	2,77E+09	2,20E-02	241
18	18 -- 19		26329	203341	2,98E+09	2,07E-02	215
19	19 -- 20			203341	3,33E+09	1,88E-02	182
20	20 -- 21			203341	3,62E+09	1,72E-02	156
21	21 -- 22			203341	3,92E+09	1,56E-02	132
22	22 -- 23			203341	4,21E+09	1,42E-02	110
23	23 -- 24			203341	4,51E+09	1,28E-02	91
24	24 -- 25			203341	5,10E+09	1,01E-02	57
25	25 -- 26			203341	5,68E+09	7,42E-03	32
26	26 -- 27			203341	6,27E+09	4,85E-03	14
27	27 -- 28			203341	6,86E+09	2,37E-03	3
28				203341	7,45E+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	2,02E-02	576
2	2 -- 3		4435	4435	0,00E+00	2,02E-02	561
3	3 -- 4			4435	9,69E+06	2,01E-02	517
4	4 -- 5		27742	32177	1,90E+07	2,00E-02	475
5	5 -- 6			32177	4,46E+07	1,99E-02	459
6	6 -- 7			32177	9,13E+07	1,95E-02	431
7	7 -- 8			32177	1,38E+08	1,90E-02	403
8	8 -- 9			32177	2,31E+08	1,79E-02	349
9	9 -- 10			32177	3,25E+08	1,67E-02	299
10	10 -- 11		26498	58675	3,41E+08	1,65E-02	290
11	11 -- 12			58675	4,81E+08	1,54E-02	252
12	12 -- 13			58675	6,51E+08	1,39E-02	209
13	13 -- 14			58675	8,22E+08	1,25E-02	171
14	14 -- 15		24848	83523	9,28E+08	1,17E-02	149
15	15 -- 16			83523	1,01E+09	1,12E-02	138
16	16 -- 17			83523	1,13E+09	1,06E-02	123
17	17 -- 18			83523	1,24E+09	9,88E-03	108
18	18 -- 19		7510	91034	1,34E+09	9,30E-03	97
19	19 -- 20			91034	1,50E+09	8,45E-03	82
20	20 -- 21			91034	1,63E+09	7,74E-03	70
21	21 -- 22			91034	1,76E+09	7,03E-03	59
22	22 -- 23			91034	1,90E+09	6,40E-03	50
23	23 -- 24			91034	2,03E+09	5,77E-03	41
24	24 -- 25			91034	2,29E+09	4,53E-03	26
25	25 -- 26			91034	2,56E+09	3,33E-03	14
26	26 -- 27			91034	2,82E+09	2,18E-03	6
27	27 -- 28			91034	3,08E+09	1,07E-03	2
28				91034	3,35E+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	8,75E-03	181
2	2 -- 3				6,50E+06	8,75E-03	174
3	3 -- 4				6,50E+06	8,84E-03	155
4	4 -- 5				1,46E+08	8,91E-03	137
5	5 -- 6				1,46E+08	8,42E-03	130
6	6 -- 7				1,46E+08	7,65E-03	118
7	7 -- 8				1,46E+08	6,99E-03	107
8	8 -- 9				1,46E+08	6,14E-03	88
9	9 -- 10				1,46E+08	5,50E-03	71
10	10 -- 11				3,03E+08	5,40E-03	69
11	11 -- 12				3,03E+08	4,57E-03	57
12	12 -- 13				3,03E+08	3,76E-03	45
13	13 -- 14				3,03E+08	3,21E-03	35
14	14 -- 15				4,64E+08	2,92E-03	29
15	15 -- 16				4,64E+08	2,70E-03	26
16	16 -- 17				4,64E+08	2,41E-03	23
17	17 -- 18				4,64E+08	2,15E-03	19
18	18 -- 19				4,47E+08	1,94E-03	17
19	19 -- 20				4,47E+08	1,67E-03	14
20	20 -- 21				4,47E+08	1,47E-03	12
21	21 -- 22				4,47E+08	1,28E-03	10
22	22 -- 23				4,47E+08	1,13E-03	8
23	23 -- 24				4,47E+08	9,86E-04	6
24	24 -- 25				4,47E+08	7,30E-04	4
25	25 -- 26				4,47E+08	5,09E-04	2
26	26 -- 27				4,47E+08	3,17E-04	1
27	27 -- 28				4,47E+08	1,48E-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	20,37	17,19	26,89
3	3 -- 4	24,89	17,97	30,04
4	4 -- 5	88,42	104,60	312,94
5	5 -- 6	90,33	105,70	373,57
6	6 -- 7	93,94	107,76	484,80
7	7 -- 8	97,74	109,90	619,57
8	8 -- 9	107,77	114,36	944,74
9	9 -- 10	118,74	119,07	1283,21
10	10 -- 11	179,50	196,73	1500,39
11	11 -- 12	189,40	200,82	1976,46
12	12 -- 13	202,23	205,96	2566,30
13	13 -- 14	218,60	211,28	3171,30
14	14 -- 15	288,11	282,13	3716,79
15	15 -- 16	299,70	284,01	3998,44
16	16 -- 17	308,52	286,69	4397,94
17	17 -- 18	317,61	289,39	4801,19
18	18 -- 19	362,96	312,18	5133,00
19	19 -- 20	374,48	315,46	5666,50
20	20 -- 21	384,73	318,30	6125,97
21	21 -- 22	395,25	321,13	6589,56
22	22 -- 23	407,21	323,95	7057,24
23	23 -- 24	419,48	326,75	7528,99
24	24 -- 25	444,96	332,25	8484,54
25	25 -- 26	471,68	337,51	9455,69
26	26 -- 27	499,64	342,34	10441,47
27	27 -- 28	528,85	346,41	11440,17
28		571,00	350,49	12450,68

)** - 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 / 718	26,89	20,37	41	27,7	836,9	0,04
2	500 / 718	30,04	24,89	125	34,0	1029,6	0,04
3	500 / 718	312,94	88,42	120	327,4	1234,1	0,28
4	500 / 718	373,57	90,33	45	392,1	1316,2	0,31
5	500 / 718	484,80	93,94	80	510,9	1472,6	0,36
6	500 / 718	619,57	97,74	78	653,2	1637,9	0,41
7	718 / 1008	944,74	107,77	148	994,3	2465,2	0,41
8	718 / 1008	1283,21	118,74	138	1349,2	2952,6	0,47
9	718 / 1008	1500,39	179,50	23	1570,5	3042,0	0,53
10	718 / 1008	1976,46	189,40	104	2066,2	3484,0	0,61
11	718 / 1008	2566,30	202,23	115	2679,2	4059,3	0,67
12	1008 / 1365	3171,30	218,60	103	3306,7	5567,6	0,60
13	1008 / 1365	3716,79	288,11	58	3869,0	6054,7	0,65
14	1008 / 1365	3998,44	299,70	30	4159,7	6332,0	0,67
15	1008 / 1365	4397,94	308,52	41	4571,7	6732,7	0,69
16	1008 / 1365	4801,19	317,61	38	4987,0	7145,6	0,71
17	1008 / 1365	5133,00	362,96	30	5329,9	7509,4	0,72
18	1008 / 1365	5666,50	374,48	40	5878,2	8040,2	0,75
19	1008 / 1365	6125,97	384,73	31	6349,6	8507,2	0,76
20	1008 / 1365	6589,56	395,25	28	6824,2	8987,5	0,77
21	1480/ 2008	7057,24	407,21	25	7302,3	10489,2	0,71
22	1480/ 2008	7528,99	419,48	23	7783,7	11050,9	0,72
23	1480/ 2008	8484,54	444,96	39	8756,7	12218,2	0,73
24	1480/ 2008	9455,69	471,68	30	9741,9	13444,2	0,74
25	1480/ 2008	10441,47	499,64	21	10738,1	14728,8	0,74
26	1480/ 2008	11440,17	528,85	12	11743,3	16072,1	0,74
27	1480/ 2008	12450,68	571,00	4	12756,1	17473,9	0,74

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	47,71	0,81	355	355
625	12,0	52,09	0,81	355	355
645	12,0	53,75	0,81	355	355
681	12,0	56,77	0,81	355	355
718	12,0	59,79	0,81	354	355
790	15,0	52,67	0,81	355	355
863	15,0	57,50	0,81	355	355
875	15,0	58,34	0,81	355	355
935	15,0	62,33	0,81	344	355
1008	15,0	67,17	0,81	327	355
1080	18,0	60,00	0,81	353	355
1125	18,0	62,51	0,81	343	355
1150	18,0	63,89	0,81	338	355
1185	18,0	65,83	0,81	331	355
1220	18,0	67,78	0,81	325	355
1250	18,0	69,44	0,81	320	355
1293	18,0	71,81	0,81	313	355
1329	18,0	73,82	0,81	307	355
1365	18,0	75,83	0,81	302	355
1401	20,0	70,06	0,81	318	355
1438	20,0	71,88	0,81	312	355
1510	20,0	75,50	0,81	303	355
1583	20,0	79,13	0,81	294	355
1655	20,0	82,75	0,81	285	355
1728	20,0	86,38	0,81	278	355
1800	20,0	90,00	0,81	271	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	12,19	1,09	355	355	0,04
2	500 / 718	12,96	1,24	355	355	0,04
3	500 / 718	102,91	4,00	355	355	0,30
4	500 / 718	109,19	3,85	355	355	0,32
5	500 / 718	130,16	3,83	355	355	0,38
6	500 / 718	149,20	3,77	355	354	0,43
7	718 / 1008	157,72	3,10	355	355	0,45
8	718 / 1008	177,17	3,11	355	355	0,51
9	718 / 1008	186,02	4,46	355	355	0,54
10	718 / 1008	225,05	4,52	355	344	0,65
11	718 / 1008	252,54	4,49	355	327	0,73
12	1008 / 1365	226,13	3,77	355	353	0,65
13	1008 / 1365	236,46	4,70	355	343	0,68
14	1008 / 1365	238,46	4,73	355	338	0,69
15	1008 / 1365	248,51	4,75	355	331	0,71
16	1008 / 1365	255,19	4,74	355	325	0,73
17	1008 / 1365	258,26	5,27	355	320	0,74
18	1008 / 1365	275,07	5,35	355	313	0,79
19	1008 / 1365	272,49	5,26	355	307	0,78
20	1008 / 1365	277,00	5,26	355	302	0,80
21	1480/ 2008	253,81	4,75	355	318	0,73
22	1480/ 2008	256,61	4,77	355	312	0,74
23	1480/ 2008	267,36	4,87	355	303	0,77
24	1480/ 2008	269,68	4,92	355	294	0,78
25	1480/ 2008	270,76	4,97	355	285	0,78
26	1480/ 2008	270,83	5,04	355	278	0,78
27	1480/ 2008	270,10	5,21	355	271	0,78

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

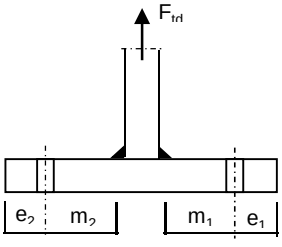
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

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

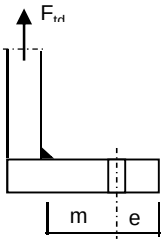
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

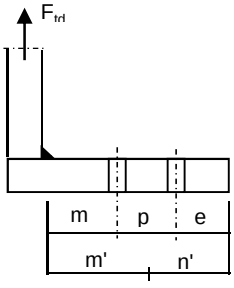
Flenzen en voetplaat:



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		1990,00					
st.c binnenkant		1570,00					
1780	48	571,00	7,30	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 26,00 m hoogte.							
st.c buitenkant		960,00					
960,00	24	681,69	11,83	15	M 48 - 10,9	1060,6	0,64

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							
1990,00	1570,00	88,2	80,0	80,0			205,5
1990,00	1570,00	88,2	80,0	80,0			260,5
flenzen op 26,00 m hoogte.							
960,00	960,0	70,2	60,0	60,0			125,7
960,00	960,0	70,2	60,0	60,0			125,7

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	6,20E+07	2809,69	1543,74	1696,90	1543,74	1142,00	0,74
60	7,85E+07	3561,33	1740,83	1696,90	1696,90	1142,00	0,67
flenzen op 26,00 m hoogte.							
60	3,79E+07	1079,24	779,66	2121,12	779,66	681,69	0,87
60	3,79E+07	1079,24	779,66	2121,12	779,66	681,69	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 /1800	0,60	1,150	0,18	3,83

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	1215	1,000		1,000			
2	1186	0,977	1 -- 2	0,988	116	411	736,4
3	1099	0,905	2 -- 3	0,941	377		172,8
4	1016	0,836	3 -- 4	0,871	397	2842	1538,7
5	984	0,810	4 -- 5	0,823	159		199,4
6	928	0,764	5 -- 6	0,787	301		207,7
7	872	0,718	6 -- 7	0,741	317		218,4
8	764	0,629	7 -- 8	0,674	836		288,3
9	662	0,545	8 -- 9	0,587	914		315,1
10	644	0,531	9 -- 10	0,538	167	2842	5957,9
11	565	0,465	10 -- 11	0,498	824		344,3
12	476	0,392	11 -- 12	0,429	1069		368,7
13	394	0,324	12 -- 13	0,358	1364		470,3
14	346	0,285	13 -- 14	0,305	896	2841	2070,6
15	321	0,265	14 -- 15	0,275	509	456	970,7
16	288	0,237	15 -- 16	0,251	735		525,3
17	256	0,211	16 -- 17	0,224	757		540,8
18	230	0,189	17 -- 18	0,200	666	770	1196,7
19	196	0,161	18 -- 19	0,175	960		564,7
20	169	0,139	19 -- 20	0,150	854		588,8
21	144	0,118	20 -- 21	0,129	877		604,9
22	121	0,100	21 -- 22	0,109	997		687,3
23	100	0,083	22 -- 23	0,091	1023		705,2
24	64	0,053	23 -- 24	0,068	2123		732,0
25	36	0,030	24 -- 25	0,041	2227		767,8
26	16	0,013	25 -- 26	0,022	2330		803,6
27	4	0,003	26 -- 27	0,008	2434		839,3
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	2538	975	1211,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	736	0,988	0,716	0,70	514,94	0,71
2 -- 3	173	0,941	2,184	1,93	333,95	2,05
3 -- 4	1539	0,871	2,105	1,60	2454,71	1,83
4 -- 5	199	0,823	0,795	0,54	107,45	0,65
5 -- 6	208	0,787	1,450	0,90	186,60	1,14
6 -- 7	218	0,741	1,450	0,80	173,88	1,07
7 -- 8	288	0,674	2,900	1,32	379,40	1,95
8 -- 9	315	0,587	2,900	1,00	314,88	1,70
9 -- 10	5958	0,538	0,505	0,15	869,80	0,27
10 -- 11	344	0,498	2,395	0,59	204,45	1,19
11 -- 12	369	0,429	2,900	0,53	196,42	1,24
12 -- 13	470	0,358	2,900	0,37	174,80	1,04
13 -- 14	2071	0,305	1,805	0,17	346,84	0,55
14 -- 15	971	0,275	0,995	0,08	72,93	0,27
15 -- 16	525	0,251	1,400	0,09	46,20	0,35
16 -- 17	541	0,224	1,400	0,07	37,88	0,31
17 -- 18	1197	0,200	1,200	0,05	57,38	0,24
18 -- 19	565	0,175	1,700	0,05	29,45	0,30
19 -- 20	589	0,150	1,450	0,03	19,21	0,22
20 -- 21	605	0,129	1,450	0,02	14,52	0,19
21 -- 22	687	0,109	1,450	0,02	11,86	0,16
22 -- 23	705	0,091	1,450	0,01	8,49	0,13
23 -- 24	732	0,068	2,900	0,01	9,73	0,20
24 -- 25	768	0,041	2,900	0,00	3,81	0,12
25 -- 26	804	0,022	2,900	0,00	1,08	0,06
26 -- 27	839	0,008	2,900	0,00	0,17	0,02
27 -- 28	1211	0,002	2,900	0,00	0,01	0,00
		Σ	52,00	11,03	6570,83	17,99

m_e = 6570,8 / 11,0 = 595,9 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 /1800	595,9	0,030	1,25	1,150	21,6

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 = 21,6

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 = 17,99 / (4 * π * 11,03) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,150 * 3,83 / $15*10^{-6}$ = 2,9E+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 = 6,90 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,11 / 17,99 = 0,34

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,046 * 0,130 * 0,34 * 0,70 = 0,044

$y_{F;max}$ = 1,150 * 0,044 = 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		72990	72990	0,00E+00	4,9E-02	1000
2	2 -- 3			72990	5,23E+07	4,9E-02	965
3	3 -- 4			72990	2,12E+08	4,7E-02	861
4	4 -- 5			72990	3,65E+08	4,4E-02	765
5	5 -- 6			72990	4,23E+08	4,2E-02	731
6	6 -- 7			72990	5,29E+08	4,0E-02	671
7	7 -- 8			72990	6,35E+08	3,7E-02	616
8	8 -- 9			72990	8,47E+08	3,3E-02	514
9	9 -- 10			72990	1,06E+09	2,9E-02	424
10	10 -- 11			72990	1,10E+09	2,8E-02	410
11	11 -- 12			72990	1,27E+09	2,5E-02	347
12	12 -- 13			72990	1,48E+09	2,1E-02	280
13	13 -- 14			72990	1,69E+09	1,8E-02	223
14	14 -- 15			72990	1,83E+09	1,7E-02	192
15	15 -- 16			72990	1,90E+09	1,6E-02	176
16	16 -- 17			72990	2,00E+09	1,4E-02	155
17	17 -- 18			72990	2,10E+09	1,3E-02	135
18	18 -- 19			72990	2,19E+09	1,2E-02	120
19	19 -- 20			72990	2,31E+09	1,1E-02	100
20	20 -- 21			72990	2,42E+09	9,9E-03	85
21	21 -- 22			72990	2,53E+09	8,8E-03	72
22	22 -- 23			72990	2,63E+09	7,9E-03	59
23	23 -- 24			72990	2,74E+09	7,1E-03	48
24	24 -- 25			72990	2,95E+09	5,4E-03	30
25	25 -- 26			72990	3,16E+09	3,9E-03	17
26	26 -- 27			72990	3,37E+09	2,5E-03	7
27	27 -- 28			72990	3,58E+09	1,2E-03	2
28	28 -- 29			72990	3,80E+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	518	12,0	2357564	22	0,0507	2,2
2	573	12,0	2900157	73	0,0507	7,4
3	625	12,0	3476303	105	0,0507	10,7
4	645	12,0	3707478	114	0,0507	11,6
5	681	12,0	4148292	128	0,0507	12,9
6	718	12,0	4613876	138	0,0507	14,0
7	790	15,0	6944194	122	0,0507	12,4
8	863	15,0	8317201	127	0,0507	12,9
9	875	15,0	8568954	128	0,0507	13,0
10	935	15,0	9814054	129	0,0507	13,1
11	1008	15,0	11434754	130	0,0507	13,1
12	1080	18,0	15683281	108	0,0507	10,9
13	1125	18,0	17055575	107	0,0507	10,8
14	1150	18,0	17836664	106	0,0507	10,8
15	1185	18,0	18965309	105	0,0507	10,7
16	1220	18,0	20128589	104	0,0507	10,6
17	1250	18,0	21153254	104	0,0507	10,5
18	1293	18,0	22648423	102	0,0507	10,4
19	1329	18,0	23964071	101	0,0507	10,2
20	1365	18,0	25316873	100	0,0507	10,1
21	1401	20,0	29546917	89	0,0507	9,0
22	1438	20,0	31129180	88	0,0507	8,9
23	1510	20,0	34417552	86	0,0507	8,7
24	1583	20,0	37871053	83	0,0507	8,5
25	1655	20,0	41489684	81	0,0507	8,2
26	1728	20,0	45273444	79	0,0507	8,0
27	1800	20,0	49222334	77	0,0507	7,8

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,60 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 3,83 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 = 48,55 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

$V_m(z)$ = 31,0 m/s

V_o = 31,0 * 20 / 100 = 6,21 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,60 * [3,83 / 6,21]^2 * \exp[-(3,83 / 6,21)^2]$ = 1,50E+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.

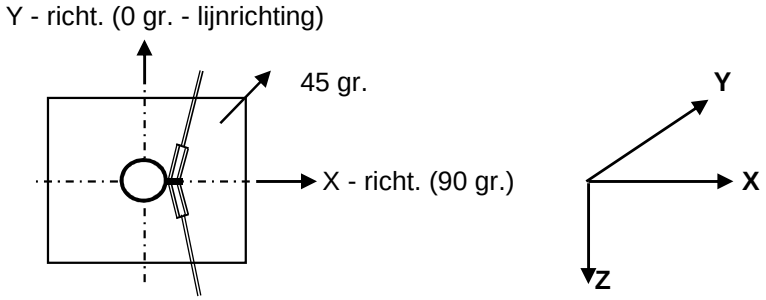
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	8,88	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
4							
5	Lasnaad	13,89	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
6							
7	Lasnaad	16,75	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
8	Lasnaad	14,83	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
9	Lasnaad	15,48	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
10							
11	Lasnaad	15,75	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
12	Lasnaad	15,77	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
13	Lasnaad	13,14	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
14							
15	flenzen	12,95	35	19,25	1,000E+10	1,50E+08	0,01
16							
17	Lasnaad	12,71	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
18							
19	Lasnaad	12,43	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
20							
21	Lasnaad	12,14	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
22							
23	Lasnaad	10,70	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
24	Lasnaad	10,42	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
25	Lasnaad	10,15	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
26	Lasnaad	9,89	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
27	Lasnaad	9,63	45	24,75	1,000E+10	1,50E+08	0,01
28	voetplaat	9,38	35	19,25	1,000E+10	1,50E+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			339			
2 - Windbelasting mast	88				2215	
3 - Belasting geval 1a	263		116		10235	
4 - Belasting geval 1b	90		116		3766	
5 - Belasting geval 3	203		232		8169	
6 - Belasting geval 4	91		139		3870	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	350		**455**		**12451**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	107		455		4181	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	228		571		8792	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	107		477		4285	

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	8560	kNm	12451	kNm	12451	kNm
Dwarskracht	238	kN	350	kN	350	kN
Verticale kracht	379	kN	455	kN	341	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		1990,00					
st.c binnenkant		1570,00					
1780	48	571,00	7,30	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		1990,00					
st.c binnenkant		1570,00					
1780	48	392,86	4,95	28	M 48 - 8,8	848,45	0,46

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 571,0 kN

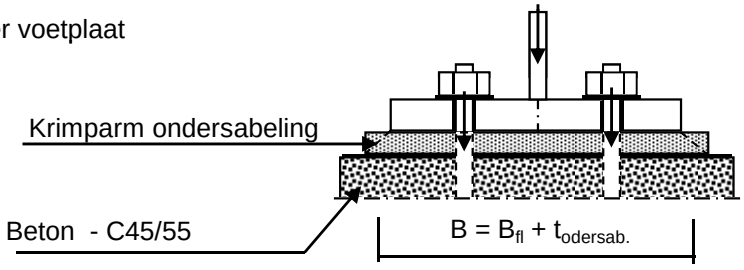
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 392,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 592,4 + 1,00 * 392,9 = 985,2 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

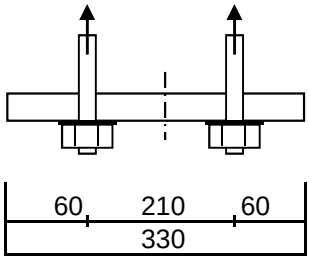
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	370,0	mm	D =	1780	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	48	
B =	410,0	mm			

A_{voetpl} = 410 * 2*π*D / n = 95531 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

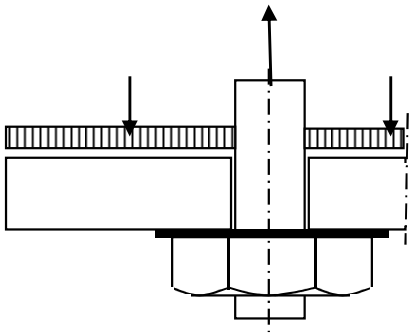


D = 1780 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 330 * $2*\pi*D / n$ = 76890 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 14,9 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 60 mm
L_{veld} = 210 mm

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

$M_{Ed;st}$ = 26734 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1559 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 55139 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 55139 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1559 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} = 55139 / 108718,8 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 180,0 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1559 / 7174 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 44,6 N/mm^2

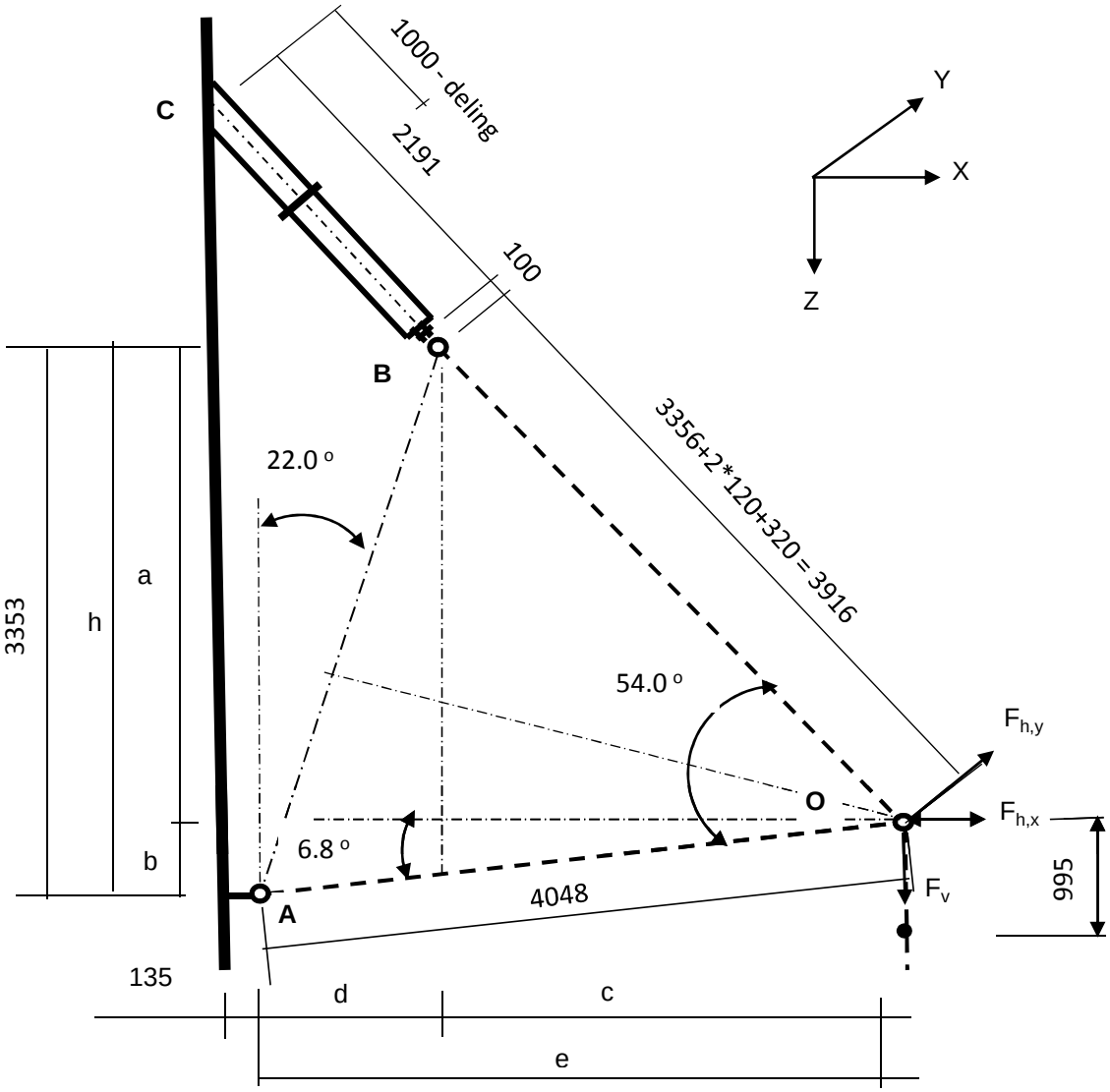
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (180,0^2 + 3*44,6^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 196 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 P
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))	41910	258537	17058	41910	-258537	17058
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	28679	265206	29382	28679	-265206	29382
BG 1a - (+wind (45 gr))	21892	180860	17049	25061	-192208	17050
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18493	244493	29377	20093	-246924	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))	34117	±	83821	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58763	±	57358	0
BG 1a - (wind (45 gr))	34099	±	46953	-11348
BG 3 - (wind (45) + ijs)	58755	±	38586	-2431

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))	47,0	0,00	-5,6	36,8	0,00	39,7
BG 1a - (-wind (90 gr))	-103,9	0,00	12,4	20,1	0,00	21,7
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	2,7	0,00	-0,3	54,7	0,00	59,1
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-100,7	0,00	12,0	43,3	0,00	46,8
BG 1a - (+wind (45 gr))	13,8	-9,73	-1,7	33,1	-1,62	35,8
BG 1a - (-wind (45 gr))	-70,7	-9,73	8,4	23,8	-1,62	25,7
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-14,2	-2,08	1,7	52,8	-0,35	57,1
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-83,7	-2,08	10,0	45,2	-0,35	48,8

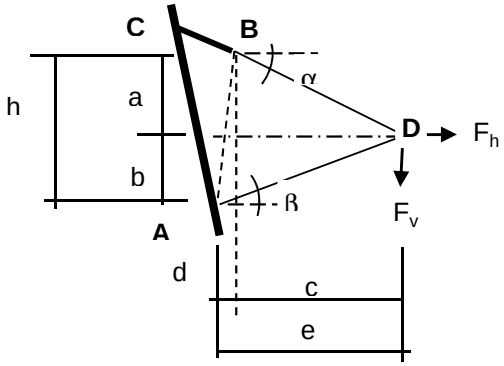
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

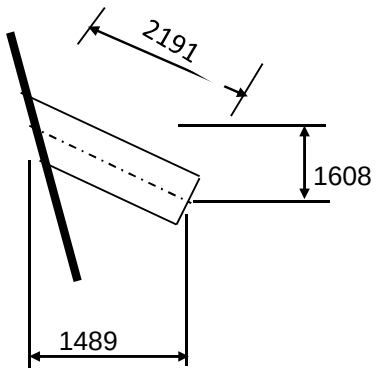
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	36,79	0,00	39,73	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,12	0,00	21,72	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,71	0,00	59,08	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,30	0,00	46,76	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	33,11	-1,62	35,75	0,00	-2,42
BG 1a - (-wind (45 gr))	23,77	-1,62	25,67	0,00	-2,42
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,83	-0,35	57,06	0,00	-0,52
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	45,16	-0,35	48,77	0,00	-0,52

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	28431	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



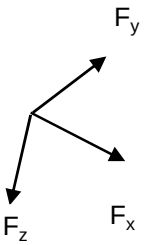


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

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} = { $54{,}7^2$ + $59{,}1^2$ }^{0,5} = 80,52 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 80,52 / 2894 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 6,6 N/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	2,42	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	2,6	N/mm^2
N_{Ed} =	48,72	kN ;	σ_N =	4,0	N/mm^2
			σ_{max} =	6,6	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	25,78	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,1	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	21,39	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		23,3	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	135,05	/	217	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		147,3	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	91,76	/	251	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		50,0	N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 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))

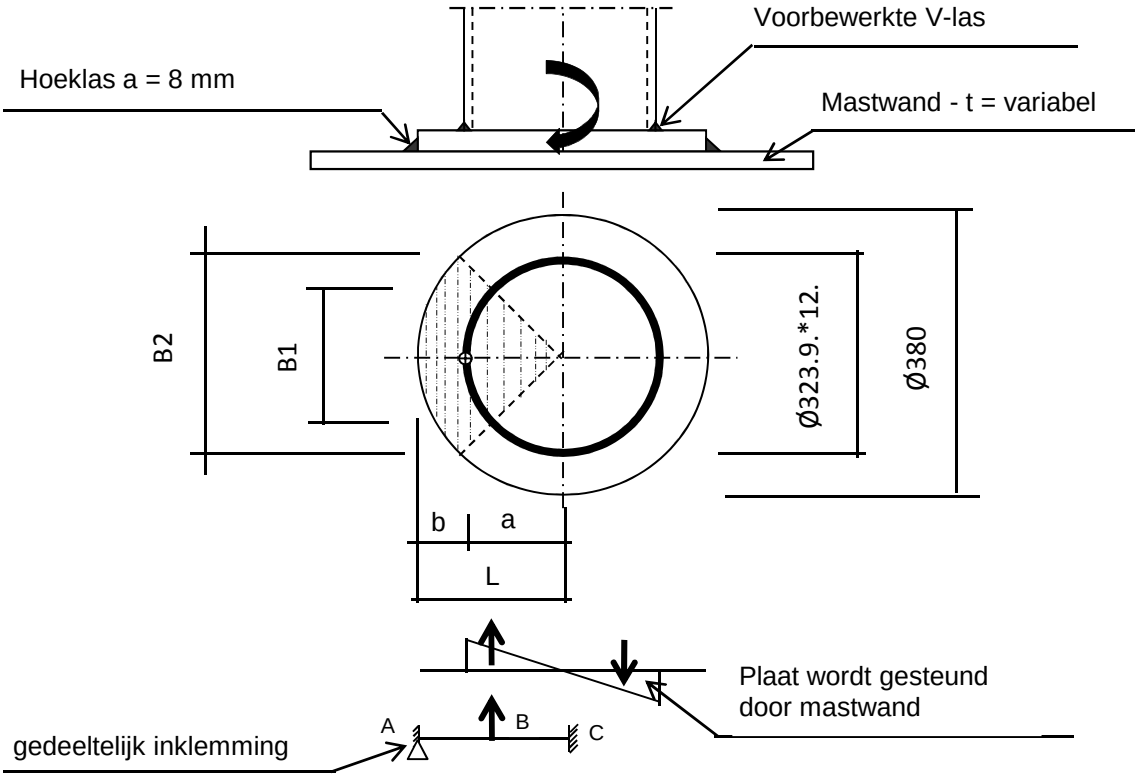
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 51,549 m hoogte (380 kV op 46,0m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,37 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 26,89 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 399,8 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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 399,8 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 163,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 163,0 = 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 / 163,0 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 41,5496 m hoogte (380 kV op 36m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 102,76 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 811,95 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,36 of n_p = -0,347

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 394,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 394,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 146,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 146,5 = 0,92 < 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 / 146,5 = 0,92 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 31,549 m hoogte (380 kV op 26,0m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 210,41 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2597,31 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,54 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 394,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 21,39 / 394,9 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 158,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 158,7 = 0,85 < 1,0 -- Voldoet

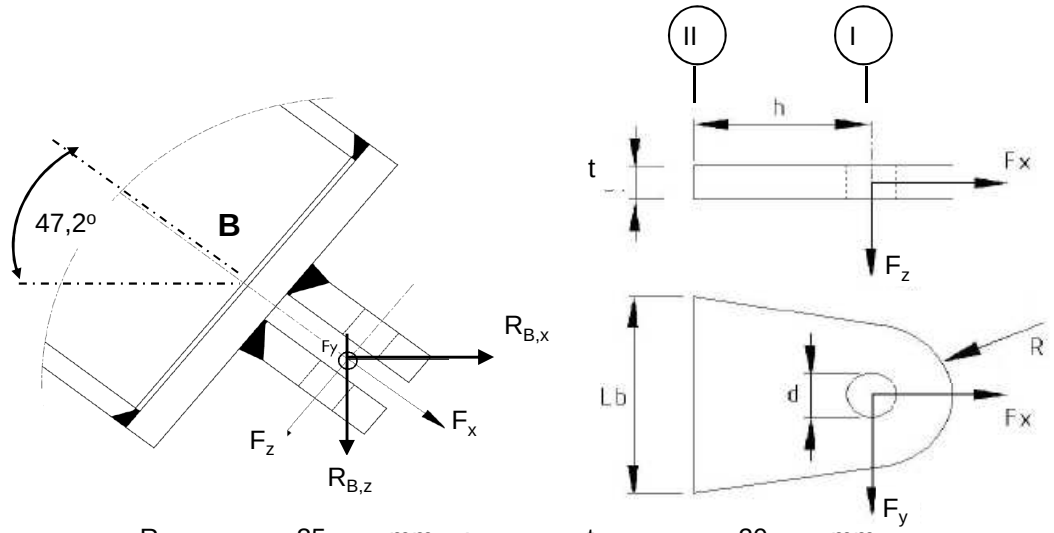
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 135,05 / 158,7 = 0,85 < 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))	36,79	0,00	39,73	54,14	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,12	0,00	21,72	29,61	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,71	0,00	59,08	80,52	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,30	0,00	46,76	63,73	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	33,11	-1,62	35,75	48,72	-1,62	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	23,77	-1,62	25,67	34,98	-1,62	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	52,83	-0,35	57,06	77,76	-0,35	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	45,16	-0,35	48,77	66,47	-0,35	0,000
BG bundelbreuk	0,00	61,64	27,57	25,78	61,64	9,762

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 40,3 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))

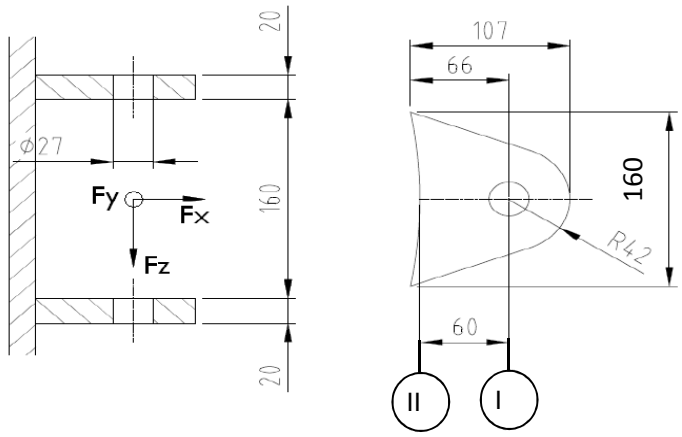
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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))	47,03	0,00	-5,61	47,03	0,00	5,61
BG 1a - (-wind (90 gr))	-103,94	0,00	12,39	103,94	0,00	12,39
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	2,65	0,00	-0,32	2,65	0,00	0,32
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-100,66	0,00	12,00	100,66	0,00	12,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	13,85	-9,73	-1,65	13,85	9,73	1,65
BG 1a - (-wind (45 gr))	-70,72	-9,73	8,43	70,72	9,73	8,43
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-14,25	-2,08	1,70	14,25	2,08	1,70
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-83,75	-2,08	9,99	83,75	2,08	9,99
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} = 52,0 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 46 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} =	51,97	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,744	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,39	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	51,97	/	757	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		16,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,74	/	2,5	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		69,7	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	12,39	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,9	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 86,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 86 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} = 26,0 + 31,9 = 57,9 kN

σ_1 =	51,1	N/mm^2
τ_1 =	51,1	N/mm^2
τ_2 =	0	
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	102,3	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	102,3	/	302,2	=	0,34	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	51,1	/	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

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ = 39,77 / 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

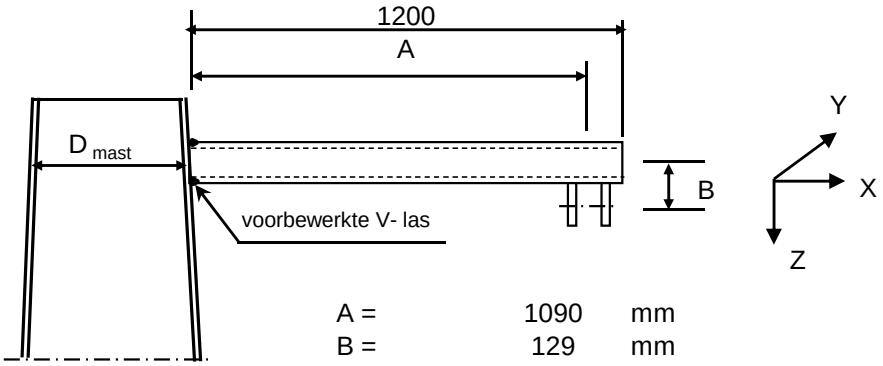
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ = 3624613 Nmm

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:	51,784	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 P

	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))	7175	41353	2228	7175	-41353	2228
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8471	67631	9247	8471	-67631	9247
BG 1a - (+wind (45 gr))	3618	26670	2227	4187	-28949	2227
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	5242	62273	9245	5751	-62903	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))	14,35	0,00	4,46	0,00	6,71	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	16,94	0,00	18,49	0,00	22,34	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,81	2,28	4,45	0,29	5,86	2,48
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,99	0,63	18,49	0,08	21,57	0,69

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	22,34	/	36	=	0,61	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		144,9	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	16,94	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,2	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} = 144,9 + 4,2 = 149,1 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} = 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 20,37 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 26,89 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,031

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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 22,34 / 42,0 = 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

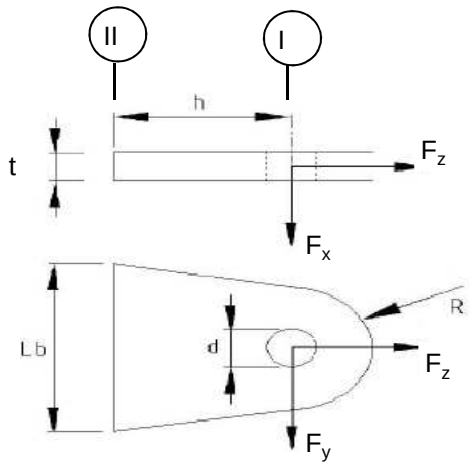
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,48 / 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))	14,35	0,00	4,46
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	16,94	0,00	18,49
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,81	2,28	4,45
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,99	0,63	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 =	0,661	kNm
$V_{x,Ed}$ =	8,47	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	9,25	/	568	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,9	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,66	/	1,9	=	0,35	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		82,6	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	8,47	/	328	/	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,5	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

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

σ_{vlg} = 87 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

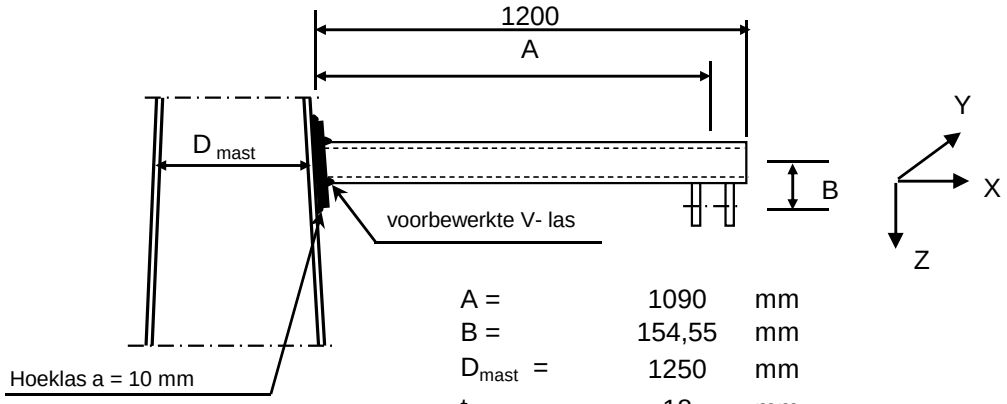
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,6 + 28,3 = 32,9 kN

σ_1 =					38,8	N/mm^2
τ_1 =					38,8	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =				77,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	77,6	/	302,2	=	0,26	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	38,8	/	244,8	=	0,16	< 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte:	22	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 P

	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))	10232	66205	4620	10232	-66205	4620
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	13164	129045	18679	13164	-129045	18679
BG 1a - (+wind (45 gr))	5433	47577	4618	6189	-50216	4618
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8850	123844	18677	9533	-124432	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))	20,46	0,00	9,24	0,00	13,23	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26,33	0,00	37,36	0,00	44,79	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,62	2,64	9,24	0,41	11,86	2,88
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18,38	0,59	37,35	0,09	43,56	0,64

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	44,79	/	64	=	0,70	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		165,8	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	26,33	/	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} = 165,8 + 5,0 = 170,8 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} = 172 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))

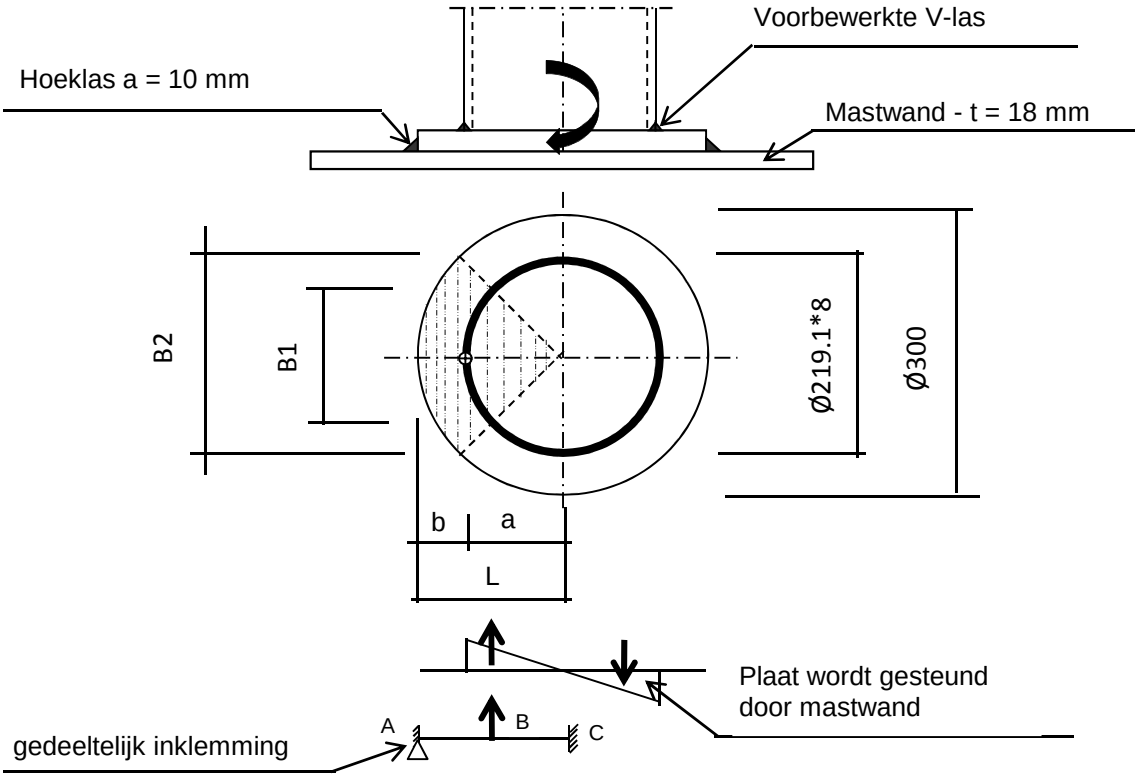
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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} = 44,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 187,7 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} = 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

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 113,6 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 4,05 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,18 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 154,1 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 50,0% + 4,0 * 50,0% = 2,02 kNm

$M_{B;Ed} =$ 4,6 * 50,0% + 2,2 * 50,0% = 3,39 kNm

$R_{A;Ed} =$ 113,6 * 50,0% + 154,1 * 50,0% = 133,9 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,02 / 5,58 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 85,9 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 3,39 / 4,07 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 197,0 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 133,9 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

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 208,2 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 121,5 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 40,2 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	121,5	+	40,2	=		161,7	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	121,5	-	40,2	=		81,4	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		214,5	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	214,5	/	302,2	=	0,71	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	161,7	/	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	18,0	69668	S355	355	21153254
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

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 34,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 362,96 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 5133,00 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,70 of n_p = -0,669

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 101,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 221,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 44,79 / 101,7 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 49,7 kNm

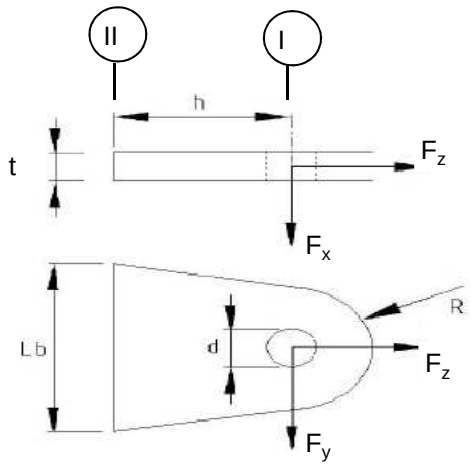
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 221,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,88 / 49,7 = 0,06 < 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))	20,46	0,00	9,24
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26,33	0,00	37,36
BG 1a - (+wind (45 gr))	11,62	2,64	9,24
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	18,38	0,59	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 =	0,816	kNm
$V_{z,Ed}$ =	13,16	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	18,68	/	568	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		7,8	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,82	/	1,9	=	0,43	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		102,0	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	13,16	/	328	/	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		5,5	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

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

σ_{vlg} = 110 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

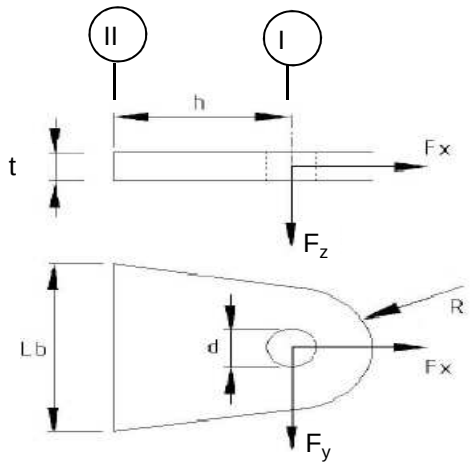
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 9,3 + 35,0 = 44,3 kN

σ_1 =	52,2	N/mm^2	
τ_1 =	52,2	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	104,5	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 104,5 / 302,2 =	0,35	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 52,2 / 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 $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 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	1787,5	20,0	111055	S355	355	48529710
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 571,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 12450,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,74 of $n_p =$ -0,708

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 296,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 296,0 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 32,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 32,6 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

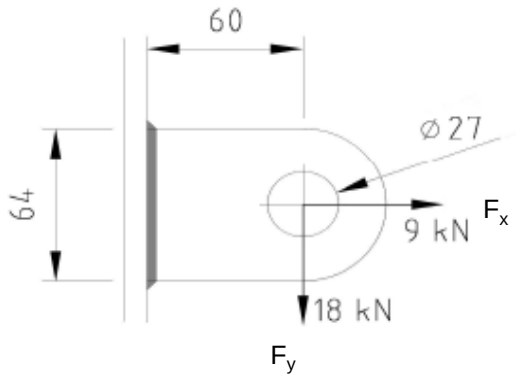
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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 24.987 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 304,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4286,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,66 of $n_p =$ -0,634

$k_p = 1{,}0$, 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,67

$N_{1,Rd} =$ 260,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 260,8 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 16,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 16,7 = 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 44,987 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 92,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 501,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,36 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,85

$N_{1,Rd} =$ 149,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 149,1 = 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

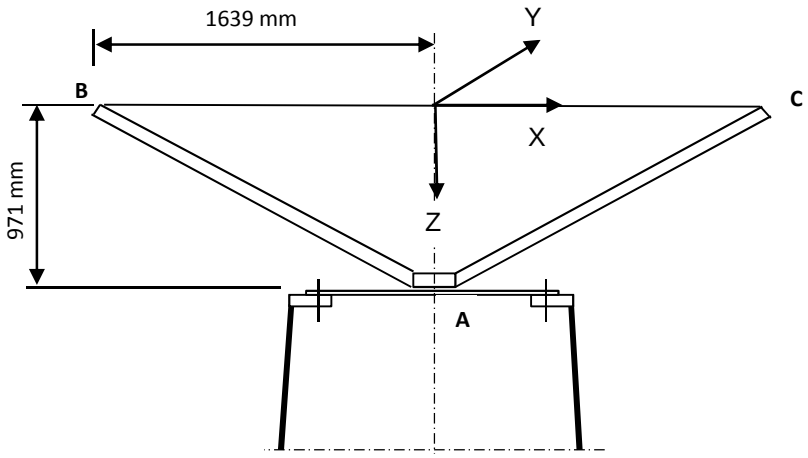
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



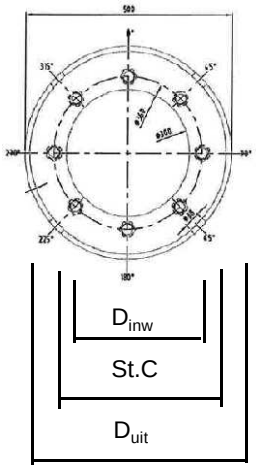
Buis rond 500 * 12

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

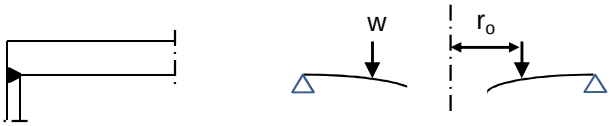
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

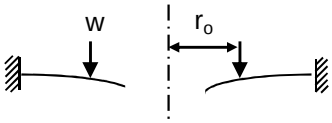
maatgevend belastinggeval : BG2.

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)

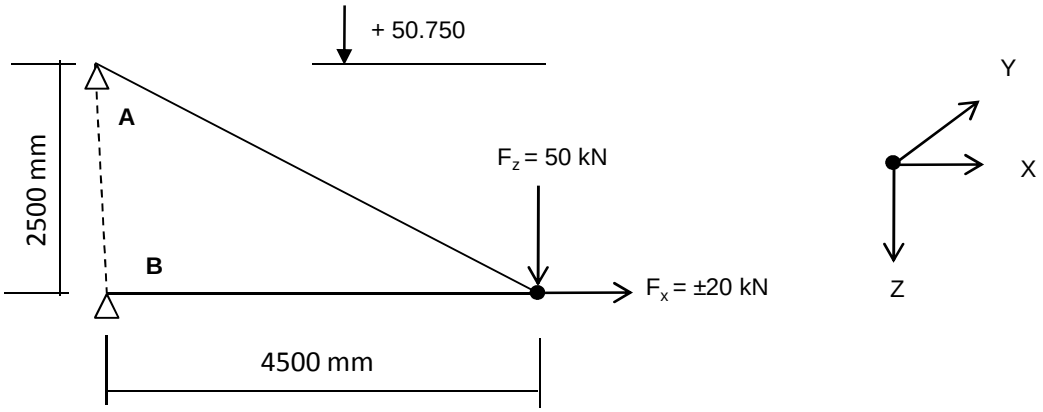
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

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

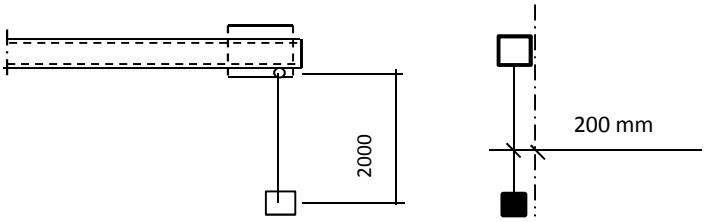
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 50,75 / 48,25



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

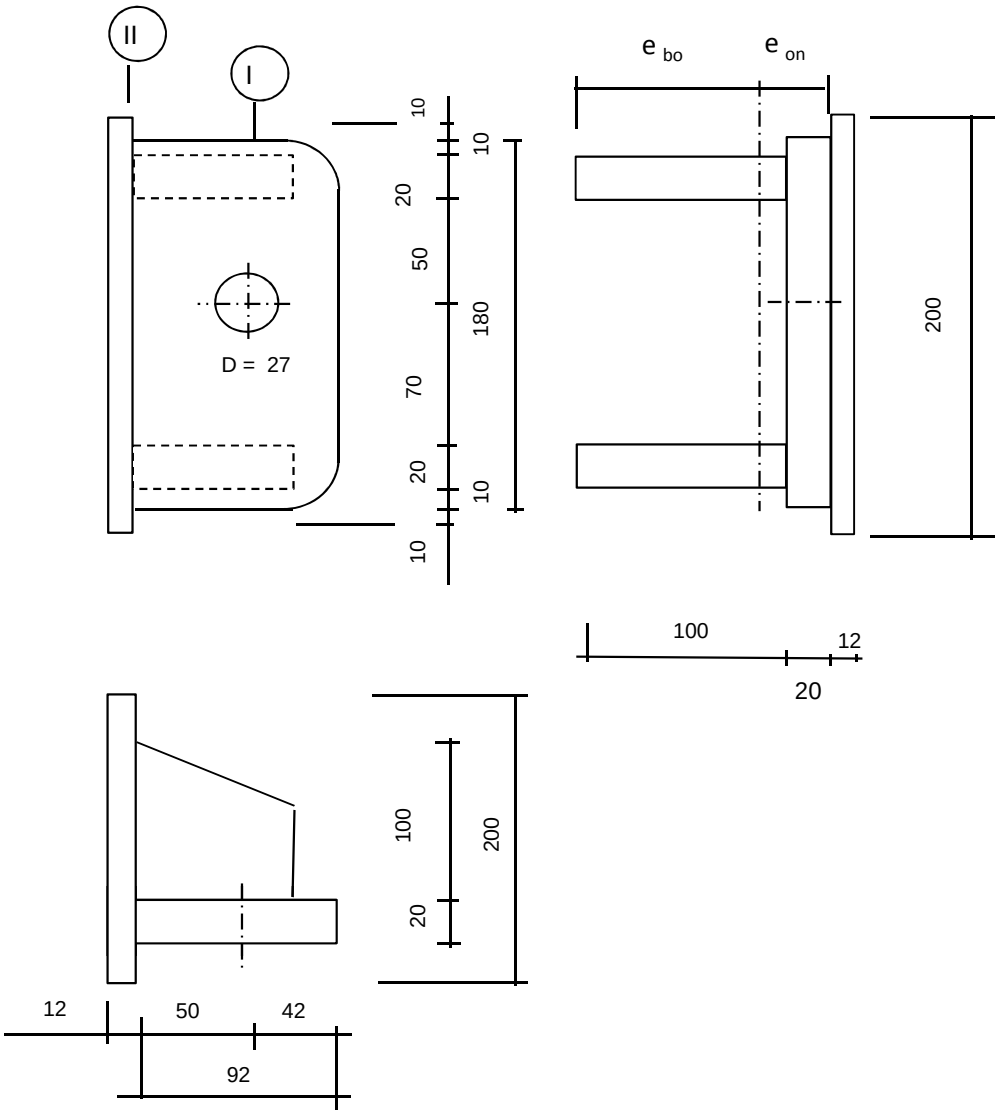
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

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: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

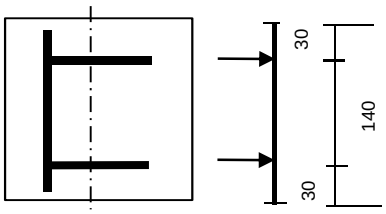
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

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

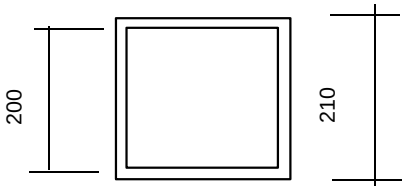
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 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 ; +50,750 / 48,250

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)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 24,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 45,3 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

$N_{1,Rd} =$ 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

$M_{ip,i,Rd} =$ 49,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,40 / 49,9 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

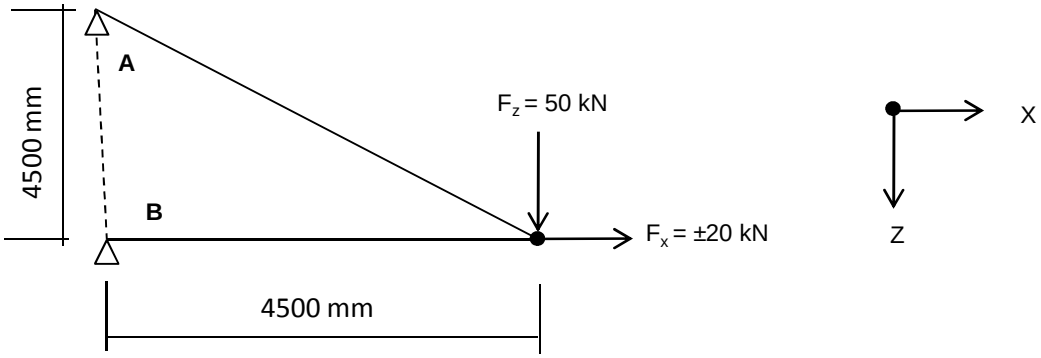
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 46,33 / 41,83 en 36,33 / 31,83

Hijsbalk 4,5m op 46,33 / 41,83 en 36,33 / 31,83

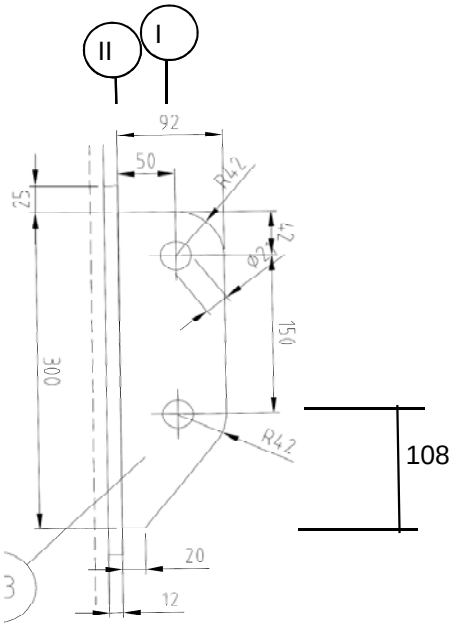


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

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

$F_{x,Ed}$ 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 ; +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	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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 89,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 382,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,30 of $n_p =$ -0,283

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 167,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 167,7 = 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 ; +36,33 / 31,83

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
$M_{0,Ed} =$ 1631,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,52 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

$N_{1,Rd} =$ 219,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 219,7 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 65,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 65,9 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

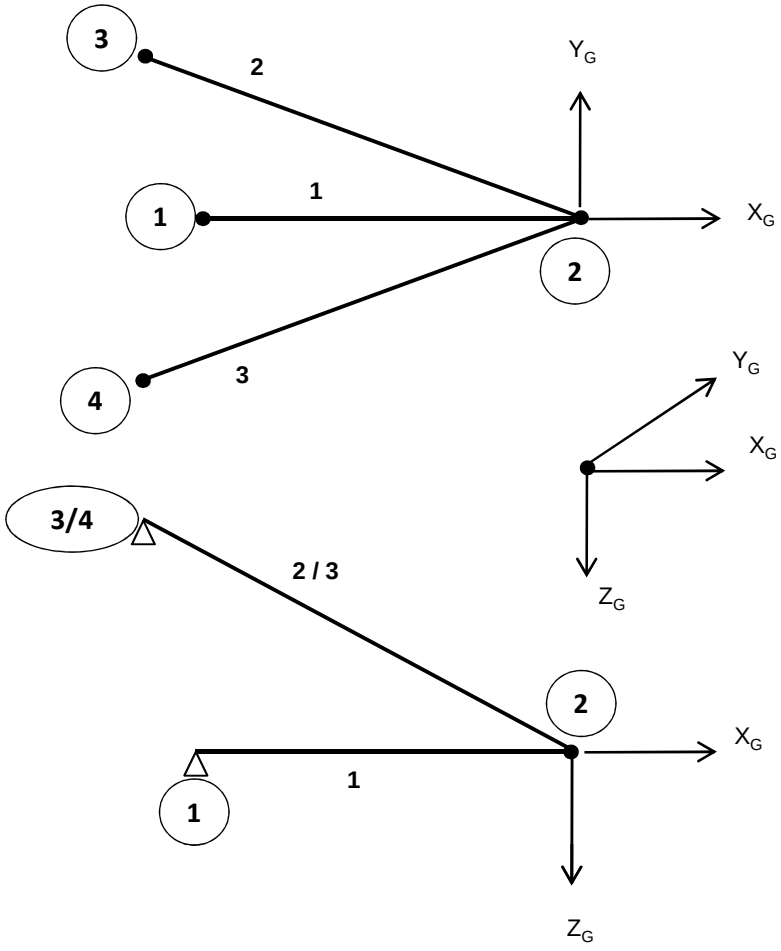
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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.)

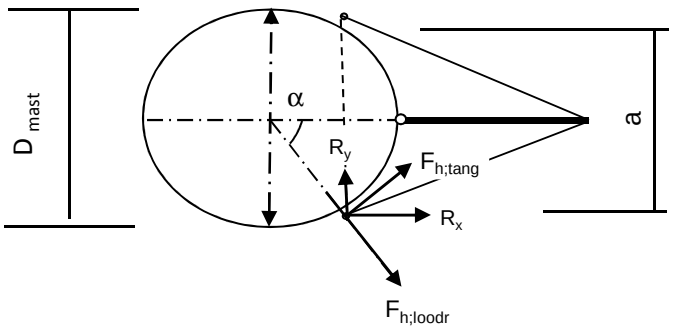
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

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	46330	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	47487	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	47487	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	36330	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	37487	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	37487	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	26330	1142	18	55,18	0,00	-0,20
3	27487	1113	18	50,84	-11,50	34,00
4	27487	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	46330	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	47487	613	704	81,0	19,33	48,41	34,00
4	47487	613	704	81,0	8,38	128,93	84,87
1	36330	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	37487	863	854	62,5	33,68	39,78	34,00
4	37487	863	854	62,5	32,92	124,94	84,87
1	26330	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	27487	1113	960	52,3	40,17	33,21	34,00
4	27487	1113	960	52,3	54,45	117,17	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 46,330 en 36,330m hoogte
Clip type 16,3 - 26,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 47,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 37,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,46 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

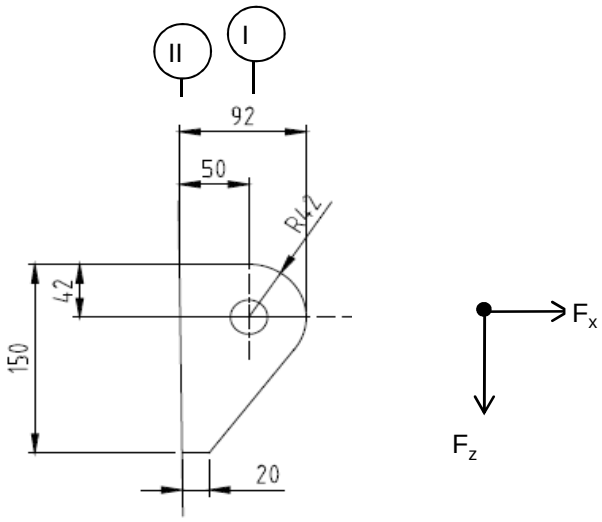
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 27,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 47,487m, 37,487m en 27,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 46,330 en 36,330m hoogte

en clip type16,3 op 26,330m 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 ; +26,330 (maatgevend)

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	1142	15,0	53097	S355	355	14762836
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 293,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3857,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,75 of $n_p =$ -0,720

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 166,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 166,4 = 0,33 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 25,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 25,0 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

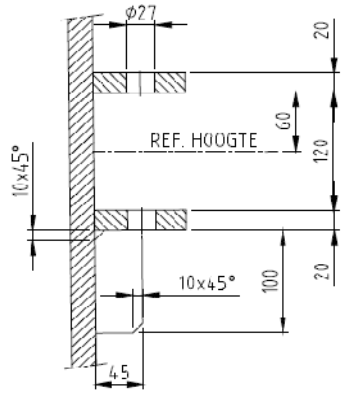
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

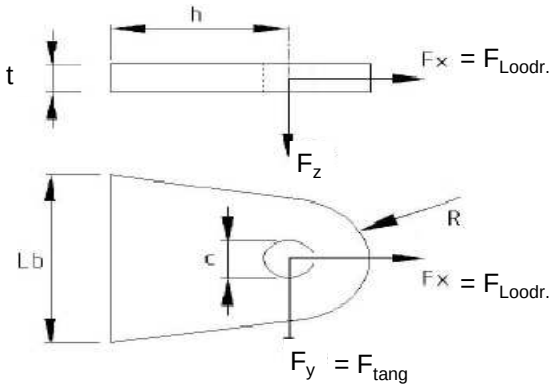
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 47,487m, 37,487 en 27,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 47,487m, 37,487 en 27,487 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

	47,487m kN	37,487m kN	27,487m 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 47,487m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 37,487m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 27,487m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	47,487m hoogte spanning in N/mm^2	37,487m hoogte spanning in N/mm^2	27,487m 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

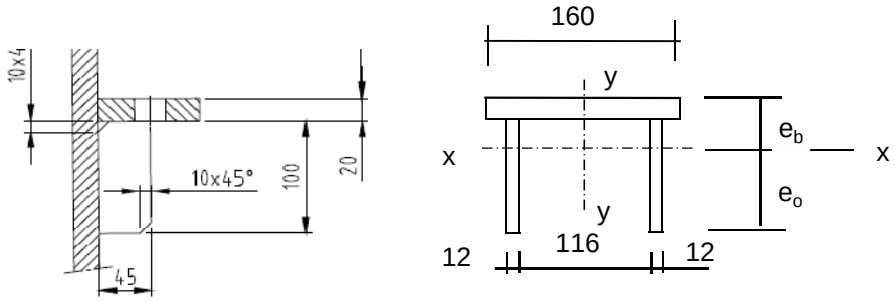
a = 5 mm t = 20 mm

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 47,487m, 37,487 en 27,487 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 ;

	47,487m kN	37,487m kN	27,487m 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 47,487m 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 37,487m 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 27,487m 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			

	47,487m hoogte spanning in N/mm^2	37,487m hoogte spanning in N/mm^2	27,487m 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 ; +47,487m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 56,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 171,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,15 of n_p = -0,138

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

$N_{1,Rd}$ = 244,3 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,19 / 244,3 = 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 ; +37,487m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 149,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1391,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,48 of n_p = -0,461

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 284,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,46 / 284,2 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 19,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 19,9 = 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 ; +27,487m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 253,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3444,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,59 of n_p = -0,570

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 355,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,23 / 355,7 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 24,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 24,9 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

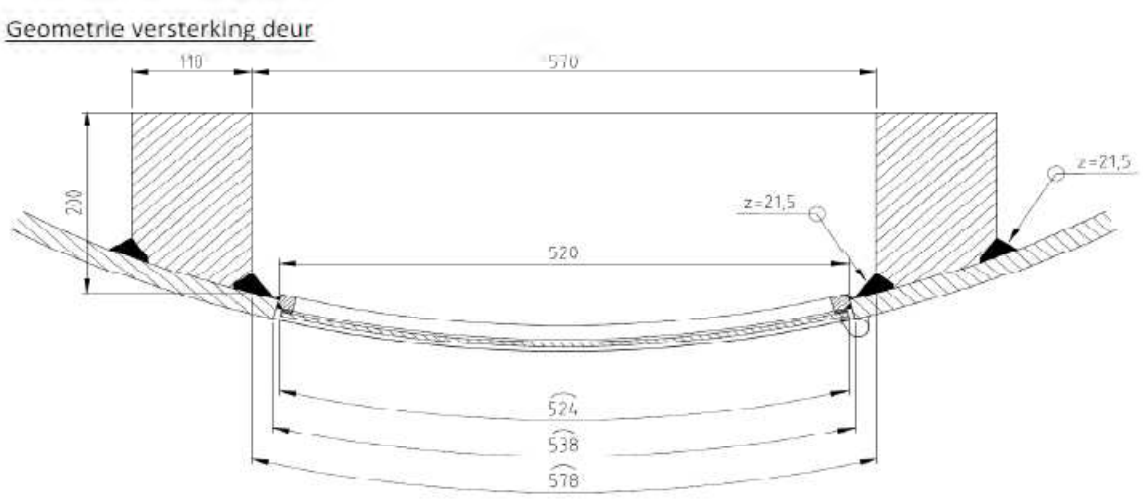
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

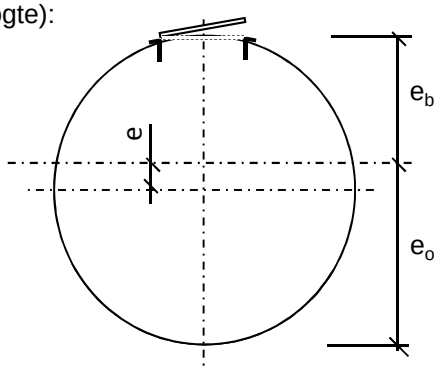
$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 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 : 1769 mm
dikte t ; 20 mm

A_{buis} = 109916 mm^2
$A_{versterking}$ = 38811 mm^2
$A_{verlies}$ = 10437 mm^2

A_{tot} = 138291 mm^2

e = 132,7 mm
e_b = 752,0 mm ; e_o = 1017,4 mm

I_{tot} = 5,12E+10 mm^4
W_{min} = 5,04E+07 mm^3
W_{max} = 6,81E+07 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} = 12756 kNm ; N_{Ed} = 571 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 4,1 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 253,3 N/mm^2

σ_{max} = 4,1 + 253,3 = 257,4 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage P en P2

W2S400 TOWER APPENDIX: P

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	17045	6511	147783	17045	6511	-147783
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6505	147783	17045	6505	-147783
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17045	6498	147784	17045	6498	-147784
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2226	856	19378	2226	856	-19378
	Comp. gl	4617	1767	40154	4617	1767	-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	7421	169771	17036	7421	-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	10453	238677	29376	10453	-238677
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10450	238677	29376	10450	-238677
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29376	10446	238678	29376	10446	-238678
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/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	171693	20053	7507	-171693
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	7505	171693	20053	7505	-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= 1.3	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	21892	180860	17050	25061	-192208
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17048	20345	175619	17050	23196	-185441
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17047	18296	169071	17048	20721	-176872
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2227	3618	26670	2227	4187	-28949
	Comp. gl	4618	5433	47577	4618	6189	-50216
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10277	171310	17036	10840	-171973
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10001	171026	17036	10508	-171570
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	9634	170690	17036	10068	-171092
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2225	1466	22351	2225	1567	-22512
	Comp. gl	4615	2653	45410	4615	2788	-45554
3	380C1F1 / 380C2F1	29377	18493	244493	29378	20093	-246924
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	17711	243441	29377	19151	-245449
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	16672	242189	29377	17902	-243688
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	9245	5242	62273	9245	5751	-62903
	Comp. gl	18677	8850	123844	18677	9533	-124432
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10347	172876	20053	10904	-173394
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	20053	10073	172655	20053	10576	-173079
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	9710	172394	20053	10140	-172707
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2978	1593	25256	2978	1692	-25363
	Comp. gl	6122	2921	51522	6122	3053	-51618
1a	380C1F1 / 380C2F1	17058	41910	258537	17058	41910	-258537
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17057	38408	244420	17057	38408	-244420
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17054	33730	225684	17054	33730	-225684

Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2228	7175	41353	2228	7175	-41353
	Comp. gl	4620	10232	66205	4620	10232	-66205
1b	380C1F1 / 380C2F1	17037	13853	177198	17037	13853	-177198
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13220	175887	17037	13220	-175887
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	12381	174315	17036	12381	-174315
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	2109	23747	2225	2109	-23747
	Comp. gl	4615	3506	46701	4615	3506	-46701
3	380C1F1 / 380C2F1	29382	28679	265206	29382	28679	-265206
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	26874	260748	29381	26874	-260748
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29379	24482	255296	29379	24482	-255296
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9247	8471	67631	9247	8471	-67631
	Comp. gl	18679	13164	129045	18679	13164	-129045
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	13871	177524	20053	13871	-177524
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	20053	13249	176480	20053	13249	-176480
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	12424	175236	20053	12424	-175236
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2978	2217	26208	2978	2217	-26208
	Comp. gl	6122	3755	52395	6122	3755	-52395
1a	380C1F1 / 380C2F1	17050	25061	192208	17049	21892	-180860
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23196	185441	17048	20345	-175619
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17048	20721	176872	17047	18296	-169071
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2227	4187	28949	2227	3618	-26670
	Comp. gl	4618	6189	50216	4618	5433	-47577
1b	380C1F1 / 380C2F1	17036	10840	171973	17036	10277	-171310
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10508	171570	17036	10001	-171026
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17036	10068	171092	17036	9634	-170690
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2225	1567	22512	2225	1466	-22351
	Comp. gl	4615	2788	45554	4615	2653	-45410
3	380C1F1 / 380C2F1	29378	20093	246924	29377	18493	-244493
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19151	245449	29377	17711	-243441
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29377	17902	243688	29377	16672	-242189
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	9245	5751	62903	9245	5242	-62273
	Comp. gl	18677	9533	124432	18677	8850	-123844
4	380C1F1 / 380C2F1	20053	10904	173394	20053	10347	-172876
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	20053	10576	173079	20053	10073	-172655
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20053	10140	172707	20053	9710	-172394
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2978	1692	25363	2978	1593	-25256
	Comp. gl	6122	3053	51618	6122	2921	-51522
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	5160	116856	12781	5160	-116856
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5155	116856	12781	5155	-116856
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	5148	116856	12781	5148	-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	6001	137241	12774	6001	-137241
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
	Comp. gl	3461	1578	36072	3461	1578	-36072
3	380C1F1 / 380C2F1	25109	9298	212205	25109	9298	-212205
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9295	212206	25109	9295	-212206
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	9291	212206	25109	9291	-212206
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8685	2546	58078	8685	2546	-58078
	Comp. gl	17518	5119	116923	17518	5119	-116923
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	6213	142035	15788	6213	-142035
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	15788	6212	142035	15788	6212	-142035
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	6210	142035	15788	6210	-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= 1.3	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	20990	160254	12786	24257	-173840
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	19391	153818	12785	22336	-165790
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12783	17269	145602	12784	19781	-155368
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1670	3519	24397	1670	4101	-26984
	Comp. gl	3463	5165	41448	3463	5947	-44672
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	8888	139529	12774	9464	-140493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8607	139114	12774	9125	-139908
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8233	138621	12774	8675	-139212
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	1282	18132	1668	1386	-18361
	Comp. gl	3461	2267	36566	3461	2404	-36775
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	17395	219367	25110	19016	-222312
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	16603	218086	25110	18062	-220528
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25109	15552	216557	25110	16796	-218388
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8686	5129	59708	8686	5641	-60388
	Comp. gl	17518	8612	118398	17519	9297	-119037
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9071	143680	15788	9636	-144385
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	15788	8795	143377	15788	9304	-143956
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8427	143019	15788	8862	-143448
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1429	21489	2421	1529	-21628
	Comp. gl	4966	2578	43667	4966	2711	-43794
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	41442	247868	12793	41442	-247868
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12791	37890	232608	12791	37890	-232608
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12790	33132	212028	12790	33132	-212028
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7129	40302	1671	7129	-40302
	Comp. gl	3465	10084	62830	3465	10084	-62830
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12573	147893	12775	12573	-147893
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	11917	146064	12775	11917	-146064
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	11050	143849	12774	11050	-143849
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1948	20057	1669	1948	-20057
	Comp. gl	3461	3143	38405	3461	3143	-38405
3	380C1F1 / 380C2F1	25114	27748	243938	25114	27748	-243938
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25113	25911	238738	25113	25911	-238738
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25112	23476	232319	25112	23476	-232319
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8688	8375	65448	8688	8375	-65448
	Comp. gl	17521	12944	124027	17521	12944	-124027
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12665	149921	15789	12665	-149921
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	15789	12028	148536	15789	12028	-148536
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11185	146872	15788	11185	-146872
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2064	22708	2421	2064	-22708
	Comp. gl	4966	3424	44804	4966	3424	-44804
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	24257	173840	12785	20990	-160254
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	22336	165790	12784	19391	-153818
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	19781	155368	12783	17269	-145602
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	4101	26984	1670	3519	-24397
	Comp. gl	3463	5947	44672	3463	5165	-41448
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9464	140493	12774	8888	-139529
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9125	139908	12774	8607	-139114
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8675	139212	12774	8233	-138621
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1386	18361	1668	1282	-18132
	Comp. gl	3461	2404	36775	3461	2267	-36566
3	380C1F1 / 380C2F1	25110	19016	222312	25110	17395	-219367
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18062	220528	25110	16603	-218086
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	16796	218388	25109	15552	-216557
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5641	60388	8686	5129	-59708
	Comp. gl	17519	9297	119037	17518	8612	-118398
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9636	144385	15788	9071	-143680

Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	15788	9304	143956	15788	8795	-143377
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8862	143448	15788	8427	-143019
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1529	21628	2421	1429	-21489
	Comp. gl	4966	2711	43794	4966	2578	-43667

W2S400 TOWER APPENDIX: P2

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	5603	127432	14202	5603	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5599	127432	14202	5599	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5594	127433	14202	5594	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	733	16643	1855	733	-16643
	Comp. gl	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6487	148420	14194	6487	-148420
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6486	148420	14194	6486	-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	8525	194794	22419	8525	-194794
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8522	194794	22419	8522	-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	6340	145038	16206	6340	-145038
Construction/maintenanc	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	15746	146983	14205	17838	-154110
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	14726	143754	14204	16606	-149838
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	13378	139782	14204	14974	-144523
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2555	21055	1855	2932	-22543
	Comp. gl	3848	3933	38851	3848	4431	-40476
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8382	149281	14194	8755	-149656
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8200	149120	14194	8535	-149428
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	7956	148931	14194	8244	-149158
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1169	19296	1854	1236	-19388
	Comp. gl	3845	2165	39346	3845	2254	-39427
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	13877	198486	22419	14940	-200043
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13357	197814	22419	14314	-199098
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	12666	197017	22419	13483	-197972
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	3783	48146	6531	4123	-48592
	Comp. gl	13213	6486	96005	13214	6942	-96419
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8228	145721	16206	8597	-146023
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	16206	8046	145592	16206	8380	-145839
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7805	145440	16206	8091	-145622
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1237	20844	2356	1302	-20909
	Comp. gl	4850	2311	42679	4850	2399	-42736
1a	380C1F1 / 380C2F1	14209	29071	198460	14209	29071	-198460
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	26723	188723	14208	26723	-188723

Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14207	23597	176017	14207	23597	-176017
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	4937	31126	1856	4937	-31126
	Comp. gl	3849	7117	50945	3849	7117	-50945
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10742	152653	14195	10742	-152653
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10325	151895	14195	10325	-151895
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	9772	150992	14195	9772	-150992
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1593	20104	1854	1593	-20104
	Comp. gl	3846	2728	40080	3846	2728	-40080
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	20650	211949	22421	20650	-211949
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	19448	209016	22421	19448	-209016
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	17857	205455	22420	17857	-205455
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	5945	51964	6532	5945	-51964
	Comp. gl	13215	9369	99683	13215	9369	-99683
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10561	148456	16207	10561	-148456
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	16207	10150	147838	16207	10150	-147838
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9604	147103	16207	9604	-147103
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1651	21421	2356	1651	-21421
	Comp. gl	4850	2864	43202	4850	2864	-43202
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	17838	154110	14204	15746	-146983
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	16606	149838	14204	14726	-143754
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	14974	144523	14203	13378	-139782
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	2932	22543	1855	2555	-21055
	Comp. gl	3848	4431	40476	3848	3933	-38851
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8755	149656	14194	8382	-149281
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8535	149428	14194	8200	-149120
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8244	149158	14194	7956	-148931
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1236	19388	1854	1169	-19296
	Comp. gl	3845	2254	39427	3845	2165	-39346
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14940	200043	22419	13877	-198486
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14314	199098	22419	13357	-197814
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13483	197972	22419	12666	-197017
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	4123	48592	6530	3783	-48146
	Comp. gl	13214	6942	96419	13213	6486	-96005
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8597	146023	16206	8228	-145721
Construction/maintenanc	380C1F2 / 380C2F2	16206	8380	145839	16206	8046	-145592
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8091	145622	16206	7805	-145440
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1302	20909	2356	1237	-20844
	Comp. gl	4850	2399	42736	4850	2311	-42679

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

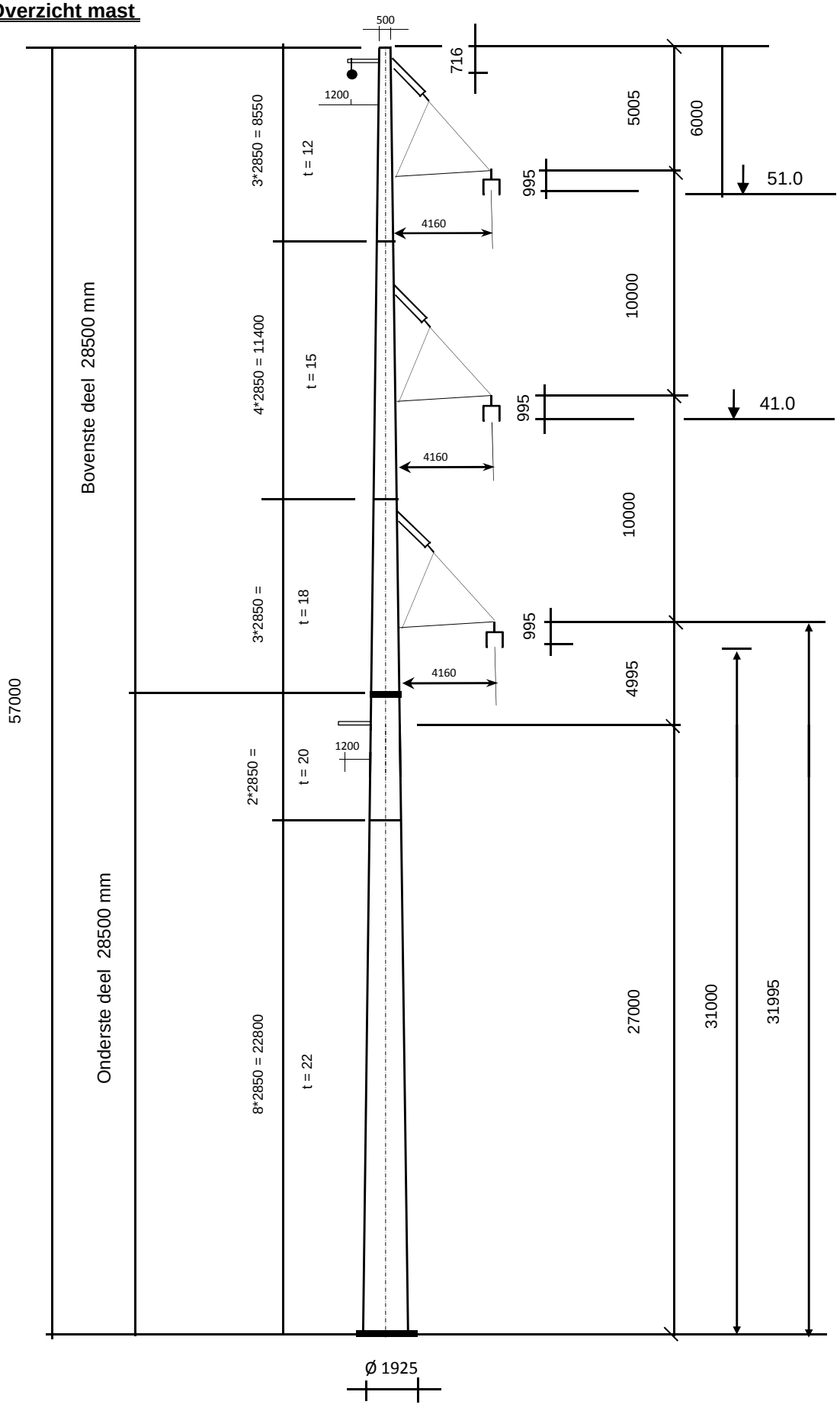
W2S400+5

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

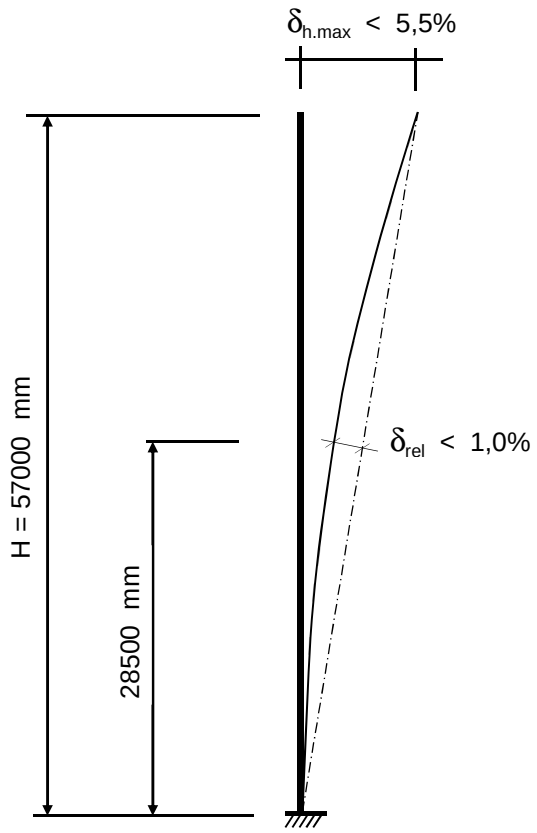
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

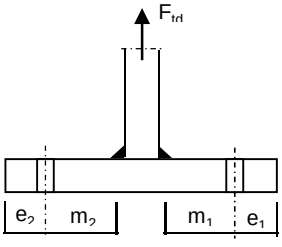
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

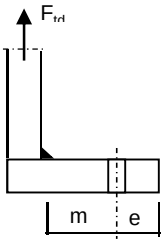
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

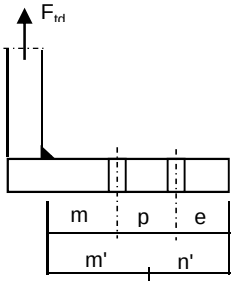
Flenzen en voetplaat:



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.

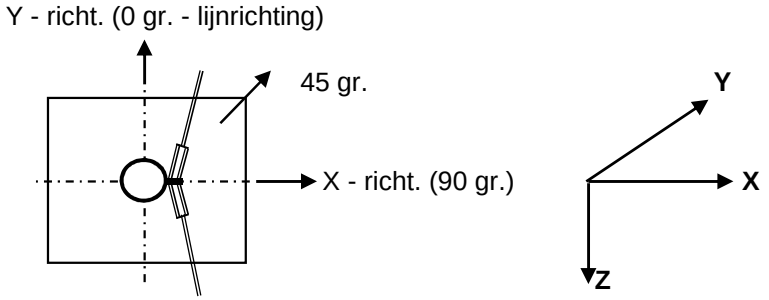
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

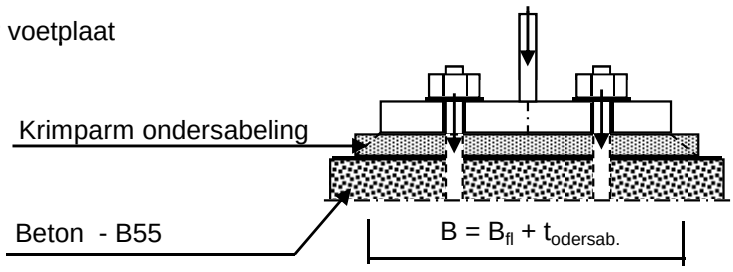
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 373,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 566,1 + 1,00 * 373,3 = 939,4 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

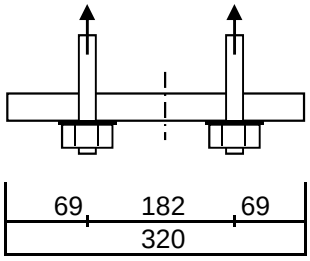
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

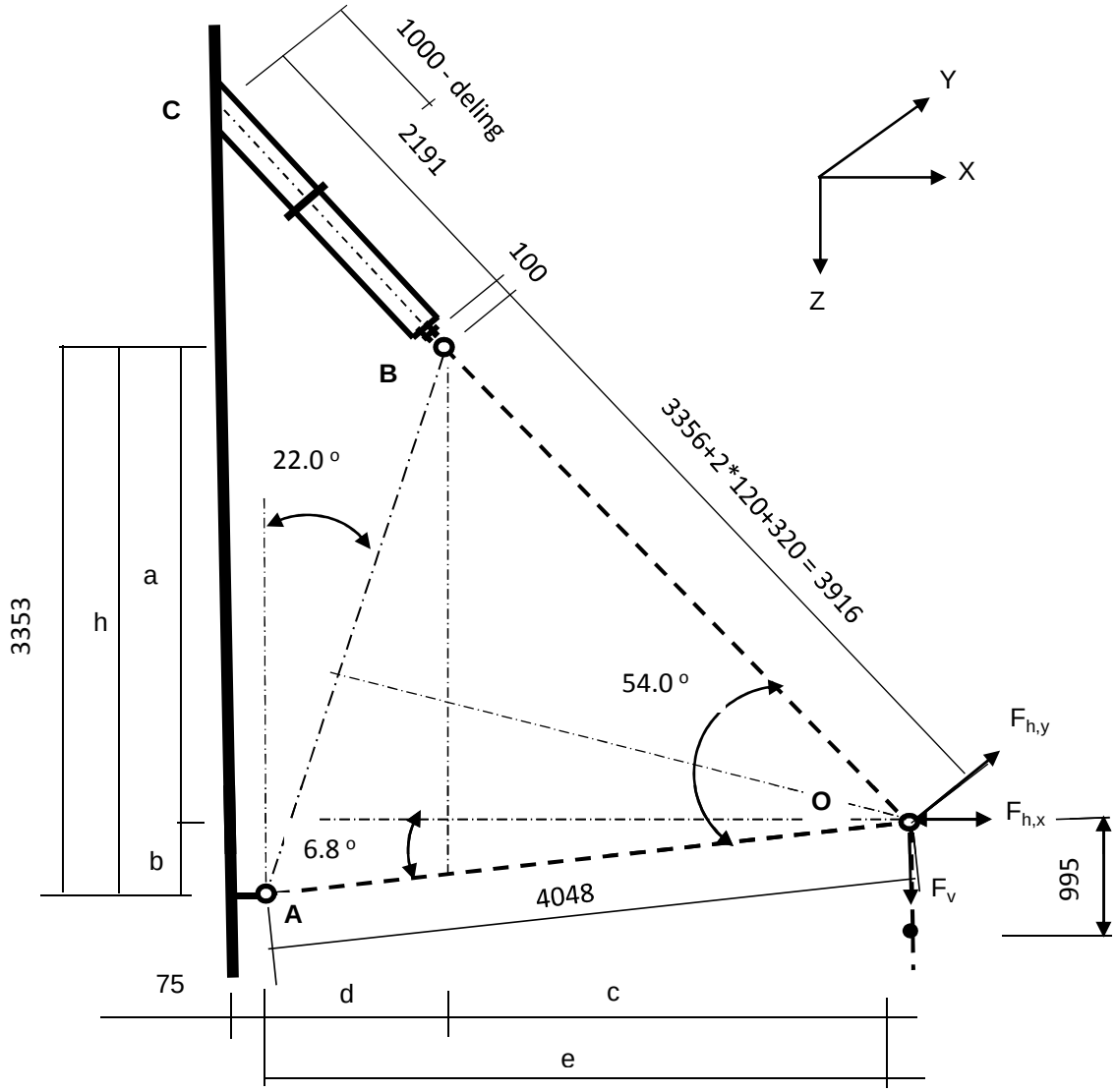
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (169,3^2 + 3*48,6^2)^{0,5}$
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

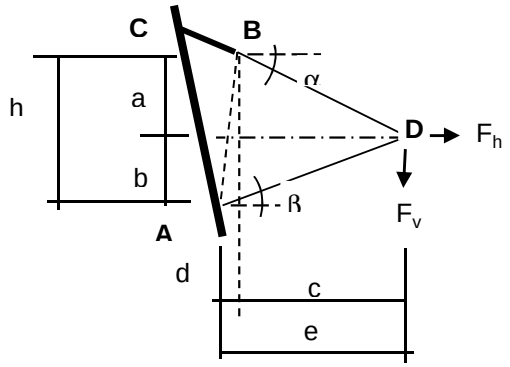
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

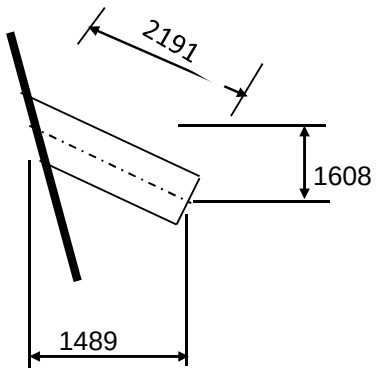
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	37,08	0,00	40,04	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	19,82	0,00	21,41	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	54,86	0,00	59,24	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	43,15	0,00	46,60	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (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



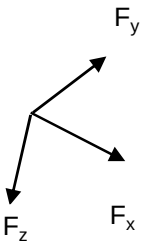


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

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)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * Cos16,3^o * Cos47,2^o - R_{V,B,Ed} * Sin16,3^o * Sin47,2^o$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * Cos16,3^o * Sin47,2^o - R_{V,B,Ed} * Sin16,3^o * Cos47,2^o$ =

$F_{y,Ed}$ =	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/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	2,55	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	2,8	N/mm^2
N_{Ed} =	48,94	kN ;	σ_N =	4,0	N/mm^2
			σ_{max} =	6,8	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	25,78	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,1	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	21,39	/	217	=	0,10	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		23,3	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	135,05	/	217	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		147,3	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	91,76	/	251	=	0,37	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		50,0	N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 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))

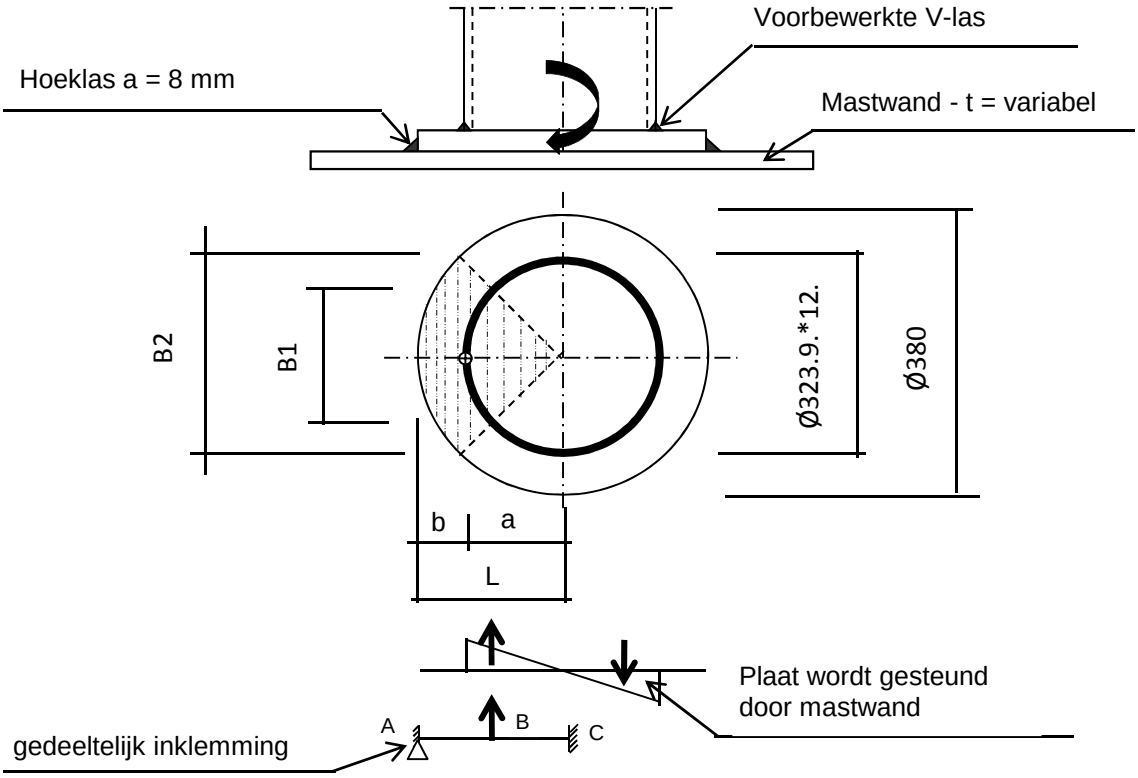
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

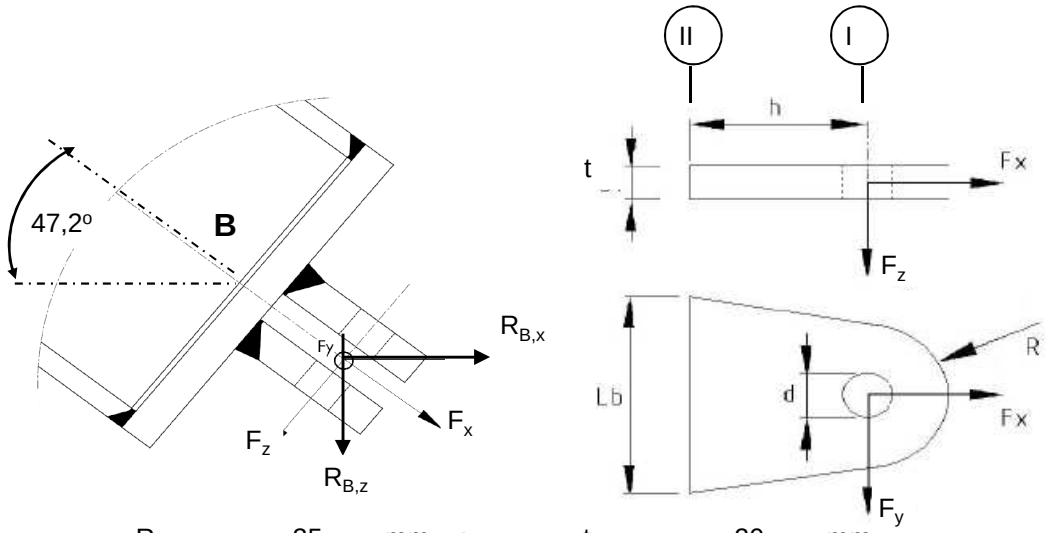
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))

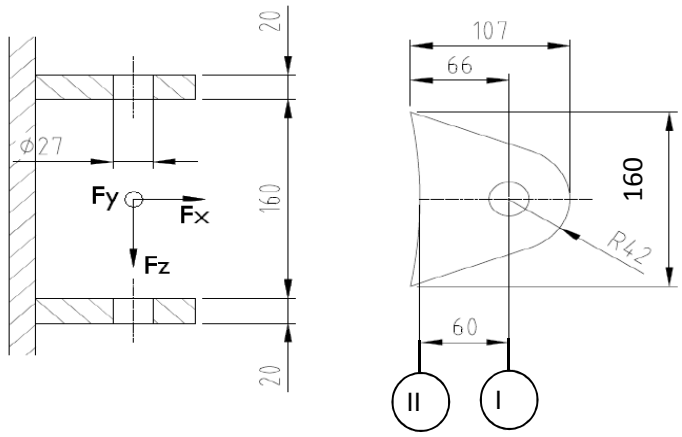
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

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

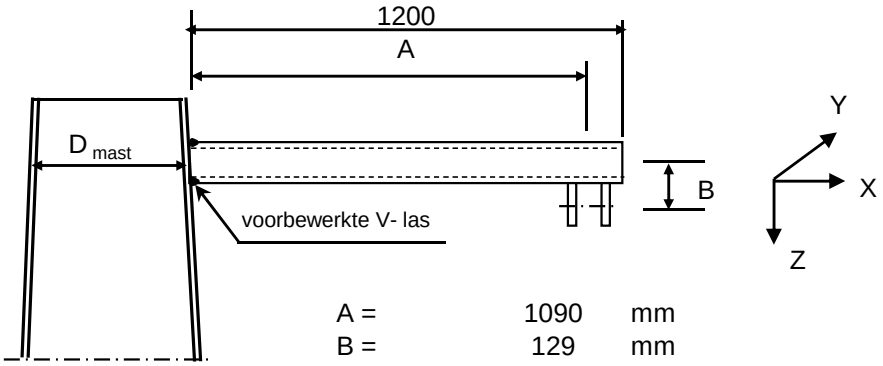
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 169,4 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 203,3 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,58 < 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

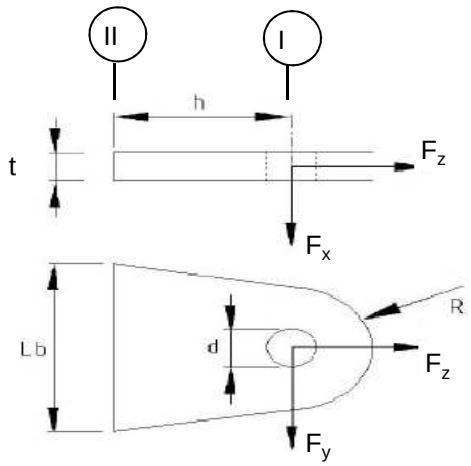
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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

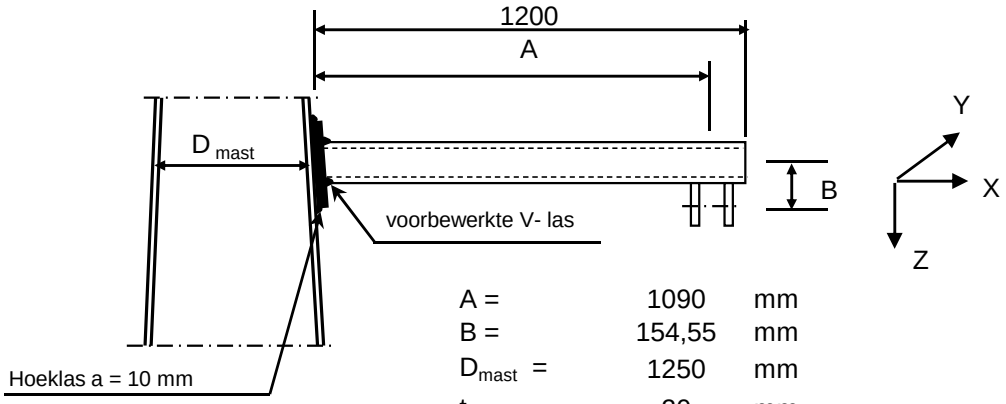
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

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))

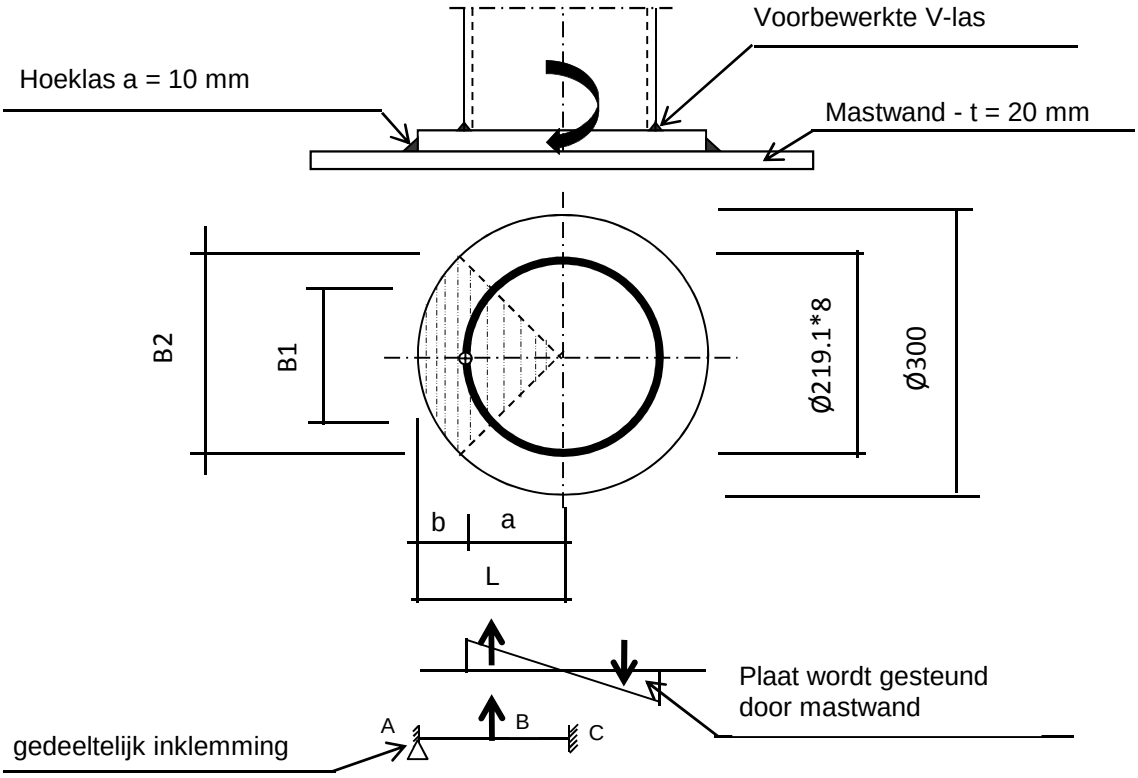
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

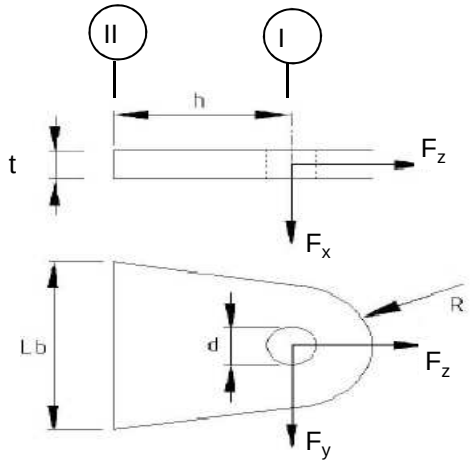
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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

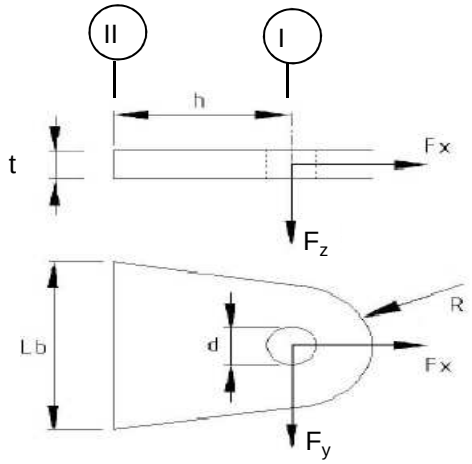
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

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

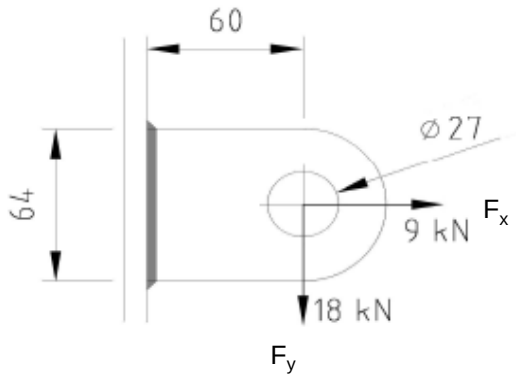
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

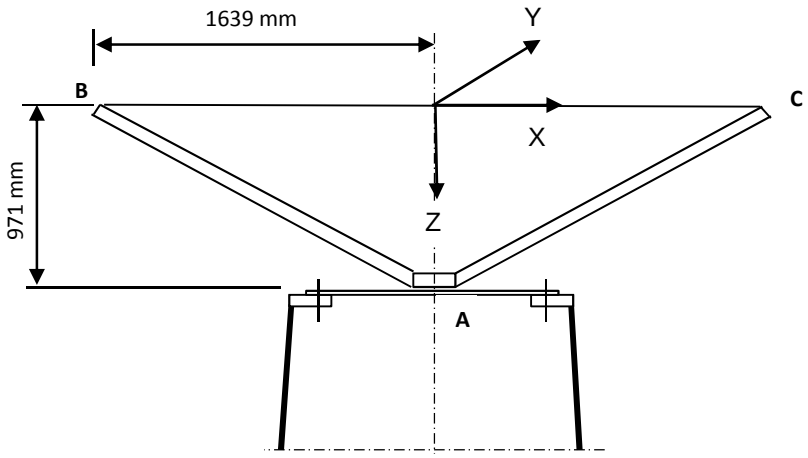
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



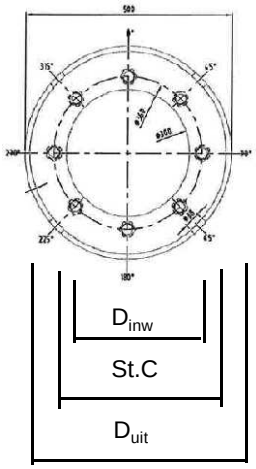
Buis rond 500 * 12

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

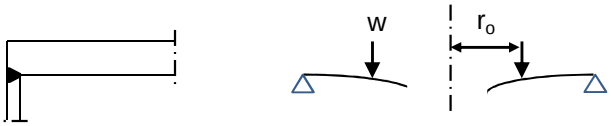
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

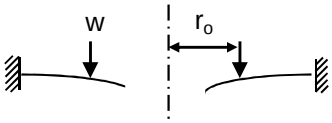
maatgevend belastinggeval : BG2.

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))

γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

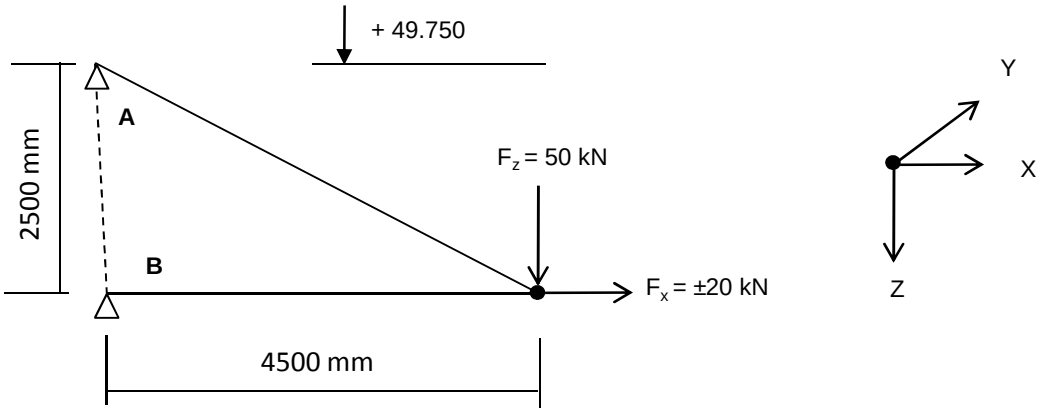
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

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

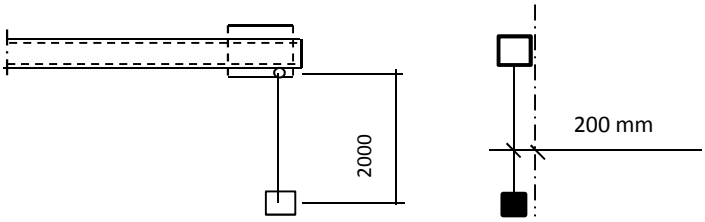
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - 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 :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

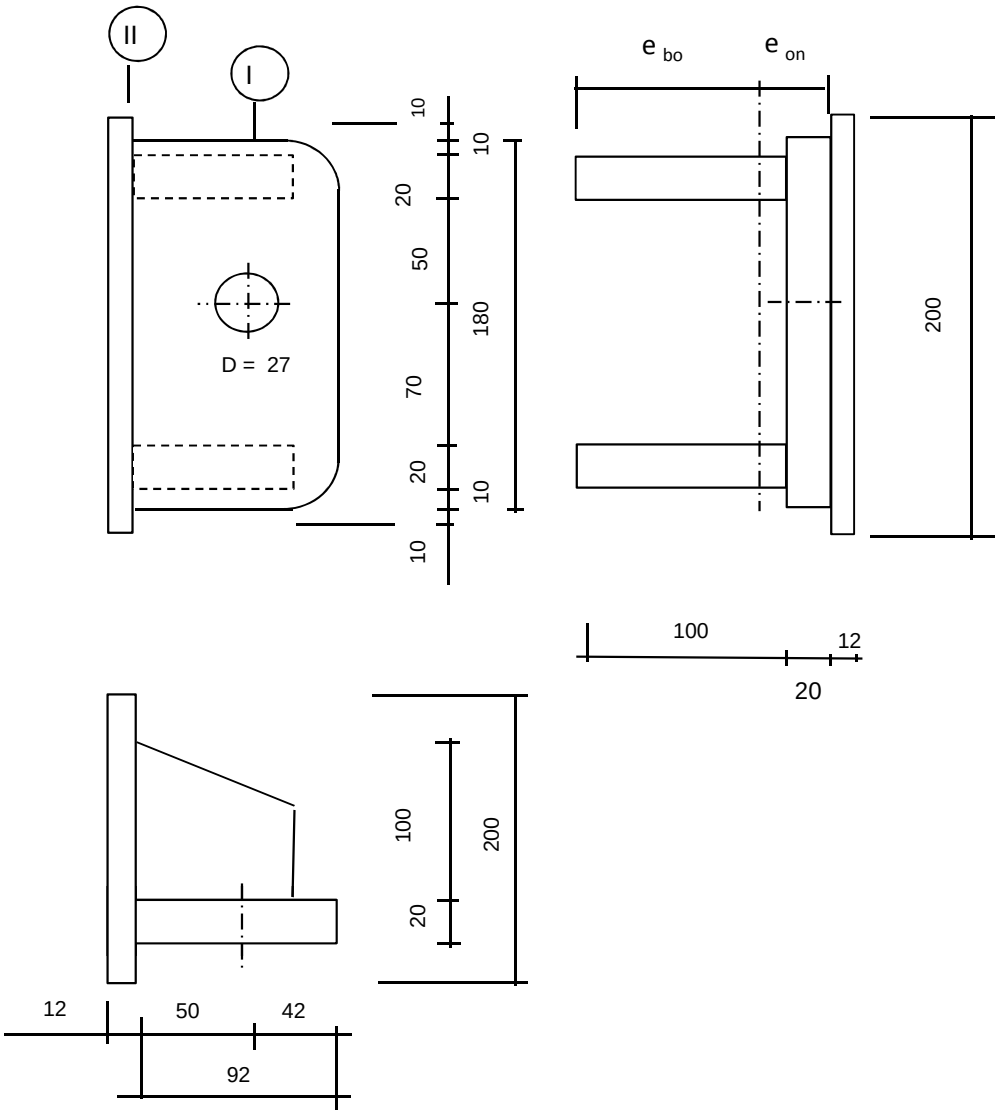
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

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

$\tau_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} =$ 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: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

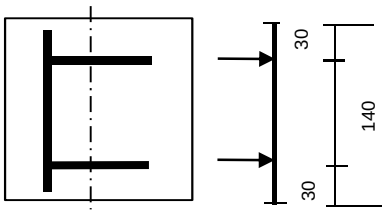
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

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

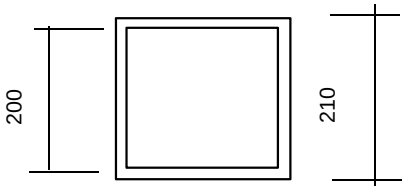
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 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 ; +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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

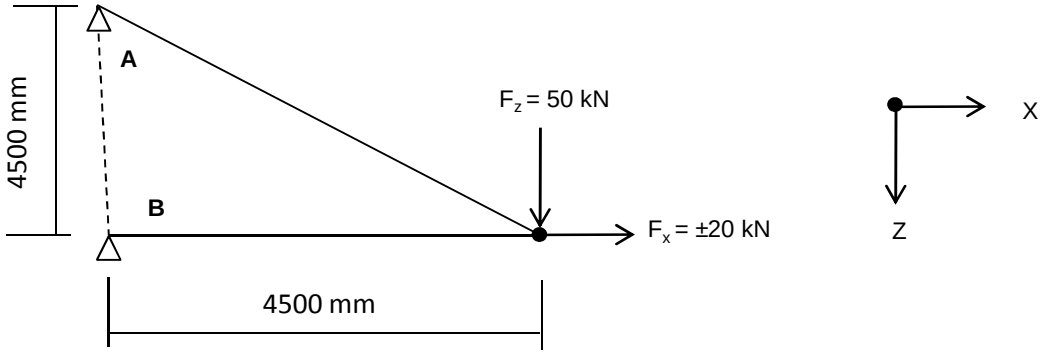
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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

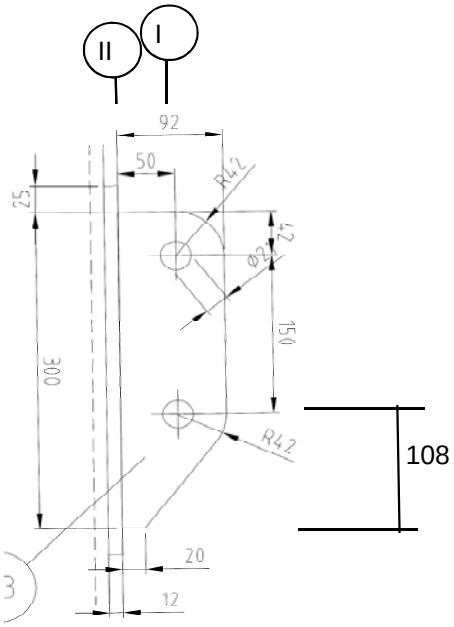


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

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

$F_{x,Ed}$ 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 ; +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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

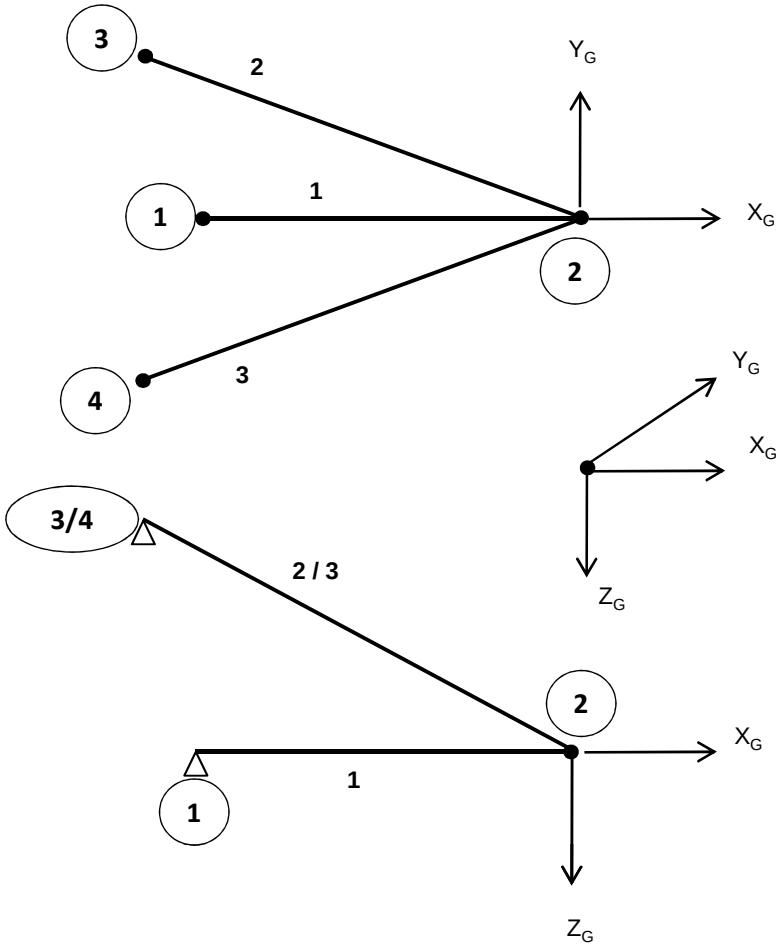
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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.)

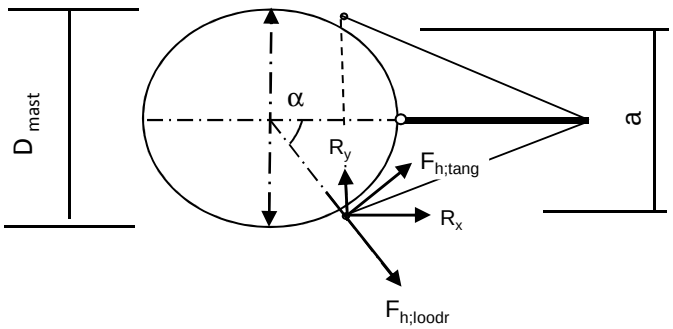
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

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

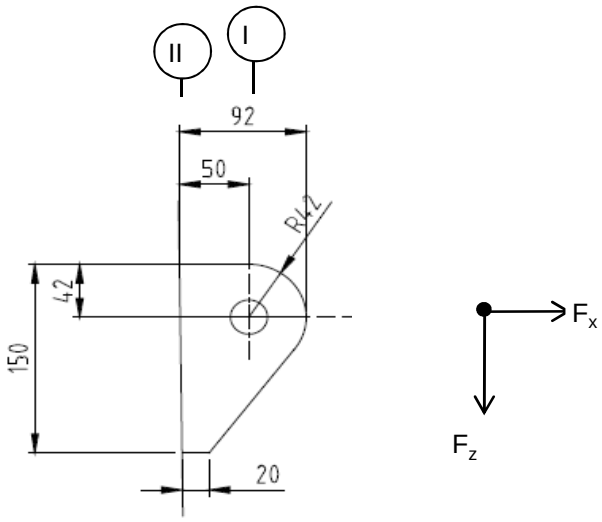
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 32,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

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))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 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 ; +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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

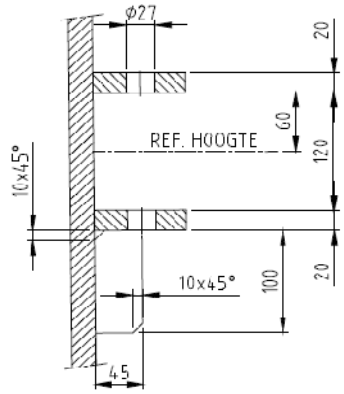
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

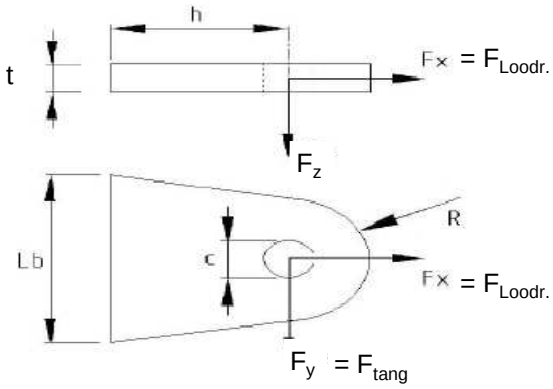
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 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

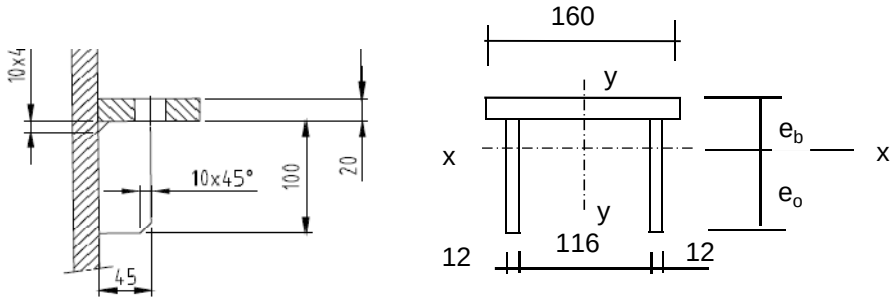
a = 5 mm t = 20 mm

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

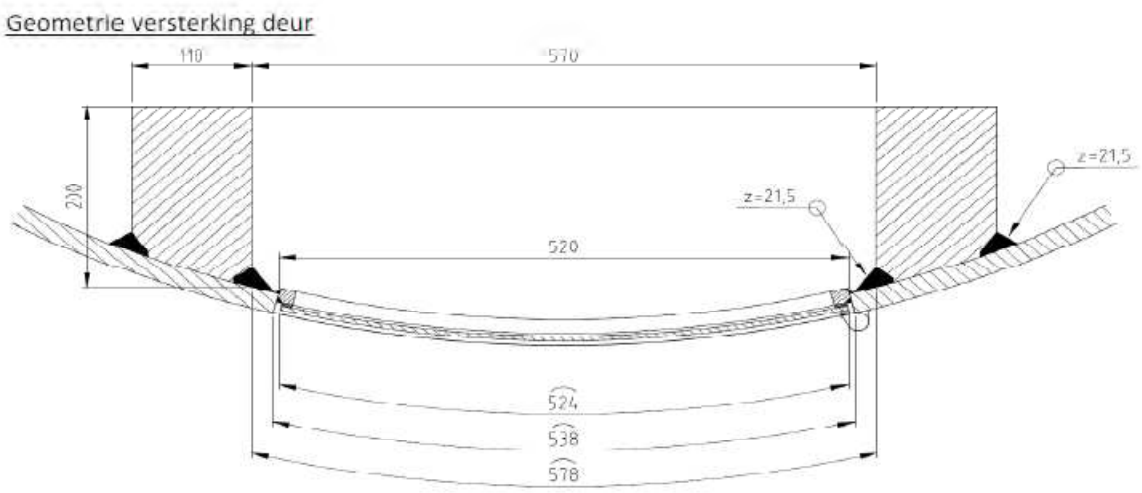
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

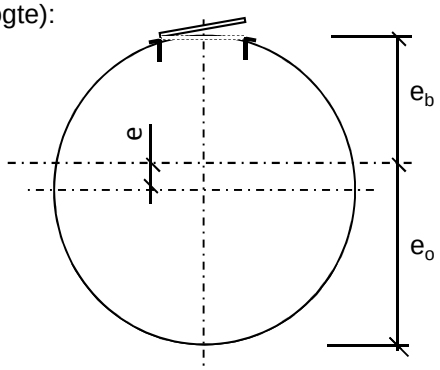
$\sigma_{max.}t_i$ = 1001,5 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 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		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[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		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[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

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W2S400(+27,6)”

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	
02-mast met nieuwe V-brace	31 - 01 - 14	ing. Miko Hakhverdian	M. 31-1-'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(+27,6)”	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 78,35/75,85 m	93
9.7.1.1 Berekening clip	94
9.7.1.2 Controle capaciteit van de aansluiting	98
9.7.2 Hijsbalk op 73,93/69,43 en 63,93/59,43 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 V8.0 - bijlage AD en AD2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S400(+27,6) 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 W2S400(+27,6) zijn de bijlage AD (berekening maststerkte) en bijlage AD2 (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 79,6 meter. De basis diameter van de mast is 2,490 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 26,50 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 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 W2S400(+27,6) zijn de bijlage AD (berekening maststerkte) en bijlage AD2 (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(+27,6)"

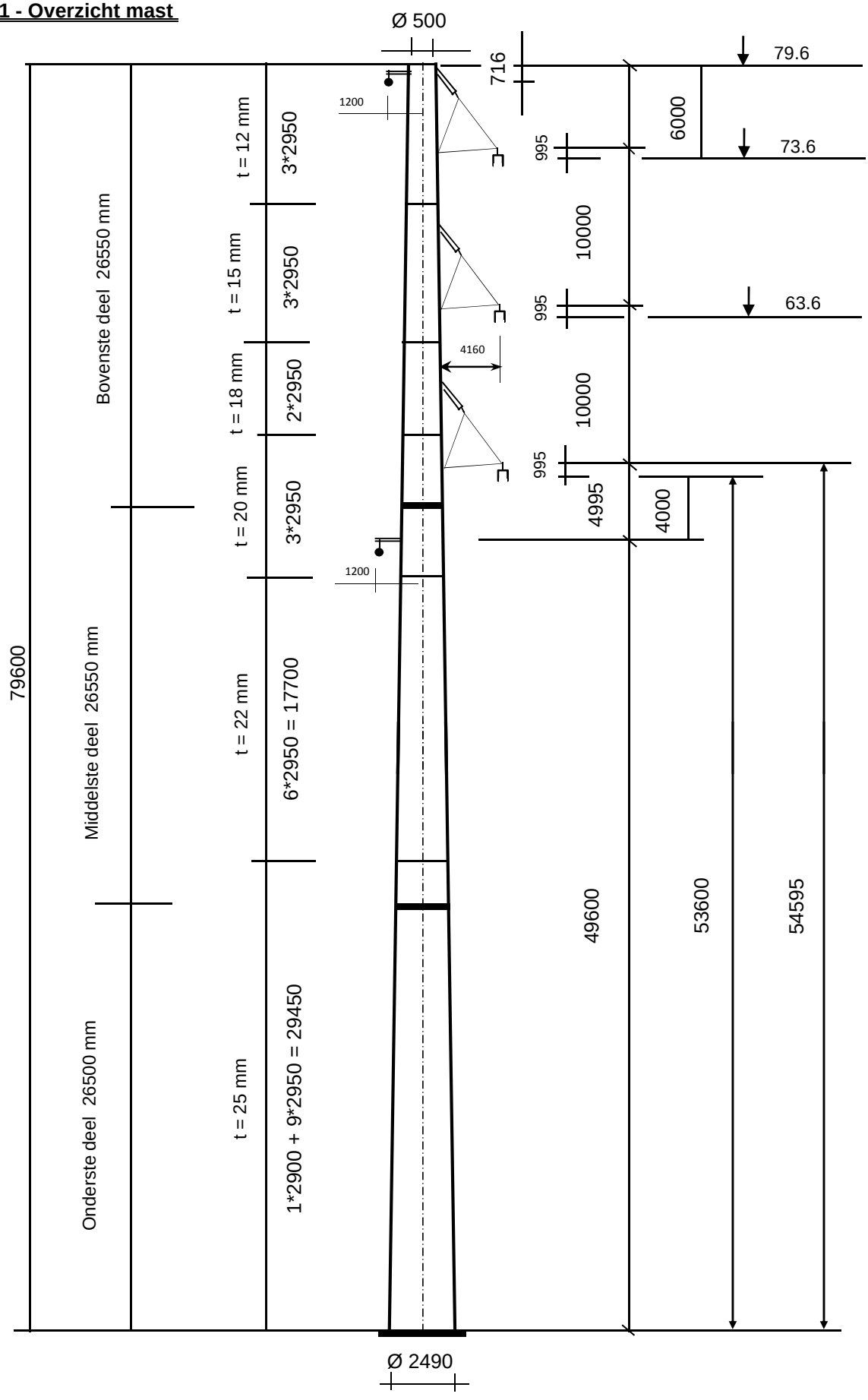
Berekening

W2S400+27,6

79,6 m - 2490 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S400(+27,6)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	32	gem. breedte (m)	1,495

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	79,24
2	2234	574	518	n.v.t.	2	1	77,77
3	2055	625	574	n.v.t.	2	1	75,62
4	895	648	625	n.v.t.	2	1	74,15
5	2950	721	648	n.v.t.	2	1	72,23
6	2950	795	721	n.v.t.	2	1	69,28
7	2950	869	795	n.v.t.	2	1	66,33
8	255	875	869	n.v.t.	2	1	64,72
9	2695	943	875	n.v.t.	2	1	63,25
10	2950	1016	943	n.v.t.	2	1	60,43
11	2950	1090	1016	n.v.t.	2	1	57,48
12	1405	1125	1090	n.v.t.	2	1	55,30
13	1545	1164	1125	n.v.t.	2	1	53,82
14	2950	1238	1164	n.v.t.	2	1	51,58
15	500	1250	1238	n.v.t.	2	1	49,85
16	2450	1311	1250	n.v.t.	2	1	48,38
17	2950	1385	1311	n.v.t.	2	1	45,68
18	2950	1459	1385	n.v.t.	2	1	42,73
19	2950	1533	1459	n.v.t.	2	1	39,78
20	2950	1606	1533	n.v.t.	2	1	36,83
21	2950	1680	1606	n.v.t.	2	1	33,88
22	2950	1754	1680	n.v.t.	2	1	30,93
23	2950	1828	1754	n.v.t.	2	1	27,98
24	2950	1901	1828	n.v.t.	2	1	25,03
25	2950	1975	1901	n.v.t.	2	1	22,08
26	2950	2049	1975	n.v.t.	2	1	19,13
27	2950	2123	2049	n.v.t.	2	1	16,18
28	2950	2196	2123	n.v.t.	2	1	13,23
29	2950	2270	2196	n.v.t.	2	1	10,28
30	2950	2344	2270	n.v.t.	2	1	7,33
31	2950	2418	2344	n.v.t.	2	1	4,38
32	2900	2490	2418	n.v.t.	2	1	1,45
	79600				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	1864	25,0	144464	1134,04	6,11E+10	650,38	6,56E+07
25	1938	25,0	150256	1179,51	6,88E+10	676,45	7,09E+07
26	2012	25,0	156049	1224,98	7,70E+10	702,52	7,66E+07
27	2086	25,0	161841	1270,45	8,59E+10	728,59	8,24E+07
28	2159	25,0	167633	1315,92	9,55E+10	754,67	8,84E+07
29	2233	25,0	173426	1361,39	1,06E+11	780,74	9,47E+07
30	2307	25,0	179218	1406,86	1,17E+11	806,81	1,01E+08
31	2381	25,0	185010	1452,33	1,28E+11	832,89	1,08E+08
32	2454	25,0	190754	1497,42	1,41E+11	858,74	1,15E+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	79600	1 -- 2	1	716	1,87E+04	5,79E+08
2	78884	2 -- 3	2	2234	2,01E+04	7,17E+08
3	76650	3 -- 4	3	2055	2,21E+04	9,56E+08
4	74595	4 -- 5	4	895	2,35E+04	1,15E+09
5	73700	5 -- 6	5	2950	2,53E+04	1,43E+09
6	70750	6 -- 7	6	2950	3,50E+04	2,42E+09
7	67800	7 -- 8	7	2950	3,85E+04	3,21E+09
8	64850	8 -- 9	8	255	4,04E+04	3,71E+09
9	64595	9 -- 10	9	2695	4,21E+04	4,21E+09
10	61900	10 -- 11	10	2950	5,44E+04	6,28E+09
11	58950	11 -- 12	11	2950	5,85E+04	7,84E+09
12	56000	12 -- 13	12	1405	6,83E+04	1,01E+10
13	54595	13 -- 14	13	1545	7,07E+04	1,12E+10
14	53050	14 -- 15	14	2950	7,42E+04	1,29E+10
15	50100	15 -- 16	15	500	7,69E+04	1,44E+10
16	49600	16 -- 17	16	2450	7,92E+04	1,57E+10
17	47150	17 -- 18	17	2950	9,17E+04	2,02E+10
18	44200	18 -- 19	18	2950	9,68E+04	2,37E+10
19	41250	19 -- 20	19	2950	1,02E+05	2,77E+10
20	38300	20 -- 21	20	2950	1,07E+05	3,20E+10
21	35350	21 -- 22	21	2950	1,12E+05	3,68E+10
22	32400	22 -- 23	22	2950	1,17E+05	4,21E+10
23	29450	23 -- 24	23	2950	1,39E+05	5,40E+10
24	26500	24 -- 25	24	2950	1,44E+05	6,11E+10
25	23550	25 -- 26	25	2950	1,50E+05	6,88E+10
26	20600	26 -- 27	26	2950	1,56E+05	7,70E+10
27	17650	27 -- 28	27	2950	1,62E+05	8,59E+10
28	14700	28 -- 29	28	2950	1,68E+05	9,55E+10
29	11750	29 -- 30	29	2950	1,73E+05	1,06E+11
30	8800	30 -- 31	30	2950	1,79E+05	1,17E+11
31	5850	31 -- 32	31	2950	1,85E+05	1,28E+11
32	2900	32 -- 33	32	2900	1,91E+05	1,41E+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	79,24	0,21	1,25	33,81	0,17	1551
2	77,77	0,21	1,25	33,71	0,17	1544
3	75,62	0,21	1,24	33,55	0,17	1533
4	74,15	0,21	1,24	33,44	0,17	1526
5	72,23	0,21	1,23	33,29	0,17	1516
6	69,28	0,21	1,22	33,05	0,17	1500
7	66,33	0,21	1,22	32,81	0,17	1484
8	64,72	0,21	1,21	32,67	0,17	1475
9	63,25	0,21	1,21	32,54	0,17	1467
10	60,43	0,21	1,20	32,28	0,18	1450
11	57,48	0,21	1,19	32,00	0,18	1431
12	55,30	0,21	1,18	31,78	0,18	1417
13	53,82	0,21	1,17	31,63	0,18	1407
14	51,58	0,21	1,16	31,39	0,18	1392
15	49,85	0,21	1,16	31,19	0,18	1380
16	48,38	0,21	1,15	31,02	0,18	1369
17	45,68	0,21	1,14	30,70	0,18	1348
18	42,73	0,21	1,12	30,32	0,19	1325
19	39,78	0,21	1,11	29,92	0,19	1299
20	36,83	0,21	1,09	29,48	0,19	1272
21	33,88	0,21	1,07	29,01	0,19	1243
22	30,93	0,21	1,06	28,50	0,20	1212
23	27,98	0,21	1,03	27,93	0,20	1178
24	25,03	0,21	1,01	27,30	0,21	1141
25	22,08	0,21	0,98	26,59	0,21	1099
26	19,13	0,21	0,95	25,78	0,22	1053
27	16,18	0,21	0,92	24,83	0,23	1000
28	13,23	0,21	0,88	23,69	0,24	937
29	10,28	0,21	0,82	22,27	0,25	861
30	7,33	0,21	0,75	20,35	0,28	762
31	4,38	0,21	0,65	17,44	0,32	621
32	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	1160	400	0,40	0,00	6,58E-02	2831,33
2	2 -- 3	3864	4404	5,96	0,70	6,58E-02	2784,25
3	3 -- 4	3881		9,83	18,34	6,56E-02	2637,44
4	4 -- 5	1788	35193	48,90	42,53	6,53E-02	2502,84
5	5 -- 6	6312		50,69	87,10	6,51E-02	2444,47
6	6 -- 7	8552		57,00	245,95	6,35E-02	2254,48
7	7 -- 8	9357		65,56	426,72	6,15E-02	2069,86
8	8 -- 9	847		74,91	633,91	5,92E-02	1891,55
9	9 -- 10	9315	35563	111,32	653,12	5,90E-02	1876,47
10	10 -- 11	13032		120,64	965,68	5,65E-02	1720,56
11	11 -- 12	13998		133,67	1340,78	5,40E-02	1557,35
12	12 -- 13	7747		147,67	1755,75	5,12E-02	1402,03
13	13 -- 14	8800	36050	191,46	1968,67	5,00E-02	1330,94
14	14 -- 15	17621	4737	205,00	2271,28	4,86E-02	1254,79
15	15 -- 16	3093		222,62	2902,02	4,58E-02	1115,46
16	16 -- 17	15601	9501	235,22	3014,11	4,53E-02	1092,69
17	17 -- 18	21668		250,82	3609,49	4,28E-02	984,67
18	18 -- 19	22848		272,48	4381,36	4,00E-02	862,30
19	19 -- 20	24028		295,33	5218,89	3,72E-02	748,23
20	20 -- 21	25209		319,36	6125,56	3,43E-02	642,60
21	21 -- 22	26389		344,57	7104,86	3,14E-02	545,51
22	22 -- 23	27570		370,96	8160,26	2,85E-02	456,99
23	23 -- 24	32555		398,53	9295,26	2,56E-02	377,07
24	24 -- 25	33897	10602	441,69	10518,93	2,30E-02	305,25
25	25 -- 26	35238		475,58	11871,90	2,05E-02	241,02
26	26 -- 27	36580		510,82	13326,84	1,79E-02	184,38
27	27 -- 28	37921		547,40	14887,72	1,53E-02	135,33
28	28 -- 29	39262		585,32	16558,48	1,27E-02	93,87
29	29 -- 30	40604		624,58	18343,08	1,02E-02	59,98
30	30 -- 31	41945		665,19	20245,49	7,62E-03	33,67
31	31 -- 32	43286		707,13	22269,66	5,06E-03	14,91
32	32 -- 33	43860		750,42	24419,54	2,51E-03	3,69
33			13313	807,59	26659,35	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	116,0	40,0	2,831	4307,26	1235,478
2	2 -- 3	386,4	440,4	2,784	22306,02	6253,941
3	3 -- 4	388,1		2,637	9784,61	2563,491
4	4 -- 5	178,8	3519,3	2,503	90748,18	23139,853
5	5 -- 6	631,2		2,444	14549,17	3484,501
6	6 -- 7	855,2		2,254	18139,59	3998,052
7	7 -- 8	935,7		2,070	18180,97	3670,859
8	8 -- 9	84,7		1,892	1564,70	300,501
9	9 -- 10	931,5	3556,3	1,876	81900,13	15535,397
10	10 -- 11	1303,2		1,721	20952,95	3500,604
11	11 -- 12	1399,8		1,557	20318,76	3064,778
12	12 -- 13	774,7		1,402	10385,61	1446,666
13	13 -- 14	880,0	3605,0	1,331	58229,68	7856,802
14	14 -- 15	1762,1	473,7	1,255	26317,35	3220,745
15	15 -- 16	309,3		1,115	3349,97	377,026
16	16 -- 17	1560,1	950,1	1,093	26080,77	2817,503
17	17 -- 18	2166,8		0,985	19629,45	1847,858
18	18 -- 19	2284,8		0,862	18049,01	1481,569
19	19 -- 20	2402,8		0,748	16392,17	1162,014
20	20 -- 21	2520,9		0,643	14690,84	889,620
21	21 -- 22	2638,9		0,546	12976,20	663,028
22	22 -- 23	2757,0		0,457	11278,81	479,468
23	23 -- 24	3255,5		0,377	10895,45	378,904
24	24 -- 25	3389,7	1060,2	0,305	12257,04	351,655
25	25 -- 26	3523,8		0,241	7352,66	159,418
26	26 -- 27	3658,0		0,184	5736,30	93,473
27	27 -- 28	3792,1		0,135	4263,14	49,802
28	28 -- 29	3926,2		0,094	2962,90	23,234
29	29 -- 30	4060,4		0,060	1865,15	8,903
30	30 -- 31	4194,5		0,034	999,32	2,474
31	31 -- 32	4328,6		0,015	394,76	0,374
32	32 -- 33	4386,0		0,004	79,32	0,015
33			1331,3	0,000	0,00	0,000
				Som	566938	90058

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

$n_{1,x}$	=	0,40	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	833	0,992	0,716	0,70	586,58	0,71
2 -- 3	173	0,957	2,234	2,05	354,25	2,14
3 -- 4	1901	0,908	2,055	1,69	3219,74	1,87
4 -- 5	200	0,874	0,895	0,68	136,47	0,78
5 -- 6	214	0,830	2,950	2,03	434,67	2,45
6 -- 7	290	0,764	2,950	1,72	498,73	2,25
7 -- 8	317	0,700	2,950	1,44	457,92	2,06
8 -- 9	14278	0,665	0,255	0,11	1612,13	0,17
9 -- 10	346	0,635	2,695	1,09	375,86	1,71
10 -- 11	442	0,579	2,950	0,99	436,68	1,71
11 -- 12	474	0,523	2,950	0,81	382,31	1,54
12 -- 13	3117	0,483	1,405	0,33	1020,17	0,68
13 -- 14	876	0,457	1,545	0,32	282,27	0,71
14 -- 15	597	0,419	2,950	0,52	308,73	1,23
15 -- 16	2519	0,390	0,500	0,08	191,50	0,19
16 -- 17	637	0,367	2,450	0,33	209,96	0,90
17 -- 18	734	0,326	2,950	0,31	230,51	0,96
18 -- 19	775	0,284	2,950	0,24	184,82	0,84
19 -- 20	815	0,246	2,950	0,18	144,95	0,72
20 -- 21	855	0,210	2,950	0,13	110,97	0,62
21 -- 22	895	0,177	2,950	0,09	82,71	0,52
22 -- 23	935	0,147	2,950	0,06	59,81	0,43
23 -- 24	1463	0,120	2,950	0,04	62,66	0,36
24 -- 25	1149	0,096	2,950	0,03	31,54	0,28
25 -- 26	1195	0,075	2,950	0,02	19,89	0,22
26 -- 27	1240	0,056	2,950	0,01	11,66	0,17
27 -- 28	1285	0,040	2,950	0,00	6,21	0,12
28 -- 29	1331	0,027	2,950	0,00	2,90	0,08
29 -- 30	1376	0,017	2,950	0,00	1,11	0,05
30 -- 31	1422	0,009	2,950	0,00	0,31	0,03
31 -- 32	1467	0,003	2,950	0,00	0,05	0,01
32 -- 33	1971	0,001	2,900	0,00	0,00	0,00
		Σ	79,60	16,01	11458,06	26,52

m_e = 11458,1 / 16,0 = 715,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,40	Hz
b =	1,50	m
h =	79,60	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	47,76	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	128,96	

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

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	
$v_m(z_s)$ =	30,95	m/s
$v_m(z)$ =	33,84	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,18	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,52	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,22	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	11,81	
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 =	0,99	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,32	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,43

$c_s c_d$ = **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	49,81	1,69E+06	0,80	0,84	0,68
2	49,70	1,81E+06	0,80	0,84	0,68
3	49,53	1,98E+06	0,80	0,84	0,67
4	49,41	2,10E+06	0,80	0,84	0,67
5	49,25	2,25E+06	0,80	0,84	0,67
6	49,00	2,48E+06	0,80	0,84	0,67
7	48,73	2,70E+06	0,80	0,84	0,67
8	48,58	2,82E+06	0,80	0,84	0,67
9	48,44	2,93E+06	0,80	0,84	0,67
10	48,16	3,14E+06	0,80	0,84	0,67
11	47,86	3,36E+06	0,80	0,84	0,67
12	47,62	3,52E+06	0,79	0,84	0,67
13	47,45	3,62E+06	0,79	0,84	0,67
14	47,19	3,78E+06	0,79	0,84	0,67
15	46,98	3,90E+06	0,79	0,84	0,67
16	46,80	4,00E+06	0,79	0,84	0,67
17	46,45	4,17E+06	0,79	0,84	0,67
18	46,04	4,36E+06	0,79	0,84	0,67
19	45,60	4,55E+06	0,79	0,84	0,67
20	45,12	4,72E+06	0,79	0,84	0,66
21	44,60	4,89E+06	0,79	0,84	0,66
22	44,04	5,04E+06	0,79	0,84	0,66
23	43,42	5,18E+06	0,79	0,84	0,66
24	42,73	5,31E+06	0,79	0,84	0,66
25	41,94	5,42E+06	0,78	0,84	0,66
26	41,04	5,51E+06	0,78	0,84	0,66
27	39,99	5,56E+06	0,78	0,84	0,66
28	38,72	5,57E+06	0,78	0,84	0,66
29	37,11	5,52E+06	0,78	0,84	0,65
30	34,92	5,37E+06	0,77	0,84	0,65
31	31,53	5,00E+06	0,77	0,84	0,65
32	30,93	5,06E+06	0,77	0,84	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	78,884	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 V8.0 (23 - 11 - 2012) Appendix - AD en AD2		
1e traverse - 380C1F1	74,595	1			
2e traverse - 380C1F2	64,595	1			
3e traverse - 380C1F3	54,595	1			
Retourstroomgeleider	49,600	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	78,884	1,459
1e traverse - 380C1F1	74,595	4,473
2e traverse - 380C1F2	64,595	4,598
3e traverse - 380C1F3	54,595	4,723
Retourstroomgeleider	49,600	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	78,884	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	74,595	1			
2e traverse - 380C1F2	64,595	1			
3e traverse - 380C1F3	54,595	1			
Retourstroomgeleider	49,600	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	575	0,803
2	3529	335	3864	0,824	0,268	1879	0,841
3	3573	308	3881	0,831	0,247	1843	0,897
4	1654	134	1788	0,384	0,107	836	0,934
5	5870	443	6312	1,360	0,354	2897	0,982
6	8110	443	8552	1,505	0,354	3109	1,054
7	8914	443	9357	1,649	0,354	3314	1,123
8	808	38	847	0,149	0,031	296	1,160
9	8911	404	9315	1,644	0,323	3216	1,193
10	12589	443	13032	1,937	0,354	3703	1,255
11	13555	443	13998	2,080	0,354	3885	1,317
12	7537	211	7747	1,041	0,169	1912	1,361
13	8569	232	8800	1,183	0,185	2146	1,389
14	17178	443	17621	2,367	0,354	4223	1,431
15	3018	75	3093	0,415	0,060	731	1,462
16	15234	368	15601	2,094	0,294	3645	1,488
17	21225	443	21668	2,652	0,354	4519	1,532
18	22405	443	22848	2,795	0,354	4650	1,576
19	23586	443	24028	2,936	0,354	4767	1,616
20	24766	443	25209	3,078	0,354	4869	1,650
21	25947	443	26389	3,219	0,354	4953	1,679
22	27127	443	27570	3,359	0,354	5019	1,701
23	32113	443	32555	3,499	0,354	5062	1,716
24	33454	443	33897	3,638	0,354	5078	1,721
25	34796	443	35238	3,776	0,354	5063	1,716
26	36137	443	36580	3,913	0,354	5009	1,698
27	37478	443	37921	4,048	0,354	4906	1,663
28	38820	443	39262	4,181	0,354	4737	1,606
29	40161	443	40604	4,310	0,354	4475	1,517
30	41502	443	41945	4,432	0,354	4067	1,379
31	42844	443	43286	4,538	0,354	3389	1,149
32	43425	435	43860	4,591	0,348	3293	1,135
	645888	11940	657828	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	92105

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	5091	6596	24034	8568
3	3 -- 4	2266				
4	4 -- 5	2397	40457	51653	80587	58414
5	5 -- 6	2568				
6	6 -- 7	3479				
7	7 -- 8	3806				
8	8 -- 9	3984				
9	9 -- 10	4148	40849	51836	81076	58551
10	10 -- 11	5301				
11	11 -- 12	5694				
12	12 -- 13	6617				
13	13 -- 14	6835	41376	52048	81662	58708
14	14 -- 15	7168	5685	5685	5685	5685
15	15 -- 16	7423				
16	16 -- 17	7641	10931	13884	49372	17774
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	13789	12722	12722	12722	12722
25	25 -- 26	14334				
26	26 -- 27	14880				
27	27 -- 28	15425				
28	28 -- 29	15971				
29	29 -- 30	16517				
30	30 -- 31	17062				
31	31 -- 32	17608				
32	32 -- 33	18149				
33			15976	15976	15976	15976

KEMA rapport - bijlage AD - 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 2830 / 2100 , t = 60 mm ; G = 1331 kg
Flenzen op 26,5m : 2 * rond 1828 / 1505 , t = 80 mm ; G = 1060 kg
Flenzen op 53,05m : 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	803				
2	2 -- 3	841	7886	1575	8102	1576
3	3 -- 4	897				
4	4 -- 5	934	45637	9117	25484	9122
5	5 -- 6	982				
6	6 -- 7	1054				
7	7 -- 8	1123				
8	8 -- 9	1160				
9	9 -- 10	1193	42880	8567	23945	8572
10	10 -- 11	1255				
11	11 -- 12	1317				
12	12 -- 13	1361				
13	13 -- 14	1389	39551	7902	22087	7907
14	14 -- 15	1431				
15	15 -- 16	1462				
16	16 -- 17	1488	12765	2550	13087	2552
17	17 -- 18	1532				
18	18 -- 19	1576				
19	19 -- 20	1616				
20	20 -- 21	1650				
21	21 -- 22	1679				
22	22 -- 23	1701				
23	23 -- 24	1716				
24	24 -- 25	1721				
25	25 -- 26	1716				
26	26 -- 27	1698				
27	27 -- 28	1663				
28	28 -- 29	1606				
29	29 -- 30	1517				
30	30 -- 31	1379				
31	31 -- 32	1149				
32	32 -- 33	1135				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AD2 - 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	1284				
2	2 -- 3	1346	11836	2363	12162	2365
3	3 -- 4	1435				
4	4 -- 5	1494	68487	13678	38241	13686
5	5 -- 6	1571				
6	6 -- 7	1686				
7	7 -- 8	1798				
8	8 -- 9	1856				
9	9 -- 10	1909	64349	12853	35932	12860
10	10 -- 11	2008				
11	11 -- 12	2107				
12	12 -- 13	2177				
13	13 -- 14	2223	59351	11855	33143	11862
14	14 -- 15	2290				
15	15 -- 16	2340				
16	16 -- 17	2381	19155	3826	19645	3829
17	17 -- 18	2451				
18	18 -- 19	2522				
19	19 -- 20	2585				
20	20 -- 21	2641				
21	21 -- 22	2687				
22	22 -- 23	2722				
23	23 -- 24	2745				
24	24 -- 25	2754				
25	25 -- 26	2746				
26	26 -- 27	2717				
27	27 -- 28	2661				
28	28 -- 29	2569				
29	29 -- 30	2427				
30	30 -- 31	2206				
31	31 -- 32	1838				
32	32 -- 33	1817				
33		0				

KEMA rapport - bijlage AD - 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	575		0	0,00E+00	1,08E-02	465
2	2 -- 3	1879		575	2,50E+05	1,08E-02	458
3	3 -- 4	1843		2454	3,86E+06	1,08E-02	434
4	4 -- 5	836		4297	1,18E+07	1,07E-02	411
5	5 -- 6	2897		5133	1,65E+07	1,07E-02	402
6	6 -- 7	3109		8030	3,76E+07	1,04E-02	371
7	7 -- 8	3314		11139	6,78E+07	1,01E-02	340
8	8 -- 9	296		14453	1,08E+08	9,74E-03	311
9	9 -- 10	3216		14749	1,12E+08	9,71E-03	309
10	10 -- 11	3703		17965	1,59E+08	9,30E-03	283
11	11 -- 12	3885		21668	2,21E+08	8,88E-03	256
12	12 -- 13	1912		25553	2,94E+08	8,43E-03	231
13	13 -- 14	2146		27464	3,33E+08	8,22E-03	219
14	14 -- 15	4223		29611	3,80E+08	7,99E-03	206
15	15 -- 16	731		33833	4,78E+08	7,52E-03	183
16	16 -- 17	3645		34565	4,96E+08	7,44E-03	180
17	17 -- 18	4519		38210	5,90E+08	7,04E-03	162
18	18 -- 19	4650		42729	7,14E+08	6,59E-03	142
19	19 -- 20	4767		47379	8,53E+08	6,13E-03	123
20	20 -- 21	4869		52146	1,00E+09	5,66E-03	106
21	21 -- 22	4953		57014	1,17E+09	5,18E-03	90
22	22 -- 23	5019		61968	1,35E+09	4,70E-03	75
23	23 -- 24	5062		66987	1,55E+09	4,22E-03	62
24	24 -- 25	5078		72048	1,76E+09	3,79E-03	50
25	25 -- 26	5063		77127	1,98E+09	3,36E-03	39
26	26 -- 27	5009		82190	2,22E+09	2,94E-03	30
27	27 -- 28	4906		87199	2,48E+09	2,51E-03	22
28	28 -- 29	4737		92105	2,74E+09	2,08E-03	15
29	29 -- 30	4475		96842	3,03E+09	1,66E-03	10
30	30 -- 31	4067		101316	3,32E+09	1,24E-03	5
31	31 -- 32	3389		105384	3,63E+09	8,17E-04	2
32	32 -- 33	3293		108773	3,95E+09	4,03E-04	1
33		0		112066	4,27E+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	4,34E-02	1616
2	2 -- 3		7886	7886	1,78E+05	4,34E-02	1585
3	3 -- 4			7886	1,87E+07	4,32E-02	1488
4	4 -- 5		45637	53523	3,91E+07	4,30E-02	1400
5	5 -- 6			53523	8,88E+07	4,27E-02	1361
6	6 -- 7			53523	2,54E+08	4,11E-02	1237
7	7 -- 8			53523	4,19E+08	3,92E-02	1119
8	8 -- 9			53523	5,85E+08	3,70E-02	1006
9	9 -- 10		42880	96403	6,00E+08	3,68E-02	997
10	10 -- 11			96403	8,71E+08	3,46E-02	901
11	11 -- 12			96403	1,17E+09	3,23E-02	802
12	12 -- 13			96403	1,47E+09	3,00E-02	710
13	13 -- 14		39551	135954	1,61E+09	2,89E-02	669
14	14 -- 15			135954	1,83E+09	2,78E-02	625
15	15 -- 16			135954	2,24E+09	2,56E-02	546
16	16 -- 17		12765	148719	2,32E+09	2,52E-02	533
17	17 -- 18			148719	2,69E+09	2,34E-02	473
18	18 -- 19			148719	3,15E+09	2,13E-02	407
19	19 -- 20			148719	3,61E+09	1,94E-02	347
20	20 -- 21			148719	4,06E+09	1,74E-02	293
21	21 -- 22			148719	4,52E+09	1,55E-02	244
22	22 -- 23			148719	4,97E+09	1,37E-02	201
23	23 -- 24			148719	5,42E+09	1,20E-02	163
24	24 -- 25			148719	5,88E+09	1,05E-02	130
25	25 -- 26			148719	6,33E+09	9,12E-03	101
26	26 -- 27			148719	6,78E+09	7,78E-03	76
27	27 -- 28			148719	7,23E+09	6,51E-03	55
28	28 -- 29			148719	7,68E+09	5,29E-03	38
29	29 -- 30			148719	8,13E+09	4,13E-03	24
30	30 -- 31			148719	8,57E+09	3,02E-03	13
31	31 -- 32			148719	9,01E+09	1,96E-03	6
32	32 -- 33			148719	9,46E+09	9,50E-04	1
33				148719	9,89E+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	8,67E-03	323
2	2 -- 3		1575	1575	3,55E+04	8,67E-03	317
3	3 -- 4			1575	3,74E+06	8,64E-03	297
4	4 -- 5		9117	10693	7,81E+06	8,58E-03	280
5	5 -- 6			10693	1,77E+07	8,54E-03	272
6	6 -- 7			10693	5,06E+07	8,21E-03	247
7	7 -- 8			10693	8,37E+07	7,82E-03	224
8	8 -- 9			10693	1,17E+08	7,39E-03	201
9	9 -- 10		8567	19260	1,20E+08	7,35E-03	199
10	10 -- 11			19260	1,74E+08	6,91E-03	180
11	11 -- 12			19260	2,33E+08	6,45E-03	160
12	12 -- 13			19260	2,93E+08	5,98E-03	142
13	13 -- 14		7902	27162	3,21E+08	5,78E-03	134
14	14 -- 15			27162	3,65E+08	5,56E-03	125
15	15 -- 16			27162	4,48E+08	5,12E-03	109
16	16 -- 17		2550	29712	4,63E+08	5,04E-03	106
17	17 -- 18			29712	5,38E+08	4,67E-03	95
18	18 -- 19			29712	6,29E+08	4,27E-03	81
19	19 -- 20			29712	7,20E+08	3,87E-03	69
20	20 -- 21			29712	8,11E+08	3,48E-03	59
21	21 -- 22			29712	9,02E+08	3,10E-03	49
22	22 -- 23			29712	9,93E+08	2,74E-03	40
23	23 -- 24			29712	1,08E+09	2,40E-03	33
24	24 -- 25			29712	1,17E+09	2,10E-03	26
25	25 -- 26			29712	1,26E+09	1,82E-03	20
26	26 -- 27			29712	1,35E+09	1,56E-03	15
27	27 -- 28			29712	1,44E+09	1,30E-03	11
28	28 -- 29			29712	1,53E+09	1,06E-03	7
29	29 -- 30			29712	1,62E+09	8,25E-04	5
30	30 -- 31			29712	1,71E+09	6,03E-04	3
31	31 -- 32			29712	1,80E+09	3,92E-04	1
32	32 -- 33			29712	1,89E+09	1,90E-04	0
33				29712	1,98E+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	2,74E-02	1002
2	2 -- 3		8102	8102	1,12E+05	2,74E-02	982
3	3 -- 4			8102	1,88E+07	2,72E-02	921
4	4 -- 5		25484	33586	3,81E+07	2,69E-02	866
5	5 -- 6			33586	6,93E+07	2,67E-02	841
6	6 -- 7			33586	1,73E+08	2,56E-02	764
7	7 -- 8			33586	2,76E+08	2,43E-02	690
8	8 -- 9			33586	3,80E+08	2,29E-02	621
9	9 -- 10		23945	57531	3,90E+08	2,27E-02	615
10	10 -- 11			57531	5,52E+08	2,13E-02	555
11	11 -- 12			57531	7,29E+08	1,99E-02	495
12	12 -- 13			57531	9,07E+08	1,84E-02	438
13	13 -- 14		22087	79618	9,92E+08	1,78E-02	413
14	14 -- 15			79618	1,12E+09	1,71E-02	386
15	15 -- 16			79618	1,37E+09	1,58E-02	337
16	16 -- 17		13087	92705	1,41E+09	1,55E-02	329
17	17 -- 18			92705	1,64E+09	1,44E-02	292
18	18 -- 19			92705	1,93E+09	1,32E-02	252
19	19 -- 20			92705	2,21E+09	1,19E-02	215
20	20 -- 21			92705	2,50E+09	1,07E-02	181
21	21 -- 22			92705	2,78E+09	9,59E-03	151
22	22 -- 23			92705	3,06E+09	8,48E-03	124
23	23 -- 24			92705	3,34E+09	7,41E-03	101
24	24 -- 25			92705	3,63E+09	6,51E-03	80
25	25 -- 26			92705	3,91E+09	5,64E-03	63
26	26 -- 27			92705	4,19E+09	4,82E-03	47
27	27 -- 28			92705	4,47E+09	4,03E-03	34
28	28 -- 29			92705	4,75E+09	3,27E-03	23
29	29 -- 30			92705	5,03E+09	2,56E-03	15
30	30 -- 31			92705	5,31E+09	1,87E-03	8
31	31 -- 32			92705	5,58E+09	1,21E-03	4
32	32 -- 33			92705	5,86E+09	5,88E-04	1
33				92705	6,13E+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	8,67E-03	323
2	2 -- 3		1576	1576	3,56E+04	8,67E-03	317
3	3 -- 4			1576	3,74E+06	8,64E-03	298
4	4 -- 5		9122	10698	7,81E+06	8,59E-03	280
5	5 -- 6			10698	1,78E+07	8,54E-03	272
6	6 -- 7			10698	5,07E+07	8,21E-03	247
7	7 -- 8			10698	8,37E+07	7,83E-03	224
8	8 -- 9			10698	1,17E+08	7,39E-03	201
9	9 -- 10		8572	19270	1,20E+08	7,35E-03	199
10	10 -- 11			19270	1,74E+08	6,91E-03	180
11	11 -- 12			19270	2,33E+08	6,46E-03	160
12	12 -- 13			19270	2,93E+08	5,99E-03	142
13	13 -- 14		7907	27177	3,21E+08	5,78E-03	134
14	14 -- 15			27177	3,65E+08	5,56E-03	125
15	15 -- 16			27177	4,49E+08	5,12E-03	109
16	16 -- 17		2552	29728	4,63E+08	5,04E-03	107
17	17 -- 18			29728	5,39E+08	4,67E-03	95
18	18 -- 19			29728	6,30E+08	4,27E-03	81
19	19 -- 20			29728	7,21E+08	3,87E-03	69
20	20 -- 21			29728	8,12E+08	3,48E-03	59
21	21 -- 22			29728	9,03E+08	3,10E-03	49
22	22 -- 23			29728	9,94E+08	2,74E-03	40
23	23 -- 24			29728	1,08E+09	2,40E-03	33
24	24 -- 25			29728	1,17E+09	2,10E-03	26
25	25 -- 26			29728	1,27E+09	1,82E-03	20
26	26 -- 27			29728	1,36E+09	1,56E-03	15
27	27 -- 28			29728	1,45E+09	1,30E-03	11
28	28 -- 29			29728	1,53E+09	1,06E-03	7
29	29 -- 30			29728	1,62E+09	8,25E-04	5
30	30 -- 31			29728	1,71E+09	6,03E-04	3
31	31 -- 32			29728	1,80E+09	3,92E-04	1
32	32 -- 33			29728	1,89E+09	1,90E-04	0
33				29728	1,98E+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	9,32E-03	218
2	2 -- 3				6,43E+06	9,32E-03	212
3	3 -- 4				6,43E+06	9,42E-03	191
4	4 -- 5				1,51E+08	9,48E-03	171
5	5 -- 6				1,51E+08	8,92E-03	163
6	6 -- 7				1,51E+08	7,44E-03	139
7	7 -- 8				1,51E+08	6,57E-03	118
8	8 -- 9				1,51E+08	5,91E-03	100
9	9 -- 10				3,14E+08	5,86E-03	98
10	10 -- 11				3,14E+08	4,90E-03	84
11	11 -- 12				3,14E+08	4,19E-03	70
12	12 -- 13				3,14E+08	3,63E-03	59
13	13 -- 14				4,85E+08	3,42E-03	54
14	14 -- 15				4,85E+08	3,10E-03	49
15	15 -- 16				4,85E+08	2,58E-03	40
16	16 -- 17				4,67E+08	2,50E-03	39
17	17 -- 18				4,67E+08	2,15E-03	33
18	18 -- 19				4,67E+08	1,82E-03	28
19	19 -- 20				4,67E+08	1,55E-03	23
20	20 -- 21				4,67E+08	1,31E-03	18
21	21 -- 22				4,67E+08	1,10E-03	15
22	22 -- 23				4,67E+08	9,26E-04	12
23	23 -- 24				4,67E+08	7,70E-04	9
24	24 -- 25				4,67E+08	6,49E-04	7
25	25 -- 26				4,67E+08	5,41E-04	6
26	26 -- 27				4,67E+08	4,46E-04	4
27	27 -- 28				4,67E+08	3,61E-04	3
28	28 -- 29				4,67E+08	2,84E-04	2
29	29 -- 30				4,67E+08	2,15E-04	1
30	30 -- 31				4,67E+08	1,53E-04	1
31	31 -- 32				4,67E+08	9,71E-05	0
32	32 -- 33				4,67E+08	4,59E-05	0
33					4,67E+08	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

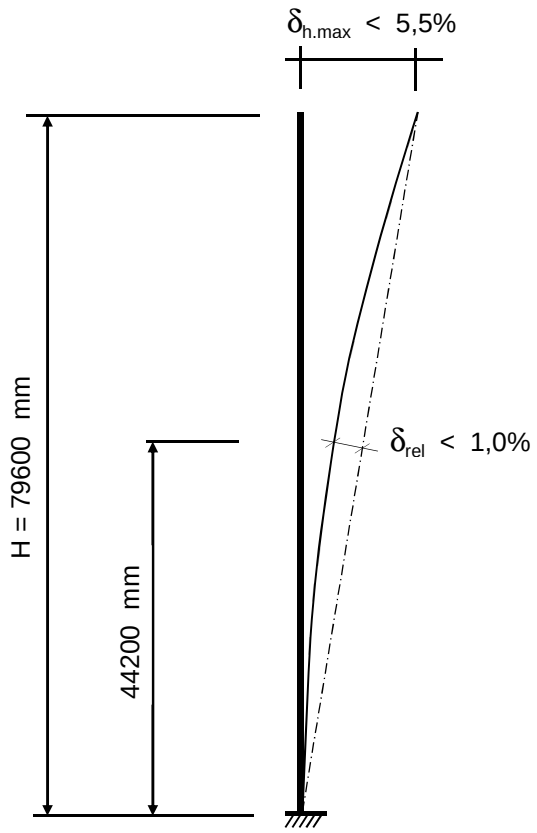
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

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	6,4E-02	2300
2	2 -- 3	6,4E-02	2255
3	3 -- 4	6,3E-02	2113
4	4 -- 5	6,3E-02	1982
5	5 -- 6	6,2E-02	1926
6	6 -- 7	5,9E-02	1747
7	7 -- 8	5,6E-02	1577
8	8 -- 9	5,3E-02	1417
9	9 -- 10	5,2E-02	1404
10	10 -- 11	4,9E-02	1267
11	11 -- 12	4,5E-02	1128
12	12 -- 13	4,2E-02	999
13	13 -- 14	4,1E-02	941
14	14 -- 15	3,9E-02	880
15	15 -- 16	3,6E-02	770
16	16 -- 17	3,5E-02	752
17	17 -- 18	3,3E-02	669
18	18 -- 19	3,0E-02	577
19	19 -- 20	2,7E-02	493
20	20 -- 21	2,4E-02	417
21	21 -- 22	2,2E-02	349
22	22 -- 23	1,9E-02	288
23	23 -- 24	1,7E-02	234
24	24 -- 25	1,5E-02	187
25	25 -- 26	1,3E-02	146
26	26 -- 27	1,1E-02	110
27	27 -- 28	9,4E-03	80
28	28 -- 29	7,7E-03	55
29	29 -- 30	6,0E-03	35
30	30 -- 31	4,4E-03	19
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 = 2300 mm ----> δ_h *100 / 79600

Percentage uitbuig. = 2,89 % 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 = 44200 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 577 mm
α = 1,66 graden

δ_{rel} = 700 mm ----> δ_h *100 / 79600

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	862	480	0	0,00E+00	1,65E-02	716
2	2 -- 3	2819	6964	919	3,29E+05	1,65E-02	704
3	3 -- 4	2764	11601	3927	5,74E+06	1,65E-02	667
4	4 -- 5	1254	56715	6875	1,68E+07	1,64E-02	634
5	5 -- 6	4346	58860	8212	2,36E+07	1,63E-02	619
6	6 -- 7	4663	66435	12848	5,47E+07	1,59E-02	571
7	7 -- 8	4971	76698	17822	9,99E+07	1,55E-02	525
8	8 -- 9	444	87926	23125	1,60E+08	1,49E-02	480
9	9 -- 10	4824	129791	23598	1,66E+08	1,49E-02	476
10	10 -- 11	5554	140969	28744	2,37E+08	1,43E-02	437
11	11 -- 12	5827	156607	34668	3,30E+08	1,36E-02	396
12	12 -- 13	2868	173404	40884	4,42E+08	1,29E-02	356
13	13 -- 14	3220	224078	43943	5,01E+08	1,26E-02	338
14	14 -- 15	6334	240323	47377	5,72E+08	1,23E-02	319
15	15 -- 16	1097	261468	54134	7,22E+08	1,16E-02	284
16	16 -- 17	5468	276110	55303	7,49E+08	1,15E-02	278
17	17 -- 18	6779	294831	61136	8,92E+08	1,09E-02	251
18	18 -- 19	6975	320832	68367	1,08E+09	1,02E-02	220
19	19 -- 20	7150	348250	75806	1,30E+09	9,46E-03	191
20	20 -- 21	7303	377084	83433	1,53E+09	8,75E-03	164
21	21 -- 22	7430	407334	91223	1,79E+09	8,02E-03	139
22	22 -- 23	7528	439001	99149	2,07E+09	7,28E-03	116
23	23 -- 24	7593	472084	107179	2,37E+09	6,54E-03	96
24	24 -- 25	7617	523873	115277	2,70E+09	5,89E-03	78
25	25 -- 26	7595	564549	123403	3,05E+09	5,22E-03	61
26	26 -- 27	7514	606835	131504	3,43E+09	4,56E-03	47
27	27 -- 28	7359	650730	139518	3,83E+09	3,90E-03	34
28	28 -- 29	7105	696235	147368	4,25E+09	3,24E-03	24
29	29 -- 30	6712	743350	154947	4,70E+09	2,58E-03	15
30	30 -- 31	6101	792074	162106	5,17E+09	1,93E-03	8
31	31 -- 32	5084	842408	168614	5,65E+09	1,28E-03	4
32	32 -- 33	4939	894352	174037	6,16E+09	6,30E-04	1
33		0	962960	179305	6,67E+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	6,25E-02	2333
2	2 -- 3		11836	11836	0,00E+00	6,25E-02	2289
3	3 -- 4			11836	2,64E+07	6,23E-02	2149
4	4 -- 5		68487	80323	5,08E+07	6,19E-02	2022
5	5 -- 6			80323	1,23E+08	6,16E-02	1966
6	6 -- 7			80323	3,60E+08	5,92E-02	1787
7	7 -- 8			80323	5,97E+08	5,65E-02	1616
8	8 -- 9			80323	8,34E+08	5,33E-02	1454
9	9 -- 10		64349	144672	8,54E+08	5,31E-02	1441
10	10 -- 11			144672	1,24E+09	4,99E-02	1302
11	11 -- 12			144672	1,67E+09	4,66E-02	1159
12	12 -- 13			144672	2,10E+09	4,32E-02	1027
13	13 -- 14		59351	204023	2,30E+09	4,18E-02	967
14	14 -- 15			204023	2,62E+09	4,01E-02	904
15	15 -- 16			204023	3,22E+09	3,70E-02	790
16	16 -- 17		19155	223179	3,32E+09	3,64E-02	771
17	17 -- 18			223179	3,87E+09	3,38E-02	685
18	18 -- 19			223179	4,52E+09	3,08E-02	590
19	19 -- 20			223179	5,18E+09	2,80E-02	503
20	20 -- 21			223179	5,84E+09	2,52E-02	424
21	21 -- 22			223179	6,50E+09	2,25E-02	354
22	22 -- 23			223179	7,16E+09	1,99E-02	292
23	23 -- 24			223179	7,82E+09	1,74E-02	237
24	24 -- 25			223179	8,48E+09	1,52E-02	189
25	25 -- 26			223179	9,13E+09	1,32E-02	147
26	26 -- 27			223179	9,79E+09	1,13E-02	110
27	27 -- 28			223179	1,05E+10	9,44E-03	80
28	28 -- 29			223179	1,11E+10	7,68E-03	54
29	29 -- 30			223179	1,18E+10	5,99E-03	34
30	30 -- 31			223179	1,24E+10	4,38E-03	19
31	31 -- 32			223179	1,31E+10	2,85E-03	8
32	32 -- 33			223179	1,37E+10	1,38E-03	2
33				223179	1,44E+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	1,25E-02	466
2	2 -- 3		2363	2363	0,00E+00	1,25E-02	457
3	3 -- 4			2363	5,28E+06	1,24E-02	429
4	4 -- 5		13678	16042	1,01E+07	1,24E-02	404
5	5 -- 6			16042	2,45E+07	1,23E-02	393
6	6 -- 7			16042	7,18E+07	1,18E-02	357
7	7 -- 8			16042	1,19E+08	1,13E-02	323
8	8 -- 9			16042	1,66E+08	1,07E-02	290
9	9 -- 10		12853	28894	1,71E+08	1,06E-02	288
10	10 -- 11			28894	2,48E+08	9,96E-03	260
11	11 -- 12			28894	3,34E+08	9,31E-03	232
12	12 -- 13			28894	4,19E+08	8,63E-03	205
13	13 -- 14		11855	40750	4,60E+08	8,34E-03	193
14	14 -- 15			40750	5,22E+08	8,02E-03	180
15	15 -- 16			40750	6,43E+08	7,39E-03	158
16	16 -- 17		3826	44576	6,63E+08	7,28E-03	154
17	17 -- 18			44576	7,72E+08	6,75E-03	137
18	18 -- 19			44576	9,04E+08	6,16E-03	118
19	19 -- 20			44576	1,04E+09	5,59E-03	100
20	20 -- 21			44576	1,17E+09	5,03E-03	85
21	21 -- 22			44576	1,30E+09	4,49E-03	71
22	22 -- 23			44576	1,43E+09	3,97E-03	58
23	23 -- 24			44576	1,56E+09	3,47E-03	47
24	24 -- 25			44576	1,69E+09	3,04E-03	38
25	25 -- 26			44576	1,82E+09	2,64E-03	29
26	26 -- 27			44576	1,96E+09	2,25E-03	22
27	27 -- 28			44576	2,09E+09	1,89E-03	16
28	28 -- 29			44576	2,22E+09	1,53E-03	11
29	29 -- 30			44576	2,35E+09	1,20E-03	7
30	30 -- 31			44576	2,48E+09	8,76E-04	4
31	31 -- 32			44576	2,61E+09	5,69E-04	2
32	32 -- 33			44576	2,74E+09	2,76E-04	0
33				44576	2,87E+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	3,94E-02	1446
2	2 -- 3		12162	12162	0,00E+00	3,94E-02	1418
3	3 -- 4			12162	2,72E+07	3,92E-02	1330
4	4 -- 5		38241	50403	5,22E+07	3,88E-02	1250
5	5 -- 6			50403	9,73E+07	3,86E-02	1215
6	6 -- 7			50403	2,46E+08	3,69E-02	1104
7	7 -- 8			50403	3,95E+08	3,50E-02	997
8	8 -- 9			50403	5,43E+08	3,30E-02	897
9	9 -- 10		35932	86335	5,56E+08	3,28E-02	889
10	10 -- 11			86335	7,89E+08	3,07E-02	803
11	11 -- 12			86335	1,04E+09	2,87E-02	715
12	12 -- 13			86335	1,30E+09	2,66E-02	633
13	13 -- 14		33143	119478	1,42E+09	2,57E-02	597
14	14 -- 15			119478	1,60E+09	2,47E-02	558
15	15 -- 16			119478	1,96E+09	2,28E-02	488
16	16 -- 17		19645	139123	2,02E+09	2,24E-02	476
17	17 -- 18			139123	2,36E+09	2,08E-02	423
18	18 -- 19			139123	2,77E+09	1,90E-02	364
19	19 -- 20			139123	3,18E+09	1,73E-02	311
20	20 -- 21			139123	3,59E+09	1,55E-02	262
21	21 -- 22			139123	4,00E+09	1,39E-02	219
22	22 -- 23			139123	4,41E+09	1,23E-02	180
23	23 -- 24			139123	4,82E+09	1,07E-02	146
24	24 -- 25			139123	5,23E+09	9,43E-03	117
25	25 -- 26			139123	5,64E+09	8,18E-03	91
26	26 -- 27			139123	6,05E+09	6,98E-03	68
27	27 -- 28			139123	6,46E+09	5,84E-03	49
28	28 -- 29			139123	6,87E+09	4,75E-03	34
29	29 -- 30			139123	7,28E+09	3,71E-03	21
30	30 -- 31			139123	7,69E+09	2,72E-03	12
31	31 -- 32			139123	8,10E+09	1,76E-03	5
32	32 -- 33			139123	8,51E+09	8,56E-04	1
33				139123	8,92E+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	1,25E-02	466
2	2 -- 3		2365	2365	0,00E+00	1,25E-02	457
3	3 -- 4			2365	5,28E+06	1,25E-02	430
4	4 -- 5		13686	16051	1,01E+07	1,24E-02	404
5	5 -- 6			16051	2,45E+07	1,23E-02	393
6	6 -- 7			16051	7,19E+07	1,18E-02	357
7	7 -- 8			16051	1,19E+08	1,13E-02	323
8	8 -- 9			16051	1,67E+08	1,07E-02	291
9	9 -- 10		12860	28911	1,71E+08	1,06E-02	288
10	10 -- 11			28911	2,49E+08	9,96E-03	260
11	11 -- 12			28911	3,34E+08	9,31E-03	232
12	12 -- 13			28911	4,19E+08	8,64E-03	205
13	13 -- 14		11862	40774	4,60E+08	8,35E-03	193
14	14 -- 15			40774	5,23E+08	8,02E-03	181
15	15 -- 16			40774	6,43E+08	7,39E-03	158
16	16 -- 17		3829	44602	6,63E+08	7,28E-03	154
17	17 -- 18			44602	7,73E+08	6,75E-03	137
18	18 -- 19			44602	9,04E+08	6,17E-03	118
19	19 -- 20			44602	1,04E+09	5,59E-03	101
20	20 -- 21			44602	1,17E+09	5,03E-03	85
21	21 -- 22			44602	1,30E+09	4,49E-03	71
22	22 -- 23			44602	1,43E+09	3,97E-03	58
23	23 -- 24			44602	1,56E+09	3,47E-03	47
24	24 -- 25			44602	1,69E+09	3,05E-03	38
25	25 -- 26			44602	1,83E+09	2,64E-03	29
26	26 -- 27			44602	1,96E+09	2,26E-03	22
27	27 -- 28			44602	2,09E+09	1,89E-03	16
28	28 -- 29			44602	2,22E+09	1,53E-03	11
29	29 -- 30			44602	2,35E+09	1,20E-03	7
30	30 -- 31			44602	2,48E+09	8,76E-04	4
31	31 -- 32			44602	2,61E+09	5,69E-04	2
32	32 -- 33			44602	2,75E+09	2,76E-04	0
33				44602	2,88E+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	1,07E-02	251
2	2 -- 3				7,43E+06	1,07E-02	243
3	3 -- 4				7,43E+06	1,08E-02	219
4	4 -- 5				1,74E+08	1,09E-02	197
5	5 -- 6				1,74E+08	1,03E-02	187
6	6 -- 7				1,74E+08	8,55E-03	159
7	7 -- 8				1,74E+08	7,54E-03	136
8	8 -- 9				1,74E+08	6,78E-03	115
9	9 -- 10				3,61E+08	6,73E-03	113
10	10 -- 11				3,61E+08	5,63E-03	96
11	11 -- 12				3,61E+08	4,82E-03	81
12	12 -- 13				3,61E+08	4,17E-03	68
13	13 -- 14				5,57E+08	3,93E-03	62
14	14 -- 15				5,57E+08	3,56E-03	56
15	15 -- 16				5,57E+08	2,96E-03	46
16	16 -- 17				5,37E+08	2,87E-03	45
17	17 -- 18				5,37E+08	2,47E-03	38
18	18 -- 19				5,37E+08	2,10E-03	32
19	19 -- 20				5,37E+08	1,78E-03	26
20	20 -- 21				5,37E+08	1,50E-03	21
21	21 -- 22				5,37E+08	1,27E-03	17
22	22 -- 23				5,37E+08	1,06E-03	14
23	23 -- 24				5,37E+08	8,85E-04	11
24	24 -- 25				5,37E+08	7,45E-04	8
25	25 -- 26				5,37E+08	6,22E-04	6
26	26 -- 27				5,37E+08	5,12E-04	5
27	27 -- 28				5,37E+08	4,14E-04	3
28	28 -- 29				5,37E+08	3,26E-04	2
29	29 -- 30				5,37E+08	2,47E-04	1
30	30 -- 31				5,37E+08	1,76E-04	1
31	31 -- 32				5,37E+08	1,11E-04	0
32	32 -- 33				5,37E+08	5,27E-05	0
33					5,37E+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	6,96	12,76	34,97
3	3 -- 4	11,60	15,76	24,76
4	4 -- 5	56,71	87,20	382,26
5	5 -- 6	58,86	88,54	429,27
6	6 -- 7	66,44	93,17	587,78
7	7 -- 8	76,70	98,15	869,97
8	8 -- 9	87,93	103,45	1167,32
9	9 -- 10	129,79	168,27	1381,57
10	10 -- 11	140,97	173,42	1841,99
11	11 -- 12	156,61	179,34	2362,30
12	12 -- 13	173,40	185,56	2900,52
13	13 -- 14	224,08	247,97	3358,78
14	14 -- 15	240,32	251,40	3744,54
15	15 -- 16	261,47	258,16	4496,14
16	16 -- 17	276,11	278,48	4605,63
17	17 -- 18	294,83	284,31	5295,05
18	18 -- 19	320,83	291,55	6144,45
19	19 -- 20	348,25	298,98	7015,48
20	20 -- 21	377,08	306,61	7908,73
21	21 -- 22	407,33	314,40	8824,73
22	22 -- 23	439,00	322,33	9763,90
23	23 -- 24	472,08	330,36	10726,61
24	24 -- 25	523,87	338,46	11713,11
25	25 -- 26	564,55	346,58	12723,54
26	26 -- 27	606,84	354,68	13757,91
27	27 -- 28	650,73	362,70	14816,04
28	28 -- 29	696,24	370,55	15897,58
29	29 -- 30	743,35	378,13	17001,87
30	30 -- 31	792,07	385,28	18127,90
31	31 -- 32	842,41	391,79	19274,09
32	32 -- 33	894,35	397,22	20437,87
33		962,96	402,48	21597,44

)* - 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	34,97	6,96	45	35,3	836,9	0,04
2	500 / 721	24,76	11,60	142	26,7	1034,2	0,03
3	500 / 721	382,26	56,71	130	391,6	1234,1	0,32
4	500 / 721	429,27	58,86	56	441,9	1326,7	0,34
5	500 / 721	587,78	66,44	179	612,3	1655,5	0,38
6	721 / 943	869,97	76,70	170	907,5	2497,4	0,37
7	721 / 943	1167,32	87,93	160	1219,0	2996,7	0,41
8	721 / 943	1381,57	129,79	13	1435,0	3042,0	0,48
9	721 / 943	1841,99	140,97	136	1914,6	3541,5	0,55
10	943 / 1090	2362,30	156,61	139	2456,7	4914,2	0,51
11	943 / 1090	2900,52	173,40	129	3017,3	5673,8	0,54
12	1090/ 1311	3358,78	224,08	58	3488,6	6691,5	0,53
13	1090/ 1311	3744,54	240,32	61	3889,1	7171,6	0,55
14	1090/ 1311	4496,14	261,47	110	4669,5	8134,4	0,58
15	1090/ 1311	4605,63	276,11	18	4783,9	8303,6	0,59
16	1090/ 1311	5295,05	294,83	83	5497,8	9157,9	0,61
17	1311/ 1754	6144,45	320,83	92	6376,7	11217,4	0,58
18	1311/ 1754	7015,48	348,25	84	7277,0	12474,0	0,59
19	1311/ 1754	7908,73	377,08	76	8198,8	13797,3	0,60
20	1311/ 1754	8824,73	407,33	68	9142,6	15187,4	0,61
21	1311/ 1754	9763,90	439,00	61	10108,5	16644,2	0,62
22	1311/ 1754	10726,61	472,08	54	11096,5	18167,7	0,62
23	1754/ 2490	11713,11	523,87	47	12107,7	22341,4	0,55
24	1754/ 2490	12723,54	564,55	41	13141,5	24219,7	0,55
25	1754/ 2490	13757,91	606,84	36	14197,5	26173,8	0,55
26	1754/ 2490	14816,04	650,73	30	15275,4	28203,7	0,55
27	1754/ 2490	15897,58	696,24	25	16374,4	30309,5	0,55
28	1754/ 2490	17001,87	743,35	20	17493,7	32491,0	0,55
29	1754/ 2490	18127,90	792,07	15	18631,9	34748,4	0,55
30	1754/ 2490	19274,09	842,41	11	19787,2	37081,7	0,55
31	1754/ 2490	20437,87	894,35	6	20956,6	39490,7	0,54
32	1754/ 2490	21597,44	962,96	2	22118,2	41932,8	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
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
1901	25,0	76,05	0,81	301	355
1975	25,0	79,00	0,81	294	355
2049	25,0	81,95	0,81	287	355
2123	25,0	84,90	0,81	281	355
2196	25,0	87,85	0,81	275	355
2270	25,0	90,80	0,81	270	355
2344	25,0	93,75	0,81	264	355
2418	25,0	96,70	0,81	260	355
2490	25,0	99,60	0,81	255	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	15,52	0,37	355	355	0,04
2	500 / 721	10,17	0,58	355	355	0,03
3	500 / 721	122,82	2,56	355	355	0,35
4	500 / 721	122,57	2,50	355	355	0,35
5	500 / 721	146,23	2,62	355	353	0,42
6	721 / 943	142,25	2,19	355	355	0,41
7	721 / 943	157,86	2,28	355	355	0,45
8	721 / 943	168,72	3,21	355	355	0,48
9	721 / 943	206,78	3,35	355	342	0,59
10	943 / 1090	191,47	2,88	355	355	0,55
11	943 / 1090	202,59	2,96	355	351	0,58
12	1090/ 1311	191,16	3,28	355	355	0,55
13	1090/ 1311	199,24	3,40	355	355	0,57
14	1090/ 1311	216,82	3,52	355	346	0,62
15	1090/ 1311	206,63	3,59	355	343	0,59
16	1090/ 1311	223,68	3,72	355	332	0,64
17	1311/ 1754	213,28	3,50	355	342	0,61
18	1311/ 1754	218,23	3,60	355	330	0,63
19	1311/ 1754	221,72	3,70	355	319	0,64
20	1311/ 1754	224,08	3,81	355	309	0,64
21	1311/ 1754	225,59	3,92	355	300	0,65
22	1311/ 1754	226,43	4,03	355	292	0,65
23	1754/ 2490	200,56	3,78	355	309	0,58
24	1754/ 2490	200,47	3,91	355	301	0,58
25	1754/ 2490	200,11	4,04	355	294	0,58
26	1754/ 2490	199,52	4,17	355	287	0,58
27	1754/ 2490	198,75	4,30	355	281	0,58
28	1754/ 2490	197,84	4,43	355	275	0,57
29	1754/ 2490	196,80	4,57	355	270	0,57
30	1754/ 2490	195,64	4,70	355	264	0,57
31	1754/ 2490	194,36	4,83	355	260	0,57
32	1754/ 2490	192,91	5,05	355	255	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

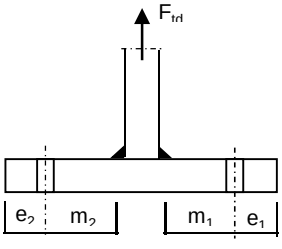
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

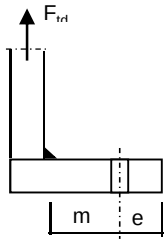
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

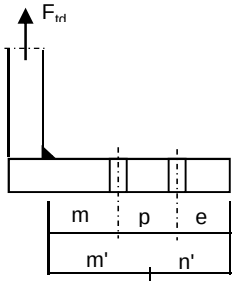
Flenzen en voetplaat:



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		2680					
st.c binnenkant		2250					
2465	56	608,64	7,19	33	M 48 - 8,8	848,4	0,72
flenzen op 26,50 m hoogte.							
st.c buitenkant		1625,00					
1625,00	40	707,71	8,46	24	M 48 - 10,9	1060,6	0,67
flenzen op 53,05 m hoogte.							
st.c buitenkant		965,00					
965,00	24	636,71	10,48	14	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							
2680,00	2250,00	88,2	75,0	75,0			252,4
2680,00	2250,00	88,2	75,0	75,0			300,7
flenzen op 26,50 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 53,05 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 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	7,61E+07	3451,40	1712,46	1696,90	1696,90	1217,27	0,72
60	9,07E+07	4111,00	1890,71	1696,90	1696,90	1217,27	0,72
flenzen op 26,50 m hoogte.							
80	6,84E+07	1969,66	1019,93	1060,56	1019,93	707,71	0,69
80	6,84E+07	1969,66	1019,93	1060,56	1019,93	707,71	0,69
flenzen op 53,05 m hoogte.							
60	3,81E+07	1049,36	767,18	1060,56	767,18	636,71	0,83
60	3,81E+07	1049,36	767,18	1060,56	767,18	636,71	0,83
	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 / 2490	0,40	1,495	0,18	3,32

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	2831	1,000		1,000			
2	2784	0,983	1 -- 2	0,992	116	480	833,0
3	2637	0,932	2 -- 3	0,957	386		173,0
4	2503	0,884	3 -- 4	0,908	388	3519	1901,4
5	2444	0,863	4 -- 5	0,874	179		199,8
6	2254	0,796	5 -- 6	0,830	631		214,0
7	2070	0,731	6 -- 7	0,764	855		289,9
8	1892	0,668	7 -- 8	0,700	936		317,2
9	1876	0,663	8 -- 9	0,665	85	3556	14278,3
10	1721	0,608	9 -- 10	0,635	932		345,6
11	1557	0,550	10 -- 11	0,579	1303		441,8
12	1402	0,495	11 -- 12	0,523	1400		474,5
13	1331	0,470	12 -- 13	0,483	775	3605	3117,2
14	1255	0,443	13 -- 14	0,457	880	474	876,2
15	1115	0,394	14 -- 15	0,419	1762		597,3
16	1093	0,386	15 -- 16	0,390	309	950	2518,7
17	985	0,348	16 -- 17	0,367	1560		636,8
18	862	0,305	17 -- 18	0,326	2167		734,5
19	748	0,264	18 -- 19	0,284	2285		774,5
20	643	0,227	19 -- 20	0,246	2403		814,5
21	546	0,193	20 -- 21	0,210	2521		854,5
22	457	0,161	21 -- 22	0,177	2639		894,5
23	377	0,133	22 -- 23	0,147	2757		934,6
24	305	0,108	23 -- 24	0,120	3256	1060	1463,0
25	241	0,085	24 -- 25	0,096	3390		1149,0
26	184	0,065	25 -- 26	0,075	3524		1194,5
27	135	0,048	26 -- 27	0,056	3658		1240,0
28	94	0,033	27 -- 28	0,040	3792		1285,5
29	60	0,021	28 -- 29	0,027	3926		1330,9
30	34	0,012	29 -- 30	0,017	4060		1376,4
31	15	0,005	30 -- 31	0,009	4194		1421,9
32	4	0,001	31 -- 32	0,003	4329		1467,3
33	0	0,000	32 -- 33	0,001	4386	1331	1971,5

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	833	0,992	0,716	0,70	586,58	0,71
2 -- 3	173	0,957	2,234	2,05	354,25	2,14
3 -- 4	1901	0,908	2,055	1,69	3219,74	1,87
4 -- 5	200	0,874	0,895	0,68	136,47	0,78
5 -- 6	214	0,830	2,950	2,03	434,67	2,45
6 -- 7	290	0,764	2,950	1,72	498,73	2,25
7 -- 8	317	0,700	2,950	1,44	457,92	2,06
8 -- 9	14278	0,665	0,255	0,11	1612,13	0,17
9 -- 10	346	0,635	2,695	1,09	375,86	1,71
10 -- 11	442	0,579	2,950	0,99	436,68	1,71
11 -- 12	474	0,523	2,950	0,81	382,31	1,54
12 -- 13	3117	0,483	1,405	0,33	1020,17	0,68
13 -- 14	876	0,457	1,545	0,32	282,27	0,71
14 -- 15	597	0,419	2,950	0,52	308,73	1,23
15 -- 16	2519	0,390	0,500	0,08	191,50	0,19
16 -- 17	637	0,367	2,450	0,33	209,96	0,90
17 -- 18	734	0,326	2,950	0,31	230,51	0,96
18 -- 19	775	0,284	2,950	0,24	184,82	0,84
19 -- 20	815	0,246	2,950	0,18	144,95	0,72
20 -- 21	855	0,210	2,950	0,13	110,97	0,62
21 -- 22	895	0,177	2,950	0,09	82,71	0,52
22 -- 23	935	0,147	2,950	0,06	59,81	0,43
23 -- 24	1463	0,120	2,950	0,04	62,66	0,36
24 -- 25	1149	0,096	2,950	0,03	31,54	0,28
25 -- 26	1195	0,075	2,950	0,02	19,89	0,22
26 -- 27	1240	0,056	2,950	0,01	11,66	0,17
27 -- 28	1285	0,040	2,950	0,00	6,21	0,12
28 -- 29	1331	0,027	2,950	0,00	2,90	0,08
29 -- 30	1376	0,017	2,950	0,00	1,11	0,05
30 -- 31	1422	0,009	2,950	0,00	0,31	0,03
31 -- 32	1467	0,003	2,950	0,00	0,05	0,01
32 -- 33	1971	0,001	2,900	0,00	0,00	0,00
		Σ	79,60	16,01	11458,06	26,52

m_e = 11458,1 / 16,0 = 715,6 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 / 2490	715,6	0,030	1,25	1,495	15,4

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 = 15,4

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 = 26,52 / (4 * π * 16,01) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,495 * 3,32 / $15*10^{-6}$ = 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 = 8,97 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 8,04 / 26,52 = 0,30

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,065 * 0,132 * 0,30 * 0,605060 = 0,049

$y_{F;max}$ = 1,495 * 0,049 = 0,073 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		53369	53369	0,00E+00	3,9E-02	1000
2	2 -- 3			53369	3,82E+07	3,9E-02	972
3	3 -- 4			53369	1,57E+08	3,7E-02	887
4	4 -- 5			53369	2,67E+08	3,5E-02	812
5	5 -- 6			53369	3,15E+08	3,4E-02	781
6	6 -- 7			53369	4,72E+08	3,0E-02	685
7	7 -- 8			53369	6,30E+08	2,7E-02	600
8	8 -- 9			53369	7,87E+08	2,4E-02	525
9	9 -- 10			53369	8,01E+08	2,4E-02	519
10	10 -- 11			53369	9,45E+08	2,1E-02	458
11	11 -- 12			53369	1,10E+09	1,9E-02	399
12	12 -- 13			53369	1,26E+09	1,7E-02	347
13	13 -- 14			53369	1,33E+09	1,6E-02	324
14	14 -- 15			53369	1,42E+09	1,5E-02	300
15	15 -- 16			53369	1,57E+09	1,3E-02	259
16	16 -- 17			53369	1,60E+09	1,3E-02	252
17	17 -- 18			53369	1,73E+09	1,2E-02	222
18	18 -- 19			53369	1,89E+09	1,1E-02	189
19	19 -- 20			53369	2,05E+09	9,4E-03	159
20	20 -- 21			53369	2,20E+09	8,3E-03	133
21	21 -- 22			53369	2,36E+09	7,3E-03	110
22	22 -- 23			53369	2,52E+09	6,3E-03	90
23	23 -- 24			53369	2,68E+09	5,5E-03	73
24	24 -- 25			53369	2,83E+09	4,8E-03	58
25	25 -- 26			53369	2,99E+09	4,1E-03	45
26	26 -- 27			53369	3,15E+09	3,5E-03	33
27	27 -- 28			53369	3,31E+09	2,9E-03	24
28	28 -- 29			53369	3,46E+09	2,3E-03	16
29	29 -- 30			53369	3,62E+09	1,8E-03	10
30	30 -- 31			53369	3,78E+09	1,3E-03	6
31	31 -- 32			53369	3,94E+09	8,5E-04	2
32	32 -- 33			53369	4,09E+09	4,1E-04	1
33				53369	4,25E+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	518	12,0	2357564	16	0,0726	2,4
2	574	12,0	2913237	54	0,0726	7,8
3	625	12,0	3476303	77	0,0726	11,1
4	648	12,0	3737084	84	0,0726	12,2
5	721	12,0	4663453	101	0,0726	14,7
6	795	15,0	7034908	90	0,0726	13,0
7	869	15,0	8441362	93	0,0726	13,5
8	875	15,0	8568954	93	0,0726	13,6
9	943	15,0	9975969	95	0,0726	13,7
10	1016	18,0	13842705	80	0,0726	11,6
11	1090	18,0	15982425	79	0,0726	11,4
12	1125	20,0	18849313	71	0,0726	10,3
13	1164	20,0	20201624	70	0,0726	10,2
14	1238	20,0	22913886	69	0,0726	10,0
15	1250	20,0	23390527	68	0,0726	9,9
16	1311	20,0	25797021	67	0,0726	9,7
17	1385	22,0	31598283	60	0,0726	8,7
18	1459	22,0	35138007	58	0,0726	8,5
19	1533	22,0	38865690	57	0,0726	8,2
20	1606	22,0	42781333	55	0,0726	8,0
21	1680	22,0	46884935	54	0,0726	7,8
22	1754	22,0	51176497	52	0,0726	7,6
23	1828	25,0	62933496	45	0,0726	6,5
24	1901	25,0	68224424	44	0,0726	6,4
25	1975	25,0	73728942	43	0,0726	6,2
26	2049	25,0	79447051	42	0,0726	6,0
27	2123	25,0	85378750	41	0,0726	5,9
28	2196	25,0	91524040	40	0,0726	5,7
29	2270	25,0	97882921	39	0,0726	5,6
30	2344	25,0	104455393	38	0,0726	5,5
31	2418	25,0	111241456	37	0,0726	5,3
32	2490	25,0	118120692	36	0,0726	5,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,40 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 3,32 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 = 75,115 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,24

$V_m(z)$ = 33,5 m/s

V_o = 33,5 * 20 / 100 = 6,70 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,40 * [3,32 / 6,70]^2 * \exp[-(3,32 / 6,70)^2]$ = 7,35E+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.

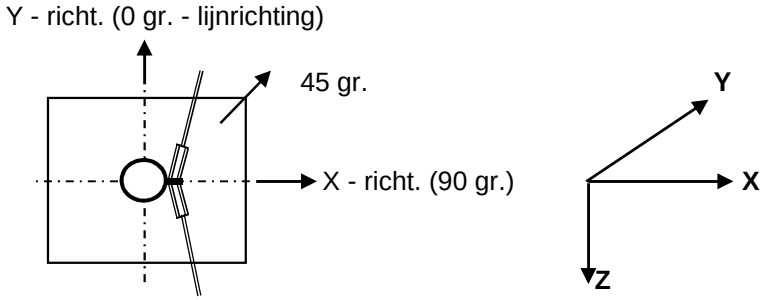
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$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	9,41	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
4							
5	Lasnaad	14,67	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
6	Lasnaad	17,64	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
7	Lasnaad	15,59	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
8	Lasnaad	16,24	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
9							
10	Lasnaad	16,49	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
11	Lasnaad	13,86	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
12	Lasnaad	13,72	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
13							
14	flenzen	12,21	35	19,25	1,000E+10	7,35E+07	0,01
15	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
16							
17	Lasnaad	11,69	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
18	Lasnaad	10,41	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
19	Lasnaad	10,14	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
20	Lasnaad	9,88	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
21	Lasnaad	9,61	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
22	Lasnaad	9,36	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
23	Lasnaad	9,11	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
24	flenzen	7,84	35	19,25	1,000E+10	7,35E+07	0,01
25	Lasnaad	7,63	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
26	Lasnaad	7,44	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
27	Lasnaad	7,25	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
28	Lasnaad	7,06	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
29	Lasnaad	6,89	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
30	Lasnaad	6,72	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
31	Lasnaad	6,56	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
32	Lasnaad	6,41	45	24,75	1,000E+10	7,35E+07	0,01
33	voetplaat	6,26	35	19,25	1,000E+10	7,35E+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			824			
2 - Windbelasting mast	179				6671	
3 - Belasting geval 1a	223		139		14926	
4 - Belasting geval 1b	45		176		3554	
5 - Belasting geval 3	139		317		9911	
6 - Belasting geval 4	45		202		3639	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	402		**963**		**21597**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	78		1000		4805	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	190		1141		11787	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	78		1026		4889	

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	14226	kNm	21597	kNm	21597	kNm
Dwarskracht	261	kN	402	kN	402	kN
Verticale kracht	808	kN	963	kN	727	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		2680,00					
st.c binnenkant		2250,00					
2465	56	608,64	7,19	33	M 48 - 8,8	848,45	0,72
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2680,00					
st.c binnenkant		2250,00					
2465	56	397,79	4,66	33	M 48 - 8,8	848,45	0,47

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 608,6 kN

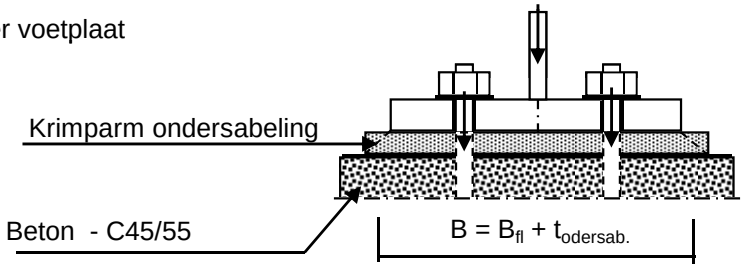
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 397,8 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 643,0 + 1,00 * 397,8 = 1040,8 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

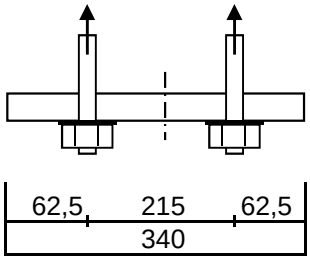
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	365,0	mm	D =	2465	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	405,0	mm			

A_{voetpl} = 405 * 2*π*D / n = 112012 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 18,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

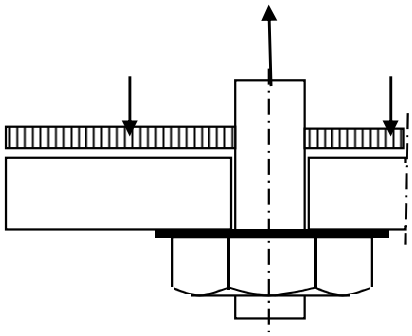


D = 2465 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 340 * $2*\pi*D / n$ = 94035 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,9 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

$M_{Ed;st}$ = 25283 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1392 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 49514 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 49514 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1392 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} = 49514 / 79875,0 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 220,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1392 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 46,4 N/mm^2

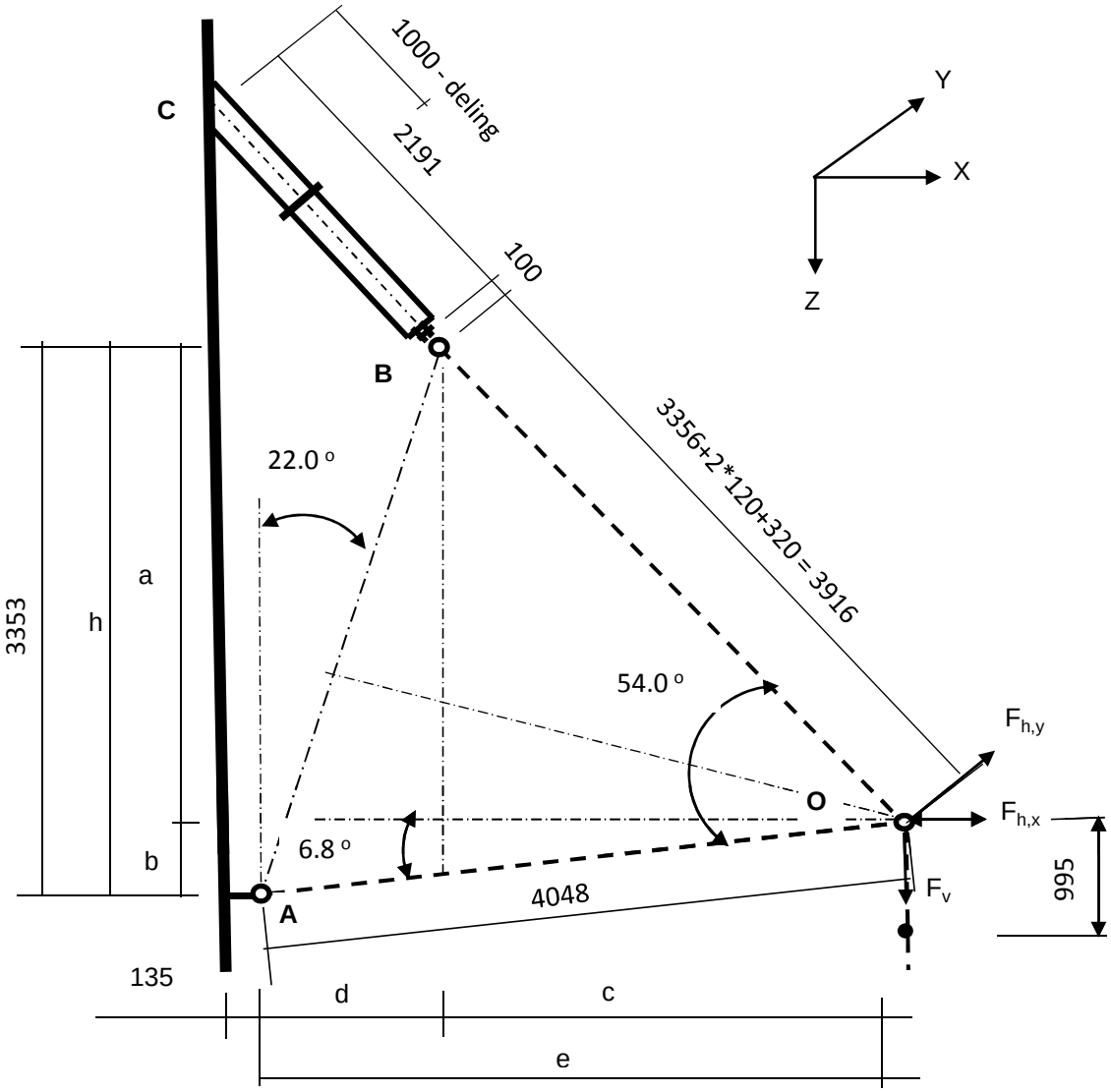
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (220,1^2 + 3*46,4^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 234 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 AD
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))	34244	278132	20229	34244	-278132	20229
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	19121	272335	40293	19121	-272335	40293
BG 1a - (+wind (45 gr))	17112	195150	22595	17112	-195150	22595
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	9559	248013	42159	9559	-248013	42159

$F_{h,x}$ = 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))	40457	±	68487	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	80587	±	38241	0
BG 1a - (wind (45 gr))	45189	±	34223	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	84318	±	19117	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))	27,9	0,00	-3,3	40,5	0,00	43,8
BG 1a - (-wind (90 gr))	-95,4	0,00	11,4	26,9	0,00	29,1
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-32,8	0,00	3,9	71,0	0,00	76,7
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-101,6	0,00	12,1	63,4	0,00	68,5
BG 1a - (+wind (45 gr))	-6,9	0,00	0,8	41,1	0,00	44,4
BG 1a - (-wind (45 gr))	-68,5	0,00	8,2	34,3	0,00	37,0
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-53,1	0,00	6,3	72,2	0,00	78,0
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-87,5	0,00	10,4	68,4	0,00	73,9

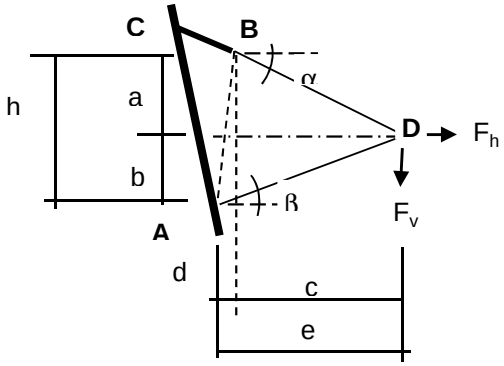
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

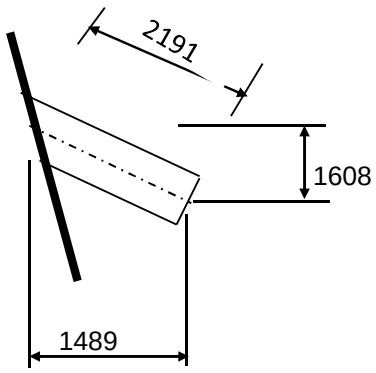
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	40,55	0,00	43,79	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	26,93	0,00	29,08	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	71,01	0,00	76,68	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	63,40	0,00	68,47	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	41,09	0,00	44,37	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (45 gr))	34,28	0,00	37,02	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	72,22	0,00	77,99	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	68,41	0,00	73,88	0,00	0,00

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	33714	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



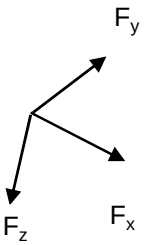


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	60,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	33,71	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	-7,07	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	-3,71	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	67,07	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	30,00	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o}$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^{o} * \sin 47{,}2^{o} - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^{o} * \cos 47{,}2^{o}$ =

$F_{y,Ed}$ =	67,07	kN
$F_{z,Ed}$ =	10,62	kN
$F_{x,Ed}$ =	28,06	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
28,06	67,07	10,62	99,84	23,27	146,95

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} = { 71,0^2 + 76,7^2 }^{0,5} = 104,51 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 104,51 / 2894 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 8,5 N/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,00	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	0,0	N/mm^2
N_{Ed} =	60,47	kN ;	σ_N =	4,9	N/mm^2
			σ_{max} =	4,9	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	28,06	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,3	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	23,27	/	217	=	0,11	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		25,4	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	146,95	/	217	=	0,68	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		160,3	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	99,84	/	251	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		54,5	N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 67,07 / 835 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 11,0 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 10,62 / 835 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 1,7 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 25,4^2 + 162,6^2 \}^{0,5} = 164,6$ 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} = 191 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))

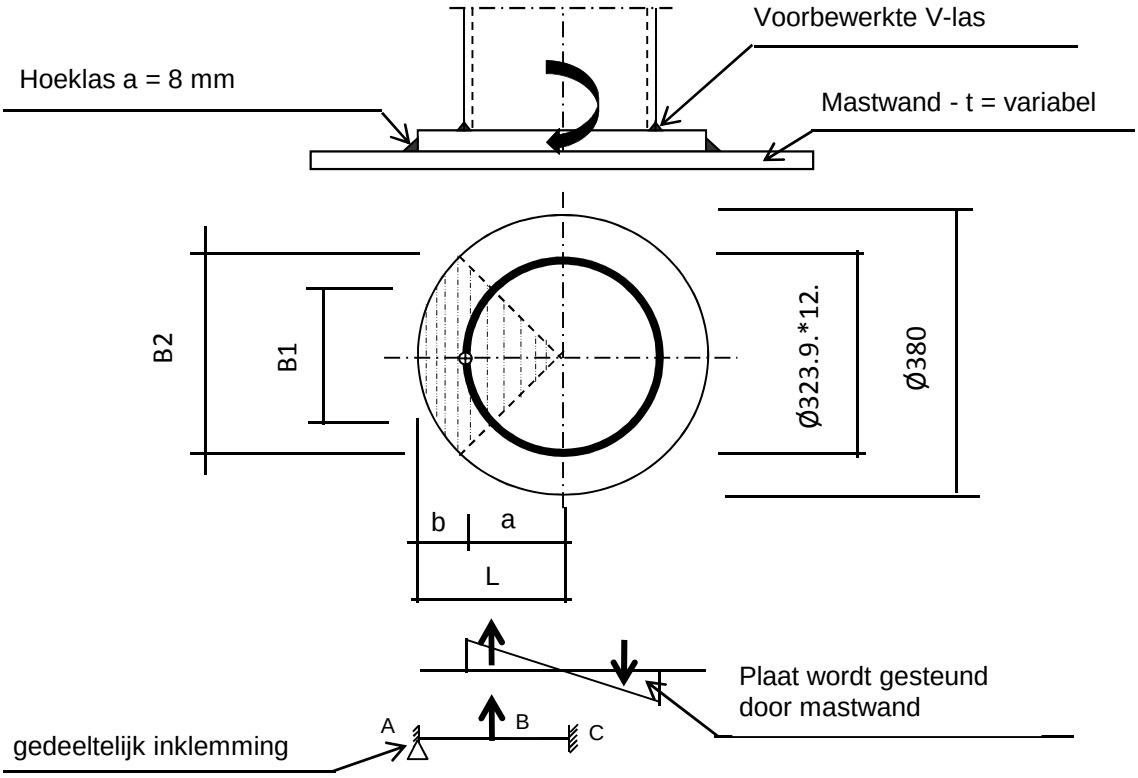
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 : 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} = 148,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 423,5 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) = 9,27 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 330,4 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 8,63 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,55 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 398,5 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 8,6 * 32,0% = 2,76 kNm

$M_{B;Ed}$ = 9,3 * 68,0% + 2,5 * 32,0% = 7,12 kNm

$R_{A;Ed}$ = 330,4 * 68,0% + 398,5 * 32,0% = 352,2 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

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,76 / 11,04 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 59,2 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 7,12 / 9,41 = 0,76 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 179,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 352,2 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 47,2 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 55,4 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 203,1 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 130,9 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 104,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 130,9 + 104,3 = 235,2 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 130,9 - 104,3 = 26,6 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 239,6 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 239,6 / 302,2 = 0,79 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 235,2 / 244,8 = 0,96 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 79,149 m hoogte (380 kV op 73,6m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,96 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 34,97 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,042

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 398,8 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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 23,27 / 398,8 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 162,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 146,95 / 162,6 = 0,90 < 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

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 146,95 / 162,6 = 0,90 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 69,149 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 71,57 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 736,91 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 402,5 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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 23,27 / 402,5 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 149,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 146,95 / 149,6 = 0,98 < 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

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 146,95 / 149,6 = 0,98 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 59,149 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 148,79 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2318,98 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,48 of n_p = -0,469

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 414,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 23,27 / 414,3 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 166,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 146,95 / 166,5 = 0,88 < 1,0 -- Voldoet

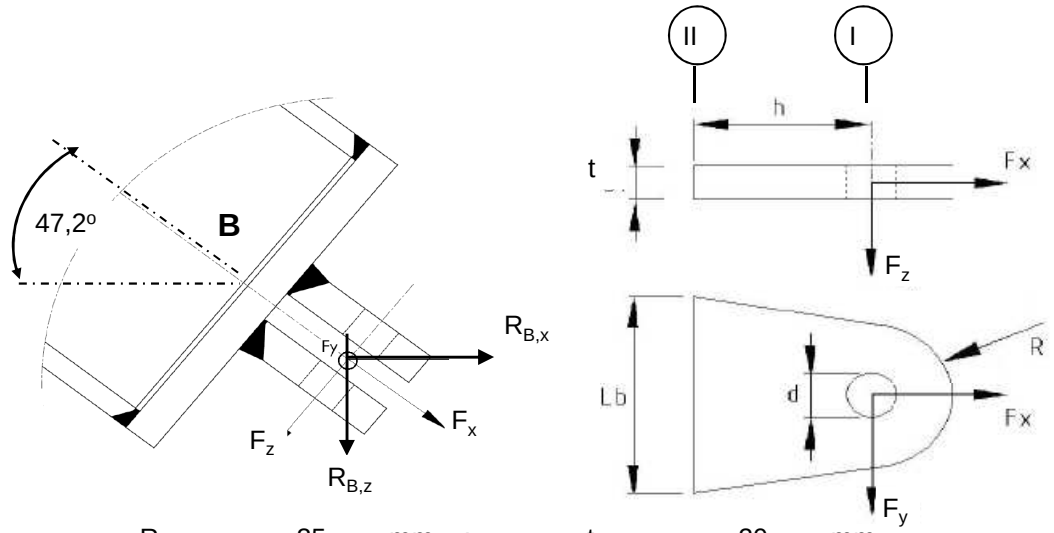
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 146,95 / 166,5 = 0,88 < 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))	40,55	0,00	43,79	59,68	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	26,93	0,00	29,08	39,63	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	71,01	0,00	76,68	104,51	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	63,40	0,00	68,47	93,31	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	41,09	0,00	44,37	60,47	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	34,28	0,00	37,02	50,46	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	72,22	0,00	77,99	106,29	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	68,41	0,00	73,88	100,69	0,00	0,000
BG bundelbreuk	0,00	67,07	30,00	28,06	67,07	10,622

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 53,1 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 =	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} =	14,03	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,425	kNm
$V_{z,Ed}$ =	10,62	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	1,341	kNm
$V_{y,Ed}$ =	33,54	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	14,03	/	947	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,5	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	1,34	/	32	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,1	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,42	/	3,2	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		31,9	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	10,62	/	547	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		2,7	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	33,54	/	547	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		8,4	N/mm^2

$\sigma_{b,max}$ = 45,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 48 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))

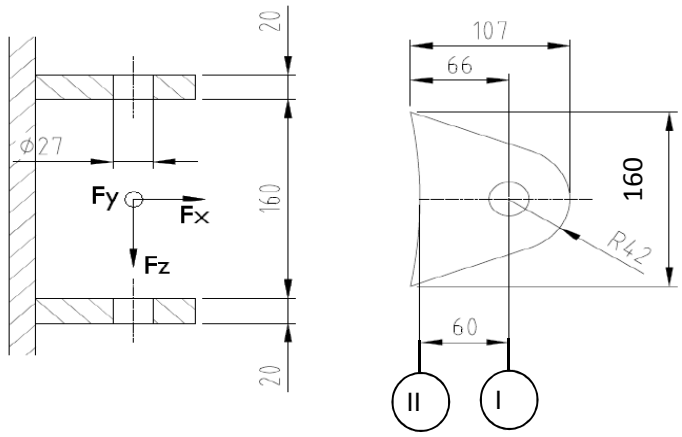
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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))	27,94	0,00	-3,33	27,94	0,00	3,33
BG 1a - (-wind (90 gr))	-95,42	0,00	11,38	95,42	0,00	11,38
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	-32,77	0,00	3,91	32,77	0,00	3,91
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-101,64	0,00	12,12	101,64	0,00	12,12
BG 1a - (+wind (45 gr))	-6,86	0,00	0,82	6,86	0,00	0,82
BG 1a - (-wind (45 gr))	-68,50	0,00	8,17	68,50	0,00	8,17
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-53,10	0,00	6,33	53,10	0,00	6,33
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-87,53	0,00	10,44	87,53	0,00	10,44
BG bundelbreuk	0,00	-7,07	-3,71	0,00	7,07	3,71

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 50,8 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} =	47,71	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,683	kNm
$V_{z,Ed}$ =	11,38	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	47,71	/	757	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,9	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,68	/	2,5	=	0,27	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		64,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	11,38	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,6	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 78,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

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))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 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} = 23,9 + 29,3 = 53,1 kN

σ_1 =					46,9	N/mm^2
τ_1 =					46,9	N/mm^2
τ_2 =	0					
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			93,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	93,9	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	46,9	/	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
28,06	67,07	10,62	54,27	12,65	79,88

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 80,9 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 67,9 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

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 43,3 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 107,2 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 107,19 / 203 = 0,53 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 43,28 / 136 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,70 < 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

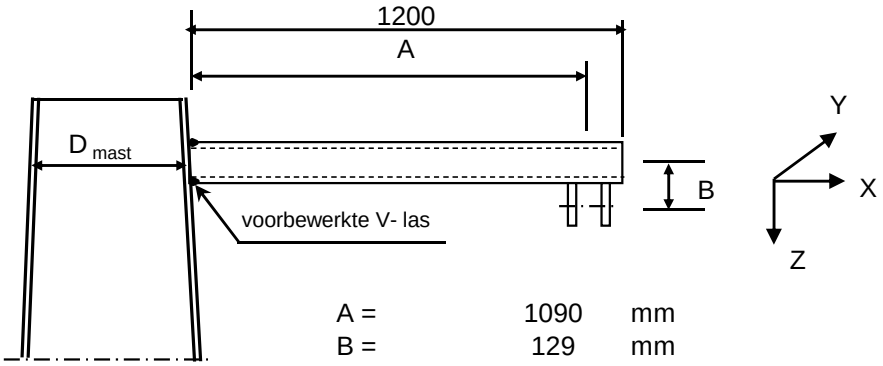
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3624613 Nmm

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

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,63 < 1,0 -- Voldoet

9.2 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	505	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	79,384	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 AD

	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))	5918	44410	2546	5918	-44410	2546
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	6081	69292	12017	6081	-69292	12017
BG 1a - (+wind (45 gr))	2957	29286	2832	2957	-29286	2832
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	3040	63138	12504	3040	-63138	12504

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))	11,84	0,00	5,09	0,00	7,08	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12,16	0,00	24,03	0,00	27,77	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,91	0,00	5,66	0,00	6,94	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6,08	0,00	25,01	0,00	28,04	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)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	27,77	/	36	=	0,76	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		180,1	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	12,16	/	953	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,0	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	24,03	/	275	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		11,9	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 180,1 + 3,0 = 183,1 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} = 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))

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 6,96 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 34,97 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,05 of n_p = -0,043

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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 28,04 / 41,9 = 0,67 < 1,0 -- Voldoet

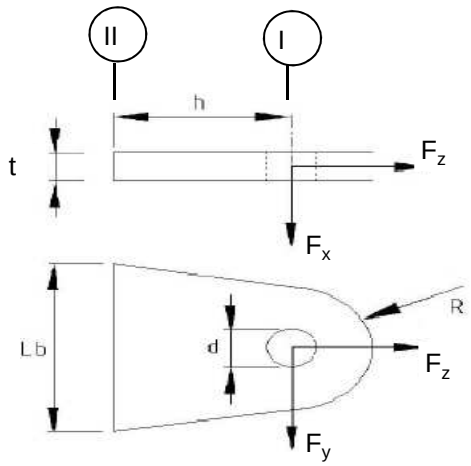
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))	11,84	0,00	5,09
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12,16	0,00	24,03
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,91	0,00	5,66
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	6,08	0,00	25,01

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 12,5 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} =	12,02	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,474	kNm
$V_{x,Ed}$ =	6,08	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	12,02	/	568	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		5,0	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,47	/	1,9	=	0,25	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		59,3	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	6,08	/	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

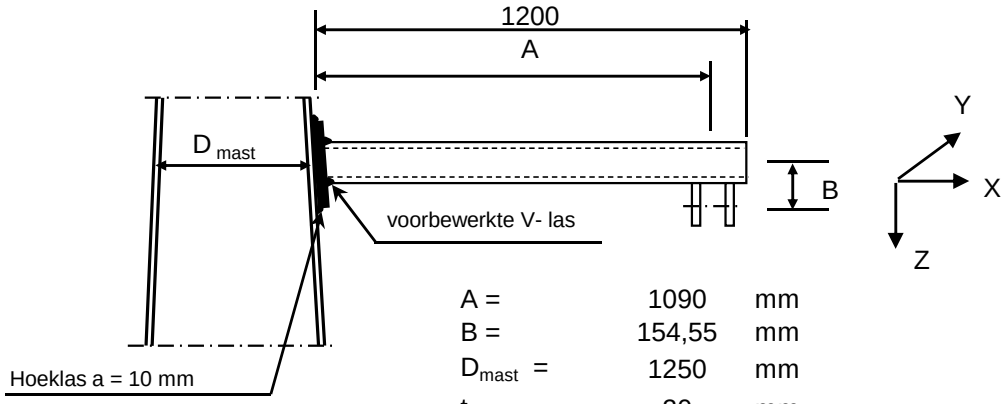
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 6,0 + 20,3 = 26,3 kN

σ_1 =	31,0	N/mm^2	
τ_1 =	31,0	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	62,1	N/mm^2	

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	62,1	/	302,2	=	0,21	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	31,0	/	244,8	=	0,13	< 1,0	-- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1250	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte:	49,6	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 AD

	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))	9578	78019	5465	9578	-78019	5465
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	9822	133943	24686	9822	-133943	24686
BG 1a - (+wind (45 gr))	4786	54017	6104	4786	-54017	6104
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4910	125608	25396	4910	-125608	25396

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))	19,16	0,00	10,93	0,00	14,87	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	19,64	0,00	49,37	0,00	56,85	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,57	0,00	12,21	0,00	14,79	0,00
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	9,82	0,00	50,79	0,00	56,88	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)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	56,85	/	64	=	0,89	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		210,4	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	19,64	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,7	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	49,37	/	362	=	0,14	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		18,6	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 210,4 + 3,7 = 214,1 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} = 217 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))

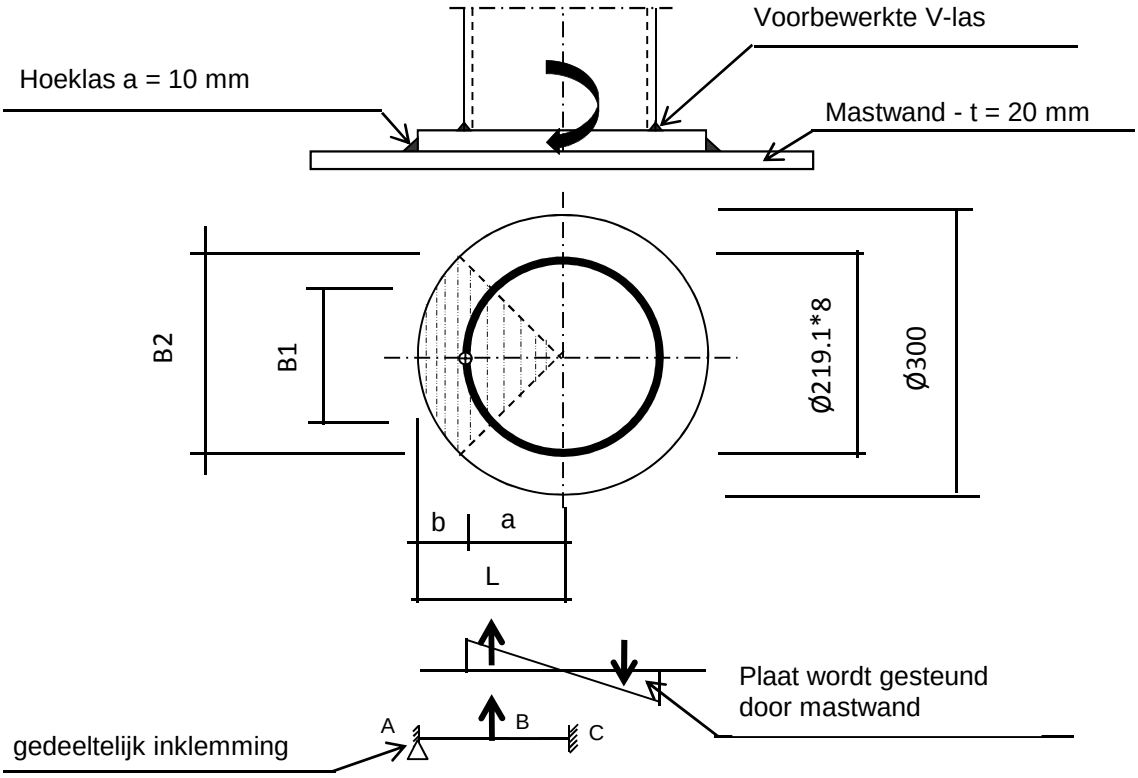
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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} = 56,9 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 238,4 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} = 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) = 5,84 kNm
$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 144,3 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 5,14 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 2,77 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 195,7 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 5,1 * 40,0% = 2,06 kNm

$M_{B;Ed} =$ 5,8 * 60,0% + 2,8 * 40,0% = 4,61 kNm

$R_{A;Ed} =$ 144,3 * 60,0% + 195,7 * 40,0% = 164,9 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,06 / 8,71 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 55,9 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 4,61 / 6,36 = 0,72 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 171,5 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 164,9 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 28,0 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 38,3 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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra} =$ 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 49,5 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	98,8	+	49,5	=		148,3	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	98,8	-	49,5	=		49,3	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		171,1	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	171,1	/	302,2	=	0,57	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	148,3	/	244,8	=	0,61	< 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 276,11 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 4605,63 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,56 of n_p = -0,545

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 135,8 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 56,88 / 135,8 = 0,42 < 1,0 -- Voldoet

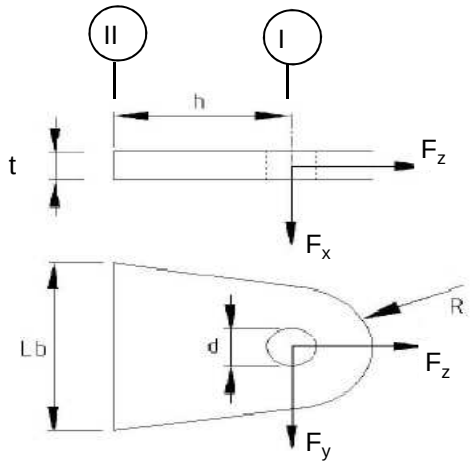
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 70,0 kNm

Moment uit het vlak $M_{z;Ed}$ = 0

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))	19,16	0,00	10,93
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	19,64	0,00	49,37
BG 1a - (+wind (45 gr))	9,57	0,00	12,21
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	9,82	0,00	50,79

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 25,4 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / 3^{0,5} = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 22 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} =	24,69	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,609	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,82	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} = 24,69 / 568 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 10,3 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 0,61 / 1,9 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 76,1 N/mm^2

$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ = 9,82 / 328 / 0,03 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 4,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

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

σ_{vlg} = 87 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} = 12,3 + 26,1 = 38,4 kN

σ_1 = 45,3 N/mm^2

τ_1 = 45,3 N/mm^2

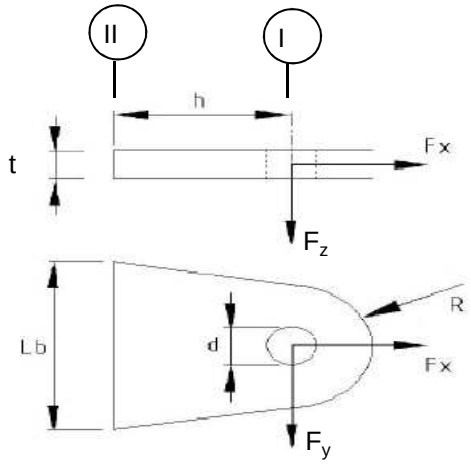
τ_2 = 0

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 90,6 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$= 90,6 / 302,2 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 45,3 / 244,8 = 0,19 < 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	2477,5	25,0	192619	S355	355	116919891
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 963,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 21597,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,53 of $n_p =$ -0,506

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 563,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 563,8 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 62,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 62,0 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

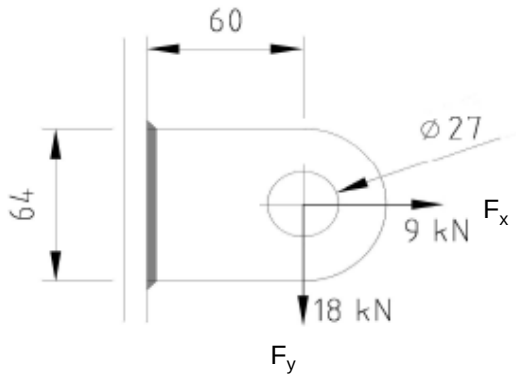
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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 52.587 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 250,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3860,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,54 of $n_p =$ -0,518

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 360,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 360,9 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 23,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 23,1 = 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'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

Clip op 72,587 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 62,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 527,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,37 of $n_p =$ -0,358

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 147,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 147,7 = 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

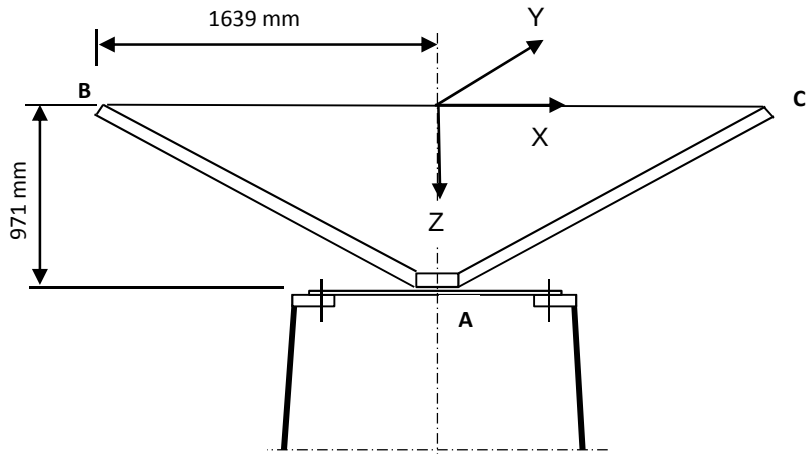
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



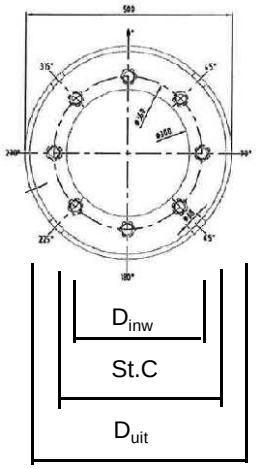
Buis rond 500 * 12

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

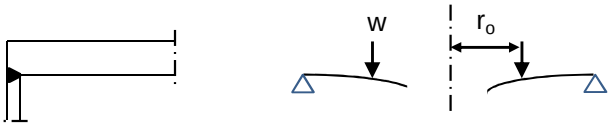
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

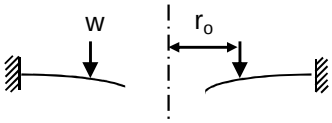
maatgevend belastinggeval : BG2.

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)

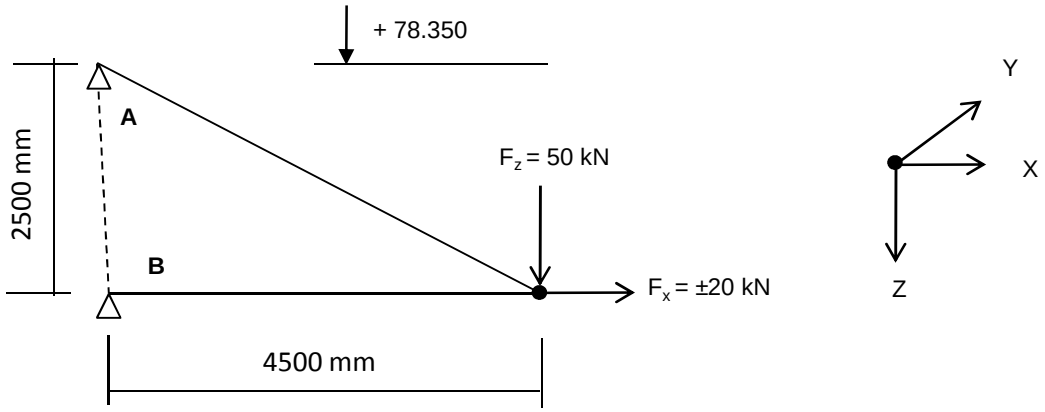
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

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

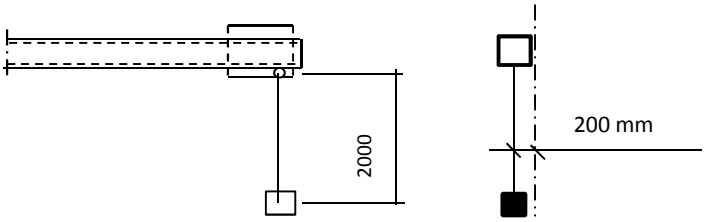
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.7 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

9.7.1 - Hijsbalk op 78,35 / 75,85



Excenticiteit van de verticale last is 200 mm



Ten gevolge van excentriciteit :

$F_{y;Ed} = F_{z;Ed} * \text{Tan}\alpha$; $\alpha = 5{,}7^o$

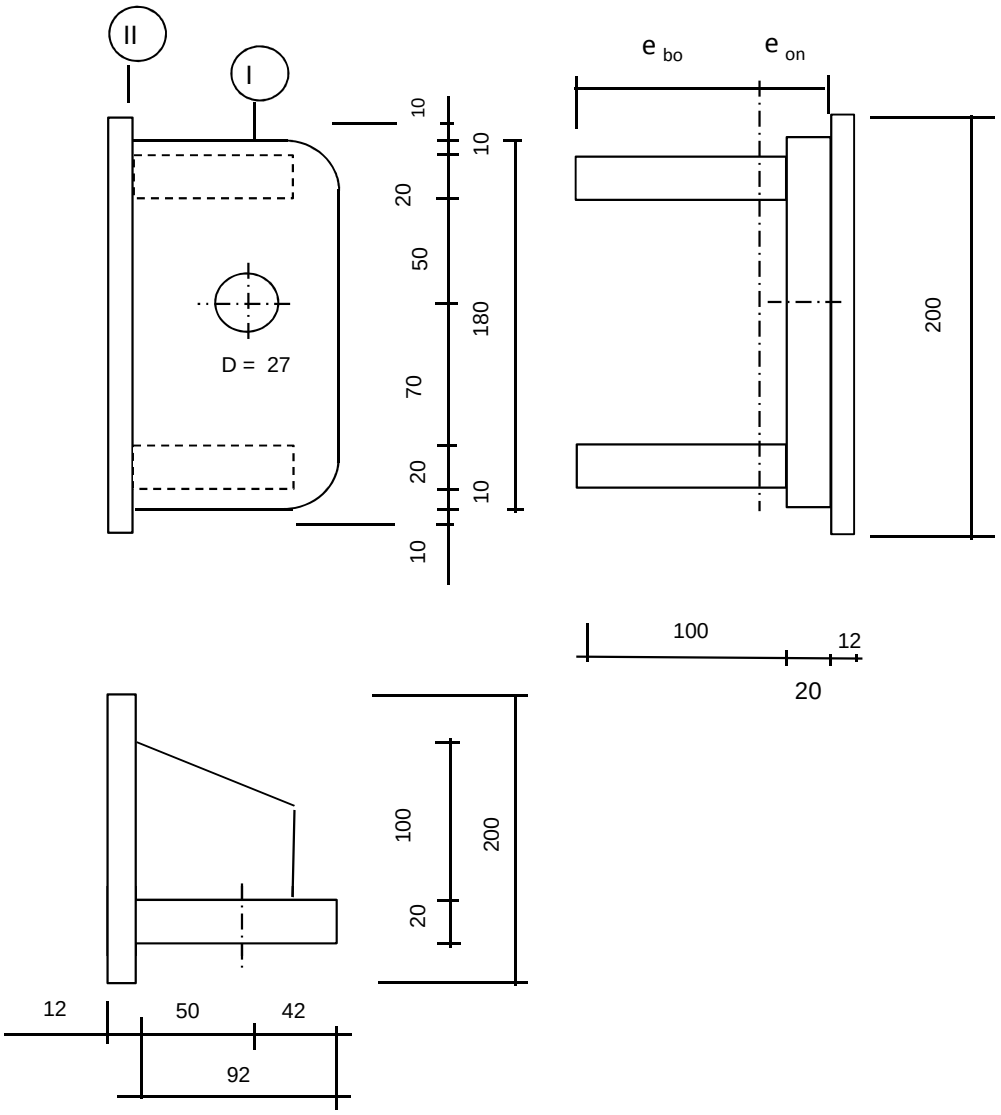
Speling t.p.v. verbinding is 2 mm over 82 mm.
De verplaatsing t.p.v. last is $\delta = 2*4500 / 82 = 110$ mm

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: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

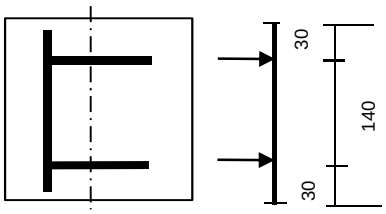
$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

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

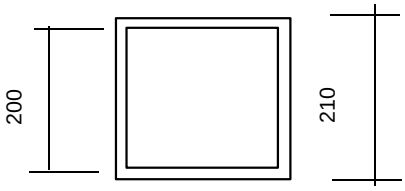
$M_{y,Ed,max} = (F * 30 * (200 - 30) / 200) * 10^{-3} =$ 0,96 kNm

$M_{y,Rd} = W_y * f_y = ((1/6) * 200* 12^2 * 355 / 1,5) * 10^{-6} =$ 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	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)

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 11,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 37,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,04 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

$N_{1,Rd} =$ 238,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 110,00 / 238,5 = 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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

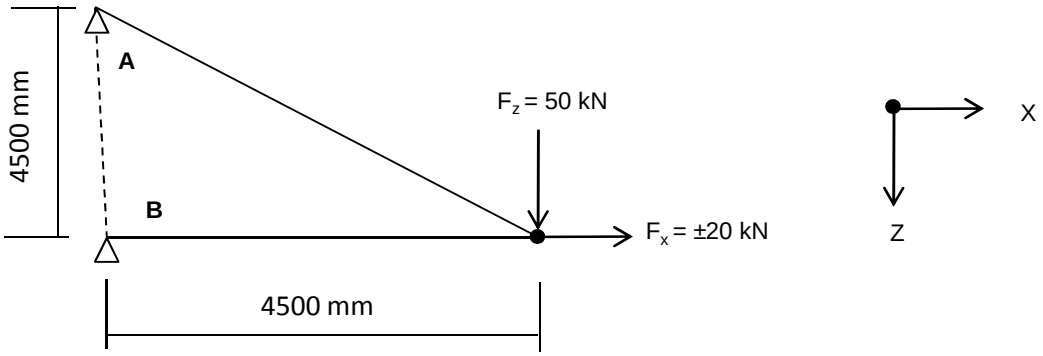
$N_{1,Ed} =$ 110,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 9,594 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 309 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

9.7.2 - Hijsbalk op 73,93 / 69,43 en 63,93 / 59,43

Hijsbalk 4,5m op 73,93 / 69,43 en 63,93 / 59,43

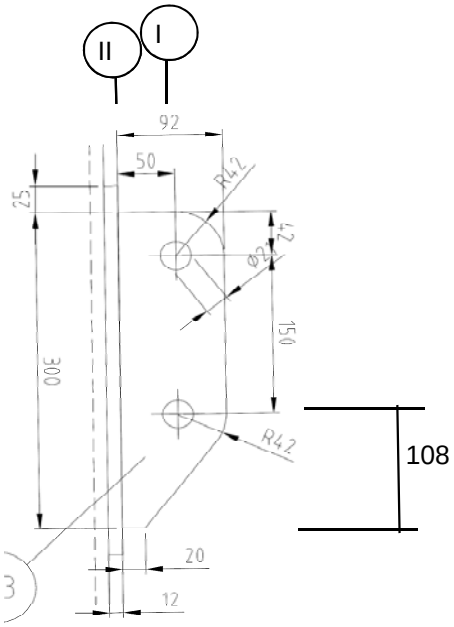


$R_{z,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$ =	0	kN
$R_{x,Ed,A}$ =	-50,00	kN	$R_{x,Ed,B}$ =	30,0	kN

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 ; +73,93 / 69,43

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 57,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 475,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,37 of $n_p =$ -0,358

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 161,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 161,2 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 48,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 48,4 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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 ; +63,93 / 59,43

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
$M_{0,Ed} =$ 1560,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,50 of $n_p =$ -0,486

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 223,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 50,00 / 223,6 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 67,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 4,60 / 67,1 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

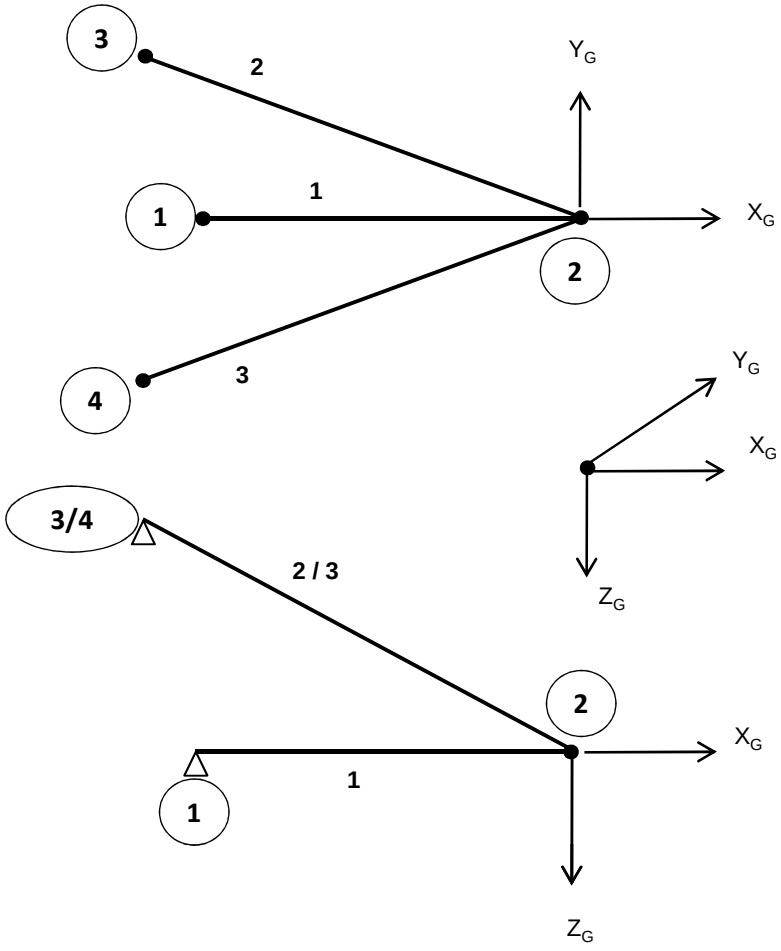
$N_{1,Ed} =$ 50,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 4,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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.)

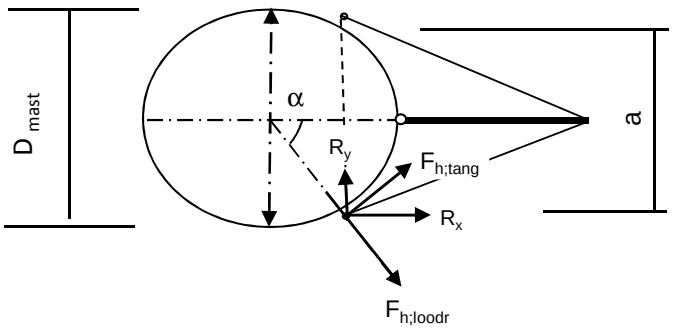
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

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	73930	642	12	55,18	0,00	-0,20
3	75087	613	12	50,84	-11,50	34,00
4	75087	613	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	63930	892	15	55,18	0,00	-0,20
3	65087	863	15	50,84	-11,50	34,00
4	65087	863	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	53930	1142	20	55,18	0,00	-0,20
3	55087	1113	20	50,84	-11,50	34,00
4	55087	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	73930	642		0,00	55,18	0,00	0,20
3	75087	613	704	81,0	19,33	48,41	34,00
4	75087	613	704	81,0	8,38	128,93	84,87
1	63930	892		0,00	55,18	0,00	0,20
3	65087	863	854	62,5	33,68	39,78	34,00
4	65087	863	854	62,5	32,92	124,94	84,87
1	53930	1142		0,00	55,18	0,00	0,20
3	55087	1113	960	52,3	40,17	33,21	34,00
4	55087	1113	960	52,3	54,45	117,17	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 73,930 en 63,930m hoogte
Clip type 16,3 - 53,930 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 75,087m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 4,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 64,47 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 65,087m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,46 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,47 kN

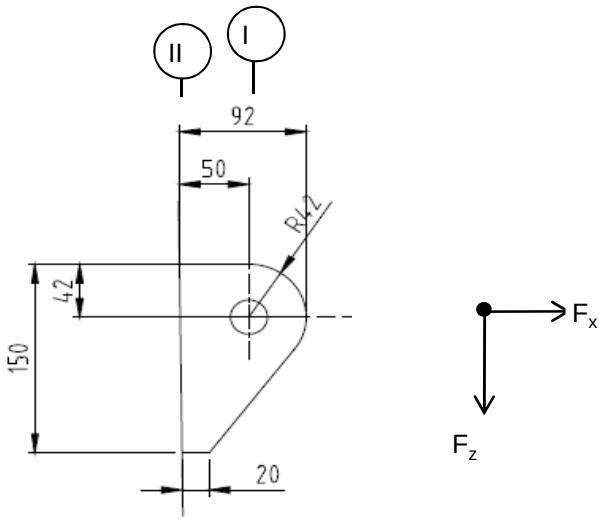
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 55,087m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 27,23 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 58,58 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 75,087m, 65,087m en 55,087m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.8.1 - Berekening clip type 9,3 - 73,930 en 63,930m hoogte

en clip type16,3 op 53,930m 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 ; +5393 (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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 232,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3551,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,52 of $n_p =$ -0,506

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 371,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 371,7 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 55,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 55,7 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

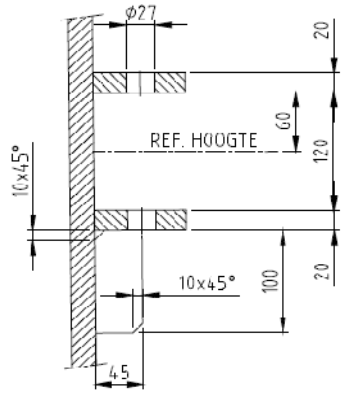
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

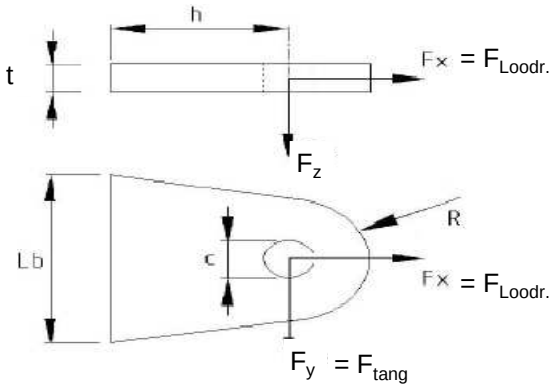
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 5466 N/mm' ---> voldoet

9.8.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 75,087m, 65,087 en 55,087 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 75,087m, 65,087 en 55,087 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

	75,087m kN	65,087m kN	55,087m 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 75,087m hoogte

N_{Ed} =	4,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,90	kNm
$V_{y,Ed}$ =	64,47	kN			

Clip op 65,087m hoogte

N_{Ed} =	16,46	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,47	kN			

Clip op 55,087m hoogte

N_{Ed} =	27,23	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,64	kNm
$V_{y,Ed}$ =	58,58	kN			

	75,087m hoogte spanning in N/mm^2	65,087m hoogte spanning in N/mm^2	55,087m 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

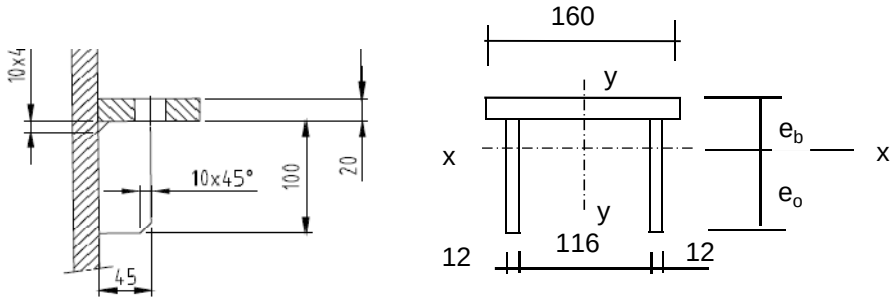
Per mm las: : $\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_{max} * t / (2 * a * 2^{0,5})$

$\tau_2 = \tau_{max} * t / (2 * a)$

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 75,087m, 65,087 en 55,087 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 ;

	75,087m kN	65,087m kN	55,087m 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 75,087m 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 65,087m 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 55,087m 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			

	75,087m hoogte spanning in N/mm^2	65,087m hoogte spanning in N/mm^2	55,087m 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 ; +75,087m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 34,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 203,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,18 of n_p = -0,168

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

$N_{1,Rd}$ = 241,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 4,19 / 241,8 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 16,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,90 / 16,9 = 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 ; +65,087m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 82,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1018,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,35 of n_p = -0,339

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 310,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,46 / 310,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 21,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 21,7 = 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 ; +55,087m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 198,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3129,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,49 of n_p = -0,470

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 480,0 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 27,23 / 480,0 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 33,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,64 / 33,6 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

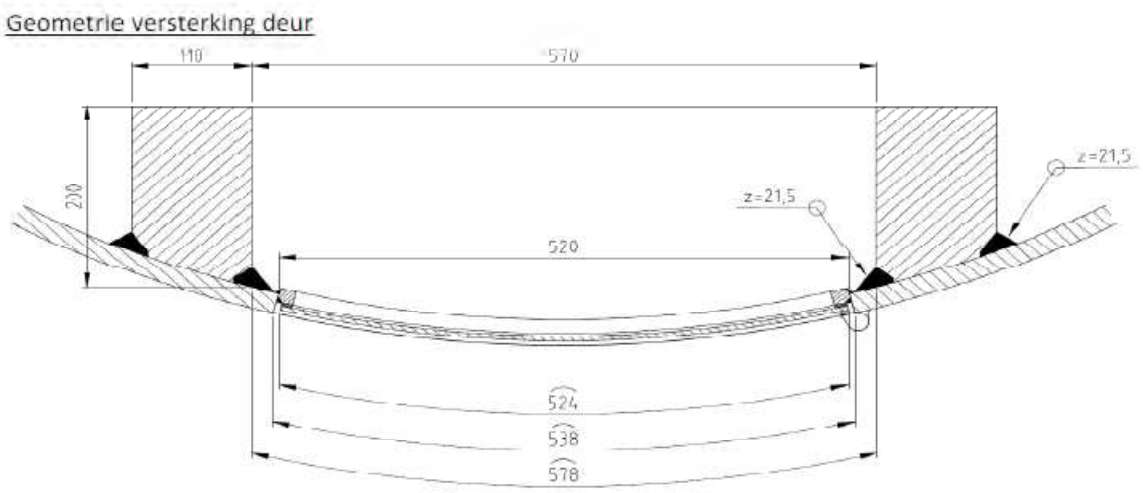
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

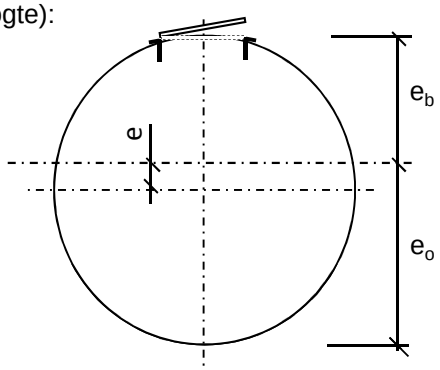
$N_{1,Ed}$ = 27,23 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,64 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 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 :	2459	mm
dikte t ;	25	mm

A_{buis} =	191195	mm^2
$A_{versterking}$ =	40436	mm^2
$A_{verlies}$ =	12966	mm^2
A_{tot} =	218666	mm^2

e =	124,8	mm			
e_b =	1104,9	mm ;	e_o =	1354,5	mm

I_{tot} =	1,65E+11	mm^4
W_{min} =	1,22E+08	mm^3
W_{max} =	1,49E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 33 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	22118	kNm ;	N_{Ed} =	963	kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,4	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	181,5	N/mm^2

σ_{max} = 4,4 + 181,5 = 185,9 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V8.0 - bijlage AD en AD2

W2S400+27.6 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AD

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	3330	0	19396	3330	0	-19396
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25466	0	147922	25466	0	-147922
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25466	0	147922	25466	0	-147922
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	25466	0	147922	25466	0	-147922
	Comp.conductor	6905	0	40192	6905	0	-40192
1b	GW / opgw	3475	0	21993	3475	0	-21993
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26697	0	169948	26697	0	-169948
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	26697	0	169948	26697	0	-169948
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26697	0	169948	26697	0	-169948
	Comp.conductor	7181	0	45124	7181	0	-45124
3	GW / opgw	12721	0	60823	12721	0	-60823
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	42987	0	238889	42987	0	-238889
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	42987	0	238889	42987	0	-238889
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	42987	0	238889	42987	0	-238889
	Comp.conductor	25685	0	122594	25685	0	-122594
4	GW / opgw	4404	0	25031	4404	0	-25031
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29838	0	171851	29838	0	-171851
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	29838	0	171851	29838	0	-171851
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29838	0	171851	29838	0	-171851
	Comp.conductor	9046	0	51353	9046	0	-51353
6	GW / opgw	3722	0	21372	3722	0	-21372
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	28437	0	162588	28437	0	-162588
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	28437	0	162588	28437	0	-162588
	380C1F3 / 380C2F3	28437	0	162588	28437	0	-162588
	Comp.conductor	7715	0	44261	7715	0	-44261
1a	GW / opgw	2832	2957	29286	2832	2957	-29286
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22595	17112	195150	22595	17112	-195150
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22800	16078	190563	22800	16078	-190563
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23058	14830	185179	23058	14830	-185179
	Comp.conductor	6104	4786	54017	6104	4786	-54017
1b	GW / opgw	3424	591	22575	3424	591	-22575
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26459	3419	172426	26459	3419	-172426
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	26486	3213	172139	26486	3213	-172139
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26517	2964	171816	26517	2964	-171816
	Comp.conductor	7115	957	45856	7115	957	-45856
3	GW / opgw	12504	3040	63138	12504	3040	-63138
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	42159	9559	248013	42159	9559	-248013
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	42249	8982	246975	42249	8982	-246975
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	42353	8285	245799	42353	8285	-245799
	Comp.conductor	25396	4910	125608	25396	4910	-125608
4	GW / opgw	4371	591	25420	4371	591	-25420
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29669	3421	173799	29669	3421	-173799
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	29689	3215	173573	29689	3215	-173573
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29711	2965	173318	29711	2965	-173318
	Comp.conductor	9004	957	51849	9004	957	-51849

W2S400+27.6 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	2546	5918	44410	2546	5918	-44410
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20229	34244	278132	20229	34244	-278132
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	20425	32174	267908	20425	32174	-267908
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20688	29676	255547	20688	29676	-255547
	Comp.conductor	5465	9578	78019	5465	9578	-78019
1b	GW / opgw	3298	1182	24183	3298	1182	-24183
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	25827	6839	179498	25827	6839	-179498
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	25918	6426	178427	25918	6426	-178427
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26024	5928	177209	26024	5928	-177209
	Comp.conductor	6942	1913	47942	6942	1913	-47942
3	GW / opgw	12017	6081	69292	12017	6081	-69292
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	40293	19121	272335	40293	19121	-272335
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	40538	17966	268792	40538	17966	-268792
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	40831	16572	264705	40831	16572	-264705
	Comp.conductor	24686	9822	133943	24686	9822	-133943
4	GW / opgw	4284	1182	26536	4284	1182	-26536
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29207	6843	179440	29207	6843	-179440
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	29275	6430	178578	29275	6430	-178578
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29354	5931	177602	29354	5931	-177602
	Comp.conductor	8887	1914	53293	8887	1914	-53293
1a	GW / opgw	2832	2957	29286	2832	2957	-29286
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22595	17112	195150	22595	17112	-195150
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	22800	16078	190563	22800	16078	-190563
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23058	14830	185179	23058	14830	-185179
	Comp.conductor	6104	4786	54017	6104	4786	-54017
1b	GW / opgw	3424	591	22575	3424	591	-22575
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	26459	3419	172426	26459	3419	-172426
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	26486	3213	172139	26486	3213	-172139
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	26517	2964	171816	26517	2964	-171816
	Comp.conductor	7115	957	45856	7115	957	-45856
3	GW / opgw	12504	3040	63138	12504	3040	-63138
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	42159	9559	248013	42159	9559	-248013
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	42249	8982	246975	42249	8982	-246975
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	42353	8285	245799	42353	8285	-245799
	Comp.conductor	25396	4910	125608	25396	4910	-125608
4	GW / opgw	4371	591	25420	4371	591	-25420
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	29669	3421	173799	29669	3421	-173799
Permanent loads yg= 1.2	380C1F2 / 380C2F2	29689	3215	173573	29689	3215	-173573
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	29711	2965	173318	29711	2965	-173318
	Comp.conductor	9004	957	51849	9004	957	-51849
1a	GW / opgw	2536	0	15241	2536	0	-15241
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19436	0	116971	19436	0	-116971
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19436	0	116971	19436	0	-116971
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19436	0	116971	19436	0	-116971
	Comp.conductor	5262	0	31630	5262	0	-31630
1b	GW / opgw	2668	0	17594	2668	0	-17594

W2S400+27.6 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	20579	0	137396	20579	0	-137396
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20579	0	137396	20579	0	-137396
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20579	0	137396	20579	0	-137396
	Comp.conductor	5513	0	36111	5513	0	-36111
3	GW / opgw	12007	0	58123	12007	0	-58123
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	37205	0	212399	37205	0	-212399
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	37205	0	212399	37205	0	-212399
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	37205	0	212399	37205	0	-212399
	Comp.conductor	24206	0	117015	24206	0	-117015
4	GW / opgw	3627	0	21181	3627	0	-21181
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23878	0	142171	23878	0	-142171
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	23878	0	142171	23878	0	-142171
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23878	0	142171	23878	0	-142171
	Comp.conductor	7438	0	43418	7438	0	-43418
6	GW / opgw	2536	0	15241	2536	0	-15241
Permanent, +10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19436	0	116971	19436	0	-116971
Permanent loads yg= 1.35	380C1F2 / 380C2F2	19436	0	116971	19436	0	-116971
	380C1F3 / 380C2F3	19436	0	116971	19436	0	-116971
	Comp.conductor	5262	0	31630	5262	0	-31630
1a	GW / opgw	2048	2957	27341	2048	2957	-27341
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16407	17110	177125	16407	17110	-177125
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16580	16076	171722	16580	16076	-171722
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16803	14828	165298	16803	14828	-165298
	Comp.conductor	4427	4786	49118	4427	4786	-49118
1b	GW / opgw	2599	591	18426	2599	591	-18426
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20248	3419	140980	20248	3419	-140980
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20285	3212	140568	20285	3212	-140568
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20327	2963	140103	20327	2963	-140103
	Comp.conductor	5423	956	37165	5423	956	-37165
3	GW / opgw	11775	3039	60626	11775	3039	-60626
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	36230	9557	223479	36230	9557	-223479
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	36334	8980	222231	36334	8980	-222231
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	36453	8283	220813	36453	8283	-220813
	Comp.conductor	23895	4910	120286	23895	4910	-120286
4	GW / opgw	3586	591	21686	3586	591	-21686
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23660	3421	144805	23660	3421	-144805
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	23684	3214	144501	23684	3214	-144501
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23712	2965	144157	23712	2965	-144157
	Comp.conductor	7385	957	44064	7385	957	-44064
1a	GW / opgw	1856	5918	43472	1856	5918	-43472
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	14684	34241	268672	14684	34241	-268672
Permanent loads yg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	14812	32172	257787	14812	32172	-257787
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	14988	29673	244526	14988	29673	-244526
	Comp.conductor	3967	9577	75465	3967	9577	-75465
1b	GW / opgw	2449	1182	20608	2449	1182	-20608
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19439	6838	150866	19439	6838	-150866

W2S400+27.6 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AD

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= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	19551	6425	149398	19551	6425	-149398
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19682	5926	147716	19682	5926	-147716
	Comp.conductor	5205	1913	40061	5205	1913	-40061
3	GW / opgw	11271	6080	67190	11271	6080	-67190
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	34212	19118	251997	34212	19118	-251997
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	34464	17963	247918	34464	17963	-247918
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	34771	16569	243185	34771	16569	-243185
	Comp.conductor	23149	9821	129240	23149	9821	-129240
4	GW / opgw	3483	1182	23098	3483	1182	-23098
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23087	6842	152280	23087	6842	-152280
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	23169	6429	151152	23169	6429	-151152
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23264	5930	149867	23264	5930	-149867
	Comp.conductor	7243	1914	45915	7243	1914	-45915
1a	GW / opgw	2048	2957	27341	2048	2957	-27341
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	16407	17110	177125	16407	17110	-177125
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	16580	16076	171722	16580	16076	-171722
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	16803	14828	165298	16803	14828	-165298
	Comp.conductor	4427	4786	49118	4427	4786	-49118
1b	GW / opgw	2599	591	18426	2599	591	-18426
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	20248	3419	140980	20248	3419	-140980
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	20285	3212	140568	20285	3212	-140568
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	20327	2963	140103	20327	2963	-140103
	Comp.conductor	5423	956	37165	5423	956	-37165
3	GW / opgw	11775	3039	60626	11775	3039	-60626
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	36230	9557	223479	36230	9557	-223479
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	36334	8980	222231	36334	8980	-222231
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	36453	8283	220813	36453	8283	-220813
	Comp.conductor	23895	4910	120286	23895	4910	-120286
4	GW / opgw	3586	591	21686	3586	591	-21686
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	23660	3421	144805	23660	3421	-144805
Permanent loads γg= 0.9	380C1F2 / 380C2F2	23684	3214	144501	23684	3214	-144501
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	23712	2965	144157	23712	2965	-144157
	Comp.conductor	7385	957	44064	7385	957	-44064

W2S400+27.6 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AD2

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	2803	0	16659	2803	0	-16659
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	21461	0	127555	21461	0	-127555
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	21461	0	127555	21461	0	-127555
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	21461	0	127555	21461	0	-127555
	Comp.conductor	5814	0	34554	5814	0	-34554
1b	GW / opgw	2940	0	19103	2940	0	-19103
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22637	0	148583	22637	0	-148583
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	22637	0	148583	22637	0	-148583
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22637	0	148583	22637	0	-148583
	Comp.conductor	6074	0	39203	6074	0	-39203
3	GW / opgw	9220	0	47126	9220	0	-47126
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	33519	0	194975	33519	0	-194975
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	33519	0	194975	33519	0	-194975
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	33519	0	194975	33519	0	-194975
	Comp.conductor	18643	0	95133	18643	0	-95133
4	GW / opgw	3535	0	20717	3535	0	-20717
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24468	0	145176	24468	0	-145176
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	24468	0	145176	24468	0	-145176
Wind angle: 0 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24468	0	145176	24468	0	-145176
	Comp.conductor	7274	0	42592	7274	0	-42592
1a	GW / opgw	2465	1971	22770	2465	1971	-22770
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19609	11405	156040	19609	11405	-156040
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19762	10716	153124	19762	10716	-153124
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19949	9884	149737	19949	9884	-149737
	Comp.conductor	5296	3190	42890	5296	3190	-42890
1b	GW / opgw	2911	394	19434	2911	394	-19434
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22503	2279	149990	22503	2279	-149990
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	22519	2142	149826	22519	2142	-149826
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22536	1976	149642	22536	1976	-149642
	Comp.conductor	6037	638	39618	6037	638	-39618
3	GW / opgw	9070	2025	48758	9070	2025	-48758
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	32998	6370	200798	32998	6370	-200798
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	33056	5986	200131	33056	5986	-200131
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	33122	5521	199377	33122	5521	-199377
	Comp.conductor	18445	3271	97252	18445	3271	-97252
4	GW / opgw	3516	394	20951	3516	394	-20951
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24372	2281	146318	24372	2281	-146318
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	24383	2143	146185	24383	2143	-146185
Wind angle: 45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24396	1977	146036	24396	1977	-146036
	Comp.conductor	7250	638	42889	7250	638	-42889
1a	GW / opgw	2202	3943	33310	2202	3943	-33310
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	17597	22818	212131	17597	22818	-212131
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	17782	21440	204966	17782	21440	-204966
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	18025	19775	196379	18025	19775	-196379
	Comp.conductor	4750	6382	59129	4750	6382	-59129

W2S400+27.6 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) Appendix AD2

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	2835	788	20373	2835	788	-20373
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22132	4559	154076	22132	4559	-154076
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	22187	4283	153450	22187	4283	-153450
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22250	3951	152742	22250	3951	-152742
	Comp.conductor	5936	1275	40820	5936	1275	-40820
3	GW / opgw	8725	4051	53148	8725	4051	-53148
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	31753	12742	216716	31753	12742	-216716
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	31922	11973	214365	31922	11973	-214365
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	32123	11044	211666	32123	11044	-211666
	Comp.conductor	17948	6544	103160	17948	6544	-103160
4	GW / opgw	3464	788	21630	3464	788	-21630
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24100	4561	149661	24100	4561	-149661
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	24141	4286	149147	24141	4286	-149147
Wind angle: 90 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24187	3953	148566	24187	3953	-148566
	Comp.conductor	7180	1276	43763	7180	1276	-43763
1a	GW / opgw	2465	1971	22770	2465	1971	-22770
Wind, 10 dgr	380C1F1 / 380C2F1	19609	11405	156040	19609	11405	-156040
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	19762	10716	153124	19762	10716	-153124
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	19949	9884	149737	19949	9884	-149737
	Comp.conductor	5296	3190	42890	5296	3190	-42890
1b	GW / opgw	2911	394	19434	2911	394	-19434
Wind, -20 dgr	380C1F1 / 380C2F1	22503	2279	149990	22503	2279	-149990
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	22519	2142	149826	22519	2142	-149826
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	22536	1976	149642	22536	1976	-149642
	Comp.conductor	6037	638	39618	6037	638	-39618
3	GW / opgw	9070	2025	48758	9070	2025	-48758
Wind+ice, -5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	32998	6370	200798	32998	6370	-200798
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	33056	5986	200131	33056	5986	-200131
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	33122	5521	199377	33122	5521	-199377
	Comp.conductor	18445	3271	97252	18445	3271	-97252
4	GW / opgw	3516	394	20951	3516	394	-20951
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F1 / 380C2F1	24372	2281	146318	24372	2281	-146318
Permanent loads yg= 1.0	380C1F2 / 380C2F2	24383	2143	146185	24383	2143	-146185
Wind angle: -45 dgr	380C1F3 / 380C2F3	24396	1977	146036	24396	1977	-146036
	Comp.conductor	7250	638	42889	7250	638	-42889

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W4E350(+0)”

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	29 - 11 - 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 “W4E350(+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
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 41m hoogte 61
9.2.2 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 32,5m hoogte 66
9.2.3 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 24m hoogte 71
9.2.4 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 44,5m hoogte 76
9.2.5 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 36m hoogte 81
9.2.6 Berekening afspanpunt trekisolatoren 380 kV op 28m hoogte 86
9.3 Berekening draagarm bliksemdraad 91
9.3.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 93
9.3.2 Berekening clip bliksemdraad (clip 5.4) 94
9.4 Berekening draagarm "Retourstroomgeleider" 97
9.4.1 Controle capaciteit van de aansluiting - draagarm aan mast 102
9.4.2 Berekening clip "Retourstroomgeleider" 103
9.5 Berekening Clip 17 - t.b.v. installatie geleiders (op 0,5m hoogte) 105
9.5.1 Controle capaciteit van de aansluiting 107
9.6 Berekening clip hulprail - clip 8 108
9.6.1 Controle capaciteit van de aansluiting 110
9.7 Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast 112
9.8 Berekening versterking deur 115

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 V10.0 - bijlage S en S2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4E350(+0) 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 W4E350(+0) zijn de bijlage S (berekening maststerkte) en bijlage S2 (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 W4E350(+0) zijn de bijlage S (berekening maststerkte) en bijlage S2 (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 "W4E350(+0)"

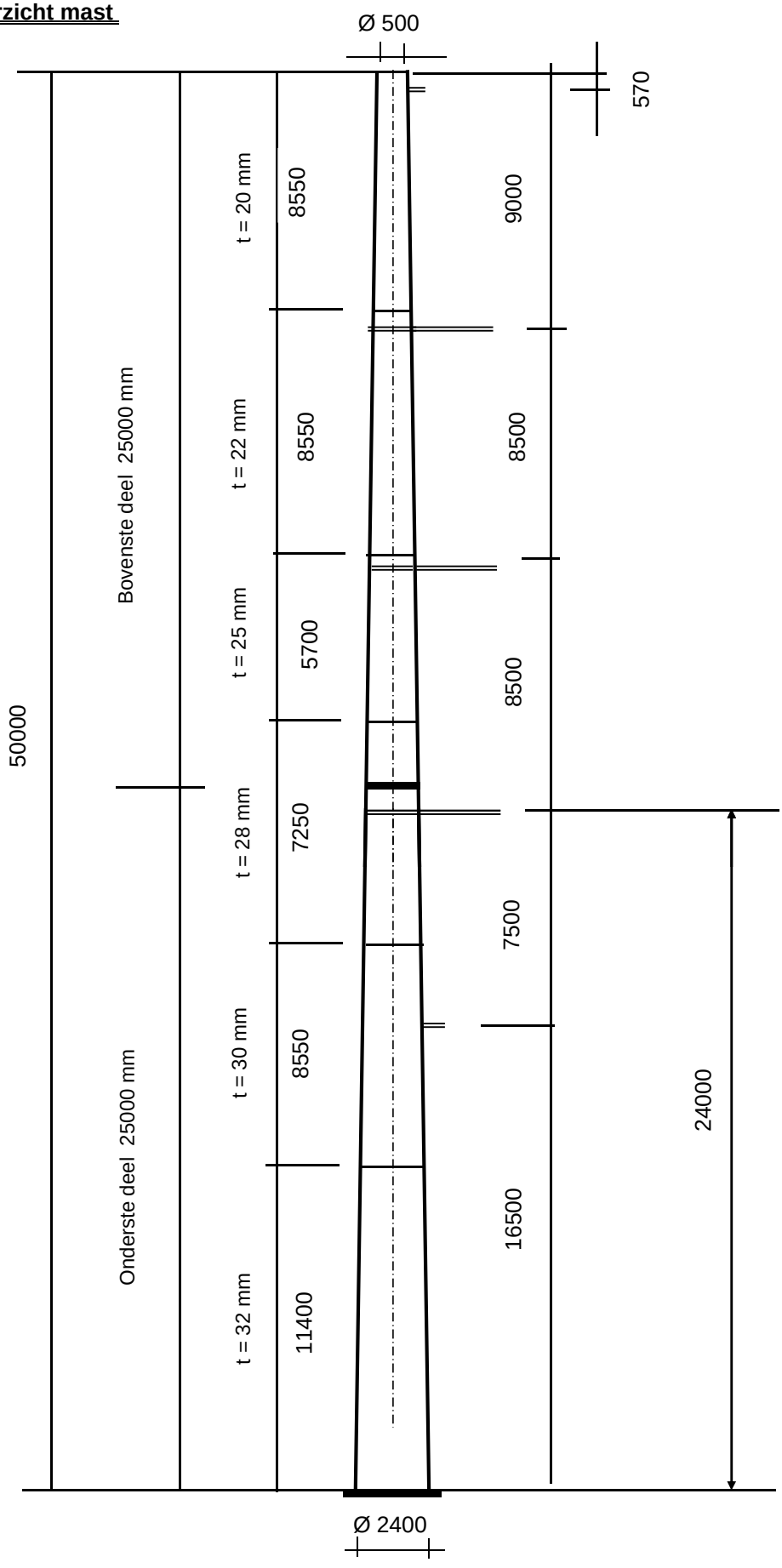
Berekening

W4E350+0

50,0 m - 2400 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4E350(+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	20,0	30840	242,09	9,30E+08	173,68	3,64E+06
2	565	20,0	34242	268,80	1,27E+09	192,81	4,51E+06
3	662	20,0	40366	316,88	2,08E+09	227,25	6,29E+06
4	771	20,0	47171	370,29	3,33E+09	265,52	8,63E+06
5	833	22,0	56083	440,25	4,62E+09	287,00	1,11E+07
6	888	22,0	59826	469,63	5,61E+09	306,13	1,26E+07
7	960	22,0	64849	509,06	7,14E+09	331,82	1,49E+07
8	1014	22,0	68591	538,44	8,45E+09	350,96	1,67E+07
9	1096	22,0	74205	582,51	1,07E+10	379,67	1,95E+07
10	1157	25,0	88938	698,17	1,43E+10	400,46	2,46E+07
11	1212	25,0	93191	731,55	1,64E+10	419,60	2,71E+07
12	1312	25,0	101100	793,64	2,09E+10	455,20	3,19E+07
13	1408	28,0	121409	953,06	2,89E+10	488,07	4,11E+07
14	1469	28,0	126757	995,04	3,29E+10	509,57	4,48E+07
15	1511	28,0	130434	1023,91	3,59E+10	524,34	4,75E+07
16	1561	28,0	134821	1058,35	3,96E+10	541,97	5,07E+07
17	1615	28,0	139584	1095,74	4,39E+10	561,11	5,44E+07
18	1669	30,0	154470	1212,59	5,19E+10	579,56	6,22E+07
19	1723	30,0	159573	1252,65	5,72E+10	598,70	6,64E+07
20	1762	30,0	163199	1281,12	6,12E+10	612,30	6,95E+07
21	1816	30,0	168303	1321,18	6,71E+10	631,45	7,39E+07
22	1886	30,0	174884	1372,84	7,53E+10	656,13	7,99E+07
23	1940	30,0	179987	1412,90	8,21E+10	675,27	8,46E+07
24	2021	32,0	199951	1569,62	9,89E+10	703,29	9,79E+07
25	2129	32,0	210839	1655,08	1,16E+11	741,58	1,09E+08
26	2238	32,0	221726	1740,55	1,35E+11	779,86	1,21E+08
27	2346	32,0	232614	1826,02	1,56E+11	818,15	1,33E+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	3,08E+04	9,30E+08
2	49430	2 -- 3	2	2280	3,42E+04	1,27E+09
3	47150	3 -- 4	3	2850	4,04E+04	2,08E+09
4	44300	4 -- 5	4	2850	4,72E+04	3,33E+09
5	41450	5 -- 6	5	450	5,61E+04	4,62E+09
6	41000	6 -- 7	6	2400	5,98E+04	5,61E+09
7	38600	7 -- 8	7	1425	6,48E+04	7,14E+09
8	37175	8 -- 9	8	1425	6,86E+04	8,45E+09
9	35750	9 -- 10	9	2850	7,42E+04	1,07E+10
10	32900	10 -- 11	10	400	8,89E+04	1,43E+10
11	32500	11 -- 12	11	2450	9,32E+04	1,64E+10
12	30050	12 -- 13	12	2850	1,01E+05	2,09E+10
13	27200	13 -- 14	13	2200	1,21E+05	2,89E+10
14	25000	14 -- 15	14	1000	1,27E+05	3,29E+10
15	24000	15 -- 16	15	1200	1,30E+05	3,59E+10
16	22800	16 -- 17	16	1425	1,35E+05	3,96E+10
17	21375	17 -- 18	17	1425	1,40E+05	4,39E+10
18	19950	18 -- 19	18	1425	1,54E+05	5,19E+10
19	18525	19 -- 20	19	1425	1,60E+05	5,72E+10
20	17100	20 -- 21	20	600	1,63E+05	6,12E+10
21	16500	21 -- 22	21	2250	1,68E+05	6,71E+10
22	14250	22 -- 23	22	1425	1,75E+05	7,53E+10
23	12825	23 -- 24	23	1425	1,80E+05	8,21E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	2,00E+05	9,89E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	2,11E+05	1,16E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,22E+05	1,35E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,33E+05	1,56E+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	1465	400	0,40	0,00	1,27E-02	374,45
2	2 -- 3	6471	1918	3,78	0,65	1,27E-02	367,20
3	3 -- 4	9458		10,25	16,65	1,27E-02	338,26
4	4 -- 5	10981		19,71	59,35	1,24E-02	302,46
5	5 -- 6	2049		30,69	131,18	1,20E-02	267,53
6	6 -- 7	11631	19059	51,80	145,45	1,20E-02	262,12
7	7 -- 8	7468		63,43	283,73	1,15E-02	233,83
8	8 -- 9	7887		70,90	379,44	1,12E-02	217,59
9	9 -- 10	17029		78,79	486,10	1,09E-02	201,82
10	10 -- 11	2853		95,82	734,91	1,01E-02	171,82
11	11 -- 12	18291	20094	118,76	773,80	1,00E-02	167,80
12	12 -- 13	23046		137,05	1087,18	9,36E-03	144,02
13	13 -- 14	21297		160,10	1510,62	8,52E-03	118,49
14	14 -- 15	10100	18175	199,57	1886,27	7,90E-03	100,40
15	15 -- 16	12467	21130	230,80	2090,89	7,62E-03	92,63
16	16 -- 17	15295		243,27	2375,33	7,26E-03	83,70
17	17 -- 18	15828		258,56	2732,89	6,82E-03	73,66
18	18 -- 19	17493		274,39	3112,62	6,37E-03	64,25
19	19 -- 20	18064		291,89	3516,09	5,94E-03	55,47
20	20 -- 21	7777		309,95	3944,90	5,50E-03	47,32
21	21 -- 22	30064	3365	321,09	4133,20	5,31E-03	44,07
22	22 -- 23	19777		351,15	4889,48	4,59E-03	32,92
23	23 -- 24	20348		370,93	5403,96	4,13E-03	26,70
24	24 -- 25	45162		391,28	5947,04	3,66E-03	21,15
25	25 -- 26	47597		436,44	7126,54	2,76E-03	11,97
26	26 -- 27	50033		484,04	8438,22	1,85E-03	5,36
27	27 -- 28	52469		534,07	9889,02	9,30E-04	1,36
28			41580	628,12	11485,90	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	146,5	40,0	0,374	680,03	25,760
2	2 -- 3	647,1	191,8	0,367	2929,98	106,371
3	3 -- 4	945,8		0,338	2972,51	97,071
4	4 -- 5	1098,1		0,302	3069,99	89,187
5	5 -- 6	204,9		0,268	532,22	14,367
6	6 -- 7	1163,1	1905,9	0,262	7730,30	202,472
7	7 -- 8	746,8		0,234	1653,58	38,047
8	8 -- 9	788,7		0,218	1622,46	34,684
9	9 -- 10	1702,9		0,202	3121,00	59,437
10	10 -- 11	285,3		0,172	475,21	8,226
11	11 -- 12	1829,1	2009,4	0,168	6105,22	101,038
12	12 -- 13	2304,6		0,144	2967,43	39,703
13	13 -- 14	2129,7		0,118	2286,52	25,509
14	14 -- 15	1010,0	1817,5	0,100	2746,32	27,728
15	15 -- 16	1246,7	2113,0	0,093	2998,45	27,823
16	16 -- 17	1529,5		0,084	1180,57	9,469
17	17 -- 18	1582,8		0,074	1070,68	7,526
18	18 -- 19	1749,3		0,064	1027,25	6,268
19	19 -- 20	1806,4		0,055	910,74	4,771
20	20 -- 21	777,7		0,047	348,61	1,624
21	21 -- 22	3006,4	336,5	0,044	1280,80	5,109
22	22 -- 23	1977,7		0,033	578,31	1,757
23	23 -- 24	2034,8		0,027	477,59	1,165
24	24 -- 25	4516,2		0,021	733,63	1,238
25	25 -- 26	4759,7		0,012	404,48	0,357
26	26 -- 27	5003,3		0,005	164,84	0,056
27	27 -- 28	5246,9		0,001	34,97	0,002
28			4158,0	0,000	0,00	0,000
				Som	50104	937

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

$n_{1,x}$	=	1,16	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	664	0,990	0,570	0,56	371,06	0,56
2 -- 3	284	0,942	2,280	2,02	574,16	2,15
3 -- 4	332	0,856	2,850	2,09	692,29	2,44
4 -- 5	385	0,761	2,850	1,65	636,07	2,17
5 -- 6	4691	0,707	0,450	0,23	1055,73	0,32
6 -- 7	485	0,662	2,400	1,05	510,10	1,59
7 -- 8	524	0,603	1,425	0,52	271,34	0,86
8 -- 9	553	0,560	1,425	0,45	247,36	0,80
9 -- 10	598	0,499	2,850	0,71	423,90	1,42
10 -- 11	5737	0,453	0,400	0,08	471,91	0,18
11 -- 12	747	0,416	2,450	0,42	317,08	1,02
12 -- 13	809	0,351	2,850	0,35	283,16	1,00
13 -- 14	1794	0,292	2,200	0,19	337,17	0,64
14 -- 15	3123	0,258	1,000	0,07	207,48	0,26
15 -- 16	1039	0,235	1,200	0,07	69,12	0,28
16 -- 17	1073	0,210	1,425	0,06	67,53	0,30
17 -- 18	1111	0,184	1,425	0,05	53,67	0,26
18 -- 19	1228	0,160	1,425	0,04	44,70	0,23
19 -- 20	1268	0,137	1,425	0,03	34,03	0,20
20 -- 21	1857	0,122	0,600	0,01	16,59	0,07
21 -- 22	1336	0,103	2,250	0,02	31,77	0,23
22 -- 23	1388	0,080	1,425	0,01	12,53	0,11
23 -- 24	1428	0,064	1,425	0,01	8,31	0,09
24 -- 25	1585	0,044	2,850	0,01	8,83	0,13
25 -- 26	1670	0,023	2,850	0,00	2,55	0,07
26 -- 27	1756	0,009	2,850	0,00	0,40	0,03
27 -- 28	3300	0,002	2,850	0,00	0,03	0,01
		Σ	50,00	10,68	6748,89	17,41

m_e = 6748,9 / 10,7 = 632,0 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,16	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)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,042	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,054	
$v_m(z_s)$ =	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	3,66
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,69
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	23,63
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 =	0,68
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,86 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,70

$c_s c_d$ = **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	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 - S en S2		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
1e traverse - 150C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
2e traverse - 150C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
3e traverse - 150C1F3	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
1e traverse - 150C1F1	41,00	5,500
2e traverse - 380C1F2	32,50	0,000
2e traverse - 150C1F2	32,50	5,500
3e traverse - 380C1F3	24,00	0,000
3e traverse - 150C1F3	24,00	5,500
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			
1e traverse - 150C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
2e traverse - 150C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
3e traverse - 150C1F3	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	1380	86	1465	0,185	0,068	386	0,677
2	6129	342	6471	0,818	0,274	1650	0,724
3	9031	428	9458	1,196	0,342	2292	0,804
4	10553	428	10981	1,389	0,342	2536	0,890
5	1981	68	2049	0,237	0,054	422	0,937
6	11271	360	11631	1,344	0,288	2344	0,977
7	7254	214	7468	0,862	0,171	1464	1,028
8	7673	214	7887	0,910	0,171	1516	1,064
9	16602	428	17029	1,964	0,342	3180	1,116
10	2793	60	2853	0,291	0,048	461	1,153
11	17923	368	18291	1,864	0,294	2900	1,184
12	22619	428	23046	2,345	0,342	3521	1,236
13	20967	330	21297	1,940	0,264	2812	1,278
14	9950	150	10100	0,919	0,120	1302	1,302
15	12287	180	12467	1,133	0,144	1579	1,316
16	15081	214	15295	1,389	0,171	1896	1,330
17	15614	214	15828	1,436	0,171	1914	1,343
18	17279	214	17493	1,482	0,171	1927	1,353
19	17850	214	18064	1,529	0,171	1935	1,358
20	7687	90	7777	0,658	0,072	816	1,359
21	29727	338	30064	2,539	0,270	3053	1,357
22	19563	214	19777	1,667	0,171	1917	1,346
23	20134	214	20348	1,712	0,171	1894	1,329
24	44734	428	45162	3,559	0,342	3672	1,288
25	47170	428	47597	3,731	0,342	3396	1,192
26	49606	428	50033	3,890	0,342	2878	1,010
27	52041	428	52469	4,073	0,342	2918	1,024
	494899	7500	502399	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	56583

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	3085	480	480	480	480
2	2 -- 3	3406	2302	2301	8439	3054
3	3 -- 4	3983				
4	4 -- 5	4624				
5	5 -- 6	5463				
6	6 -- 7	5816	22873	22864	36353	26631
7	7 -- 8	6289				
8	8 -- 9	6641				
9	9 -- 10	7170				
10	10 -- 11	8558				
11	11 -- 12	8959	24116	24107	37596	27874
12	12 -- 13	9704				
13	13 -- 14	11617				
14	14 -- 15	12121	21810	21810	21810	21810
15	15 -- 16	12467	25359	25349	38838	29117
16	16 -- 17	12880				
17	17 -- 18	13329				
18	18 -- 19	14731				
19	19 -- 20	15212				
20	20 -- 21	15553				
21	21 -- 22	16034	4038	4036	16332	5542
22	22 -- 23	16654				
23	23 -- 24	17135				
24	24 -- 25	19015				
25	25 -- 26	20041				
26	26 -- 27	21067				
27	27 -- 28	22092				
28			49896	49896	49896	49896

KEMA rapport - bijlage S - 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 3080 / 1656 , t = 100 mm ; G = 4158 kg
Flenzen op 25,0m : 2 * rond 1450 / 935 , t = 120 mm ; G = 1818 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 41m : 2 * rond 1362 / 842 , t = 25 mm ; G = 353 kg
Bevestigingsringen op 32,5m : 2 * rond 1685 / 1165 , t = 25 mm ; G = 457 kg
Bevestigingsringen op 24m : 2 * rond 2008 / 1488 , t = 25 mm ; G = 560 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	677				
2	2 -- 3	724	30813	20818	50299	21811
3	3 -- 4	804				
4	4 -- 5	890				
5	5 -- 6	937				
6	6 -- 7	977	243083	197941	262340	187841
7	7 -- 8	1028				
8	8 -- 9	1064				
9	9 -- 10	1116				
10	10 -- 11	1153				
11	11 -- 12	1184	232429	197116	259141	187168
12	12 -- 13	1236				
13	13 -- 14	1278				
14	14 -- 15	1302				
15	15 -- 16	1316	218931	196153	255344	186384
16	16 -- 17	1330				
17	17 -- 18	1343				
18	18 -- 19	1353				
19	19 -- 20	1358				
20	20 -- 21	1359				
21	21 -- 22	1357	48168	41242	95492	43858
22	22 -- 23	1346				
23	23 -- 24	1329				
24	24 -- 25	1288				
25	25 -- 26	1192				
26	26 -- 27	1010				
27	27 -- 28	1024				
28						

KEMA rapport - bijlage S2 - 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	1084				
2	2 -- 3	1158	40596	24272	64928	26516
3	3 -- 4	1287				
4	4 -- 5	1424				
5	5 -- 6	1499				
6	6 -- 7	1563	313439	226401	324297	222908
7	7 -- 8	1644				
8	8 -- 9	1703				
9	9 -- 10	1786				
10	10 -- 11	1845				
11	11 -- 12	1894	298029	224980	319442	221784
12	12 -- 13	1977				
13	13 -- 14	2045				
14	14 -- 15	2083				
15	15 -- 16	2105	278218	223313	313643	220470
16	16 -- 17	2129				
17	17 -- 18	2149				
18	18 -- 19	2164				
19	19 -- 20	2173				
20	20 -- 21	2175				
21	21 -- 22	2171	61597	47361	122408	52819
22	22 -- 23	2153				
23	23 -- 24	2126				
24	24 -- 25	2061				
25	25 -- 26	1907				
26	26 -- 27	1616				
27	27 -- 28	1638				
28						

KEMA rapport - bijlage S - 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	386		0	0,00E+00	1,86E-03	51
2	2 -- 3	1650		386	1,14E+05	1,86E-03	50
3	3 -- 4	2292		2036	2,92E+06	1,85E-03	46
4	4 -- 5	2536		4328	1,21E+07	1,81E-03	41
5	5 -- 6	422		6864	2,82E+07	1,73E-03	36
6	6 -- 7	2344		7286	3,14E+07	1,72E-03	35
7	7 -- 8	1464		9630	5,20E+07	1,63E-03	31
8	8 -- 9	1516		11094	6,69E+07	1,58E-03	28
9	9 -- 10	3180		12611	8,40E+07	1,52E-03	26
10	10 -- 11	461		15791	1,25E+08	1,38E-03	22
11	11 -- 12	2900		16252	1,31E+08	1,37E-03	22
12	12 -- 13	3521		19152	1,75E+08	1,26E-03	18
13	13 -- 14	2812		22674	2,35E+08	1,13E-03	15
14	14 -- 15	1302		25486	2,89E+08	1,03E-03	13
15	15 -- 16	1579		26788	3,15E+08	9,89E-04	12
16	16 -- 17	1896		28367	3,48E+08	9,36E-04	10
17	17 -- 18	1914		30262	3,91E+08	8,73E-04	9
18	18 -- 19	1927		32176	4,35E+08	8,09E-04	8
19	19 -- 20	1935		34104	4,83E+08	7,49E-04	7
20	20 -- 21	816		36039	5,33E+08	6,89E-04	6
21	21 -- 22	3053		36854	5,55E+08	6,63E-04	5
22	22 -- 23	1917		39907	6,42E+08	5,68E-04	4
23	23 -- 24	1894		41825	7,01E+08	5,07E-04	3
24	24 -- 25	3672		43719	7,62E+08	4,47E-04	3
25	25 -- 26	3396		47390	8,92E+08	3,34E-04	1
26	26 -- 27	2878		50786	1,03E+09	2,21E-04	1
27	27 -- 28	2918		53664	1,18E+09	1,10E-04	0
28				56583	1,34E+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	3,80E-02	1073
2	2 -- 3		30813	30813	8,13E+04	3,80E-02	1051
3	3 -- 4			30813	7,12E+07	3,77E-02	965
4	4 -- 5			30813	1,61E+08	3,70E-02	858
5	5 -- 6			30813	2,52E+08	3,61E-02	754
6	6 -- 7		243083	273896	2,67E+08	3,60E-02	737
7	7 -- 8			273896	9,30E+08	3,48E-02	652
8	8 -- 9			273896	1,32E+09	3,37E-02	603
9	9 -- 10			273896	1,72E+09	3,25E-02	556
10	10 -- 11			273896	2,51E+09	2,99E-02	467
11	11 -- 12		232429	506325	2,62E+09	2,95E-02	455
12	12 -- 13			506325	3,87E+09	2,72E-02	385
13	13 -- 14			506325	5,32E+09	2,42E-02	312
14	14 -- 15			506325	6,45E+09	2,21E-02	261
15	15 -- 16		218931	725256	6,96E+09	2,11E-02	239
16	16 -- 17			725256	7,83E+09	2,00E-02	214
17	17 -- 18			725256	8,87E+09	1,85E-02	187
18	18 -- 19			725256	9,91E+09	1,71E-02	162
19	19 -- 20			725256	1,10E+10	1,57E-02	138
20	20 -- 21			725256	1,20E+10	1,44E-02	117
21	21 -- 22		48168	773424	1,24E+10	1,38E-02	108
22	22 -- 23			773424	1,42E+10	1,17E-02	80
23	23 -- 24			773424	1,53E+10	1,03E-02	64
24	24 -- 25			773424	1,64E+10	9,02E-03	50
25	25 -- 26			773424	1,86E+10	6,62E-03	28
26	26 -- 27			773424	2,08E+10	4,31E-03	12
27	27 -- 28			773424	2,30E+10	2,10E-03	3
28	28 -- 29			773424	2,52E+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	3,06E-02	876
2	2 -- 3		20818	20818	6,53E+04	3,06E-02	859
3	3 -- 4			20818	4,82E+07	3,04E-02	789
4	4 -- 5			20818	1,09E+08	2,99E-02	703
5	5 -- 6			20818	1,71E+08	2,93E-02	619
6	6 -- 7		197941	218758	1,81E+08	2,92E-02	606
7	7 -- 8			218758	7,11E+08	2,83E-02	537
8	8 -- 9			218758	1,03E+09	2,75E-02	497
9	9 -- 10			218758	1,34E+09	2,65E-02	458
10	10 -- 11			218758	1,97E+09	2,44E-02	386
11	11 -- 12		197116	415875	2,06E+09	2,42E-02	376
12	12 -- 13			415875	3,09E+09	2,23E-02	319
13	13 -- 14			415875	4,28E+09	2,00E-02	258
14	14 -- 15			415875	5,20E+09	1,82E-02	216
15	15 -- 16		196153	612028	5,62E+09	1,75E-02	198
16	16 -- 17			612028	6,36E+09	1,65E-02	178
17	17 -- 18			612028	7,24E+09	1,53E-02	155
18	18 -- 19			612028	8,12E+09	1,41E-02	134
19	19 -- 20			612028	9,00E+09	1,30E-02	115
20	20 -- 21			612028	9,87E+09	1,19E-02	97
21	21 -- 22		41242	653270	1,02E+10	1,14E-02	90
22	22 -- 23			653270	1,17E+10	9,69E-03	66
23	23 -- 24			653270	1,27E+10	8,59E-03	53
24	24 -- 25			653270	1,36E+10	7,50E-03	42
25	25 -- 26			653270	1,55E+10	5,51E-03	23
26	26 -- 27			653270	1,73E+10	3,59E-03	10
27	27 -- 28			653270	1,92E+10	1,75E-03	3
28				653270	2,11E+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	4,56E-02	1256
2	2 -- 3		50299	50299	9,75E+04	4,56E-02	1230
3	3 -- 4			50299	1,16E+08	4,51E-02	1126
4	4 -- 5			50299	2,62E+08	4,39E-02	999
5	5 -- 6			50299	4,09E+08	4,25E-02	876
6	6 -- 7		262340	312639	4,32E+08	4,23E-02	857
7	7 -- 8			312639	1,19E+09	4,07E-02	757
8	8 -- 9			312639	1,64E+09	3,93E-02	700
9	9 -- 10			312639	2,09E+09	3,78E-02	645
10	10 -- 11			312639	2,99E+09	3,46E-02	541
11	11 -- 12		259141	571780	3,12E+09	3,42E-02	528
12	12 -- 13			571780	4,53E+09	3,15E-02	447
13	13 -- 14			571780	6,17E+09	2,80E-02	362
14	14 -- 15			571780	7,44E+09	2,56E-02	303
15	15 -- 16		255344	827124	8,02E+09	2,45E-02	278
16	16 -- 17			827124	9,02E+09	2,31E-02	249
17	17 -- 18			827124	1,02E+10	2,14E-02	217
18	18 -- 19			827124	1,14E+10	1,98E-02	188
19	19 -- 20			827124	1,26E+10	1,82E-02	161
20	20 -- 21			827124	1,38E+10	1,67E-02	136
21	21 -- 22		95492	922616	1,43E+10	1,60E-02	126
22	22 -- 23			922616	1,64E+10	1,36E-02	93
23	23 -- 24			922616	1,77E+10	1,20E-02	75
24	24 -- 25			922616	1,90E+10	1,05E-02	59
25	25 -- 26			922616	2,16E+10	7,72E-03	33
26	26 -- 27			922616	2,43E+10	5,03E-03	14
27	27 -- 28			922616	2,69E+10	2,46E-03	4
28				922616	2,95E+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	2,95E-02	841
2	2 -- 3		21811	21811	6,30E+04	2,95E-02	824
3	3 -- 4			21811	5,05E+07	2,93E-02	757
4	4 -- 5			21811	1,14E+08	2,87E-02	674
5	5 -- 6			21811	1,79E+08	2,81E-02	593
6	6 -- 7		187841	209653	1,89E+08	2,81E-02	581
7	7 -- 8			209653	6,97E+08	2,72E-02	514
8	8 -- 9			209653	9,98E+08	2,64E-02	476
9	9 -- 10			209653	1,30E+09	2,54E-02	439
10	10 -- 11			209653	1,90E+09	2,34E-02	369
11	11 -- 12		187168	396821	1,99E+09	2,32E-02	360
12	12 -- 13			396821	2,97E+09	2,14E-02	305
13	13 -- 14			396821	4,11E+09	1,91E-02	247
14	14 -- 15			396821	4,99E+09	1,75E-02	207
15	15 -- 16		186384	583204	5,39E+09	1,67E-02	190
16	16 -- 17			583204	6,09E+09	1,58E-02	170
17	17 -- 18			583204	6,93E+09	1,47E-02	149
18	18 -- 19			583204	7,77E+09	1,35E-02	129
19	19 -- 20			583204	8,60E+09	1,25E-02	110
20	20 -- 21			583204	9,44E+09	1,14E-02	93
21	21 -- 22		43858	627062	9,79E+09	1,10E-02	86
22	22 -- 23			627062	1,12E+10	9,27E-03	64
23	23 -- 24			627062	1,21E+10	8,22E-03	51
24	24 -- 25			627062	1,30E+10	7,19E-03	40
25	25 -- 26			627062	1,48E+10	5,28E-03	22
26	26 -- 27			627062	1,66E+10	3,44E-03	10
27	27 -- 28			627062	1,84E+10	1,68E-03	2
28				627062	2,02E+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	2,72E-04	6
2	2 -- 3				1,23E+06	2,72E-04	6
3	3 -- 4				1,23E+06	2,62E-04	5
4	4 -- 5				1,23E+06	2,54E-04	4
5	5 -- 6				1,23E+06	2,49E-04	4
6	6 -- 7				1,83E+07	2,48E-04	3
7	7 -- 8				1,83E+07	2,11E-04	3
8	8 -- 9				1,83E+07	1,93E-04	3
9	9 -- 10				1,83E+07	1,79E-04	2
10	10 -- 11				1,83E+07	1,56E-04	2
11	11 -- 12				3,54E+07	1,53E-04	2
12	12 -- 13				3,54E+07	1,28E-04	1
13	13 -- 14				3,54E+07	1,05E-04	1
14	14 -- 15				3,54E+07	9,22E-05	1
15	15 -- 16				5,25E+07	8,71E-05	1
16	16 -- 17				5,25E+07	7,87E-05	1
17	17 -- 18				5,25E+07	6,97E-05	1
18	18 -- 19				5,25E+07	6,16E-05	1
19	19 -- 20				5,25E+07	5,48E-05	0
20	20 -- 21				5,25E+07	4,85E-05	0
21	21 -- 22				5,95E+07	4,61E-05	0
22	22 -- 23				5,95E+07	3,66E-05	0
23	23 -- 24				5,95E+07	3,12E-05	0
24	24 -- 25				5,95E+07	2,63E-05	0
25	25 -- 26				5,95E+07	1,81E-05	0
26	26 -- 27				5,95E+07	1,12E-05	0
27	27 -- 28				5,95E+07	5,19E-06	0
28					5,95E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

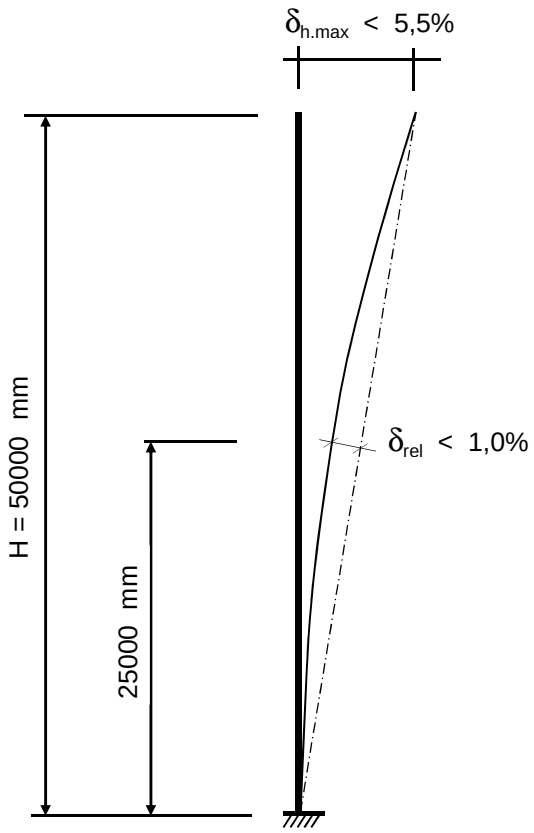
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

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	4,6E-02	1277
2	2 -- 3	4,6E-02	1250
3	3 -- 4	4,6E-02	1145
4	4 -- 5	4,5E-02	1015
5	5 -- 6	4,3E-02	890
6	6 -- 7	4,3E-02	871
7	7 -- 8	4,1E-02	769
8	8 -- 9	4,0E-02	711
9	9 -- 10	3,8E-02	655
10	10 -- 11	3,5E-02	550
11	11 -- 12	3,5E-02	536
12	12 -- 13	3,2E-02	454
13	13 -- 14	2,8E-02	367
14	14 -- 15	2,6E-02	307
15	15 -- 16	2,5E-02	282
16	16 -- 17	2,3E-02	253
17	17 -- 18	2,2E-02	221
18	18 -- 19	2,0E-02	191
19	19 -- 20	1,8E-02	163
20	20 -- 21	1,7E-02	138
21	21 -- 22	1,6E-02	128
22	22 -- 23	1,4E-02	94
23	23 -- 24	1,2E-02	76
24	24 -- 25	1,1E-02	60
25	25 -- 26	7,8E-03	33
26	26 -- 27	5,1E-03	15
27	27 -- 28	2,5E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1277 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 2,55 % 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 14 ; Hoogte = 25000 mm

$\delta_{knoop\ x}$ = 307 mm

α = 1,46 graden

δ_{rel} = 331 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	579	480	0	0,00E+00	2,96E-03	81
2	2 -- 3	2475	4540	618	1,76E+05	2,96E-03	80
3	3 -- 4	3438	12305	3258	4,59E+06	2,94E-03	73
4	4 -- 5	3804	23655	6925	1,91E+07	2,87E-03	65
5	5 -- 6	633	36832	10983	4,46E+07	2,75E-03	56
6	6 -- 7	3516	62164	11657	4,97E+07	2,72E-03	55
7	7 -- 8	2197	76122	15408	8,22E+07	2,59E-03	49
8	8 -- 9	2275	85083	17751	1,06E+08	2,50E-03	45
9	9 -- 10	4771	94547	20177	1,33E+08	2,41E-03	42
10	10 -- 11	692	114982	25266	1,98E+08	2,20E-03	35
11	11 -- 12	4350	142521	26004	2,08E+08	2,17E-03	34
12	12 -- 13	5282	164470	30643	2,77E+08	2,00E-03	29
13	13 -- 14	4219	192125	36278	3,73E+08	1,79E-03	24
14	14 -- 15	1952	239491	40778	4,57E+08	1,64E-03	20
15	15 -- 16	2368	276970	42860	4,99E+08	1,57E-03	18
16	16 -- 17	2844	291931	45386	5,52E+08	1,49E-03	17
17	17 -- 18	2871	310285	48420	6,19E+08	1,39E-03	14
18	18 -- 19	2891	329278	51482	6,90E+08	1,28E-03	13
19	19 -- 20	2903	350270	54566	7,66E+08	1,19E-03	11
20	20 -- 21	1223	371947	57662	8,46E+08	1,09E-03	9
21	21 -- 22	4580	385317	58967	8,81E+08	1,05E-03	9
22	22 -- 23	2876	421394	63852	1,02E+09	9,03E-04	6
23	23 -- 24	2841	445126	66920	1,11E+09	8,07E-04	5
24	24 -- 25	5507	469543	69950	1,21E+09	7,11E-04	4
25	25 -- 26	5094	523737	75824	1,42E+09	5,31E-04	2
26	26 -- 27	4317	580854	81258	1,64E+09	3,52E-04	1
27	27 -- 28	4377	640894	85863	1,88E+09	1,75E-04	0
28			753752	90532	2,13E+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	4,87E-02	1371
2	2 -- 3		40596	40596	0,00E+00	4,87E-02	1344
3	3 -- 4			40596	9,26E+07	4,83E-02	1233
4	4 -- 5			40596	2,08E+08	4,73E-02	1096
5	5 -- 6			40596	3,24E+08	4,62E-02	963
6	6 -- 7		313439	354035	3,42E+08	4,61E-02	942
7	7 -- 8			354035	1,19E+09	4,45E-02	833
8	8 -- 9			354035	1,70E+09	4,32E-02	771
9	9 -- 10			354035	2,20E+09	4,16E-02	710
10	10 -- 11			354035	3,21E+09	3,82E-02	596
11	11 -- 12		298029	652065	3,35E+09	3,77E-02	581
12	12 -- 13			652065	4,95E+09	3,48E-02	492
13	13 -- 14			652065	6,81E+09	3,10E-02	398
14	14 -- 15			652065	8,24E+09	2,82E-02	333
15	15 -- 16		278218	930282	8,89E+09	2,70E-02	305
16	16 -- 17			930282	1,00E+10	2,55E-02	274
17	17 -- 18			930282	1,13E+10	2,37E-02	239
18	18 -- 19			930282	1,27E+10	2,18E-02	206
19	19 -- 20			930282	1,40E+10	2,01E-02	177
20	20 -- 21			930282	1,53E+10	1,83E-02	149
21	21 -- 22		61597	991879	1,59E+10	1,76E-02	138
22	22 -- 23			991879	1,81E+10	1,49E-02	102
23	23 -- 24			991879	1,95E+10	1,32E-02	82
24	24 -- 25			991879	2,09E+10	1,15E-02	64
25	25 -- 26			991879	2,38E+10	8,45E-03	36
26	26 -- 27			991879	2,66E+10	5,50E-03	16
27	27 -- 28			991879	2,94E+10	2,69E-03	4
28				991879	3,22E+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	3,47E-02	995
2	2 -- 3		24272	24272	0,00E+00	3,47E-02	975
3	3 -- 4			24272	5,53E+07	3,45E-02	896
4	4 -- 5			24272	1,25E+08	3,39E-02	799
5	5 -- 6			24272	1,94E+08	3,33E-02	703
6	6 -- 7		226401	250673	2,05E+08	3,32E-02	688
7	7 -- 8			250673	8,06E+08	3,21E-02	609
8	8 -- 9			250673	1,16E+09	3,12E-02	564
9	9 -- 10			250673	1,52E+09	3,01E-02	520
10	10 -- 11			250673	2,24E+09	2,77E-02	438
11	11 -- 12		224980	475653	2,34E+09	2,74E-02	427
12	12 -- 13			475653	3,50E+09	2,54E-02	362
13	13 -- 14			475653	4,86E+09	2,27E-02	293
14	14 -- 15			475653	5,90E+09	2,07E-02	246
15	15 -- 16		223313	698966	6,38E+09	1,98E-02	225
16	16 -- 17			698966	7,22E+09	1,87E-02	202
17	17 -- 18			698966	8,21E+09	1,74E-02	176
18	18 -- 19			698966	9,21E+09	1,61E-02	153
19	19 -- 20			698966	1,02E+10	1,48E-02	131
20	20 -- 21			698966	1,12E+10	1,35E-02	110
21	21 -- 22		47361	746328	1,16E+10	1,30E-02	102
22	22 -- 23			746328	1,33E+10	1,10E-02	75
23	23 -- 24			746328	1,44E+10	9,75E-03	61
24	24 -- 25			746328	1,54E+10	8,52E-03	48
25	25 -- 26			746328	1,76E+10	6,26E-03	26
26	26 -- 27			746328	1,97E+10	4,08E-03	12
27	27 -- 28			746328	2,18E+10	1,99E-03	3
28				746328	2,39E+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	5,64E-02	1550
2	2 -- 3		64928	64928	0,00E+00	5,64E-02	1517
3	3 -- 4			64928	1,48E+08	5,58E-02	1389
4	4 -- 5			64928	3,33E+08	5,42E-02	1232
5	5 -- 6			64928	5,18E+08	5,25E-02	1080
6	6 -- 7		324297	389226	5,47E+08	5,23E-02	1056
7	7 -- 8			389226	1,48E+09	5,02E-02	933
8	8 -- 9			389226	2,04E+09	4,85E-02	862
9	9 -- 10			389226	2,59E+09	4,67E-02	795
10	10 -- 11			389226	3,70E+09	4,27E-02	667
11	11 -- 12		319442	708668	3,86E+09	4,22E-02	650
12	12 -- 13			708668	5,59E+09	3,88E-02	551
13	13 -- 14			708668	7,61E+09	3,45E-02	446
14	14 -- 15			708668	9,17E+09	3,15E-02	373
15	15 -- 16		313643	1022310	9,88E+09	3,01E-02	342
16	16 -- 17			1022310	1,11E+10	2,84E-02	307
17	17 -- 18			1022310	1,26E+10	2,64E-02	268
18	18 -- 19			1022310	1,40E+10	2,44E-02	232
19	19 -- 20			1022310	1,55E+10	2,24E-02	198
20	20 -- 21			1022310	1,69E+10	2,05E-02	168
21	21 -- 22		122408	1144718	1,75E+10	1,97E-02	156
22	22 -- 23			1144718	2,01E+10	1,67E-02	115
23	23 -- 24			1144718	2,18E+10	1,48E-02	92
24	24 -- 25			1144718	2,34E+10	1,30E-02	72
25	25 -- 26			1144718	2,66E+10	9,52E-03	40
26	26 -- 27			1144718	2,99E+10	6,21E-03	18
27	27 -- 28			1144718	3,32E+10	3,03E-03	4
28				1144718	3,64E+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	3,48E-02	992
2	2 -- 3		26516	26516	0,00E+00	3,48E-02	972
3	3 -- 4			26516	6,05E+07	3,46E-02	893
4	4 -- 5			26516	1,36E+08	3,39E-02	795
5	5 -- 6			26516	2,12E+08	3,32E-02	700
6	6 -- 7		222908	249424	2,24E+08	3,31E-02	685
7	7 -- 8			249424	8,22E+08	3,20E-02	606
8	8 -- 9			249424	1,18E+09	3,11E-02	561
9	9 -- 10			249424	1,53E+09	3,00E-02	518
10	10 -- 11			249424	2,24E+09	2,76E-02	435
11	11 -- 12		221784	471208	2,34E+09	2,73E-02	424
12	12 -- 13			471208	3,50E+09	2,52E-02	360
13	13 -- 14			471208	4,84E+09	2,25E-02	292
14	14 -- 15			471208	5,88E+09	2,06E-02	244
15	15 -- 16		220470	691677	6,35E+09	1,97E-02	224
16	16 -- 17			691677	7,18E+09	1,86E-02	201
17	17 -- 18			691677	8,16E+09	1,73E-02	175
18	18 -- 19			691677	9,15E+09	1,60E-02	152
19	19 -- 20			691677	1,01E+10	1,47E-02	130
20	20 -- 21			691677	1,11E+10	1,34E-02	110
21	21 -- 22		52819	744496	1,15E+10	1,29E-02	102
22	22 -- 23			744496	1,32E+10	1,09E-02	75
23	23 -- 24			744496	1,43E+10	9,70E-03	60
24	24 -- 25			744496	1,53E+10	8,48E-03	47
25	25 -- 26			744496	1,75E+10	6,23E-03	26
26	26 -- 27			744496	1,96E+10	4,06E-03	12
27	27 -- 28			744496	2,17E+10	1,98E-03	3
28				744496	2,38E+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	3,27E-04	7
2	2 -- 3				1,48E+06	3,27E-04	7
3	3 -- 4				1,48E+06	3,14E-04	6
4	4 -- 5				1,48E+06	3,05E-04	5
5	5 -- 6				1,48E+06	2,99E-04	4
6	6 -- 7				2,20E+07	2,98E-04	4
7	7 -- 8				2,20E+07	2,53E-04	3
8	8 -- 9				2,20E+07	2,32E-04	3
9	9 -- 10				2,20E+07	2,15E-04	3
10	10 -- 11				2,20E+07	1,87E-04	2
11	11 -- 12				4,25E+07	1,84E-04	2
12	12 -- 13				4,25E+07	1,54E-04	2
13	13 -- 14				4,25E+07	1,26E-04	1
14	14 -- 15				4,25E+07	1,11E-04	1
15	15 -- 16				6,30E+07	1,04E-04	1
16	16 -- 17				6,30E+07	9,45E-05	1
17	17 -- 18				6,30E+07	8,37E-05	1
18	18 -- 19				6,30E+07	7,39E-05	1
19	19 -- 20				6,30E+07	6,57E-05	1
20	20 -- 21				6,30E+07	5,82E-05	0
21	21 -- 22				7,14E+07	5,53E-05	0
22	22 -- 23				7,14E+07	4,39E-05	0
23	23 -- 24				7,14E+07	3,75E-05	0
24	24 -- 25				7,14E+07	3,16E-05	0
25	25 -- 26				7,14E+07	2,18E-05	0
26	26 -- 27				7,14E+07	1,34E-05	0
27	27 -- 28				7,14E+07	6,22E-06	0
28					7,14E+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	10,68	65,10	6,20
3	3 -- 4	18,44	65,84	155,48
4	4 -- 5	29,79	66,88	344,61
5	5 -- 6	42,97	68,02	536,83
6	6 -- 7	81,78	392,50	602,80
7	7 -- 8	95,74	393,56	1546,08
8	8 -- 9	104,70	394,22	2107,37
9	9 -- 10	114,16	394,90	2669,62
10	10 -- 11	134,60	396,33	3797,12
11	11 -- 12	175,62	715,98	3991,02
12	12 -- 13	197,57	717,29	5746,78
13	13 -- 14	225,22	718,87	7793,30
14	14 -- 15	272,59	720,14	9376,21
15	15 -- 16	323,55	1034,36	10131,96
16	16 -- 17	338,51	1035,08	11373,62
17	17 -- 18	356,86	1035,93	12849,21
18	18 -- 19	375,85	1036,79	14326,02
19	19 -- 20	396,85	1037,66	15804,07
20	20 -- 21	418,52	1038,53	17283,35
21	21 -- 22	444,19	1161,30	17940,65
22	22 -- 23	480,26	1162,68	20555,13
23	23 -- 24	504,00	1163,54	22212,56
24	24 -- 25	528,41	1164,39	23871,21
25	25 -- 26	582,61	1166,04	27192,08
26	26 -- 27	639,72	1167,57	30517,48
27	27 -- 28	699,76	1168,87	33846,91
28		812,62	1170,18	37180,05

)** - 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	10,68	26	6,5	1351,7	0,01
2	500 / 825	155,48	18,44	105	157,7	1868,7	0,09
3	500 / 825	344,61	29,79	129	350,7	2632,6	0,14
4	500 / 825	536,83	42,97	125	548,3	3527,3	0,16
5	825 / 1150	602,80	81,78	19	615,9	4019,6	0,16
6	825 / 1150	1546,08	95,74	102	1568,9	4975,8	0,32
7	825 / 1150	2107,37	104,70	58	2136,2	5591,8	0,39
8	825 / 1150	2669,62	114,16	56	2704,9	6243,8	0,44
9	825 / 1150	3797,12	134,60	105	3846,5	7655,6	0,51
10	1150 / 1366	3991,02	175,62	14	4042,9	8868,6	0,46
11	1150 / 1366	5746,78	197,57	82	5814,8	10392,4	0,57
12	1150 / 1366	7793,30	225,22	86	7880,8	12317,0	0,65
13	1366/ 1642	9376,21	272,59	60	9480,1	15487,3	0,62
14	1366/ 1642	10131,96	323,55	25	10244,1	16334,0	0,63
15	1366/ 1642	11373,62	338,51	29	11495,5	17379,7	0,67
16	1366/ 1642	12849,21	356,86	32	12982,6	18663,8	0,70
17	1366/ 1642	14326,02	375,85	30	14470,7	19993,6	0,73
18	1642/ 1967	15804,07	396,85	28	15959,6	22814,2	0,71
19	1642/ 1967	17283,35	418,52	25	17449,5	24334,4	0,72
20	1642/ 1967	17940,65	444,19	10	18111,2	24989,2	0,73
21	1642/ 1967	20555,13	480,26	34	20741,9	27521,9	0,76
22	1642/ 1967	22212,56	504,00	19	22408,7	29189,3	0,78
23	1642/ 1967	23871,21	528,41	16	24076,0	30905,6	0,79
24	1967/ 2400	27192,08	582,61	26	27412,2	36677,9	0,76
25	1967/ 2400	30517,48	639,72	19	30749,5	40700,0	0,76
26	1967/ 2400	33846,91	699,76	11	34086,6	44931,4	0,77
27	1967/ 2400	37180,05	812,62	4	37422,6	49372,1	0,77

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	20,0	26,08	0,81	355	355
608	20,0	30,42	0,81	355	355
717	20,0	35,83	0,81	355	355
825	20,0	41,25	0,81	355	355
842	22,0	38,27	0,81	355	355
933	22,0	42,42	0,81	355	355
987	22,0	44,88	0,81	355	355
1042	22,0	47,34	0,81	355	355
1150	22,0	52,26	0,81	355	355
1165	25,0	46,60	0,81	355	355
1258	25,0	50,32	0,81	355	355
1366	25,0	54,66	0,81	355	355
1450	28,0	51,79	0,81	355	355
1488	28,0	53,14	0,81	355	355
1534	28,0	54,77	0,81	355	355
1588	28,0	56,71	0,81	355	355
1642	28,0	58,64	0,81	355	355
1696	30,0	56,54	0,81	355	355
1750	30,0	58,34	0,81	355	355
1773	30,0	59,10	0,81	355	355
1859	30,0	61,95	0,81	345	355
1913	30,0	63,76	0,81	339	355
1967	30,0	65,56	0,81	332	355
2075	32,0	64,85	0,81	335	355
2183	32,0	68,23	0,81	323	355
2292	32,0	71,62	0,81	313	355
2400	32,0	75,00	0,81	304	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	1,78	0,35	355	355	0,01
2	500 / 825	35,00	0,54	355	355	0,10
3	500 / 825	55,72	0,74	355	355	0,16
4	500 / 825	63,54	0,91	355	355	0,18
5	825 / 1150	55,56	1,46	355	355	0,16
6	825 / 1150	124,18	1,60	355	355	0,35
7	825 / 1150	143,65	1,61	355	355	0,41
8	825 / 1150	162,39	1,66	355	355	0,46
9	825 / 1150	197,00	1,81	355	355	0,56
10	1150 / 1366	164,03	1,97	355	355	0,47
11	1150 / 1366	214,68	2,12	355	355	0,61
12	1150 / 1366	246,83	2,23	355	355	0,70
13	1366/ 1642	230,79	2,25	355	355	0,66
14	1366/ 1642	228,61	2,55	355	355	0,65
15	1366/ 1642	242,15	2,60	355	355	0,69
16	1366/ 1642	255,82	2,65	355	355	0,73
17	1366/ 1642	265,85	2,69	355	355	0,76
18	1642/ 1967	256,68	2,57	355	355	0,73
19	1642/ 1967	262,84	2,62	355	355	0,75
20	1642/ 1967	260,72	2,72	355	355	0,74
21	1642/ 1967	280,61	2,85	355	345	0,80
22	1642/ 1967	280,61	2,88	355	339	0,80
23	1642/ 1967	284,51	2,94	355	332	0,81
24	1967/ 2400	280,08	2,91	355	335	0,80
25	1967/ 2400	282,34	3,03	355	323	0,80
26	1967/ 2400	282,80	3,16	355	313	0,81
27	1967/ 2400	281,91	3,49	355	304	0,81

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

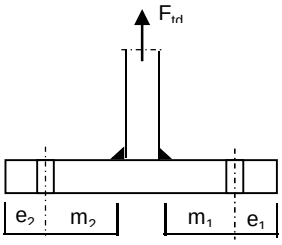
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

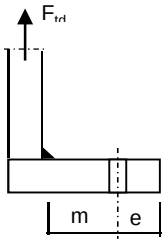
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

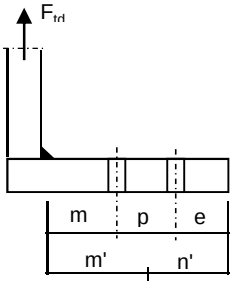
Flenzen en voetplaat:



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		2770,00					
st.c binnenkant		1966,00					
2368	104	596,07	11,25	28	M 48 - 8,8	848,4	0,70
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1235,00					
st.c binnenkant		1055,00					
	48	725,84	15,00	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,68

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							
2770,00	1966,00	178,2	155,0	155,0			118,8
2770,00	1966,00	178,2	155,0	155,0			167,4
flenzen op 25,0 m hoogte.							
1235,00	1055,0	72,7	60,0	60,0	117,7	105	138,1
1235,00	1055,0	72,7	60,0	60,0	117,7	105	138,1

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	9,95E+07	2232,74	1386,41	1696,90	1386,41	1192,14	0,86
100	1,40E+08	3145,83	1630,59	1696,90	1630,59	1192,14	0,73
flenzen op 25,0 m hoogte.							
120	1,37E+08	3194,03	1613,91	2121,12	1613,91	1451,68	0,90
120	1,37E+08	3194,03	1613,91	2121,12	1613,91	1451,68	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 / 2400	1,16	1,450	0,18	9,38

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 flenzen+ geleiders-kg	massa m kg/m
1	374	1,000		1,000			
2	367	0,981	1 -- 2	0,990	147	232	663,8
3	338	0,903	2 -- 3	0,942	647		283,8
4	302	0,808	3 -- 4	0,856	946		331,9
5	268	0,714	4 -- 5	0,761	1098		385,3
6	262	0,700	5 -- 6	0,707	205	1906	4690,6
7	234	0,624	6 -- 7	0,662	1163		484,6
8	218	0,581	7 -- 8	0,603	747		524,1
9	202	0,539	8 -- 9	0,560	789		553,4
10	172	0,459	9 -- 10	0,499	1703		597,5
11	168	0,448	10 -- 11	0,453	285	2009	5736,8
12	144	0,385	11 -- 12	0,416	1829		746,6
13	118	0,316	12 -- 13	0,351	2305		808,6
14	100	0,268	13 -- 14	0,292	2130	1817	1794,2
15	93	0,247	14 -- 15	0,258	1010	2113	3123,0
16	84	0,224	15 -- 16	0,235	1247		1038,9
17	74	0,197	16 -- 17	0,210	1530		1073,3
18	64	0,172	17 -- 18	0,184	1583		1110,7
19	55	0,148	18 -- 19	0,160	1749		1227,6
20	47	0,126	19 -- 20	0,137	1806		1267,7
21	44	0,118	20 -- 21	0,122	778	336	1856,9
22	33	0,088	21 -- 22	0,103	3006		1336,2
23	27	0,071	22 -- 23	0,080	1978		1387,8
24	21	0,056	23 -- 24	0,064	2035		1427,9
25	12	0,032	24 -- 25	0,044	4516		1584,6
26	5	0,014	25 -- 26	0,023	4760		1670,1
27	1	0,004	26 -- 27	0,009	5003		1755,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	5247	4158	3300,0

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	664	0,990	0,570	0,56	371,06	0,56
2 -- 3	284	0,942	2,280	2,02	574,16	2,15
3 -- 4	332	0,856	2,850	2,09	692,29	2,44
4 -- 5	385	0,761	2,850	1,65	636,07	2,17
5 -- 6	4691	0,707	0,450	0,23	1055,73	0,32
6 -- 7	485	0,662	2,400	1,05	510,10	1,59
7 -- 8	524	0,603	1,425	0,52	271,34	0,86
8 -- 9	553	0,560	1,425	0,45	247,36	0,80
9 -- 10	598	0,499	2,850	0,71	423,90	1,42
10 -- 11	5737	0,453	0,400	0,08	471,91	0,18
11 -- 12	747	0,416	2,450	0,42	317,08	1,02
12 -- 13	809	0,351	2,850	0,35	283,16	1,00
13 -- 14	1794	0,292	2,200	0,19	337,17	0,64
14 -- 15	3123	0,258	1,000	0,07	207,48	0,26
15 -- 16	1039	0,235	1,200	0,07	69,12	0,28
16 -- 17	1073	0,210	1,425	0,06	67,53	0,30
17 -- 18	1111	0,184	1,425	0,05	53,67	0,26
18 -- 19	1228	0,160	1,425	0,04	44,70	0,23
19 -- 20	1268	0,137	1,425	0,03	34,03	0,20
20 -- 21	1857	0,122	0,600	0,01	16,59	0,07
21 -- 22	1336	0,103	2,250	0,02	31,77	0,23
22 -- 23	1388	0,080	1,425	0,01	12,53	0,11
23 -- 24	1428	0,064	1,425	0,01	8,31	0,09
24 -- 25	1585	0,044	2,850	0,01	8,83	0,13
25 -- 26	1670	0,023	2,850	0,00	2,55	0,07
26 -- 27	1756	0,009	2,850	0,00	0,40	0,03
27 -- 28	3300	0,002	2,850	0,00	0,03	0,01
		Σ	50,00	10,68	6748,89	17,41

m_e = 6748,9 / 10,7 = 632,0 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 / 2400	632,0	0,030	1,25	1,450	14,4

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 = 14,4

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 = 17,41 / (4 * π * 10,68) = 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 * 9,38 / $15*10^{-6}$ = 9,1E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

K_w = 7,43 / 17,41 = 0,43

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,069 * 0,130 * 0,43 * 0,2 = 0,024

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,024 = 0,034 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		246514	246514	0,00E+00	5,8E-02	1000
2	2 -- 3			246514	1,41E+08	5,8E-02	967
3	3 -- 4			246514	7,03E+08	5,4E-02	838
4	4 -- 5			246514	1,41E+09	4,7E-02	692
5	5 -- 6			246514	2,11E+09	4,0E-02	567
6	6 -- 7			246514	2,22E+09	3,9E-02	549
7	7 -- 8			246514	2,81E+09	3,4E-02	461
8	8 -- 9			246514	3,16E+09	3,1E-02	414
9	9 -- 10			246514	3,51E+09	2,9E-02	371
10	10 -- 11			246514	4,22E+09	2,4E-02	297
11	11 -- 12			246514	4,31E+09	2,3E-02	287
12	12 -- 13			246514	4,92E+09	2,0E-02	235
13	13 -- 14			246514	5,62E+09	1,6E-02	183
14	14 -- 15			246514	6,16E+09	1,4E-02	149
15	15 -- 16			246514	6,41E+09	1,3E-02	135
16	16 -- 17			246514	6,71E+09	1,2E-02	120
17	17 -- 18			246514	7,06E+09	1,1E-02	103
18	18 -- 19			246514	7,41E+09	1,0E-02	88
19	19 -- 20			246514	7,76E+09	9,0E-03	74
20	20 -- 21			246514	8,11E+09	8,1E-03	62
21	21 -- 22			246514	8,26E+09	7,7E-03	57
22	22 -- 23			246514	8,81E+09	6,4E-03	42
23	23 -- 24			246514	9,16E+09	5,5E-03	33
24	24 -- 25			246514	9,52E+09	4,8E-03	26
25	25 -- 26			246514	1,02E+10	3,4E-03	14
26	26 -- 27			246514	1,09E+10	2,2E-03	6
27	27 -- 28			246514	1,16E+10	1,0E-03	2
28	28 -- 29			246514	1,23E+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	20,0	3807593	37	0,0343	2,5
2	608	20,0	5263811	133	0,0343	9,2
3	717	20,0	7415686	189	0,0343	13,0
4	825	20,0	9936019	212	0,0343	14,6
5	842	22,0	11322818	196	0,0343	13,5
6	933	22,0	14016257	201	0,0343	13,8
7	987	22,0	15751479	201	0,0343	13,8
8	1042	22,0	17588029	200	0,0343	13,7
9	1150	22,0	21565114	195	0,0343	13,4
10	1165	25,0	24982007	173	0,0343	11,9
11	1258	25,0	29274406	168	0,0343	11,5
12	1366	25,0	34695869	162	0,0343	11,1
13	1450	28,0	43626166	141	0,0343	9,7
14	1488	28,0	46011167	139	0,0343	9,6
15	1534	28,0	48957001	137	0,0343	9,4
16	1588	28,0	52573962	134	0,0343	9,2
17	1642	28,0	56319887	132	0,0343	9,0
18	1696	30,0	64265423	121	0,0343	8,3
19	1750	30,0	68547616	118	0,0343	8,1
20	1773	30,0	70391983	117	0,0343	8,1
21	1859	30,0	77526532	114	0,0343	7,8
22	1913	30,0	82223254	111	0,0343	7,7
23	1967	30,0	87058153	109	0,0343	7,5
24	2075	32,0	103318056	99	0,0343	6,8
25	2183	32,0	114647904	95	0,0343	6,5
26	2292	32,0	126567306	92	0,0343	6,3
27	2400	32,0	139076263	89	0,0343	6,1

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,16 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 9,38 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 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,16 * [9,38 / 6,14]^2 * \exp[-(9,38 / 6,14)^2]$ = 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.

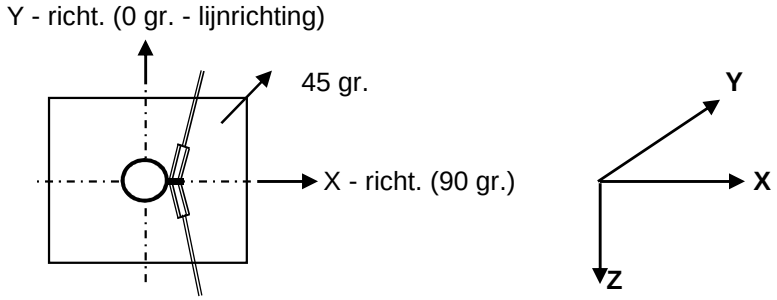
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	11,00	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
4	Lasnaad	15,61	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
5	Lasnaad	17,48	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	16,52	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
8							
9	Lasnaad	16,45	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
10	Lasnaad	16,10	46	25,30	1,000E+10	2,53E+08	0,03
11							
12	Lasnaad	13,84	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
13	Lasnaad	13,35	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
14	flenzen	11,64	35	19,25	1,000E+10	2,53E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	11,28	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	10,84	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	9,75	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
21							
22	Lasnaad	9,37	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
23	Lasnaad	9,18	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
24	Lasnaad	9,00	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
25	Lasnaad	8,15	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
26	Lasnaad	7,85	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
27	Lasnaad	7,57	45	24,75	1,000E+10	2,53E+08	0,03
28	voetplaat	7,30	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			692			
2 - Windbelasting mast	91				2131	
3 - Belasting geval 1a	992		62		32309	
4 - Belasting geval 1b	746		62		24006	
5 - Belasting geval 3	1145		121		36581	
6 - Belasting geval 4	744		75		23908	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	1082		754		34439	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	763		754		24406	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	1170		**813**		**37180**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	761		767		24308	

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	30759	kNm	37180	kNm	37180	kNm
Dwarskracht	979	kN	1170	kN	1170	kN
Verticale kracht	628	kN	813	kN	565	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		2770,00					
st.c binnenkant		1966,00					
2368	104	596,07	11,25	28	M 48 - 8,8	848,45	0,70
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2770,00					
st.c binnenkant		1966,00					
2368	104	493,56	9,42	28	M 48 - 8,8	848,45	0,58

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 596,1 kN

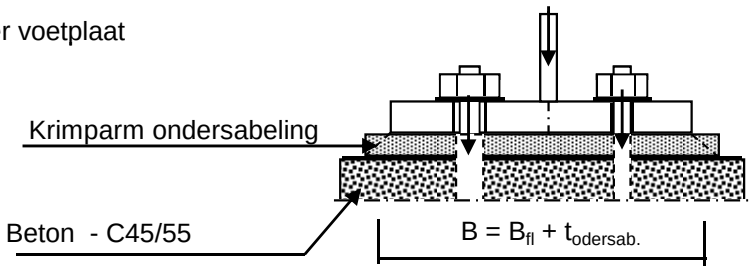
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 493,6 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 611,7 + 1,00 * 493,6 = 1105,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

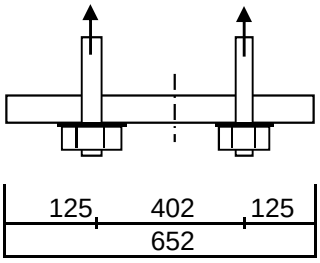
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	712,0	mm	D =	2368	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	104	
B =	752,0	mm			

A_{voetpl} = 752 * 2*π*D / n = 107584 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,5 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

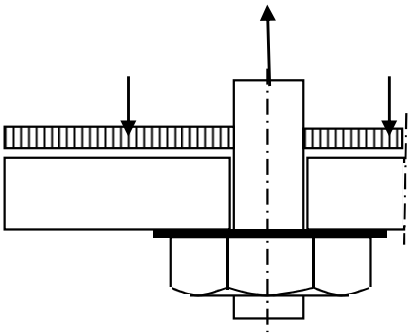


D = 2368 mm
n = 104

$A_{stortring}$ = 652 * $2*\pi*D / n$ = 93277 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 125 mm
L_{veld} = 402 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 99849 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2569 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 158327 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 158327 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2569 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} = 158327 / 179718,8 = 0,88 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 312,7 N/mm^2

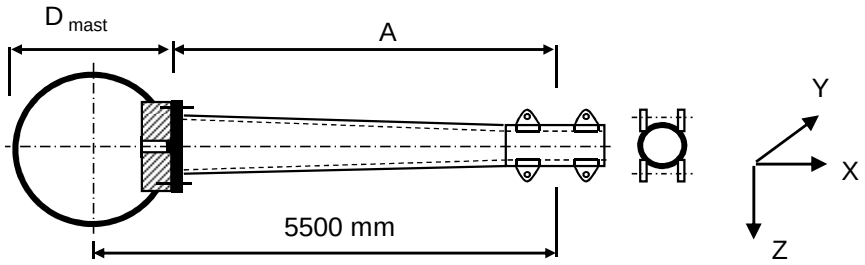
V_{Ed} / V_{Rd} = 2569 / 9223 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 57,1 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (312,7^2 + 3*57,1^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 328 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening crossbeam - hoogte 41,0 m, 32,5m en 24m



A = 5079 mm

D_{mast} = 842 mm

Buisgegevens

Buis Ø400 * 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 =	19302	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	4568	kN
$W_y = W_z$ =	1,78E+06	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	421,7	kNm
W_x =	3,56E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	421,7	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	487,0	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	1318,7	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 492 mm

Flensdikte t_{flens} = 30 mm

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix S

	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))	9299	-61994	3729	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6499	-64533	6424	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	5634	-46829	3728	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	4643	-60415	6423	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	4944	-44233	3728	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	4297	-59868	6423	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))	9,30	61,99	3,73	0,00	18,94	314,87
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**6,50**	**64,53**	**6,42**	**0,00**	**32,63**	**327,76**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,63	46,83	3,73	0,00	18,93	237,85
BG 3 - (wind (45) + ijs)	4,64	60,42	6,42	0,00	32,62	306,85
BG 1a - (wind (-45 gr))	4,94	44,23	3,73	0,00	18,93	224,66
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	4,30	59,87	6,42	0,00	32,62	304,07

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (- wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	32,63	/ 422	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		18,3	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	327,76	/ 422	=	0,78	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,z}$ =		183,9	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	6,50	/ 4568	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		0,2	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	6,42	/ 1319	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		0,7	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	64,53	/ 1319	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		6,7	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 185 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 185 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 400*16 aan de flens
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Controle bouten:

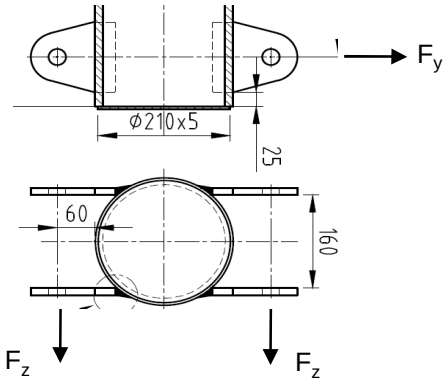
$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =			329,4	kN
$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =			64,9	kN
N_{Ed} =			6,5	kN
$F_{t,Ed}$ =	111,85	kN		
$F_{v,Ed}$ =	2,70	kN		
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =			0,66	< 1,0 -- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =			0,03	< 1,0 -- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =			0,50	< 1,0 -- Voldoet

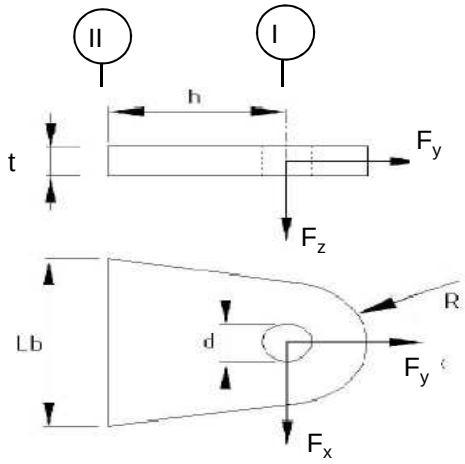
Controle flens:

t_{flens} =	30,00	mm		
L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*π*m) =			64,4	mm
m =	39,2	mm		
n =	30,0	mm		
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ =			3429441	Nmm

Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$ =		174,9	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$ =		123,0	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$ =		169,4	kN
		$F_{t,Rd,min}$ =	123,0	kN
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ =			0,91	< 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))	9,30	61,99	3,73
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**6,50**	**64,53**	**6,42**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,63	46,83	3,73
BG 3 - (wind (45) + ijs)	4,64	60,42	6,42
BG 1a - (wind (-45 gr))	4,94	44,23	3,73
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	4,30	59,87	6,42

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip (4 clip per kant):	**1,62**	**16,13**	**3,21**

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} =	16,13	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,15	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,21	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,30	kNm
$V_{x,Ed}$ =	1,62	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	16,13	/	341	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,15	/	6,8	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		5,2	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,30	/	0,7	=	0,44	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		103,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,21	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		2,2	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	1,62	/	197	/	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		1,1	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 120,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 120 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

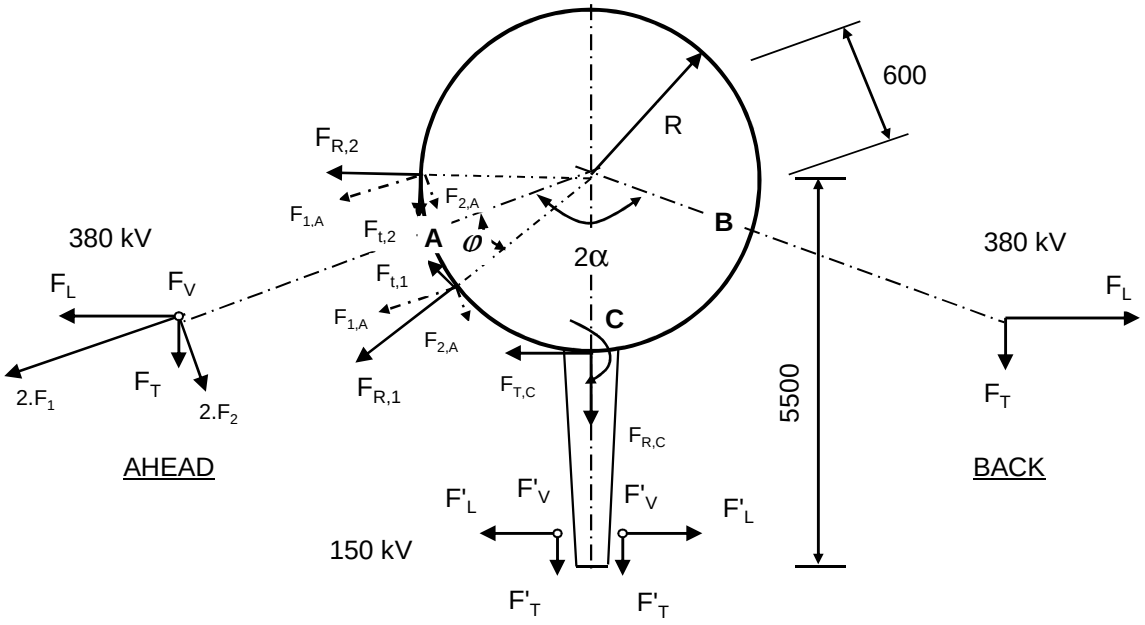
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

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

Lassen : 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

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

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

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

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

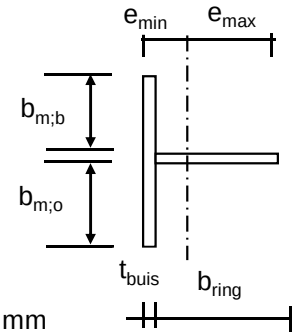
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

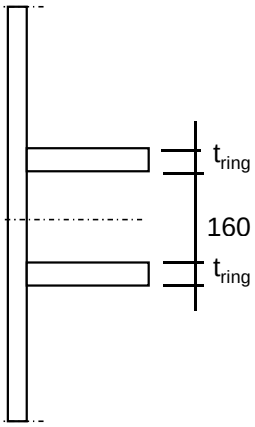
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

9.2.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 41,0 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
$M_{w;Rd}$ =	5359	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - bevestiging op 41,0 meter hoogte
Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix S
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))	14918	37198	247977	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25695	25996	258132	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	14911	22534	187317	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25692	18570	241660	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	14910	19778	176931	0	0	0
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	25692	17189	239472	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))	3729	9299	61994	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6424	6499	64533	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	3728	5634	46829	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	6423	4643	60415	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	3728	4944	44233	0	0	0
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	6423	4297	59868	0	0	0

Diametе mast t.p.v ringen D = 842 mm

R = 421 mm

Mast 213: Lijnhoek = 2. α = 179,6 graden

Mast 200: Lijnhoek = 2. α = 179,4 graden

Mast 199: Lijnhoek = 2. α = 173,9 graden

Lijnhoek = 2. α = 173,9 graden (maatgevend)

hoek φ = boogsin(300 / (421+205)) = 29 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))	57,6	51,9	0,0	0,0	82,1	157,4
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58,3	55,4	0,0	0,0	136,6	163,9
BG 1a - (wind (45 gr))	42,8	39,8	0,0	0,0	80,2	118,9
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	53,8	52,5	0,0	0,0	135,7	153,4
BG 1a - (wind (-45 gr))	40,2	37,8	0,0	0,0	79,9	112,3
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	53,2	52,1	0,0	0,0	135,5	152,0

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

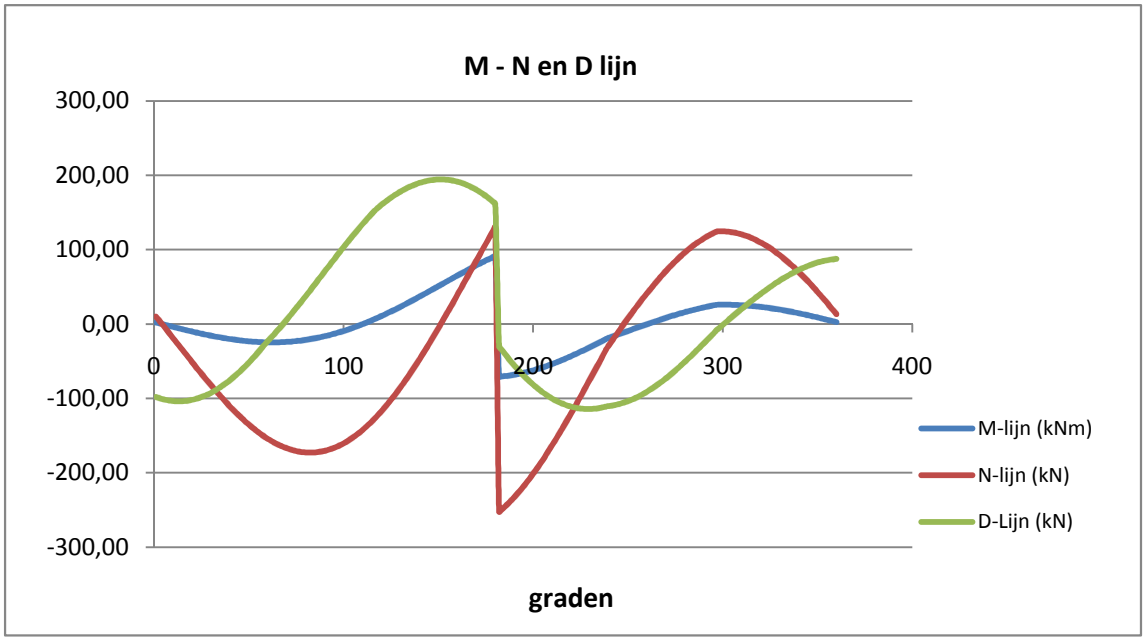
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

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	1,87	10,19	-97,97	9,60	76,70
15,0	-7,73	-38,06	-103,49	8,51	67,95
30,0	-16,24	-85,08	-91,06	6,07	48,46
45,0	-22,31	-125,86	-61,89	2,46	19,66
60,0	-24,77	-155,81	-20,04	2,00	15,98
75,0	-22,77	-171,28	24,77	6,90	55,14
90,0	-15,86	-169,84	74,05	11,76	93,95
105,0	-4,10	-150,56	122,43	16,06	128,32
120,0	11,96	-114,18	162,45	19,32	154,36
135,0	31,28	-63,06	185,93	21,12	168,69
150,0	52,40	-1,04	194,51	21,13	
165,0	73,53	66,86	185,96	62,74	
180,0	10,79	-59,82	66,58	75,91	Flens crossbea
195,0	-65,12	-214,69	-71,83	12,18	
210,0	-52,95	-158,95	-101,52	16,74	
225,0	-36,21	-92,82	-113,76	18,55	148,20
240,0	-17,66	-24,64	-109,79	13,74	109,80
255,0	-3,91	28,22	-96,75	12,95	103,43
270,0	9,03	73,92	-70,94	10,84	86,61
285,0	19,88	108,33	-36,16	6,12	48,91
300,0	26,00	124,65	1,06	1,89	15,08
315,0	24,11	114,94	32,76	5,17	41,29
330,0	18,94	90,79	59,98	7,76	61,99
345,0	11,18	54,65	79,24	8,67	69,28
360,0	2,51	13,32	87,66	0,64	5,15

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

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 105771239 mm^4



Controle spanningen :

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	252,4	kN		N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	91,55	kNm		M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	194,5	kN		V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 252,38 / 3293 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 18,1 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 91,55 / 122,0 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 177,5 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 194,51 / 888 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 29,9 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 130,40

V_{Ed} = 161,81

$\sigma_b + \sigma_N$ = 177,5 + 9,4 = 186,9 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

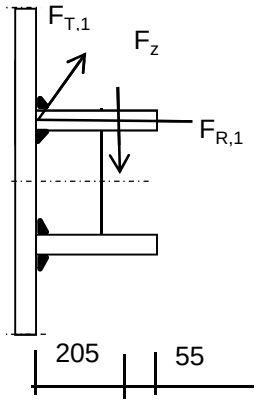
τ_z = 24,9 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 192 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ =	58,33	kN
$F_{T,1,h}$ =	33,73	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	168,69	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 15,6 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 12,80 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 63,99 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 49,87 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 65,5 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 186,7 N/mm^2

Toetsing regel :

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

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

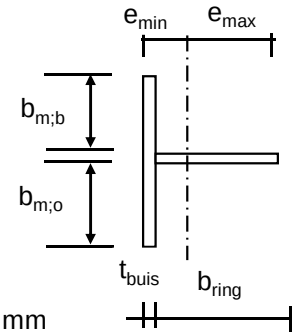
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 186,7 / 302,2 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

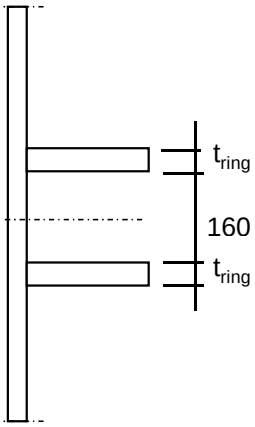
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 65,5 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,5 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ =	25	mm
$t_{buis;reken}$ =	25	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

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	15715	mm^2
e_{min} =	71,4	mm
e_{max} =	213,6	mm
I =	114494617	mm^4
W_{min} =	536122	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	3719	kN
$M_{y;Rd}$ =	127	kNm
$M_{w;Rd}$ =	11825	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

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

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))	14918	37198	247977	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25695	25996	258132	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	14911	22534	187317	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25692	18570	241660	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	14910	19778	176931	0	0	0
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	25692	17189	239472	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))	3729	9299	61994	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6424	6499	64533	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	3728	5634	46829	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	6423	4643	60415	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	3728	4944	44233	0	0	0
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	6423	4297	59868	0	0	0

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

R = 583 mm

Mast 213: Lijnhoek = 2. α = 179,6 graden

Mast 200: Lijnhoek = 2. α = 179,4 graden

Mast 199: Lijnhoek = 2. α = 173,9 graden

Lijnhoek = 2. α = 179,6 graden (maatgevend)

hoek φ = boogsin(300 / (583+205)) = 22 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))	60,8	53,9	0,0	0,0	79,6	152,4
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62,1	57,3	0,0	0,0	132,4	158,7
BG 1a - (wind (45 gr))	45,4	41,2	0,0	0,0	77,8	115,1
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	57,6	54,2	0,0	0,0	131,5	148,5
BG 1a - (wind (-45 gr))	42,7	39,1	0,0	0,0	77,4	108,8
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	56,9	53,8	0,0	0,0	131,3	147,2

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

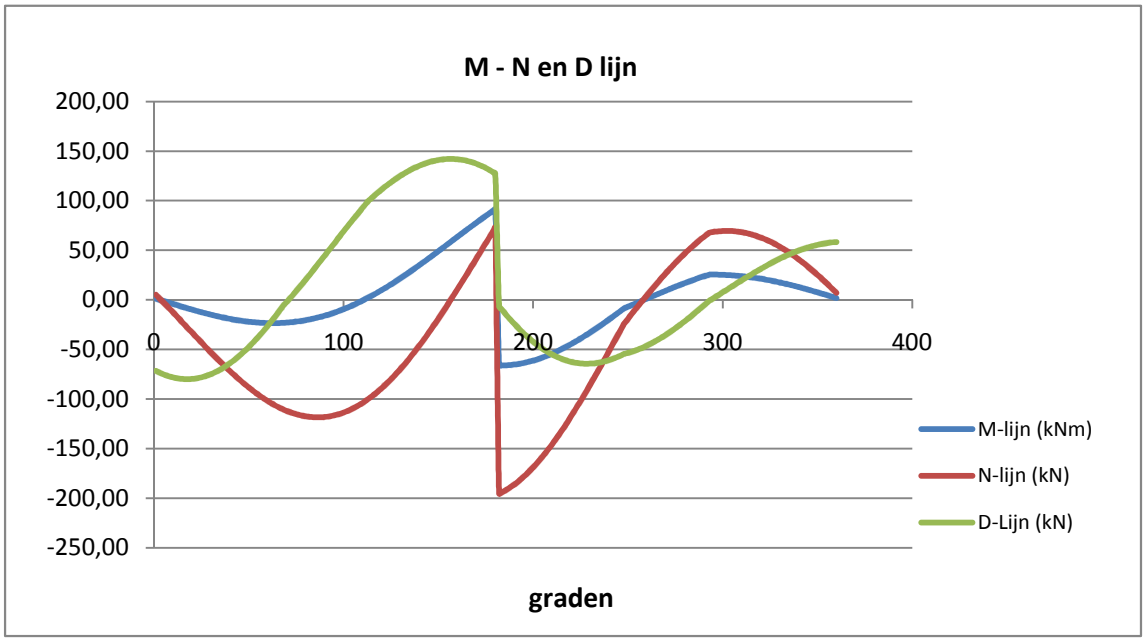
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

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	1,25	5,11	-71,63	8,81	65,05
15,0	-7,56	-24,84	-79,98	7,82	57,72
30,0	-15,38	-55,01	-74,18	5,63	41,58
45,0	-21,02	-82,21	-54,79	2,37	17,51
60,0	-23,39	-103,40	-23,84	1,73	12,74
75,0	-21,66	-115,97	11,17	6,32	46,65
90,0	-15,34	-118,01	47,02	10,99	81,14
105,0	-4,35	-108,51	83,52	15,29	112,83
120,0	10,94	-87,49	112,74	18,75	138,35
135,0	29,69	-56,02	131,74	20,95	154,65
150,0	50,64	-16,20	141,34	21,58	
165,0	72,23	29,00	139,75	58,91	
180,0	13,31	-60,24	60,98	76,49	Flens crossbea
195,0	-63,18	-176,74	-35,67	9,85	
210,0	-53,33	-143,08	-56,18	15,53	
225,0	-37,80	-98,90	-64,31	19,46	143,58
240,0	-18,34	-48,39	-60,24	16,35	120,66
255,0	-1,99	-4,79	-49,63	12,14	89,60
270,0	10,15	28,95	-34,03	11,00	81,20
285,0	21,15	57,22	-12,27	4,10	30,26
300,0	25,25	69,48	8,75	2,71	20,00
315,0	22,54	65,54	26,62	5,30	39,09
330,0	17,24	52,60	42,28	7,37	54,40
345,0	9,87	31,80	53,48	8,03	59,24
360,0	1,85	7,02	58,30	0,59	4,38

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

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 114494617 mm^4



Controle spanningen :

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	195,6	kN	N_{Rd} =	3719	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	91,36	kNm	M_{Rd} =	127	kNm
$V_{Ed;max}$ =	142,1	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 195,61 / 3719 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet
σ_N = 12,4 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 91,36 / 126,9 = 0,72 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 170,4 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 142,12 / 888 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 21,9 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 72,84
V_{Ed} = 127,30

$\sigma_b + \sigma_N$ = 170,4 + 4,6 = 175,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

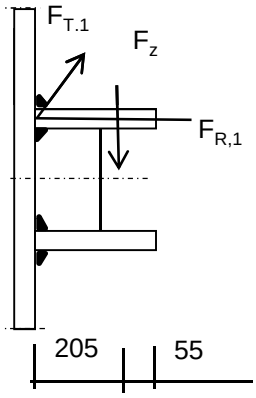
τ_z = 19,6 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 178 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 62,08 kN
$F_{T,1,h}$ = 30,39 kN
F_z = 12,85 kN
$F_{Langs,Ed}$ = 154,65 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. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 11,53 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 58,67 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 49,87 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,5 N/mm^2

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 180,2 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

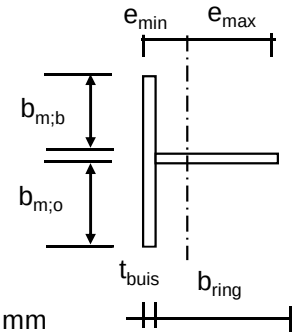
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 180,2 / 302,2 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet

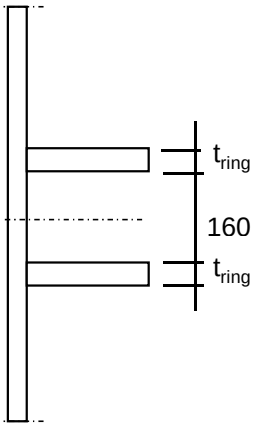
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 66,5 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.2.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 24,0 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
$M_{w;Rd}$ =	21779	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

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

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))	14918	37198	247977	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25695	25996	258132	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	14911	22534	187317	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25692	18570	241660	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	14910	19778	176931	0	0	0
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	25692	17189	239472	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))	3729	9299	61994	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6424	6499	64533	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	3728	5634	46829	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	6423	4643	60415	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	3728	4944	44233	0	0	0
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	6423	4297	59868	0	0	0

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

R = 744 mm

Mast 213: Lijnhoek = 2. α = 179,6 graden

Mast 200: Lijnhoek = 2. α = 179,4 graden

Mast 199: Lijnhoek = 2. α = 173,9 graden

Lijnhoek = 2. α = 179,6 graden (maatgevend)

hoek φ = boogsin(300 / (744+205)) = 18 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))	61,7	56,0	0,0	0,0	77,2	147,4
BG 3 - (wind (90) + ijs)	63,2	59,3	0,0	0,0	128,2	153,5
BG 1a - (wind (45 gr))	46,2	42,7	0,0	0,0	75,3	111,4
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,7	55,9	0,0	0,0	127,2	143,7
BG 1a - (wind (-45 gr))	43,5	40,5	0,0	0,0	75,0	105,2
BG 3 - (wind (-45)+ ijs)	58,1	55,5	0,0	0,0	127,0	142,4

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

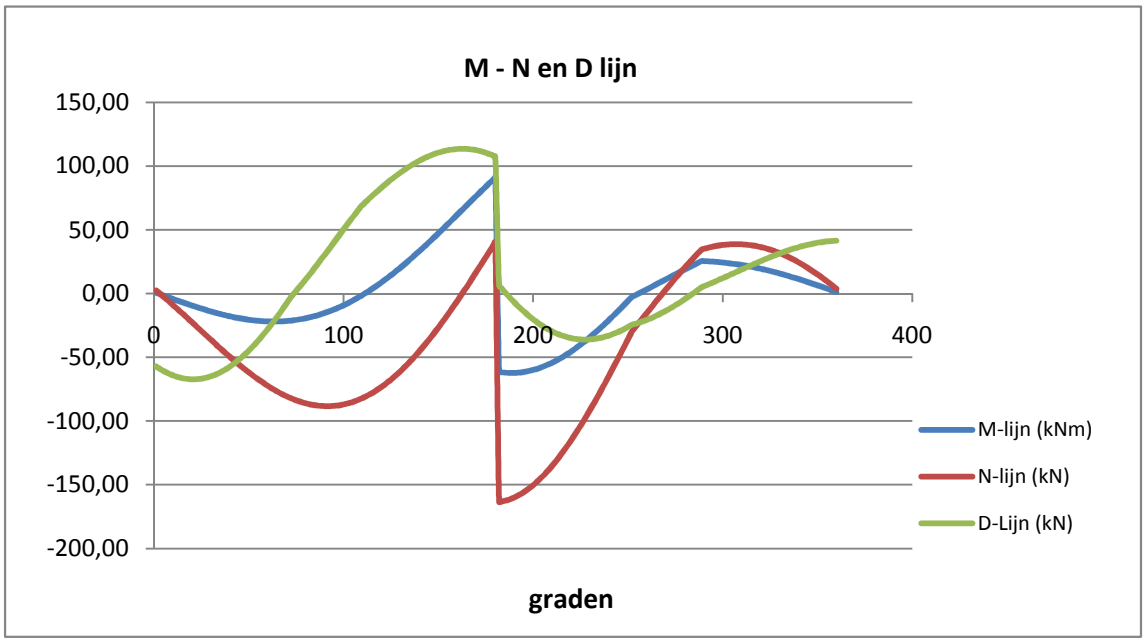
Maatgevende belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr.+ ijs

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	0,61	2,44	-57,04	7,97	54,91
15,0	-7,36	-17,11	-66,71	7,09	56,66
30,0	-14,46	-37,71	-64,41	5,17	41,34
45,0	-19,63	-57,20	-50,34	2,27	18,15
60,0	-21,90	-73,41	-26,01	1,45	11,58
75,0	-20,45	-84,34	3,83	5,72	45,71
90,0	-14,73	-88,37	32,30	10,19	81,44
105,0	-4,54	-84,44	62,17	14,46	115,55
120,0	9,92	-72,15	84,33	18,11	144,67
135,0	28,03	-51,85	100,73	20,72	165,56
150,0	48,76	-24,65	110,87	21,96	
165,0	70,72	7,63	113,19	55,17	
180,0	15,55	-60,51	57,40	76,79	Flens crossbea
195,0	-61,24	-154,88	-15,38	7,78	
210,0	-53,46	-133,36	-30,46	14,54	
225,0	-38,93	-101,29	-36,09	19,67	157,13
240,0	-19,26	-61,70	-32,42	19,52	155,91
255,0	0,26	-22,59	-22,82	11,69	93,39
270,0	11,95	4,85	-12,76	11,45	91,49
285,0	23,40	30,01	1,77	0,78	6,19
300,0	24,17	38,20	12,70	3,46	27,61
315,0	20,72	37,59	22,76	5,35	42,72
330,0	15,37	31,06	31,87	6,91	55,19
345,0	8,46	19,01	38,54	7,32	58,48
360,0	1,14	3,65	41,37	0,54	4,30

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

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 122655070 mm^4



Controle spanningen :

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	163,5	kN	N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	90,88	kNm	M_{Rd} =	131	kNm
$V_{Ed;max}$ =	113,4	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 163,48 / 4191 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 9,2 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 90,88 / 131,3 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 163,9 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 113,41 / 888 = 0,13 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 17,4 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 40,25

V_{Ed} = 107,36

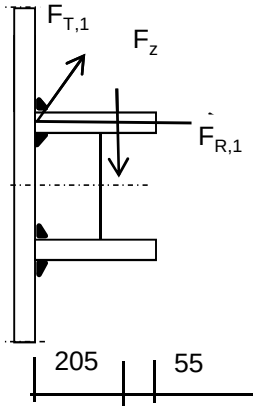
$\sigma_b + \sigma_N$ = 163,9 + 2,3 = 166,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 16,5 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 169 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	63,23	kN
$F_{T,1,h}$ =	26,36	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	165,56	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. $F_{T,1,h}$:

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 10,00 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 62,80 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 49,87 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,8 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 183,8 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 $\beta_w = 0{,}9$

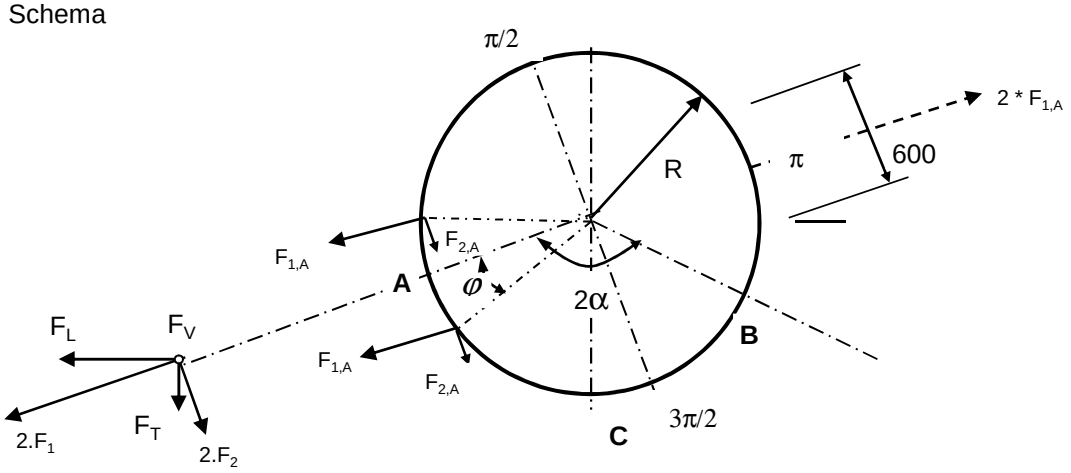
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 183,8 / 302,2 = 0,61 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 66,8 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.2.4 - Afspanpunt trekisolatoren op 44,5 meter hoogte

Schema



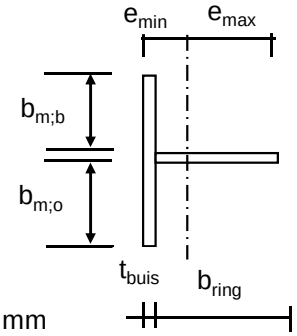
F_V : Verticale kracht opstijgpunt
F_T : Transverse kracht opstijgpunt
F_L : Longitudinale kracht opstijgpunt

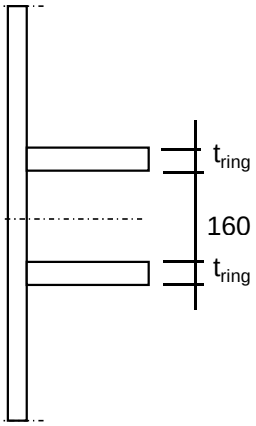
2α is hoek tussen lijnen en α is bissectrice van hoek tussen de lijnen

Per bevevestigingsring
$F_{1;A} = (F_{L,Ah}.\text{Sin}\alpha + F_{T,Ah}.\text{Cos}\alpha) / 4$; $F_{1;B} = 0$
$F_{2;A} = (F_{L,Ah}.\text{Cos}\alpha - F_{T,Ah}.\text{Sin}\alpha) / 4$; $F_{2;B} = 0$

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
$M_{w;Rd}$ =	3433	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		
	$F_{2;A;Ed}$ 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

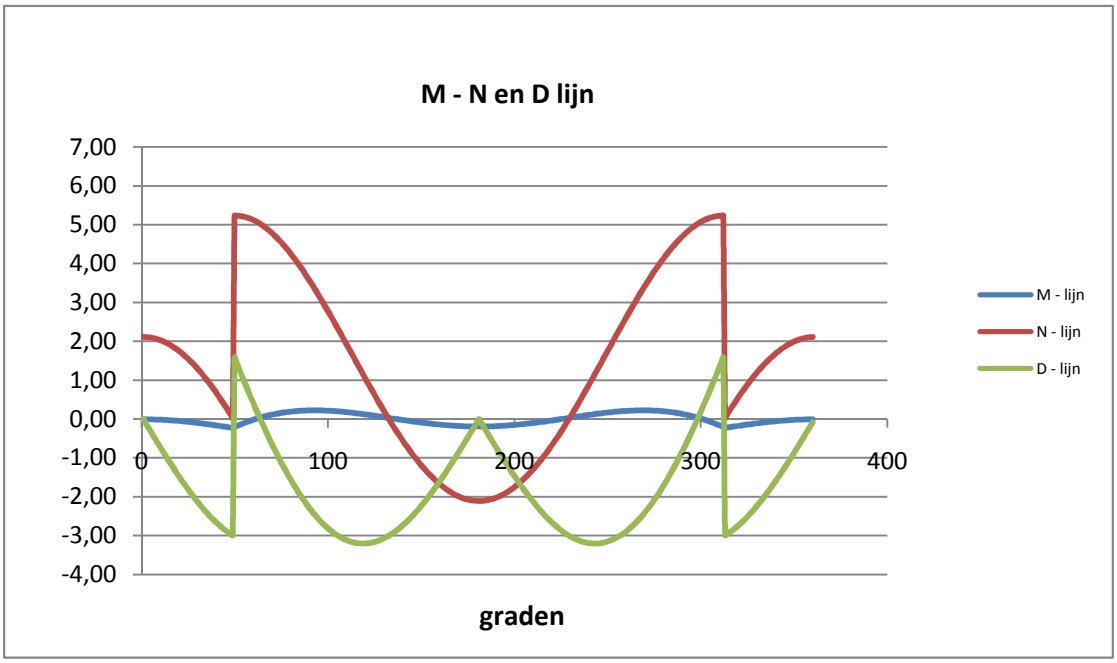
Krachten in de mast

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	0,34
15,0	-0,03	1,89	-1,17	0,07	0,94
30,0	-0,10	1,25	-2,18	0,10	1,33
45,0	-0,20	0,26	-2,90	0,20	2,66
60,0	0,00	5,10	0,30	0,17	2,21
75,0	0,16	4,49	-1,21	0,06	0,77
90,0	0,22	3,50	-2,34	0,03	0,36
105,0	0,19	2,27	-3,02	0,08	1,09
120,0	0,11	0,96	-3,20	0,11	1,41
135,0	0,01	-0,26	-2,90	0,10	1,33
150,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,07	0,94
165,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,03	0,34
180,0	-0,19	-2,11	0,00	0,03	0,34
195,0	-0,16	-1,89	-1,17	0,07	0,94
210,0	-0,09	-1,25	-2,18	0,10	1,33
225,0	0,01	-0,26	-2,90	0,11	1,41
240,0	0,11	0,96	-3,20	0,08	1,09
255,0	0,19	2,27	-3,02	0,03	0,36
270,0	0,22	3,50	-2,34	0,06	0,77
285,0	0,16	4,49	-1,21	0,17	2,21
300,0	0,00	5,10	0,30	0,20	2,66
315,0	-0,20	0,26	-2,90	0,10	1,33
330,0	-0,10	1,25	-2,18	0,07	0,94
345,0	-0,03	1,89	-1,17	0,03	0,33
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

$I =$ 8268708 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,2	kN		N_{Rd} =	1969	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,22	kNm		M_{Rd} =	20	kNm
$V_{Ed;max}$ =	3,2	kN		V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,23 / 1969 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,22 / 19,7 = 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

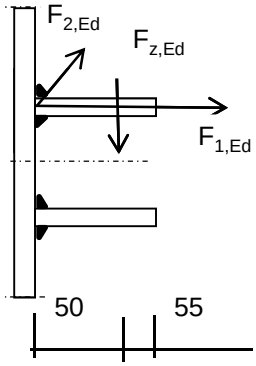
$\sigma_b + \sigma_N$ = 2,7 + 0,0 = 2,7 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

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
$F_{Langs,Ed}$ =	2,66	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. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 2,66 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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

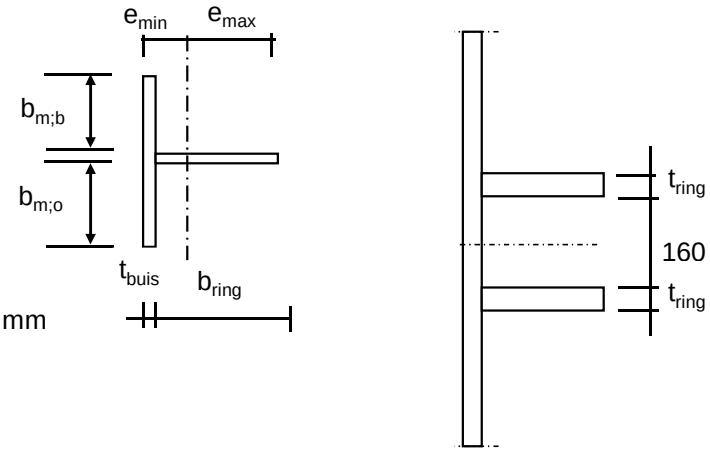
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 94,6 / 302,2 = 0,31 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 47,1 / 244,8 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

9.2.5 - Afspanpunt trekisolatoren op 36,0 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/mm²

E = 210000,0 N/mm²

$b_{m;b}$ =	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
$M_{w;Rd}$ =	8169	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		
	$F_{2;A;Ed}$ 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

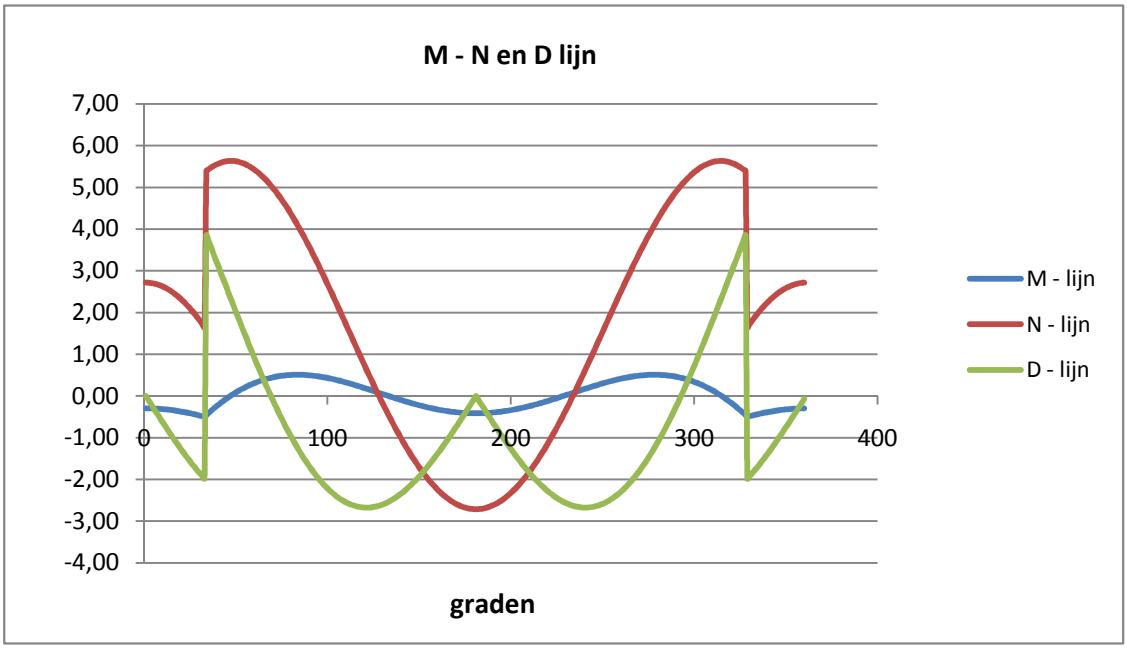
Krachten in de mast

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	0,59
15,0	-0,35	2,47	-1,01	0,13	1,67
30,0	-0,48	1,77	-1,88	0,45	5,58
45,0	-0,03	5,63	2,48	0,36	4,46
60,0	0,32	5,40	0,83	0,17	2,08
75,0	0,49	4,65	-0,62	0,00	0,04
90,0	0,49	3,50	-1,74	0,12	1,50
105,0	0,37	2,11	-2,44	0,19	2,44
120,0	0,18	0,66	-2,67	0,22	2,73
135,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,19	2,44
150,0	-0,24	-1,77	-1,88	0,13	1,67
165,0	-0,37	-2,47	-1,01	0,05	0,59
180,0	-0,42	-2,72	0,00	0,05	0,59
195,0	-0,37	-2,47	-1,01	0,13	1,67
210,0	-0,24	-1,77	-1,88	0,19	2,44
225,0	-0,04	-0,68	-2,47	0,22	2,73
240,0	0,18	0,66	-2,67	0,19	2,44
255,0	0,37	2,11	-2,44	0,12	1,50
270,0	0,49	3,50	-1,74	0,00	0,04
285,0	0,49	4,65	-0,62	0,17	2,08
300,0	0,32	5,40	0,83	0,36	4,46
315,0	-0,03	5,63	2,48	0,45	5,58
330,0	-0,48	1,77	-1,88	0,13	1,67
345,0	-0,35	2,47	-1,01	0,05	0,59
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

$I =$ 8800658 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,6	kN		N_{Rd} =	2225	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 / 2225 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,6 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,51 / 20,5 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 5,9 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

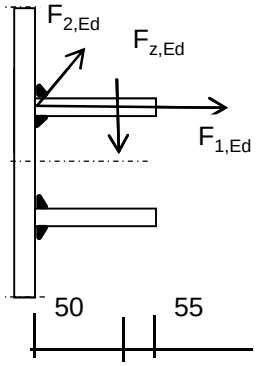
$\sigma_b + \sigma_N$ = 5,9 + 0,4 = 6,3 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,6 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 6 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
$F_{Langs,Ed}$ =	5,58	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. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 5,58 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

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,2 N/mm^2

Toetsing regel :

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

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

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

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

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

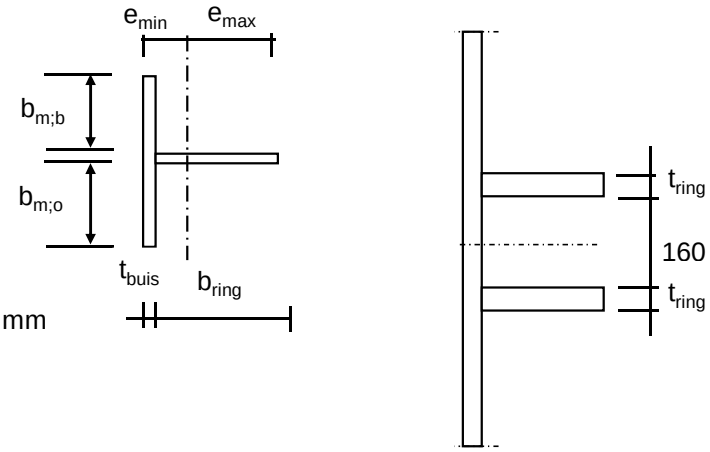
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,2	/	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

9.2.6 - 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} =	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

$b_{m;b}$ =	263,6	mm
$b_{m;o}$ =	80	mm
A =	11190	mm^2
e_{min} =	24,7	mm
e_{max} =	105,3	mm
I =	9610290,1	mm^4
W_{min} =	91264	mm^3
$\gamma_{m;extra}$ =	1,5	(extra materiaalfactor)
N_{Rd} =	2648	kN
$M_{y;Rd}$ =	22	kNm
$M_{w;Rd}$ =	15680	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		
	$F_{2;A;Ed}$ 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

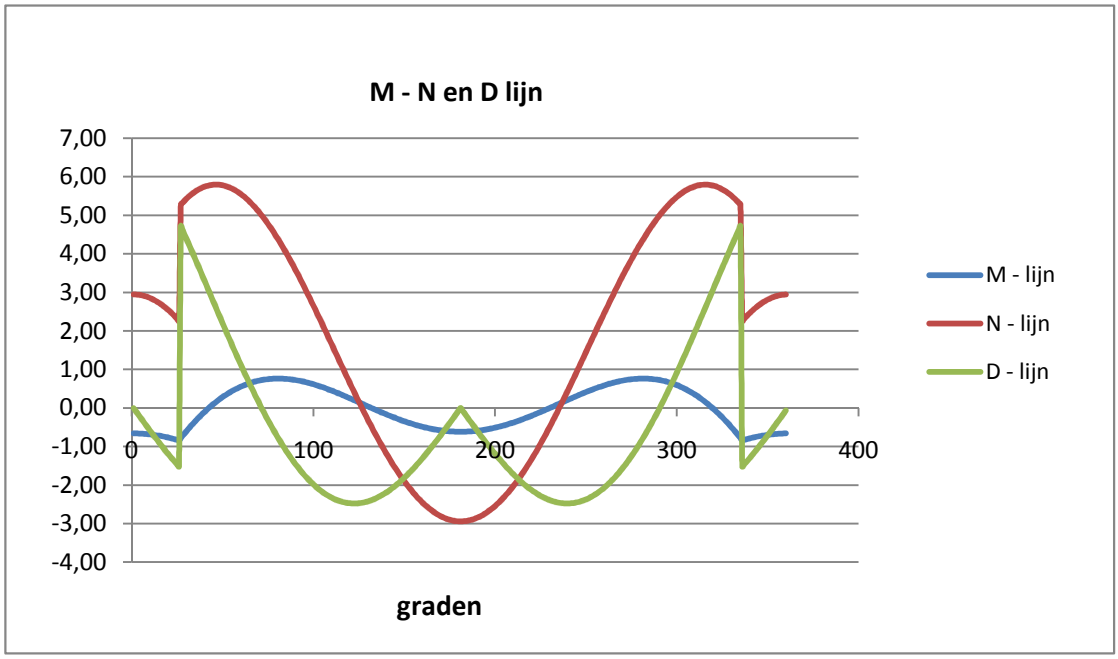
Krachten in de mast

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	0,76
15,0	-0,72	2,69	-0,95	0,17	2,00
30,0	-0,55	5,47	4,30	0,69	7,94
45,0	0,14	5,79	2,64	0,43	4,92
60,0	0,57	5,51	1,02	0,18	2,05
75,0	0,75	4,71	-0,40	0,04	0,41
90,0	0,71	3,50	-1,51	0,19	2,23
105,0	0,52	2,06	-2,22	0,29	3,31
120,0	0,23	0,55	-2,48	0,31	3,60
135,0	-0,08	-0,84	-2,31	0,28	3,17
150,0	-0,36	-1,97	-1,77	0,19	2,16
165,0	-0,55	-2,69	-0,95	0,07	0,76
180,0	-0,61	-2,94	0,00	0,07	0,76
195,0	-0,55	-2,69	-0,95	0,19	2,16
210,0	-0,36	-1,97	-1,77	0,28	3,17
225,0	-0,08	-0,84	-2,31	0,31	3,60
240,0	0,23	0,55	-2,48	0,29	3,31
255,0	0,52	2,06	-2,22	0,19	2,23
270,0	0,71	3,50	-1,51	0,04	0,41
285,0	0,75	4,71	-0,40	0,18	2,05
300,0	0,57	5,51	1,02	0,43	4,92
315,0	0,14	5,79	2,64	0,69	7,94
330,0	-0,55	5,47	4,30	0,17	2,00
345,0	-0,72	2,69	-0,95	0,07	0,76
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

$I =$ 9610290 mm^4



Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	5,8	kN		N_{Rd} =	2648	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	0,84	kNm		M_{Rd} =	22	kNm
$V_{Ed;max}$ =	4,7	kN		V_{Rd} =	287	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 5,79 / 2648 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,5 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 0,84 / 21,6 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 9,2 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

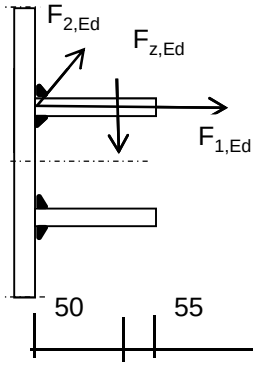
$\sigma_b + \sigma_N$ = 9,2 + 0,2 = 9,4 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 0,7 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 9 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
$F_{Langs,Ed}$ =	7,94	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. $F_{Langs,Ed}$:

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 7,94 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

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 95,9 N/mm^2

Toetsing regel :

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

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

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

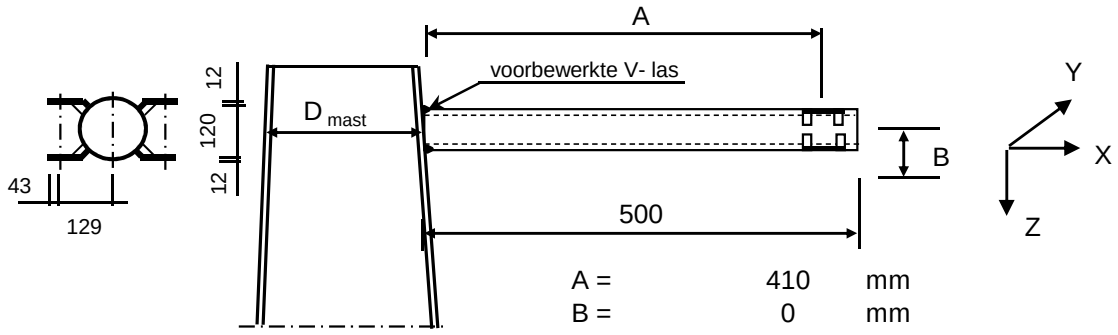
$\gamma_{m;extra} =$ 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	95,9	/	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

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	410	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	522	mm
t_{mast} =	20	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

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix S

	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))	6497	-40073	1949	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7693	-64471	8086	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	3824	-28400	1948	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	5277	-60032	8084	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	3315	-26237	1947	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	4825	-59439	8084	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))	6,50	40,07	1,95	0,00	0,80	16,43
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**7,69**	**64,47**	**8,09**	**0,00**	**3,32**	**26,43**
BG 1a - (wind (45 gr))	3,82	28,40	1,95	0,00	0,80	11,64
BG 3 - (wind (45) + ijs)	5,28	60,03	8,08	0,00	3,31	24,61
BG 1a - (wind (-45 gr))	3,32	26,24	1,95	0,00	0,80	10,76
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	4,83	59,44	8,08	0,00	3,31	24,37

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,32	/ 36	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		21,5	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	26,43	/ 36	=	0,72	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		171,5	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	7,69	/ 953	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		1,9	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	8,09	/ 275	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		4,0	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	64,47	/ 275	=	0,23	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		32,0	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 175 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

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 $\beta_w = 0,9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 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

9.3.1 - 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	521,7	20,0	31520	S355	355	3807593
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

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 13,0

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 10,68 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 89,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 77,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,32 / 77,4 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0^2 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 58,1 kNm

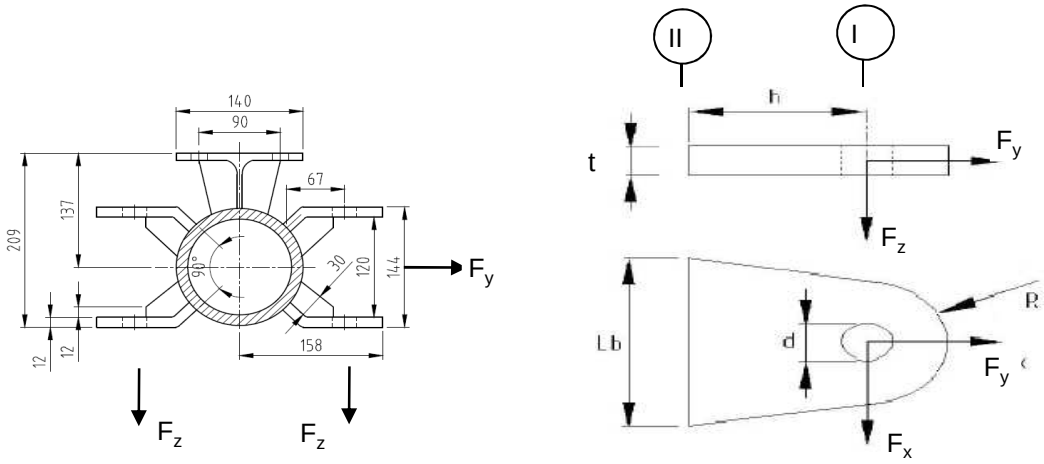
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 77,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 26,43 / 58,1 = 0,45 < 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))	6,50	40,07	1,95
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**7,69**	**64,47**	**8,09**
BG 1a - (wind (45 gr))	3,82	28,40	1,95
BG 3 - (wind (45) + ijs)	5,28	60,03	8,08
BG 1a - (wind (-45 gr))	3,32	26,24	1,95
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	4,83	59,44	8,08

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**3,85**	**32,24**	**8,09**

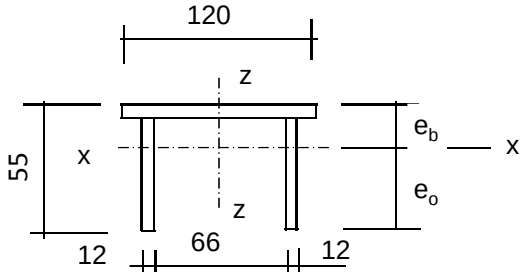
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 32,5 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} =	32,24	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,25	kNm
$V_{z,Ed}$ =	8,09	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,53	kNm
$V_{x,Ed}$ =	3,85	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	32,24	/	585	=	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		13,0	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,25	/	10,5	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		5,6	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	3,85	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		2,7	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 49,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 52 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

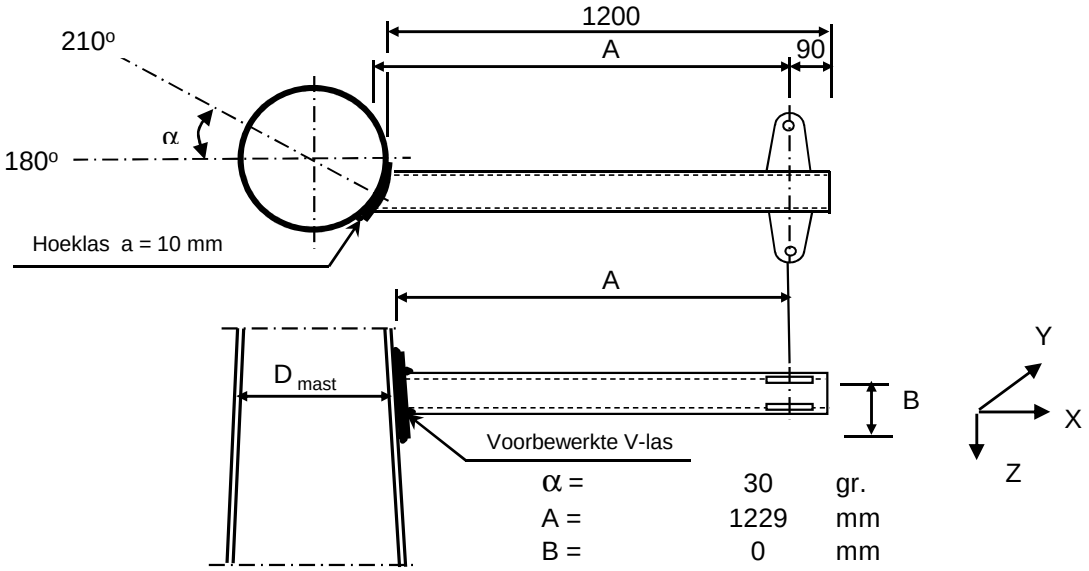
a =	5	mm	t =	12	mm
			t_1 =	12	mm

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 =				42,4	N/mm^2
τ_1 =				42,4	N/mm^2
τ_2 =	0			9,4	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=		86,3	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	86,3	/	302,2	= 0,29	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	42,4	/	244,8	= 0,17	< 1,0 -- Voldoet

9.4 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1229	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1773	mm
t_{mast} =	30	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 REV V10.0 - Appendix S

	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))	8466	-61012	4040	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	11273	-121888	16334	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	5248	-47843	4039	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8409	-118385	16332	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	4648	-45718	4039	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	7870	-117942	16332	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))	8,47	61,01	4,04	0,00	4,96	74,97
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**11,27**	**121,89**	**16,33**	**0,00**	**20,07**	**149,77**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,25	47,84	4,04	0,00	4,96	58,79
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,41	118,39	16,33	0,00	20,07	145,47
BG 1a - (wind (-45 gr))	4,65	45,72	4,04	0,00	4,96	56,18
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	7,87	117,94	16,33	0,00	20,07	144,92

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	20,07	/ 231	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		20,5	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	149,77	/ 231	=	0,65	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		153,1	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	11,27	/ 2370	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		1,1	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	16,33	/ 684	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		3,3	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	121,89	/ 684	=	0,18	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		24,3	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 156 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 161 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))

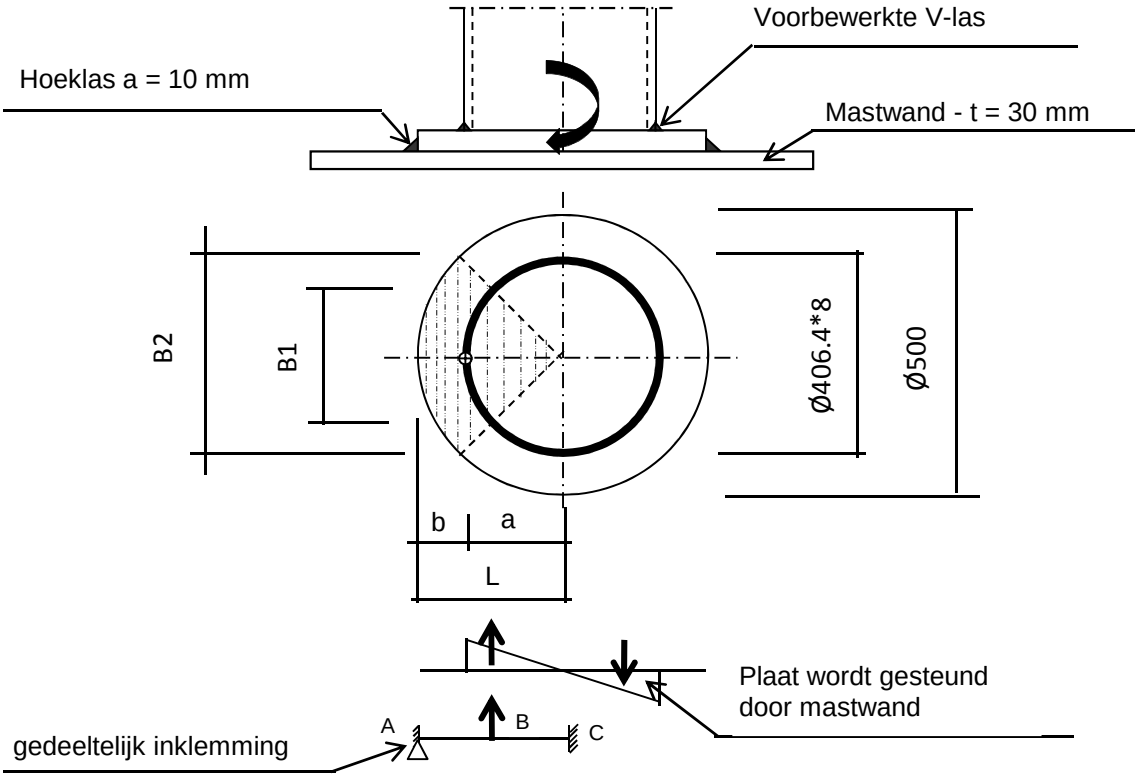
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 151,1 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 330,1 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

$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 11,16 kNm

$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 238,5 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 10,21 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,82 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 299,7 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 10,2 * 40,0% = 4,08 kNm

$M_{B;Ed}$ = 11,2 * 60,0% + 3,8 * 40,0% = 8,23 kNm

$R_{A;Ed}$ = 238,5 * 60,0% + 299,7 * 40,0% = 263,0 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 4,08 / 14,52 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 66,5 N/mm²

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 8,23 / 11,80 = 0,70 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 164,9 N/mm²

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 263,0 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 26,8 N/mm²

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 33,0 N/mm²

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 174,5 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 117,6 N/mm²

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 47,4 N/mm²

$\sigma_{1,max}$ =	117,6	+	47,4	=		165,0	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	117,6	-	47,4	=		70,3	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		205,0	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	205,0	/	302,2	=	0,68	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	165,0	/	244,8	=	0,67	< 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	1773,0	30,0	164274	S355	355	70391983
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

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 29,6

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 444,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 17940,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,73 of n_p = -0,710

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 494,4 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 1024,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,07 / 494,4 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 232,7 kNm

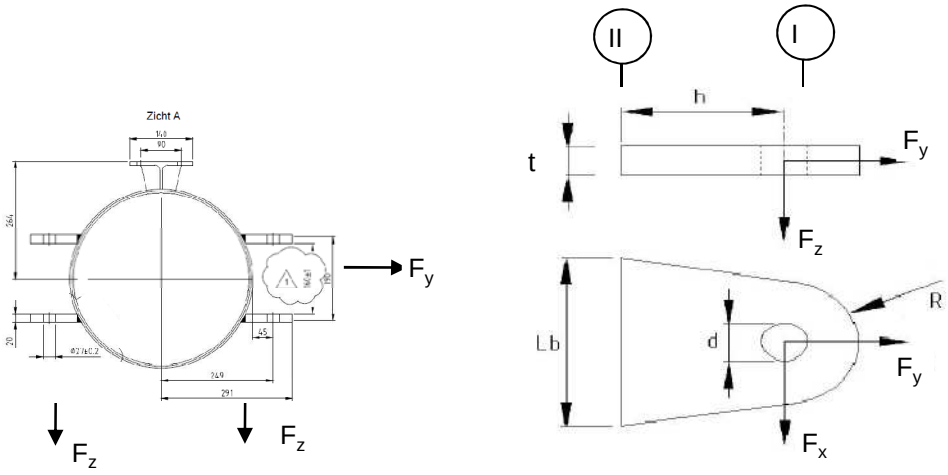
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1024,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 149,77 / 232,7 = 0,64 < 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))	8,47	61,01	4,04
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**11,27**	**121,89**	**16,33**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,25	47,84	4,04
BG 3 - (wind (45) + ijs)	8,41	118,39	16,33
BG 1a - (wind (-45 gr))	4,65	45,72	4,04
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	7,87	117,94	16,33

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**5,64**	**60,94**	**16,33**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 61,5 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ =	137	N/mm^2	
τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) =	54	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} =	60,94	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,42	kNm
$V_{z,Ed}$ =	16,33	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	1,23	kNm
$V_{x,Ed}$ =	5,64	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	60,94	/	663	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		21,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,42	/	15,5	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		6,5	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	1,23	/	2,2	=	0,55	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		131,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	16,33	/	383	/	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		5,8	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	5,64	/	383	/	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		2,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 159,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 160 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))

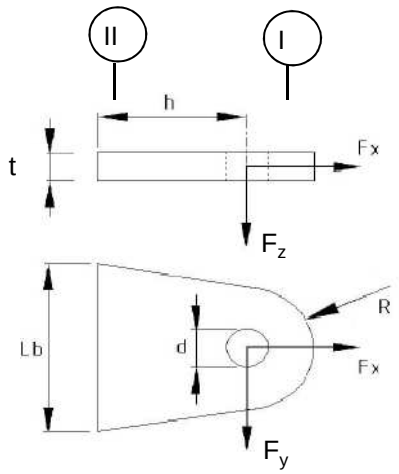
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

9.5 - 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	2381,0	32,0	236147	S355	355	136839067
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 812,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 37180,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,78 of $n_p =$ -0,756

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 719,8 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 719,8 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 79,2 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 79,2 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

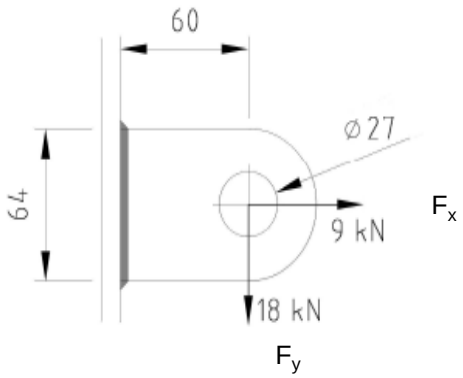
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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:
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

9.6.1 - 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	28,0	137453	S355	355	52767901
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 356,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 12849,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,69 of $n_p =$ -0,679

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 607,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 607,1 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 38,9 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 38,9 = 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 44,28 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	717,4	20,0	43816	S355	355	7432089
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:

$\eta = h_i / d_0 \leq 4$ $h_i / d_0 =$ 0,09 voldoet

$\gamma_{M5} =$ 1,50 (extra materiaalfactor)

$\eta = h_i / d_0 =$ 0,09

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 29,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 344,6 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,13 of $n_p =$ -0,129

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 462,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 462,1 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 29,6 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 29,6 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

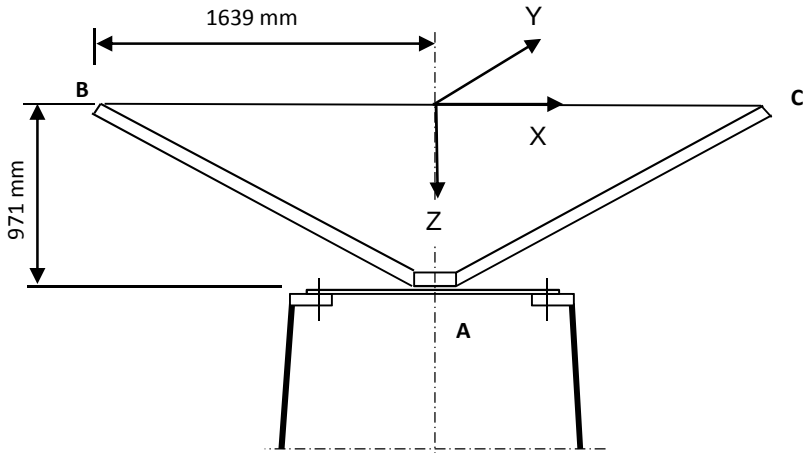
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



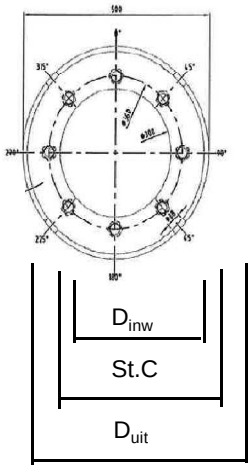
Buis rond 500 * 20

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

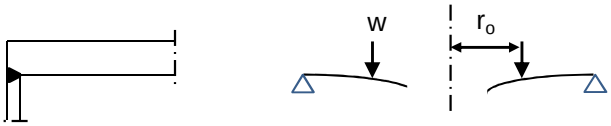
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

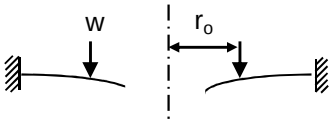
maatgevend belastinggeval : BG2.

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} = 66,7%

Percentage vrij oplegging = 33,3%

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. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 1025 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. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 23400 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 24425 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} = 24425 / 35500 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 162,8 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} = 166 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 20 - S355 ;

A = 30159 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 10707 kN

$W_y = W_z$ = 3,48E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1235,5 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 10707 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,2 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1236 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 20,7 N/mm^2

σ_{max} = 21,8 N/mm^2

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

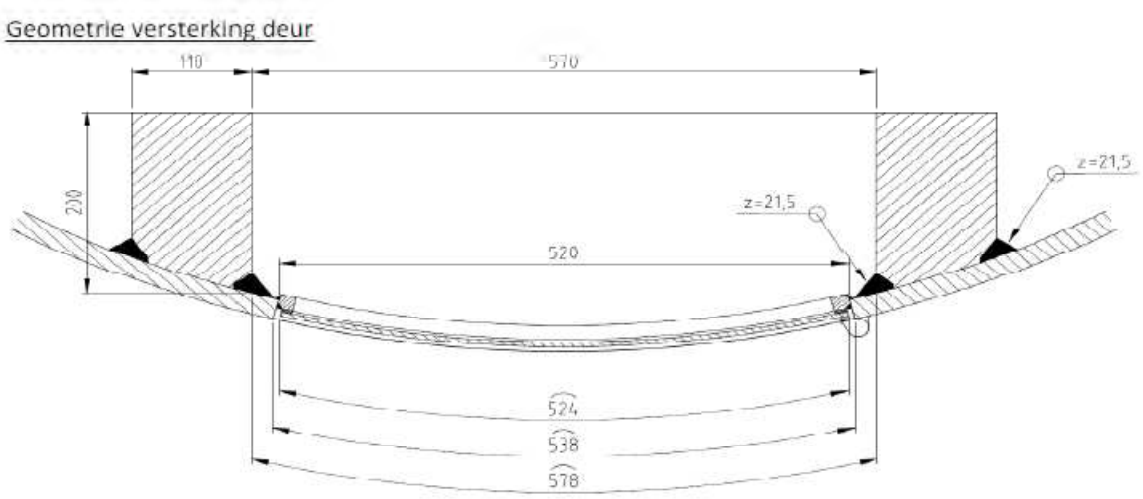
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

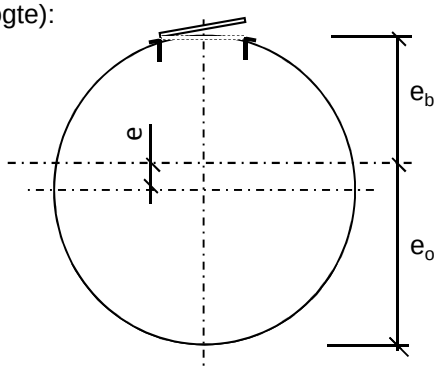
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

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 :	2353	mm
dikte t ;	32	mm

A_{buis} =	233378	mm^2
$A_{versterking}$ =	40231	mm^2
$A_{verlies}$ =	16550	mm^2
A_{tot} =	257058	mm^2

e =	82,4	mm			
e_b =	1094,3	mm ;	e_o =	1259,1	mm

I_{tot} =	1,74E+11	mm^4
W_{min} =	1,38E+08	mm^3
W_{max} =	1,59E+08	mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2e orde effect)

M_{Ed} =	37423	kNm ;	N_{Ed} =	813 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	3,2	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	270,9	N/mm^2

σ_{max} = 3,2 + 270,9 = 274,1 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage S en S2

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX: s**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**BACK** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	4038	1752	-39868
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	849	-19242
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	6453	-146657
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	6449	-146657
	380C1F3 / 380C2F3	14907	6443	-146657
	150C1F1 / 150C2F1	3727	1613	-36664
	150C1F2 / 150C2F2	3727	1612	-36664
	150C1F3 / 150C2F3	3727	1611	-36664
1b	Comp. gl	4036	2011	-46005
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	984	-22489
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	7606	-173967
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	7605	-173967
	380C1F3 / 380C2F3	14900	7604	-173967
	150C1F1 / 150C2F1	3725	1901	-43492
	150C1F2 / 150C2F2	3725	1901	-43492
	150C1F3 / 150C2F3	3725	1901	-43492
3	Comp. gl	16332	5117	-116934
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8083	2543	-58024
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25691	10255	-234233
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	10252	-234233
	380C1F3 / 380C2F3	25691	10249	-234234
	150C1F1 / 150C2F1	6423	2564	-58558
	150C1F2 / 150C2F2	6423	2563	-58558
	150C1F3 / 150C2F3	6423	2562	-58558
4	Comp. gl	5542	2269	-51910
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2699	1108	-25331
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17913	7550	-172686
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	7549	-172686
	380C1F3 / 380C2F3	17913	7548	-172686
	150C1F1 / 150C2F1	4478	1887	-43171
	150C1F2 / 150C2F2	4478	1887	-43171
	150C1F3 / 150C2F3	4478	1887	-43171
6	Comp. gl	4543	1908	-43709
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2190	922	-21111
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	16772	7005	-160442
	380C1F2 / 380C2F2	16772	7005	-160442
	380C1F3 / 380C2F3	16772	7005	-160442
	150C1F1 / 150C2F1	4193	1751	-40110
	150C1F2 / 150C2F2	4193	1751	-40110
	150C1F3 / 150C2F3	4193	1751	-40110
1a	Comp. gl	4039	5248	-47843
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1948	3824	-28400
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14911	22534	-187317
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14911	21020	-181529
	380C1F3 / 380C2F3	14910	19076	-174399

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX: s**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	3728	5634	-46829
	150C1F2 / 150C2F2	3728	5255	-45382
	150C1F3 / 150C2F3	3727	4769	-43600
1b	Comp. gl	4036	2656	-46370
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	1521	-23009
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	10551	-175947
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	10284	-175608
	380C1F3 / 380C2F3	14900	9941	-175215
	150C1F1 / 150C2F1	3725	2638	-43987
	150C1F2 / 150C2F2	3725	2571	-43902
	150C1F3 / 150C2F3	3725	2485	-43804
3	Comp. gl	16332	8409	-118385
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8084	5277	-60032
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25692	18570	-241660
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	17811	-240418
	380C1F3 / 380C2F3	25692	16836	-238967
	150C1F1 / 150C2F1	6423	4643	-60415
	150C1F2 / 150C2F2	6423	4453	-60104
	150C1F3 / 150C2F3	6423	4209	-59742
4	Comp. gl	5542	2908	-52136
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2699	1637	-25657
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17914	10476	-174191
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	10212	-173930
	380C1F3 / 380C2F3	17913	9873	-173629
	150C1F1 / 150C2F1	4478	2619	-43548
	150C1F2 / 150C2F2	4478	2553	-43483
	150C1F3 / 150C2F3	4478	2468	-43407
1a	Comp. gl	4040	8466	-61012
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1949	6497	-40073
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14918	37198	-247977
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14917	34353	-235936
	380C1F3 / 380C2F3	14915	30677	-220450
	150C1F1 / 150C2F1	3729	9299	-61994
	150C1F2 / 150C2F2	3729	8588	-58984
	150C1F3 / 150C2F3	3729	7669	-55112
1b	Comp. gl	4037	3222	-47251
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	2004	-24189
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	13155	-180642
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	12644	-179540
	380C1F3 / 380C2F3	14900	11989	-178248
	150C1F1 / 150C2F1	3725	3289	-45161
	150C1F2 / 150C2F2	3725	3161	-44885
	150C1F3 / 150C2F3	3725	2997	-44562
3	Comp. gl	16334	11273	-121888
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8086	7693	-64471
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25695	25996	-258132

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX: s**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	24538	-254373
	380C1F3 / 380C2F3	25694	22668	-249888
	150C1F1 / 150C2F1	6424	6499	-64533
	150C1F2 / 150C2F2	6424	6135	-63593
	150C1F3 / 150C2F3	6423	5667	-62472
4	Comp. gl	5542	3461	-52706
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2699	2103	-26433
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17914	13036	-177849
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	12535	-176984
	380C1F3 / 380C2F3	17914	11892	-175974
	150C1F1 / 150C2F1	4479	3259	-44462
	150C1F2 / 150C2F2	4478	3134	-44246
	150C1F3 / 150C2F3	4478	2973	-43994
1a	Comp. gl	4039	4648	-45718
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	3315	-26237
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	19778	-176931
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	18523	-172447
	380C1F3 / 380C2F3	14909	16914	-166990
	150C1F1 / 150C2F1	3728	4944	-44233
	150C1F2 / 150C2F2	3727	4631	-43112
	150C1F3 / 150C2F3	3727	4228	-41747
1b	Comp. gl	4036	2550	-46259
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	1431	-22855
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	10065	-175352
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	9843	-175113
	380C1F3 / 380C2F3	14900	9557	-174836
	150C1F1 / 150C2F1	3725	2516	-43838
	150C1F2 / 150C2F2	3725	2461	-43778
	150C1F3 / 150C2F3	3725	2389	-43709
3	Comp. gl	16332	7870	-117942
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8084	4825	-59439
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25692	17189	-239472
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	16559	-238586
0	380C1F3 / 380C2F3	25691	15748	-237555
	150C1F1 / 150C2F1	6423	4297	-59868
	150C1F2 / 150C2F2	6423	4140	-59646
	150C1F3 / 150C2F3	6423	3937	-59389
4	Comp. gl	5542	2804	-52066
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2699	1550	-25558
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17913	9996	-173733
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	9776	-173550
	380C1F3 / 380C2F3	17913	9493	-173338
	150C1F1 / 150C2F1	4478	2499	-43433
	150C1F2 / 150C2F2	4478	2444	-43387
	150C1F3 / 150C2F3	4478	2373	-43335
1a	Comp. gl	3028	1397	-31734

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX: s**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	677	-15289
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11178	5176	-117394
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5171	-117394
	380C1F3 / 380C2F3	11178	5166	-117394
	150C1F1 / 150C2F1	2794	1294	-29348
	150C1F2 / 150C2F2	2794	1293	-29348
	150C1F3 / 150C2F3	2794	1291	-29348
1b	Comp. gl	3027	1641	-37544
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	803	-18356
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	6289	-143818
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	6288	-143818
	380C1F3 / 380C2F3	11172	6287	-143818
	150C1F1 / 150C2F1	2793	1572	-35955
	150C1F2 / 150C2F2	2793	1572	-35955
	150C1F3 / 150C2F3	2793	1572	-35955
3	Comp. gl	15319	4893	-111801
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7595	2434	-55540
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21959	9183	-209683
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	9181	-209683
	380C1F3 / 380C2F3	21959	9177	-209683
	150C1F1 / 150C2F1	5490	2296	-52421
	150C1F2 / 150C2F2	5490	2295	-52421
	150C1F3 / 150C2F3	5490	2294	-52421
4	Comp. gl	4531	1947	-44539
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2211	952	-21752
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	6342	-145028
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	6341	-145028
	380C1F3 / 380C2F3	14184	6340	-145028
	150C1F1 / 150C2F1	3546	1586	-36257
	150C1F2 / 150C2F2	3546	1585	-36257
	150C1F3 / 150C2F3	3546	1585	-36257
6	Comp. gl	3028	1386	-31734
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1460	668	-15289
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	11178	5126	-117395
	380C1F2 / 380C2F2	11178	5126	-117395
	380C1F3 / 380C2F3	11178	5126	-117395
	150C1F1 / 150C2F1	2794	1281	-29349
	150C1F2 / 150C2F2	2794	1281	-29349
	150C1F3 / 150C2F3	2794	1281	-29349
1a	Comp. gl	3029	5005	-42297
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1461	3744	-26579
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11182	21774	-169944
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11182	20210	-163022
	380C1F3 / 380C2F3	11181	18197	-154317
	150C1F1 / 150C2F1	2796	5443	-42486
	150C1F2 / 150C2F2	2795	5052	-40756

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX: s**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F3 / 150C2F3	2795	4549	-38579
1b	Comp. gl	3027	2294	-38087
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	1351	-19115
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	9276	-146754
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	9002	-146260
	380C1F3 / 380C2F3	11172	8651	-145685
	150C1F1 / 150C2F1	2793	2319	-36689
	150C1F2 / 150C2F2	2793	2251	-36565
	150C1F3 / 150C2F3	2793	2163	-36421
3	Comp. gl	15319	8191	-113390
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7596	5176	-57720
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21960	17571	-218806
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	16801	-217299
	380C1F3 / 380C2F3	21960	15812	-215533
	150C1F1 / 150C2F1	5490	4393	-54702
	150C1F2 / 150C2F2	5490	4200	-54325
	150C1F3 / 150C2F3	5490	3953	-53883
4	Comp. gl	4531	2589	-44841
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2211	1485	-22179
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	9293	-147107
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	9025	-146752
	380C1F3 / 380C2F3	14184	8681	-146340
	150C1F1 / 150C2F1	3546	2323	-36777
	150C1F2 / 150C2F2	3546	2256	-36688
	150C1F3 / 150C2F3	3546	2170	-36585
1a	Comp. gl	3030	8314	-57540
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1461	6455	-39111
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11188	36756	-237915
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11187	33868	-224868
	380C1F3 / 380C2F3	11185	30124	-207835
	150C1F1 / 150C2F1	2797	9189	-59479
	150C1F2 / 150C2F2	2797	8467	-56217
	150C1F3 / 150C2F3	2796	7531	-51959
1b	Comp. gl	3027	2877	-39357
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	1854	-20744
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	11966	-153436
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	11436	-151891
	380C1F3 / 380C2F3	11173	10757	-150062
	150C1F1 / 150C2F1	2793	2992	-38359
	150C1F2 / 150C2F2	2793	2859	-37973
	150C1F3 / 150C2F3	2793	2689	-37516
3	Comp. gl	15321	11067	-117186
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7598	7605	-62472
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21964	25130	-238342
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	23644	-233947
	380C1F3 / 380C2F3	21962	21739	-228658

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX: s**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	150C1F1 / 150C2F1	5491	6283	-59586
	150C1F2 / 150C2F2	5491	5911	-58487
	150C1F3 / 150C2F3	5491	5435	-57164
4	Comp. gl	4531	3150	-45582
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2212	1960	-23167
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	11907	-152012
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	11394	-150862
	380C1F3 / 380C2F3	14184	10736	-149514
	150C1F1 / 150C2F1	3546	2977	-38003
	150C1F2 / 150C2F2	3546	2848	-37716
	150C1F3 / 150C2F3	3546	2684	-37378
1a	Comp. gl	3029	4383	-39642
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	3223	-24123
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11181	18925	-157433
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	17624	-151892
	380C1F3 / 380C2F3	11180	15953	-145012
	150C1F1 / 150C2F1	2795	4731	-39358
	150C1F2 / 150C2F2	2795	4406	-37973
	150C1F3 / 150C2F3	2795	3988	-36253
1b	Comp. gl	3027	2186	-37925
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	1258	-18894
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	8778	-145885
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8551	-145534
	380C1F3 / 380C2F3	11172	8259	-145127
	150C1F1 / 150C2F1	2793	2194	-36471
	150C1F2 / 150C2F2	2793	2138	-36384
	150C1F3 / 150C2F3	2793	2065	-36282
3	Comp. gl	15319	7650	-112907
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7596	4722	-57080
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21960	16169	-216149
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	15531	-215067
0	380C1F3 / 380C2F3	21960	14710	-213804
	150C1F1 / 150C2F1	5490	4042	-54037
	150C1F2 / 150C2F2	5490	3883	-53767
	150C1F3 / 150C2F3	5490	3678	-53451
4	Comp. gl	4531	2484	-44748
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2211	1397	-22052
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	8805	-146483
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8583	-146232
	380C1F3 / 380C2F3	14184	8296	-145942
	150C1F1 / 150C2F1	3546	2201	-36621
	150C1F2 / 150C2F2	3546	2146	-36558
	150C1F3 / 150C2F3	3546	2074	-36486

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX:S2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	Comp. gl	3365	1515	34521
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1622	733	16643
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12421	5597	127433
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	5594	127433
	380C1F3 / 380C2F3	12421	5591	127433
	150C1F1 / 150C2F1	3105	1399	31858
	150C1F2 / 150C2F2	3105	1399	31858
	150C1F3 / 150C2F3	3105	1398	31858
1b	Comp. gl	3363	1768	40455
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	865	19778
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	6739	154195
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	6738	154195
	380C1F3 / 380C2F3	12415	6738	154195
	150C1F1 / 150C2F1	3104	1685	38549
	150C1F2 / 150C2F2	3104	1685	38549
	150C1F3 / 150C2F3	3104	1684	38549
3	Comp. gl	11555	4008	91636
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	1989	45404
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	8467	193497
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	8465	193497
	380C1F3 / 380C2F3	19607	8463	193497
	150C1F1 / 150C2F1	4902	2117	48374
	150C1F2 / 150C2F2	4902	2116	48374
	150C1F3 / 150C2F3	4902	2116	48374
4	Comp. gl	4367	1892	43294
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2123	922	21080
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	6419	146877
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	6419	146877
	380C1F3 / 380C2F3	14424	6418	146877
	150C1F1 / 150C2F1	3606	1605	36719
	150C1F2 / 150C2F2	3606	1605	36719
	150C1F3 / 150C2F3	3606	1605	36719
1a	Comp. gl	3365	3424	37934
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1622	2359	20912
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12422	14383	145424
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12422	13556	142646
	380C1F3 / 380C2F3	12422	12497	139313
	150C1F1 / 150C2F1	3106	3596	36356
	150C1F2 / 150C2F2	3106	3389	35661
	150C1F3 / 150C2F3	3105	3124	34828
1b	Comp. gl	3363	2126	40596
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	1162	19984
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	8372	154972
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8225	154837
	380C1F3 / 380C2F3	12415	8036	154680
	150C1F1 / 150C2F1	3104	2093	38743
	150C1F2 / 150C2F2	3104	2056	38709
	150C1F3 / 150C2F3	3104	2009	38670
3	Comp. gl	11555	5845	92351
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	3512	46407
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	13082	196839
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	12663	196270
	380C1F3 / 380C2F3	19607	12124	195610
	150C1F1 / 150C2F1	4902	3270	49210
	150C1F2 / 150C2F2	4902	3166	49068
	150C1F3 / 150C2F3	4902	3031	48903
4	Comp. gl	4367	2248	43387
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2123	1216	21217
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	8046	147489
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	7900	147381
	380C1F3 / 380C2F3	14424	7712	147256
	150C1F1 / 150C2F1	3606	2012	36872
	150C1F2 / 150C2F2	3606	1975	36845
	150C1F3 / 150C2F3	3606	1928	36814
1a	Comp. gl	3366	5954	47798
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	4495	30484
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12427	25988	192722
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12426	24079	184377
	380C1F3 / 380C2F3	12425	21618	173806
	150C1F1 / 150C2F1	3107	6497	48181
	150C1F2 / 150C2F2	3106	6020	46094
	150C1F3 / 150C2F3	3106	5405	43451
1b	Comp. gl	3363	2570	41162
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	1538	20761
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	10410	158010
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	10074	157371
	380C1F3 / 380C2F3	12415	9642	156626
	150C1F1 / 150C2F1	3104	2603	39502
	150C1F2 / 150C2F2	3104	2518	39343
	150C1F3 / 150C2F3	3104	2411	39156
3	Comp. gl	11556	8119	95146
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5712	5433	50005

W4E350 TOWER (rev 6.0, date: 05-11-2012) **APPENDIX:S2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19609	18940	209016
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	17969	206533
	380C1F3 / 380C2F3	19608	16725	203590
	150C1F1 / 150C2F1	4902	4735	52254
	150C1F2 / 150C2F2	4902	4492	51633
	150C1F3 / 150C2F3	4902	4181	50897
4	Comp. gl	4367	2684	43776
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2123	1582	21754
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14425	10060	149936
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14425	9728	149418
	380C1F3 / 380C2F3	14424	9303	148816
	150C1F1 / 150C2F1	3606	2515	37484
	150C1F2 / 150C2F2	3606	2432	37355
	150C1F3 / 150C2F3	3606	2326	37204
1a	Comp. gl	3365	3818	39235
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	2698	22338
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12423	16203	151978
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12423	15202	148305
	380C1F3 / 380C2F3	12422	13920	143851
	150C1F1 / 150C2F1	3106	4051	37994
	150C1F2 / 150C2F2	3106	3801	37076
	150C1F3 / 150C2F3	3106	3480	35963
1b	Comp. gl	3363	2196	40659
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	1221	20072
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	8693	155310
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8517	155117
	380C1F3 / 380C2F3	12415	8290	154895
	150C1F1 / 150C2F1	3104	2173	38828
	150C1F2 / 150C2F2	3104	2129	38779
	150C1F3 / 150C2F3	3104	2072	38724
3	Comp. gl	11555	6205	92663
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	3814	46828
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	14000	198247
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	13496	197446
0	380C1F3 / 380C2F3	19607	12847	196515
	150C1F1 / 150C2F1	4902	3500	49562
	150C1F2 / 150C2F2	4902	3374	49362
	150C1F3 / 150C2F3	4902	3212	49129
4	Comp. gl	4367	2317	43430
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2123	1273	21277
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	8365	147759
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	8190	147605
	380C1F3 / 380C2F3	14424	7964	147427
	150C1F1 / 150C2F1	3606	2091	36940
	150C1F2 / 150C2F2	3606	2047	36901
	150C1F3 / 150C2F3	3606	1991	36857

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W4H350(+0)”

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	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 “W4H350(+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
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 T, T1 en T2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4H350(+0) 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 W4H350(+0) zijn de bijlage T en T1 (berekening maststerkte) en bijlage T2 (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 W4H350(+0) zijn de bijlage T en T1 (berekening maststerkte) en bijlage T2 (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 "W4H350(+0)"

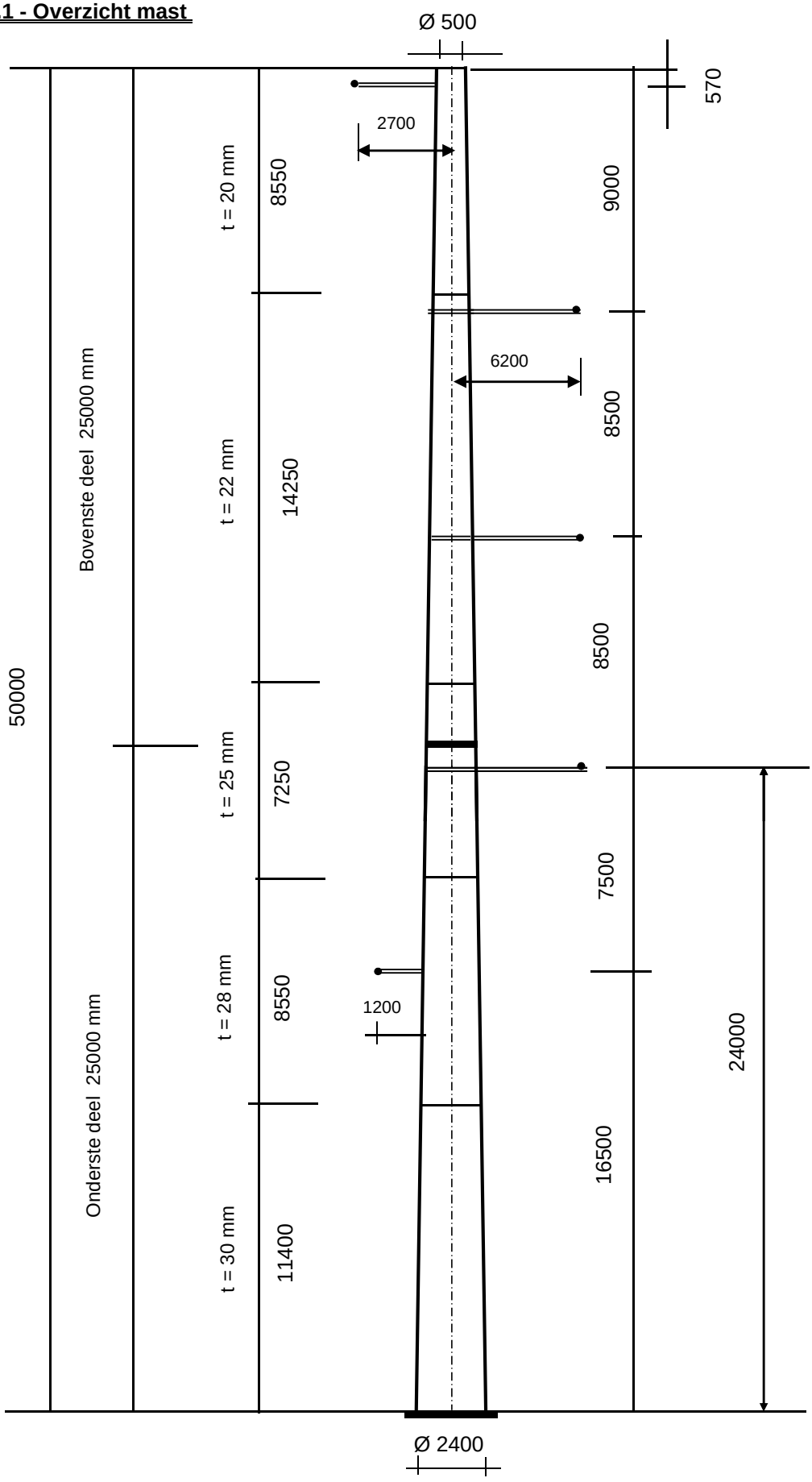
Berekening

W4H350+0

50,0 m - 2400 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4H350(+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	1588	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	20,0	30840	242,09	9,30E+08	173,68	3,64E+06
2	565	20,0	34242	268,80	1,27E+09	192,81	4,51E+06
3	662	20,0	40366	316,88	2,08E+09	227,25	6,29E+06
4	771	20,0	47171	370,29	3,33E+09	265,52	8,63E+06
5	833	22,0	56083	440,25	4,62E+09	287,00	1,11E+07
6	888	22,0	59826	469,63	5,61E+09	306,13	1,26E+07
7	960	22,0	64849	509,06	7,14E+09	331,82	1,49E+07
8	1014	22,0	68591	538,44	8,45E+09	350,96	1,67E+07
9	1096	22,0	74205	582,51	1,07E+10	379,67	1,95E+07
10	1157	22,0	78473	616,01	1,27E+10	401,50	2,19E+07
11	1212	22,0	82216	645,39	1,45E+10	420,64	2,40E+07
12	1312	22,0	89176	700,03	1,86E+10	456,24	2,83E+07
13	1408	25,0	108636	852,79	2,60E+10	489,11	3,69E+07
14	1469	25,0	113411	890,28	2,96E+10	510,61	4,03E+07
15	1511	25,0	116694	916,05	3,22E+10	525,38	4,26E+07
16	1561	25,0	120612	946,80	3,56E+10	543,02	4,56E+07
17	1615	25,0	124865	980,19	3,95E+10	562,16	4,89E+07
18	1642	28,0	141966	1114,43	4,62E+10	570,69	5,63E+07
19	1723	28,0	149111	1170,52	5,36E+10	599,40	6,22E+07
20	1762	28,0	152495	1197,09	5,73E+10	613,00	6,51E+07
21	1816	28,0	157259	1234,48	6,28E+10	632,14	6,92E+07
22	1886	28,0	163401	1282,70	7,05E+10	656,83	7,48E+07
23	1940	28,0	168164	1320,09	7,68E+10	675,97	7,92E+07
24	2021	30,0	187643	1472,99	9,30E+10	703,99	9,20E+07
25	2129	30,0	197850	1553,12	1,09E+11	742,27	1,02E+08
26	2238	30,0	208057	1633,24	1,27E+11	780,56	1,13E+08
27	2346	30,0	218264	1713,37	1,46E+11	818,85	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	50000	1 -- 2	1	570	3,08E+04	9,30E+08
2	49430	2 -- 3	2	2280	3,42E+04	1,27E+09
3	47150	3 -- 4	3	2850	4,04E+04	2,08E+09
4	44300	4 -- 5	4	2850	4,72E+04	3,33E+09
5	41450	5 -- 6	5	450	5,61E+04	4,62E+09
6	41000	6 -- 7	6	2400	5,98E+04	5,61E+09
7	38600	7 -- 8	7	1425	6,48E+04	7,14E+09
8	37175	8 -- 9	8	1425	6,86E+04	8,45E+09
9	35750	9 -- 10	9	2850	7,42E+04	1,07E+10
10	32900	10 -- 11	10	400	7,85E+04	1,27E+10
11	32500	11 -- 12	11	2450	8,22E+04	1,45E+10
12	30050	12 -- 13	12	2850	8,92E+04	1,86E+10
13	27200	13 -- 14	13	2200	1,09E+05	2,60E+10
14	25000	14 -- 15	14	1000	1,13E+05	2,96E+10
15	24000	15 -- 16	15	1200	1,17E+05	3,22E+10
16	22800	16 -- 17	16	1425	1,21E+05	3,56E+10
17	21375	17 -- 18	17	1425	1,25E+05	3,95E+10
18	19950	18 -- 19	18	1425	1,42E+05	4,62E+10
19	18525	19 -- 20	19	1425	1,49E+05	5,36E+10
20	17100	20 -- 21	20	600	1,52E+05	5,73E+10
21	16500	21 -- 22	21	2250	1,57E+05	6,28E+10
22	14250	22 -- 23	22	1425	1,63E+05	7,05E+10
23	12825	23 -- 24	23	1425	1,68E+05	7,68E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,88E+05	9,30E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,98E+05	1,09E+11
26	5700	26 -- 27	26	2850	2,08E+05	1,27E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	2,18E+05	1,46E+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	1465	400	0,40	0,00	1,56E-02	456,61
2	2 -- 3	6471	3246	5,11	0,65	1,56E-02	447,71
3	3 -- 4	9458		11,58	19,68	1,55E-02	412,14
4	4 -- 5	10981		21,04	66,16	1,53E-02	368,14
5	5 -- 6	2049		32,02	141,78	1,49E-02	325,11
6	6 -- 7	11631	34596	68,67	156,65	1,48E-02	318,43
7	7 -- 8	7468		80,30	335,40	1,43E-02	283,44
8	8 -- 9	7887		87,76	455,15	1,39E-02	263,31
9	9 -- 10	17029		95,65	585,83	1,35E-02	243,75
10	10 -- 11	2524		112,68	882,70	1,26E-02	206,48
11	11 -- 12	16180	35630	150,83	928,28	1,24E-02	201,47
12	12 -- 13	20378		167,01	1317,64	1,15E-02	172,02
13	13 -- 14	19091		187,39	1822,67	1,04E-02	140,64
14	14 -- 15	9053	8255	214,74	2255,94	9,58E-03	118,62
15	15 -- 16	11173	36664	260,46	2475,20	9,20E-03	109,23
16	16 -- 17	13706		271,63	2794,45	8,74E-03	98,46
17	17 -- 18	14181		285,33	3191,29	8,17E-03	86,41
18	18 -- 19	16094		299,52	3607,99	7,58E-03	75,18
19	19 -- 20	16894		315,61	4046,27	7,02E-03	64,77
20	20 -- 21	7273		332,50	4508,05	6,48E-03	55,15
21	21 -- 22	28113	6731	346,51	4709,74	6,25E-03	51,33
22	22 -- 23	18492		374,62	5521,00	5,38E-03	38,23
23	23 -- 24	19025		393,11	6068,01	4,82E-03	30,95
24	24 -- 25	42408		412,14	6641,75	4,26E-03	24,48
25	25 -- 26	44691		454,55	7876,78	3,20E-03	13,81
26	26 -- 27	46975		499,24	9235,92	2,14E-03	6,16
27	27 -- 28	49259		546,21	10725,68	1,07E-03	1,56
28			37991	633,46	12352,58	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	146,5	40,0	0,457	829,19	38,300
2	2 -- 3	647,1	324,6	0,448	4154,67	184,663
3	3 -- 4	945,8		0,412	3620,04	143,969
4	4 -- 5	1098,1		0,368	3733,92	131,934
5	5 -- 6	204,9		0,325	646,67	21,211
6	6 -- 7	1163,1	3459,6	0,318	14240,85	456,133
7	7 -- 8	746,8		0,283	2002,76	55,811
8	8 -- 9	788,7		0,263	1961,51	50,694
9	9 -- 10	1702,9		0,244	3760,68	86,299
10	10 -- 11	252,4		0,206	505,07	10,502
11	11 -- 12	1618,0	3563,0	0,201	10006,13	201,051
12	12 -- 13	2037,8		0,172	3125,20	49,802
13	13 -- 14	1909,1		0,141	2427,89	32,083
14	14 -- 15	905,3	825,5	0,119	1972,45	23,367
15	15 -- 16	1117,3	3666,4	0,109	5066,76	55,791
16	16 -- 17	1370,6		0,098	1242,80	11,710
17	17 -- 18	1418,1		0,086	1124,01	9,257
18	18 -- 19	1609,4		0,075	1104,83	7,881
19	19 -- 20	1689,4		0,065	993,68	6,073
20	20 -- 21	727,3		0,055	379,82	2,061
21	21 -- 22	2811,3	673,1	0,051	1573,84	7,410
22	22 -- 23	1849,2		0,038	627,49	2,212
23	23 -- 24	1902,5		0,031	517,31	1,462
24	24 -- 25	4240,8		0,024	796,48	1,554
25	25 -- 26	4469,1		0,014	437,86	0,446
26	26 -- 27	4697,5		0,006	177,97	0,070
27	27 -- 28	4925,9		0,002	37,67	0,003
28			3799,1	0,000	0,00	0,000
				Som	67068	1592

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

$n_{1,x}$	=	1,03	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	897	0,990	0,570	0,56	501,22	0,56
2 -- 3	284	0,942	2,280	2,02	573,64	2,15
3 -- 4	332	0,854	2,850	2,08	690,52	2,44
4 -- 5	385	0,759	2,850	1,64	632,79	2,16
5 -- 6	8143	0,705	0,450	0,22	1819,72	0,32
6 -- 7	485	0,659	2,400	1,04	505,22	1,58
7 -- 8	524	0,599	1,425	0,51	267,69	0,85
8 -- 9	553	0,555	1,425	0,44	243,14	0,79
9 -- 10	598	0,493	2,850	0,69	413,91	1,41
10 -- 11	9538	0,447	0,400	0,08	761,39	0,18
11 -- 12	660	0,409	2,450	0,41	270,63	1,00
12 -- 13	715	0,342	2,850	0,33	238,87	0,98
13 -- 14	1243	0,284	2,200	0,18	220,42	0,62
14 -- 15	4572	0,250	1,000	0,06	284,59	0,25
15 -- 16	931	0,227	1,200	0,06	57,79	0,27
16 -- 17	962	0,202	1,425	0,06	56,17	0,29
17 -- 18	995	0,177	1,425	0,04	44,40	0,25
18 -- 19	1129	0,153	1,425	0,03	37,80	0,22
19 -- 20	1186	0,131	1,425	0,02	29,13	0,19
20 -- 21	2334	0,117	0,600	0,01	19,04	0,07
21 -- 22	1249	0,098	2,250	0,02	27,04	0,22
22 -- 23	1298	0,076	1,425	0,01	10,61	0,11
23 -- 24	1335	0,061	1,425	0,01	7,01	0,09
24 -- 25	1488	0,042	2,850	0,01	7,46	0,12
25 -- 26	1568	0,022	2,850	0,00	2,14	0,06
26 -- 27	1648	0,008	2,850	0,00	0,34	0,02
27 -- 28	3061	0,002	2,850	0,00	0,03	0,00
		Σ	50,00	10,55	7722,67	17,20

m_e = 7722,7 / 10,5 = 732,1 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,03	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)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,041	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,053	
$v_m(z_s)$ =	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	3,25
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,61
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,97
G_y =	0,5
G_z =	0,28

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

$K_s(n)$ =	0,14	
R^2 =	0,83	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,80	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,68

$c_s c_d$ = 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	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	4,50E+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 - T, T1 en T2		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
1e traverse - 150C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
2e traverse - 150C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
3e traverse - 150C1F3	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
1e traverse - 150C1F1	41,00	5,500
2e traverse - 380C1F2	32,50	0,000
2e traverse - 150C1F2	32,50	5,500
3e traverse - 380C1F3	24,00	0,000
3e traverse - 150C1F3	24,00	5,500
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			
1e traverse - 150C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
2e traverse - 150C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
3e traverse - 150C1F3	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	1380	86	1465	0,185	0,068	399	0,700
2	6129	342	6471	0,818	0,274	1705	0,748
3	9031	428	9458	1,196	0,342	2369	0,831
4	10553	428	10981	1,389	0,342	2620	0,919
5	1981	68	2049	0,237	0,054	436	0,968
6	11271	360	11631	1,344	0,288	2422	1,009
7	7254	214	7468	0,862	0,171	1513	1,062
8	7673	214	7887	0,910	0,171	1567	1,100
9	16602	428	17029	1,964	0,342	3287	1,153
10	2464	60	2524	0,291	0,048	477	1,191
11	15812	368	16180	1,864	0,294	2997	1,223
12	19951	428	20378	2,345	0,342	3639	1,277
13	18761	330	19091	1,940	0,264	2906	1,321
14	8903	150	9053	0,919	0,120	1345	1,345
15	10993	180	11173	1,133	0,144	1632	1,360
16	13492	214	13706	1,389	0,171	1959	1,375
17	13968	214	14181	1,436	0,171	1978	1,388
18	15881	214	16094	1,459	0,171	1963	1,377
19	16680	214	16894	1,529	0,171	2000	1,403
20	7183	90	7273	0,658	0,072	843	1,405
21	27776	338	28113	2,539	0,270	3155	1,402
22	18278	214	18492	1,667	0,171	1981	1,390
23	18811	214	19025	1,712	0,171	1957	1,373
24	41980	428	42408	3,559	0,342	3794	1,331
25	44264	428	44691	3,731	0,342	3510	1,231
26	46547	428	46975	3,890	0,342	2974	1,044
27	48831	428	49259	4,073	0,342	3015	1,058
	462449	7500	469949	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast} =$	58441

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	3085	480	480	480	480
2	2 -- 3	3406	3897	3892	16170	5397
3	3 -- 4	3983				
4	4 -- 5	4624				
5	5 -- 6	5463				
6	6 -- 7	5816	41528	41490	68474	49024
7	7 -- 8	6289				
8	8 -- 9	6641				
9	9 -- 10	7170				
10	10 -- 11	7572				
11	11 -- 12	7925	42768	42732	69715	50267
12	12 -- 13	8580				
13	13 -- 14	10414				
14	14 -- 15	10863	9907	9907	9907	9907
15	15 -- 16	11173	44007	43975	70957	51509
16	16 -- 17	11542				
17	17 -- 18	11942				
18	18 -- 19	13553				
19	19 -- 20	14226				
20	20 -- 21	14545				
21	21 -- 22	14994	8079	8073	32666	11084
22	22 -- 23	15572				
23	23 -- 24	16021				
24	24 -- 25	17856				
25	25 -- 26	18817				
26	26 -- 27	19779				
27	27 -- 28	20740				
28			45589	45589	45589	45589

KEMA rapport - bijlage T - 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 3020 / 1720 , t = 100 mm ; G = 3799 kg
Flenzen op 25,0m : 2 * rond 1450 / 1125 , t = 80 mm ; G = 826 kg
Topplaat / Hijsplaat + kap : rond 500 / 300 , t = 30 mm ; G = 40 kg
Bevestigingsringen op 41m : 2 * rond 1362 / 842 , t = 25 mm ; G = 353 kg
Bevestigingsringen op 32,5m : 2 * rond 1685 / 1165 , t = 25 mm ; G = 457 kg
Bevestigingsringen op 24m : 2 * rond 2008 / 1488 , t = 25 mm ; G = 560 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	700				
2	2 -- 3	748	27873	18262	46053	19182
3	3 -- 4	831				
4	4 -- 5	919				
5	5 -- 6	968				
6	6 -- 7	1009	219589	172476	234603	164189
7	7 -- 8	1062				
8	8 -- 9	1100				
9	9 -- 10	1153				
10	10 -- 11	1191				
11	11 -- 12	1223	209688	171427	231116	163229
12	12 -- 13	1277				
13	13 -- 14	1321				
14	14 -- 15	1345				
15	15 -- 16	1360	197191	170130	226820	162038
16	16 -- 17	1375				
17	17 -- 18	1388				
18	18 -- 19	1377				
19	19 -- 20	1403				
20	20 -- 21	1405				
21	21 -- 22	1402	43284	35805	85572	38077
22	22 -- 23	1390				
23	23 -- 24	1373				
24	24 -- 25	1331				
25	25 -- 26	1231				
26	26 -- 27	1044				
27	27 -- 28	1058				
28						

KEMA rapport - bijlage T2 - 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	1120				
2	2 -- 3	1197	37295	21460	60299	23508
3	3 -- 4	1330				
4	4 -- 5	1471				
5	5 -- 6	1549				
6	6 -- 7	1615	286767	198800	293241	196339
7	7 -- 8	1699				
8	8 -- 9	1759				
9	9 -- 10	1845				
10	10 -- 11	1906				
11	11 -- 12	1957	272038	197115	287953	194832
12	12 -- 13	2043				
13	13 -- 14	2114				
14	14 -- 15	2152				
15	15 -- 16	2175	253230	195038	281427	192965
16	16 -- 17	2199				
17	17 -- 18	2221				
18	18 -- 19	2204				
19	19 -- 20	2245				
20	20 -- 21	2247				
21	21 -- 22	2243	55889	41399	110826	46134
22	22 -- 23	2225				
23	23 -- 24	2197				
24	24 -- 25	2130				
25	25 -- 26	1970				
26	26 -- 27	1670				
27	27 -- 28	1693				
28						

KEMA rapport - bijlage T - 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	399		0	0,00E+00	2,06E-03	57
2	2 -- 3	1705		399	1,20E+05	2,06E-03	56
3	3 -- 4	2369		2104	3,03E+06	2,05E-03	51
4	4 -- 5	2620		4473	1,25E+07	2,00E-03	45
5	5 -- 6	436		7093	2,92E+07	1,92E-03	40
6	6 -- 7	2422		7529	3,25E+07	1,91E-03	39
7	7 -- 8	1513		9951	5,39E+07	1,82E-03	34
8	8 -- 9	1567		11464	6,93E+07	1,76E-03	32
9	9 -- 10	3287		13031	8,70E+07	1,70E-03	29
10	10 -- 11	477		16318	1,29E+08	1,56E-03	25
11	11 -- 12	2997		16794	1,36E+08	1,54E-03	24
12	12 -- 13	3639		19791	1,82E+08	1,42E-03	20
13	13 -- 14	2906		23430	2,44E+08	1,26E-03	17
14	14 -- 15	1345		26336	2,99E+08	1,15E-03	14
15	15 -- 16	1632		27681	3,26E+08	1,10E-03	13
16	16 -- 17	1959		29312	3,61E+08	1,04E-03	11
17	17 -- 18	1978		31271	4,05E+08	9,69E-04	10
18	18 -- 19	1963		33249	4,51E+08	8,95E-04	9
19	19 -- 20	2000		35212	5,00E+08	8,25E-04	7
20	20 -- 21	843		37212	5,52E+08	7,59E-04	6
21	21 -- 22	3155		38054	5,75E+08	7,31E-04	6
22	22 -- 23	1981		41209	6,64E+08	6,25E-04	4
23	23 -- 24	1957		43191	7,25E+08	5,58E-04	4
24	24 -- 25	3794		45148	7,88E+08	4,92E-04	3
25	25 -- 26	3510		48942	9,23E+08	3,67E-04	2
26	26 -- 27	2974		52451	1,07E+09	2,43E-04	1
27	27 -- 28	3015		55425	1,22E+09	1,21E-04	0
28				58441	1,38E+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	3,69E-02	1045
2	2 -- 3		27873	27873	1,06E+05	3,69E-02	1024
3	3 -- 4			27873	6,46E+07	3,66E-02	940
4	4 -- 5			27873	1,46E+08	3,59E-02	836
5	5 -- 6			27873	2,29E+08	3,52E-02	735
6	6 -- 7		219589	247462	2,42E+08	3,51E-02	719
7	7 -- 8			247462	8,43E+08	3,40E-02	636
8	8 -- 9			247462	1,20E+09	3,30E-02	588
9	9 -- 10			247462	1,56E+09	3,19E-02	542
10	10 -- 11			247462	2,27E+09	2,95E-02	454
11	11 -- 12		209688	457150	2,37E+09	2,91E-02	443
12	12 -- 13			457150	3,50E+09	2,68E-02	374
13	13 -- 14			457150	4,82E+09	2,37E-02	302
14	14 -- 15			457150	5,84E+09	2,16E-02	252
15	15 -- 16		197191	654341	6,30E+09	2,06E-02	231
16	16 -- 17			654341	7,09E+09	1,94E-02	207
17	17 -- 18			654341	8,03E+09	1,80E-02	180
18	18 -- 19			654341	8,97E+09	1,65E-02	156
19	19 -- 20			654341	9,91E+09	1,51E-02	133
20	20 -- 21			654341	1,08E+10	1,38E-02	112
21	21 -- 22		43284	697625	1,12E+10	1,33E-02	104
22	22 -- 23			697625	1,28E+10	1,12E-02	77
23	23 -- 24			697625	1,38E+10	9,93E-03	62
24	24 -- 25			697625	1,48E+10	8,67E-03	48
25	25 -- 26			697625	1,68E+10	6,36E-03	27
26	26 -- 27			697625	1,88E+10	4,14E-03	12
27	27 -- 28			697625	2,08E+10	2,02E-03	3
28	28 -- 29			697625	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	2,86E-02	823
2	2 -- 3		18262	18262	8,25E+04	2,86E-02	807
3	3 -- 4			18262	4,25E+07	2,84E-02	742
4	4 -- 5			18262	9,62E+07	2,80E-02	661
5	5 -- 6			18262	1,51E+08	2,75E-02	582
6	6 -- 7		172476	190738	1,60E+08	2,74E-02	570
7	7 -- 8			190738	6,23E+08	2,66E-02	505
8	8 -- 9			190738	8,98E+08	2,59E-02	467
9	9 -- 10			190738	1,17E+09	2,51E-02	431
10	10 -- 11			190738	1,72E+09	2,33E-02	362
11	11 -- 12		171427	362165	1,80E+09	2,30E-02	353
12	12 -- 13			362165	2,70E+09	2,12E-02	298
13	13 -- 14			362165	3,74E+09	1,88E-02	241
14	14 -- 15			362165	4,55E+09	1,72E-02	202
15	15 -- 16		170130	532296	4,91E+09	1,64E-02	185
16	16 -- 17			532296	5,56E+09	1,55E-02	166
17	17 -- 18			532296	6,32E+09	1,43E-02	144
18	18 -- 19			532296	7,09E+09	1,32E-02	125
19	19 -- 20			532296	7,85E+09	1,21E-02	107
20	20 -- 21			532296	8,61E+09	1,11E-02	90
21	21 -- 22		35805	568101	8,94E+09	1,06E-02	84
22	22 -- 23			568101	1,02E+10	8,99E-03	62
23	23 -- 24			568101	1,10E+10	7,97E-03	49
24	24 -- 25			568101	1,18E+10	6,96E-03	39
25	25 -- 26			568101	1,35E+10	5,11E-03	22
26	26 -- 27			568101	1,51E+10	3,33E-03	9
27	27 -- 28			568101	1,67E+10	1,63E-03	2
28				568101	1,83E+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	4,39E-02	1213
2	2 -- 3		46053	46053	1,27E+05	4,39E-02	1188
3	3 -- 4			46053	1,06E+08	4,34E-02	1089
4	4 -- 5			46053	2,40E+08	4,23E-02	966
5	5 -- 6			46053	3,75E+08	4,11E-02	847
6	6 -- 7		234603	280656	3,97E+08	4,09E-02	829
7	7 -- 8			280656	1,08E+09	3,94E-02	732
8	8 -- 9			280656	1,48E+09	3,82E-02	677
9	9 -- 10			280656	1,89E+09	3,68E-02	624
10	10 -- 11			280656	2,70E+09	3,39E-02	522
11	11 -- 12		231116	511771	2,81E+09	3,35E-02	509
12	12 -- 13			511771	4,08E+09	3,07E-02	430
13	13 -- 14			511771	5,55E+09	2,72E-02	347
14	14 -- 15			511771	6,69E+09	2,48E-02	290
15	15 -- 16		226820	738591	7,21E+09	2,36E-02	266
16	16 -- 17			738591	8,10E+09	2,23E-02	238
17	17 -- 18			738591	9,17E+09	2,06E-02	208
18	18 -- 19			738591	1,02E+10	1,90E-02	179
19	19 -- 20			738591	1,13E+10	1,74E-02	153
20	20 -- 21			738591	1,23E+10	1,59E-02	130
21	21 -- 22		85572	824163	1,28E+10	1,53E-02	120
22	22 -- 23			824163	1,47E+10	1,29E-02	89
23	23 -- 24			824163	1,58E+10	1,15E-02	71
24	24 -- 25			824163	1,70E+10	1,00E-02	56
25	25 -- 26			824163	1,94E+10	7,36E-03	31
26	26 -- 27			824163	2,17E+10	4,80E-03	14
27	27 -- 28			824163	2,41E+10	2,34E-03	3
28				824163	2,64E+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	2,77E-02	793
2	2 -- 3		19182	19182	7,98E+04	2,77E-02	777
3	3 -- 4			19182	4,45E+07	2,75E-02	714
4	4 -- 5			19182	1,01E+08	2,70E-02	636
5	5 -- 6			19182	1,58E+08	2,65E-02	560
6	6 -- 7		164189	183371	1,67E+08	2,64E-02	548
7	7 -- 8			183371	6,12E+08	2,56E-02	485
8	8 -- 9			183371	8,77E+08	2,49E-02	449
9	9 -- 10			183371	1,14E+09	2,41E-02	414
10	10 -- 11			183371	1,67E+09	2,24E-02	348
11	11 -- 12		163229	346601	1,75E+09	2,21E-02	339
12	12 -- 13			346601	2,60E+09	2,04E-02	286
13	13 -- 14			346601	3,60E+09	1,81E-02	232
14	14 -- 15			346601	4,37E+09	1,65E-02	193
15	15 -- 16		162038	508639	4,72E+09	1,58E-02	177
16	16 -- 17			508639	5,34E+09	1,49E-02	159
17	17 -- 18			508639	6,07E+09	1,38E-02	139
18	18 -- 19			508639	6,80E+09	1,27E-02	120
19	19 -- 20			508639	7,53E+09	1,16E-02	102
20	20 -- 21			508639	8,26E+09	1,06E-02	87
21	21 -- 22		38077	546716	8,57E+09	1,02E-02	80
22	22 -- 23			546716	9,81E+09	8,63E-03	59
23	23 -- 24			546716	1,06E+10	7,65E-03	47
24	24 -- 25			546716	1,14E+10	6,68E-03	37
25	25 -- 26			546716	1,29E+10	4,91E-03	21
26	26 -- 27			546716	1,45E+10	3,20E-03	9
27	27 -- 28			546716	1,61E+10	1,56E-03	2
28				546716	1,76E+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	1,07E-03	22
2	2 -- 3				8,69E+06	1,07E-03	21
3	3 -- 4				8,69E+06	9,94E-04	19
4	4 -- 5				8,69E+06	9,38E-04	16
5	5 -- 6				8,69E+06	9,02E-04	13
6	6 -- 7				6,26E+07	8,98E-04	13
7	7 -- 8				6,26E+07	7,71E-04	11
8	8 -- 9				6,26E+07	7,11E-04	10
9	9 -- 10				6,26E+07	6,61E-04	9
10	10 -- 11				6,26E+07	5,81E-04	7
11	11 -- 12				1,17E+08	5,72E-04	7
12	12 -- 13				1,17E+08	4,79E-04	5
13	13 -- 14				1,17E+08	3,93E-04	4
14	14 -- 15				1,17E+08	3,46E-04	3
15	15 -- 16				1,70E+08	3,28E-04	3
16	16 -- 17				1,70E+08	2,97E-04	3
17	17 -- 18				1,70E+08	2,65E-04	2
18	18 -- 19				1,70E+08	2,36E-04	2
19	19 -- 20				1,70E+08	2,11E-04	2
20	20 -- 21				1,70E+08	1,89E-04	1
21	21 -- 22				2,19E+08	1,80E-04	1
22	22 -- 23				2,19E+08	1,43E-04	1
23	23 -- 24				2,19E+08	1,22E-04	1
24	24 -- 25				2,19E+08	1,03E-04	1
25	25 -- 26				2,19E+08	7,09E-05	0
26	26 -- 27				2,19E+08	4,37E-05	0
27	27 -- 28				2,19E+08	2,03E-05	0
28					2,19E+08	0,00E+00	0

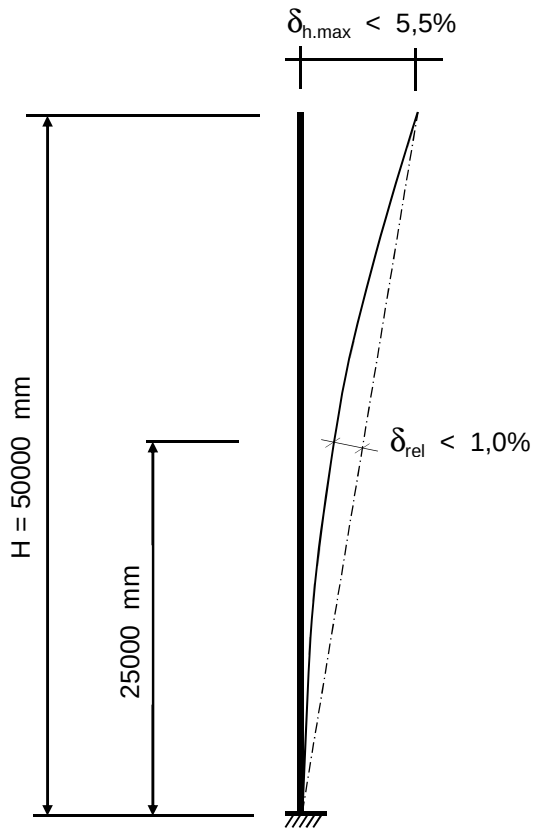
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	4,6E-02	1252
2	2 -- 3	4,6E-02	1226
3	3 -- 4	4,5E-02	1123
4	4 -- 5	4,4E-02	996
5	5 -- 6	4,3E-02	872
6	6 -- 7	4,2E-02	853
7	7 -- 8	4,1E-02	753
8	8 -- 9	3,9E-02	696
9	9 -- 10	3,8E-02	641
10	10 -- 11	3,5E-02	537
11	11 -- 12	3,5E-02	523
12	12 -- 13	3,2E-02	442
13	13 -- 14	2,8E-02	356
14	14 -- 15	2,5E-02	298
15	15 -- 16	2,4E-02	273
16	16 -- 17	2,3E-02	244
17	17 -- 18	2,1E-02	213
18	18 -- 19	1,9E-02	184
19	19 -- 20	1,8E-02	157
20	20 -- 21	1,6E-02	133
21	21 -- 22	1,6E-02	123
22	22 -- 23	1,3E-02	91
23	23 -- 24	1,2E-02	73
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 = 1252 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 2,50 % 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 14 ; Hoogte = 25000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 298 mm
α = 1,43 graden

δ_{rel} = 328 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	599	480	0	0,00E+00	3,26E-03	90
2	2 -- 3	2558	6135	638	1,82E+05	3,26E-03	88
3	3 -- 4	3553	13900	3367	4,75E+06	3,25E-03	81
4	4 -- 5	3930	25250	7156	1,97E+07	3,17E-03	72
5	5 -- 6	654	38427	11349	4,61E+07	3,04E-03	63
6	6 -- 7	3633	82413	12046	5,14E+07	3,02E-03	62
7	7 -- 8	2270	96371	15922	8,49E+07	2,88E-03	54
8	8 -- 9	2350	105332	18343	1,09E+08	2,79E-03	50
9	9 -- 10	4930	114796	20850	1,37E+08	2,69E-03	46
10	10 -- 11	715	135231	26108	2,04E+08	2,48E-03	39
11	11 -- 12	4495	181028	26871	2,15E+08	2,44E-03	38
12	12 -- 13	5458	200443	31665	2,86E+08	2,24E-03	32
13	13 -- 14	4359	224897	37487	3,85E+08	2,00E-03	26
14	14 -- 15	2018	257713	42137	4,73E+08	1,83E-03	22
15	15 -- 16	2447	312584	44290	5,16E+08	1,75E-03	20
16	16 -- 17	2938	325991	46900	5,71E+08	1,65E-03	18
17	17 -- 18	2967	342438	50034	6,40E+08	1,54E-03	16
18	18 -- 19	2944	359455	53199	7,13E+08	1,42E-03	14
19	19 -- 20	3000	378769	56339	7,91E+08	1,31E-03	12
20	20 -- 21	1264	399041	59539	8,74E+08	1,20E-03	10
21	21 -- 22	4732	415848	60887	9,10E+08	1,16E-03	9
22	22 -- 23	2972	449583	65935	1,05E+09	9,93E-04	7
23	23 -- 24	2936	471774	69105	1,15E+09	8,87E-04	6
24	24 -- 25	5691	494604	72236	1,25E+09	7,81E-04	4
25	25 -- 26	5264	545494	78307	1,46E+09	5,83E-04	2
26	26 -- 27	4461	599123	83922	1,70E+09	3,86E-04	1
27	27 -- 28	4523	655493	88680	1,94E+09	1,92E-04	0
28			760193	93505	2,20E+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	4,77E-02	1350
2	2 -- 3		37295	37295	0,00E+00	4,77E-02	1323
3	3 -- 4			37295	8,50E+07	4,74E-02	1214
4	4 -- 5			37295	1,91E+08	4,65E-02	1080
5	5 -- 6			37295	2,98E+08	4,55E-02	949
6	6 -- 7		286767	324062	3,14E+08	4,53E-02	929
7	7 -- 8			324062	1,09E+09	4,39E-02	821
8	8 -- 9			324062	1,55E+09	4,26E-02	760
9	9 -- 10			324062	2,02E+09	4,12E-02	700
10	10 -- 11			324062	2,94E+09	3,81E-02	587
11	11 -- 12		272038	596100	3,07E+09	3,76E-02	572
12	12 -- 13			596100	4,53E+09	3,46E-02	483
13	13 -- 14			596100	6,23E+09	3,06E-02	390
14	14 -- 15			596100	7,54E+09	2,79E-02	325
15	15 -- 16		253230	849330	8,14E+09	2,66E-02	298
16	16 -- 17			849330	9,15E+09	2,51E-02	267
17	17 -- 18			849330	1,04E+10	2,32E-02	233
18	18 -- 19			849330	1,16E+10	2,13E-02	201
19	19 -- 20			849330	1,28E+10	1,95E-02	172
20	20 -- 21			849330	1,40E+10	1,78E-02	145
21	21 -- 22		55889	905219	1,45E+10	1,71E-02	135
22	22 -- 23			905219	1,65E+10	1,45E-02	99
23	23 -- 24			905219	1,78E+10	1,28E-02	79
24	24 -- 25			905219	1,91E+10	1,12E-02	62
25	25 -- 26			905219	2,17E+10	8,21E-03	35
26	26 -- 27			905219	2,43E+10	5,35E-03	15
27	27 -- 28			905219	2,69E+10	2,61E-03	4
28				905219	2,94E+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	3,27E-02	940
2	2 -- 3		21460	21460	0,00E+00	3,27E-02	922
3	3 -- 4			21460	4,89E+07	3,25E-02	847
4	4 -- 5			21460	1,10E+08	3,20E-02	755
5	5 -- 6			21460	1,71E+08	3,14E-02	665
6	6 -- 7		198800	220260	1,81E+08	3,13E-02	651
7	7 -- 8			220260	7,10E+08	3,04E-02	577
8	8 -- 9			220260	1,02E+09	2,96E-02	534
9	9 -- 10			220260	1,34E+09	2,86E-02	492
10	10 -- 11			220260	1,97E+09	2,66E-02	413
11	11 -- 12		197115	417375	2,05E+09	2,63E-02	403
12	12 -- 13			417375	3,08E+09	2,42E-02	341
13	13 -- 14			417375	4,27E+09	2,15E-02	276
14	14 -- 15			417375	5,18E+09	1,96E-02	230
15	15 -- 16		195038	612413	5,60E+09	1,87E-02	211
16	16 -- 17			612413	6,34E+09	1,77E-02	189
17	17 -- 18			612413	7,21E+09	1,64E-02	165
18	18 -- 19			612413	8,08E+09	1,51E-02	142
19	19 -- 20			612413	8,95E+09	1,38E-02	122
20	20 -- 21			612413	9,83E+09	1,26E-02	103
21	21 -- 22		41399	653812	1,02E+10	1,21E-02	96
22	22 -- 23			653812	1,17E+10	1,03E-02	70
23	23 -- 24			653812	1,26E+10	9,10E-03	56
24	24 -- 25			653812	1,35E+10	7,95E-03	44
25	25 -- 26			653812	1,54E+10	5,84E-03	25
26	26 -- 27			653812	1,73E+10	3,81E-03	11
27	27 -- 28			653812	1,91E+10	1,86E-03	3
28				653812	2,10E+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	5,49E-02	1512
2	2 -- 3		60299	60299	0,00E+00	5,49E-02	1481
3	3 -- 4			60299	1,37E+08	5,43E-02	1356
4	4 -- 5			60299	3,09E+08	5,28E-02	1203
5	5 -- 6			60299	4,81E+08	5,12E-02	1055
6	6 -- 7		293241	353540	5,08E+08	5,10E-02	1032
7	7 -- 8			353540	1,36E+09	4,91E-02	911
8	8 -- 9			353540	1,86E+09	4,76E-02	842
9	9 -- 10			353540	2,36E+09	4,59E-02	776
10	10 -- 11			353540	3,37E+09	4,22E-02	650
11	11 -- 12		287953	641493	3,51E+09	4,17E-02	633
12	12 -- 13			641493	5,09E+09	3,83E-02	535
13	13 -- 14			641493	6,91E+09	3,39E-02	432
14	14 -- 15			641493	8,32E+09	3,08E-02	361
15	15 -- 16		281427	922920	8,97E+09	2,94E-02	331
16	16 -- 17			922920	1,01E+10	2,77E-02	296
17	17 -- 18			922920	1,14E+10	2,57E-02	258
18	18 -- 19			922920	1,27E+10	2,36E-02	223
19	19 -- 20			922920	1,40E+10	2,16E-02	191
20	20 -- 21			922920	1,53E+10	1,98E-02	161
21	21 -- 22		110826	1033746	1,59E+10	1,90E-02	150
22	22 -- 23			1033746	1,82E+10	1,61E-02	110
23	23 -- 24			1033746	1,97E+10	1,43E-02	89
24	24 -- 25			1033746	2,12E+10	1,25E-02	70
25	25 -- 26			1033746	2,41E+10	9,16E-03	39
26	26 -- 27			1033746	2,71E+10	5,97E-03	17
27	27 -- 28			1033746	3,00E+10	2,92E-03	4
28				1033746	3,29E+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	3,29E-02	940
2	2 -- 3		23508	23508	0,00E+00	3,29E-02	921
3	3 -- 4			23508	5,36E+07	3,26E-02	847
4	4 -- 5			23508	1,21E+08	3,21E-02	754
5	5 -- 6			23508	1,88E+08	3,14E-02	664
6	6 -- 7		196339	219847	1,98E+08	3,14E-02	650
7	7 -- 8			219847	7,26E+08	3,04E-02	575
8	8 -- 9			219847	1,04E+09	2,96E-02	532
9	9 -- 10			219847	1,35E+09	2,86E-02	491
10	10 -- 11			219847	1,98E+09	2,65E-02	412
11	11 -- 12		194832	414680	2,07E+09	2,62E-02	402
12	12 -- 13			414680	3,08E+09	2,41E-02	340
13	13 -- 14			414680	4,26E+09	2,14E-02	275
14	14 -- 15			414680	5,18E+09	1,95E-02	230
15	15 -- 16		192965	607645	5,59E+09	1,87E-02	210
16	16 -- 17			607645	6,32E+09	1,76E-02	189
17	17 -- 18			607645	7,19E+09	1,63E-02	164
18	18 -- 19			607645	8,05E+09	1,50E-02	142
19	19 -- 20			607645	8,92E+09	1,38E-02	121
20	20 -- 21			607645	9,78E+09	1,26E-02	103
21	21 -- 22		46134	653778	1,01E+10	1,21E-02	95
22	22 -- 23			653778	1,16E+10	1,02E-02	70
23	23 -- 24			653778	1,26E+10	9,08E-03	56
24	24 -- 25			653778	1,35E+10	7,93E-03	44
25	25 -- 26			653778	1,53E+10	5,82E-03	25
26	26 -- 27			653778	1,72E+10	3,80E-03	11
27	27 -- 28			653778	1,91E+10	1,86E-03	3
28				653778	2,09E+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	6,92E-04	15
2	2 -- 3				2,96E+06	6,92E-04	14
3	3 -- 4				2,96E+06	6,67E-04	13
4	4 -- 5				2,96E+06	6,48E-04	11
5	5 -- 6				2,96E+06	6,36E-04	9
6	6 -- 7				4,40E+07	6,34E-04	9
7	7 -- 8				4,40E+07	5,45E-04	7
8	8 -- 9				4,40E+07	5,03E-04	7
9	9 -- 10				4,40E+07	4,67E-04	6
10	10 -- 11				4,40E+07	4,12E-04	5
11	11 -- 12				8,50E+07	4,05E-04	5
12	12 -- 13				8,50E+07	3,37E-04	4
13	13 -- 14				8,50E+07	2,75E-04	3
14	14 -- 15				8,50E+07	2,40E-04	2
15	15 -- 16				1,26E+08	2,27E-04	2
16	16 -- 17				1,26E+08	2,04E-04	2
17	17 -- 18				1,26E+08	1,80E-04	2
18	18 -- 19				1,26E+08	1,59E-04	1
19	19 -- 20				1,26E+08	1,40E-04	1
20	20 -- 21				1,26E+08	1,24E-04	1
21	21 -- 22				1,43E+08	1,18E-04	1
22	22 -- 23				1,43E+08	9,35E-05	1
23	23 -- 24				1,43E+08	7,98E-05	0
24	24 -- 25				1,43E+08	6,72E-05	0
25	25 -- 26				1,43E+08	4,63E-05	0
26	26 -- 27				1,43E+08	2,85E-05	0
27	27 -- 28				1,43E+08	1,32E-05	0
28					1,43E+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	18,41	60,48	12,35
3	3 -- 4	26,17	61,25	151,12
4	4 -- 5	37,52	62,31	327,19
5	5 -- 6	50,70	63,49	506,46
6	6 -- 7	121,63	356,93	605,73
7	7 -- 8	135,59	358,02	1463,66
8	8 -- 9	144,55	358,70	1974,32
9	9 -- 10	154,02	359,40	2485,97
10	10 -- 11	174,45	360,88	3512,38
11	11 -- 12	247,20	649,05	3727,43
12	12 -- 13	266,61	650,40	5319,26
13	13 -- 14	291,06	652,04	7175,23
14	14 -- 15	323,88	653,34	8611,15
15	15 -- 16	405,70	935,38	9335,45
16	16 -- 17	419,11	936,11	10458,35
17	17 -- 18	435,56	936,99	11792,93
18	18 -- 19	452,57	937,88	13128,78
19	19 -- 20	471,89	938,77	14465,89
20	20 -- 21	492,16	939,67	15804,27
21	21 -- 22	533,55	1050,87	16436,34
22	22 -- 23	567,29	1052,29	18802,40
23	23 -- 24	589,48	1053,18	20302,55
24	24 -- 25	612,31	1054,06	21803,96
25	25 -- 26	663,20	1055,77	24810,47
26	26 -- 27	716,83	1057,35	27821,66
27	27 -- 28	773,20	1058,69	30837,02
28		877,90	1060,04	33856,21

)** - 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	12,35	18,41	26	12,8	1351,7	0,01
2	500 / 825	151,12	26,17	103	154,3	1868,7	0,08
3	500 / 825	327,19	37,52	127	335,1	2632,6	0,13
4	500 / 825	506,46	50,70	123	520,6	3527,3	0,15
5	825 / 1366	605,73	121,63	19	622,2	4019,6	0,16
6	825 / 1366	1463,66	135,59	100	1493,7	4975,8	0,31
7	825 / 1366	1974,32	144,55	57	2012,7	5591,8	0,37
8	825 / 1366	2485,97	154,02	55	2532,8	6243,8	0,41
9	825 / 1366	3512,38	174,45	104	3577,4	7655,6	0,47
10	825 / 1366	3727,43	247,20	14	3795,9	7865,3	0,49
11	825 / 1366	5319,26	266,61	81	5409,4	9211,4	0,60
12	825 / 1366	7175,23	291,06	85	7290,2	10911,0	0,68
13	1366 / 1642	8611,15	323,88	59	8745,1	13914,5	0,64
14	1366 / 1642	9335,45	405,70	25	9479,5	14672,9	0,66
15	1366 / 1642	10458,35	419,11	28	10614,3	15609,5	0,69
16	1366 / 1642	11792,93	435,56	31	11962,6	16759,3	0,72
17	1366 / 1642	13128,78	452,57	29	13311,6	17950,0	0,75
18	1642/ 1967	14465,89	471,89	27	14661,2	21369,1	0,70
19	1642/ 1967	15804,27	492,16	24	16011,6	22790,5	0,71
20	1642/ 1967	16436,34	533,55	10	16648,8	23402,7	0,72
21	1642/ 1967	18802,40	567,29	33	19033,3	25770,6	0,75
22	1642/ 1967	20302,55	589,48	18	20544,0	27329,3	0,76
23	1642/ 1967	21803,96	612,31	16	22055,0	28933,8	0,77
24	1913/ 2400	24810,47	663,20	25	25078,4	34485,6	0,74
25	1913/ 2400	27821,66	716,83	18	28102,4	38261,7	0,74
26	1913/ 2400	30837,02	773,20	10	31125,8	42234,1	0,75
27	1913/ 2400	33856,21	877,90	3	34148,1	46402,7	0,75

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
522	20,0	26,08	0,81	355	355
608	20,0	30,42	0,81	355	355
717	20,0	35,83	0,81	355	355
825	20,0	41,25	0,81	355	355
842	22,0	38,27	0,81	355	355
933	22,0	42,42	0,81	355	355
987	22,0	44,88	0,81	355	355
1042	22,0	47,34	0,81	355	355
1150	22,0	52,26	0,81	355	355
1165	22,0	52,95	0,81	355	355
1258	22,0	57,19	0,81	355	355
1366	22,0	62,11	0,81	345	355
1450	25,0	58,00	0,81	355	355
1488	25,0	59,52	0,81	355	355
1534	25,0	61,34	0,81	348	355
1588	25,0	63,51	0,81	340	355
1642	25,0	65,68	0,81	332	355
1696	28,0	60,57	0,81	351	355
1750	28,0	62,51	0,81	343	355
1773	28,0	63,32	0,81	340	355
1859	28,0	66,38	0,81	330	355
1913	28,0	68,31	0,81	323	355
1967	28,0	70,24	0,81	317	355
2075	30,0	69,17	0,81	321	355
2183	30,0	72,78	0,81	310	355
2292	30,0	76,39	0,81	300	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 / 825	3,52	0,60	355	355	0,01
2	500 / 825	34,24	0,76	355	355	0,10
3	500 / 825	53,25	0,93	355	355	0,15
4	500 / 825	60,33	1,07	355	355	0,17
5	825 / 1366	56,13	2,17	355	355	0,16
6	825 / 1366	118,23	2,27	355	355	0,34
7	825 / 1366	135,34	2,23	355	355	0,39
8	825 / 1366	152,06	2,25	355	355	0,43
9	825 / 1366	183,21	2,35	355	355	0,52
10	825 / 1366	173,65	3,15	355	355	0,50
11	825 / 1366	225,26	3,24	355	355	0,64
12	825 / 1366	257,69	3,26	355	345	0,74
13	1366 / 1642	236,92	2,98	355	355	0,68
14	1366 / 1642	235,48	3,58	355	355	0,67
15	1366 / 1642	248,92	3,59	355	348	0,71
16	1366 / 1642	262,48	3,61	355	340	0,75
17	1366 / 1642	272,38	3,62	355	332	0,78
18	1642/ 1967	260,32	3,32	355	351	0,74
19	1642/ 1967	257,50	3,30	355	343	0,73
20	1642/ 1967	255,91	3,50	355	340	0,73
21	1642/ 1967	274,98	3,61	355	330	0,79
22	1642/ 1967	274,75	3,61	355	323	0,79
23	1642/ 1967	278,38	3,64	355	317	0,80
24	1913/ 2400	272,50	3,53	355	321	0,78
25	1913/ 2400	274,46	3,62	355	310	0,78
26	1913/ 2400	274,71	3,72	355	300	0,79
27	1913/ 2400	273,69	4,02	355	292	0,78

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

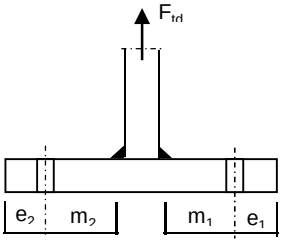
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

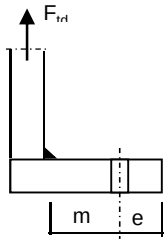
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

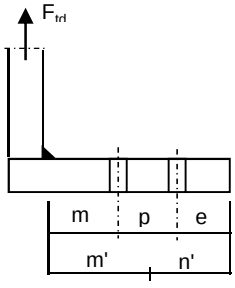
Flenzen en voetplaat:



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		2720,00					
st.c binnenkant		2020,00					
2370	96	586,08	11,04	28	M 48 - 8,8	848,4	0,69
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1245,00					
1245,00	36	759,51	18,15	14	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							
2720,00	2020,00	153,2	150,0	150,0			132,2
2720,00	2020,00	153,2	150,0	150,0			178,0
flenzen op 25,0 m hoogte.							
1245,00	1245,0	70,7	60,0	60,0			108,6
1245,00	1245,0	70,7	60,0	60,0			108,6

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							
100	1,11E+08	2890,76	1569,81	1696,90	1569,81	1172,15	0,75
100	1,49E+08	3892,51	1822,90	1696,90	1696,90	1172,15	0,69
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	5,82E+07	1647,10	932,34	2121,12	932,34	759,51	0,81
80	5,82E+07	1647,10	932,34	2121,12	932,34	759,51	0,81
	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	1,03	1,450	0,18	8,32

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	457	1,000		1,000			
2	448	0,980	1 -- 2	0,990	147	365	896,7
3	412	0,903	2 -- 3	0,942	647		283,8
4	368	0,806	3 -- 4	0,854	946		331,9
5	325	0,712	4 -- 5	0,759	1098		385,3
6	318	0,697	5 -- 6	0,705	205	3460	8143,2
7	283	0,621	6 -- 7	0,659	1163		484,6
8	263	0,577	7 -- 8	0,599	747		524,1
9	244	0,534	8 -- 9	0,555	789		553,4
10	206	0,452	9 -- 10	0,493	1703		597,5
11	201	0,441	10 -- 11	0,447	252	3563	9538,5
12	172	0,377	11 -- 12	0,409	1618		660,4
13	141	0,308	12 -- 13	0,342	2038		715,0
14	119	0,260	13 -- 14	0,284	1909	826	1243,0
15	109	0,239	14 -- 15	0,250	905	3666	4571,6
16	98	0,216	15 -- 16	0,227	1117		931,1
17	86	0,189	16 -- 17	0,202	1371		961,8
18	75	0,165	17 -- 18	0,177	1418		995,2
19	65	0,142	18 -- 19	0,153	1609		1129,4
20	55	0,121	19 -- 20	0,131	1689		1185,5
21	51	0,112	20 -- 21	0,117	727	673	2333,9
22	38	0,084	21 -- 22	0,098	2811		1249,5
23	31	0,068	22 -- 23	0,076	1849		1297,7
24	24	0,054	23 -- 24	0,061	1903		1335,1
25	14	0,030	24 -- 25	0,042	4241		1488,0
26	6	0,014	25 -- 26	0,022	4469		1568,1
27	2	0,003	26 -- 27	0,008	4697		1648,2
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	4926	3799	3061,4

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	897	0,990	0,570	0,56	501,22	0,56
2 -- 3	284	0,942	2,280	2,02	573,64	2,15
3 -- 4	332	0,854	2,850	2,08	690,52	2,44
4 -- 5	385	0,759	2,850	1,64	632,79	2,16
5 -- 6	8143	0,705	0,450	0,22	1819,72	0,32
6 -- 7	485	0,659	2,400	1,04	505,22	1,58
7 -- 8	524	0,599	1,425	0,51	267,69	0,85
8 -- 9	553	0,555	1,425	0,44	243,14	0,79
9 -- 10	598	0,493	2,850	0,69	413,91	1,41
10 -- 11	9538	0,447	0,400	0,08	761,39	0,18
11 -- 12	660	0,409	2,450	0,41	270,63	1,00
12 -- 13	715	0,342	2,850	0,33	238,87	0,98
13 -- 14	1243	0,284	2,200	0,18	220,42	0,62
14 -- 15	4572	0,250	1,000	0,06	284,59	0,25
15 -- 16	931	0,227	1,200	0,06	57,79	0,27
16 -- 17	962	0,202	1,425	0,06	56,17	0,29
17 -- 18	995	0,177	1,425	0,04	44,40	0,25
18 -- 19	1129	0,153	1,425	0,03	37,80	0,22
19 -- 20	1186	0,131	1,425	0,02	29,13	0,19
20 -- 21	2334	0,117	0,600	0,01	19,04	0,07
21 -- 22	1249	0,098	2,250	0,02	27,04	0,22
22 -- 23	1298	0,076	1,425	0,01	10,61	0,11
23 -- 24	1335	0,061	1,425	0,01	7,01	0,09
24 -- 25	1488	0,042	2,850	0,01	7,46	0,12
25 -- 26	1568	0,022	2,850	0,00	2,14	0,06
26 -- 27	1648	0,008	2,850	0,00	0,34	0,02
27 -- 28	3061	0,002	2,850	0,00	0,03	0,00
		Σ	50,00	10,55	7722,67	17,20

m_e = 7722,7 / 10,5 = 732,1 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 / 2400	732,1	0,030	1,25	1,450	16,7

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 = 16,7

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 = 17,20 / (4 * π * 10,55) = 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 * 8,32 / $15*10^{-6}$ = 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 = 8,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,42 / 17,20 = 0,43

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,060 * 0,130 * 0,43 * 0,2 = 0,021

$y_{F;max}$ = 1,450 * 0,021 = 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		231526	231526	0,00E+00	5,7E-02	1000
2	2 -- 3			231526	1,32E+08	5,7E-02	968
3	3 -- 4			231526	6,60E+08	5,3E-02	842
4	4 -- 5			231526	1,32E+09	4,7E-02	698
5	5 -- 6			231526	1,98E+09	4,0E-02	574
6	6 -- 7			231526	2,08E+09	3,9E-02	556
7	7 -- 8			231526	2,64E+09	3,4E-02	468
8	8 -- 9			231526	2,97E+09	3,2E-02	421
9	9 -- 10			231526	3,30E+09	2,9E-02	378
10	10 -- 11			231526	3,96E+09	2,4E-02	301
11	11 -- 12			231526	4,05E+09	2,4E-02	292
12	12 -- 13			231526	4,62E+09	2,0E-02	237
13	13 -- 14			231526	5,28E+09	1,7E-02	184
14	14 -- 15			231526	5,79E+09	1,5E-02	150
15	15 -- 16			231526	6,02E+09	1,4E-02	136
16	16 -- 17			231526	6,30E+09	1,2E-02	120
17	17 -- 18			231526	6,63E+09	1,1E-02	103
18	18 -- 19			231526	6,96E+09	1,0E-02	88
19	19 -- 20			231526	7,29E+09	9,0E-03	74
20	20 -- 21			231526	7,62E+09	8,1E-03	62
21	21 -- 22			231526	7,76E+09	7,7E-03	57
22	22 -- 23			231526	8,28E+09	6,4E-03	42
23	23 -- 24			231526	8,61E+09	5,5E-03	33
24	24 -- 25			231526	8,94E+09	4,8E-03	26
25	25 -- 26			231526	9,60E+09	3,4E-03	14
26	26 -- 27			231526	1,03E+10	2,2E-03	6
27	27 -- 28			231526	1,09E+10	1,0E-03	2
28	28 -- 29			231526	1,16E+10	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	522	20,0	3807593	35	0,0300	2,1
2	608	20,0	5263811	125	0,0300	7,5
3	717	20,0	7415686	178	0,0300	10,7
4	825	20,0	9936019	199	0,0300	11,9
5	842	22,0	11322818	184	0,0300	11,0
6	933	22,0	14016257	188	0,0300	11,3
7	987	22,0	15751479	189	0,0300	11,3
8	1042	22,0	17588029	188	0,0300	11,2
9	1150	22,0	21565114	184	0,0300	11,0
10	1165	22,0	22155736	183	0,0300	11,0
11	1258	22,0	25947515	178	0,0300	10,7
12	1366	22,0	30735233	172	0,0300	10,3
13	1450	25,0	39195854	148	0,0300	8,8
14	1488	25,0	41332030	146	0,0300	8,7
15	1534	25,0	43970292	143	0,0300	8,6
16	1588	25,0	47209285	140	0,0300	8,4
17	1642	25,0	50563425	138	0,0300	8,2
18	1696	28,0	60194777	121	0,0300	7,3
19	1750	28,0	64198631	119	0,0300	7,1
20	1773	28,0	65923047	118	0,0300	7,0
21	1859	28,0	72593235	114	0,0300	6,8
22	1913	28,0	76983984	112	0,0300	6,7
23	1967	28,0	81503699	110	0,0300	6,6
24	2075	30,0	97142482	99	0,0300	5,9
25	2183	30,0	107779518	95	0,0300	5,7
26	2292	30,0	118969263	92	0,0300	5,5
27	2400	30,0	130711715	89	0,0300	5,3

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,03 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 8,32 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 = 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,03 * [8,32 / 6,14]^2 * \exp[-(8,32 / 614)^2]$ = 2,90E+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.

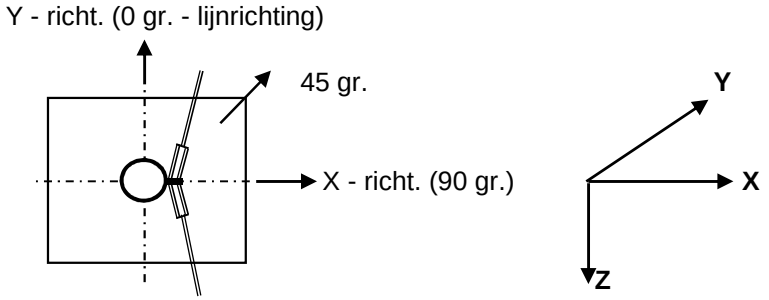
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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	9,01	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
4	Lasnaad	12,80	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
5	Lasnaad	14,32	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	13,54	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
8							
9	Lasnaad	13,49	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
10	Lasnaad	13,20	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
11							
12	Lasnaad	12,80	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
13	Lasnaad	12,35	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
14	flenzen	10,62	35	19,25	1,000E+10	2,90E+08	0,03
15							
16	Lasnaad	10,30	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
17							
18	Lasnaad	9,89	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
19							
20	Lasnaad	8,53	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
21							
22	Lasnaad	8,20	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
23							
24	Lasnaad	7,88	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
25	Lasnaad	7,10	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
26	Lasnaad	6,84	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
27	Lasnaad	6,60	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
28	voetplaat	6,37	35	19,25	1,000E+10	2,90E+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			636			
2 - Windbelasting mast	94				2201	
3 - Belasting geval 1a	905		124		29585	
4 - Belasting geval 1b	654		124		21125	
5 - Belasting geval 3	1034		242		33237	
6 - Belasting geval 4	654		151		21111	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	999		760		31785	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	671		760		21537	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	1060		**878**		**33856**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	671		787		21524	

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	26740	kNm	33856	kNm	33856	kNm
Dwarskracht	842	kN	1060	kN	1060	kN
Verticale kracht	633	kN	878	kN	570	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		2720,00					
st.c binnenkant		2020,00					
2370	96	586,08	11,04	28	M 48 - 8,8	848,45	0,69
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2720,00					
st.c binnenkant		2020,00					
2370	96	463,52	8,77	28	M 48 - 8,8	848,45	0,55

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 586,1 kN

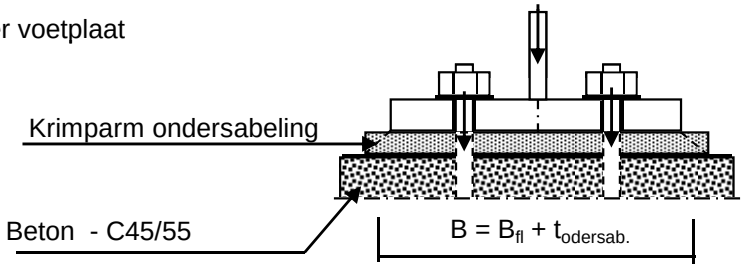
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 463,5 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 604,4 + 1,00 * 463,5 = 1067,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

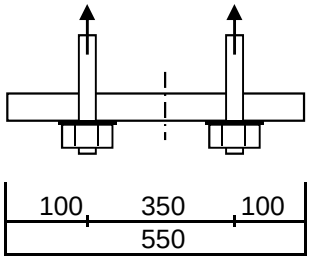
σ_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0 N/mm^2

B_{fl} =	650,0	mm	D =	2370	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	690,0	mm			

A_{voetpl} = 690 * 2*π*D / n = 107030 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

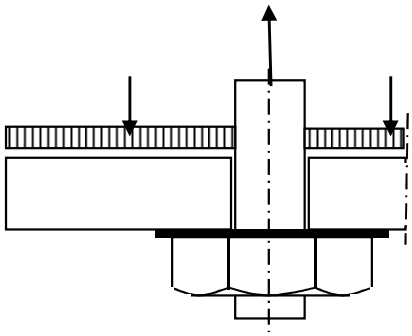


D = 2370 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 550 * $2*\pi*D / n$ = 85314 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 100 mm
L_{veld} = 350 mm

t = 45 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 68697 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2404 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 141687 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 141687 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2404 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} = 141687 / 179718,8 = 0,79 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 279,9 N/mm^2

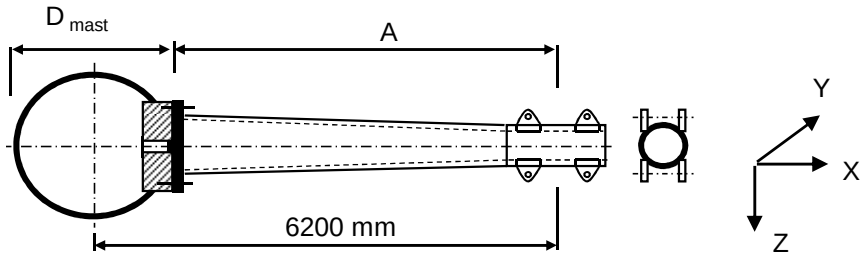
V_{Ed} / V_{Rd} = 2404 / 9223 = 0,26 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 53,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (279,9^2 + 3*53,4^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 295 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

9.0 - Detailberekeningen

9.1 - Berekening crossbeam - hoogte 41,0m, 32,5m en 24m



A = 5779 mm

D_{mast} = 842 mm

Buisgegevens

Buis Ø400 * 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 =	19302	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	4568	kN
$W_y = W_z$ =	1,78E+06	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	421,7	kNm
W_x =	3,56E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	421,7	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	487,0	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	1318,7	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 492 mm

Flensdikte t_{flens} = 30 mm

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10,0 - Appendix T en T1

	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))	28677	48674	3729	28677	-48674	3729
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29324	55724	6423	29324	-55724	6423
BG 1a - (wind (45 gr))	16460	33473	3727	29943	-50426	3729
BG 3 - (wind (45) + ijs)	25201	53025	6423	29792	-56189	6424
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20435	-38096	3398	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	20936	-38740	3398	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	16111	-33734	3397	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))	57,35	0,00	7,46	0,00	43,10	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	58,65	0,00	12,85	0,00	74,24	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	46,40	16,95	7,46	0,00	43,09	97,97
BG 3 - (wind (45) + ijs)	54,99	3,16	12,85	0,00	74,24	18,29
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	20,43	38,10	3,40	0,00	19,64	220,16
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	**20,94**	**38,74**	**3,40**	**0,00**	**19,64**	**223,88**
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	16,11	33,73	3,40	0,00	19,63	194,95

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B \quad ; \quad B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B \quad ; \qquad M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 45 gr + ijs - bundelbreuk)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	19,64	/	422	=	0,05	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		11,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	223,88	/	422	=	0,53	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		125,6	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	20,94	/	4568	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,1	N/mm^2
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,40	/	1319	=	0,00	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,4	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	38,74	/	1319	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_z =		4,0	N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N =$ 127,2 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 127,4 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 400*16 aan de flens
Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Controle bouten:

$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 224,7 kNm

$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 38,9 kN

N_{Ed} = 20,9 kN

$F_{t,Ed}$ = 77,00 kN

$F_{v,Ed}$ = 1,62 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ = 0,45 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ = 0,34 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

t_{flens} = 30,00 mm

L_{eff} = min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*π*m) = 64,4 mm

m = 39,2 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y$ = 3429441 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$ = 174,9 kN

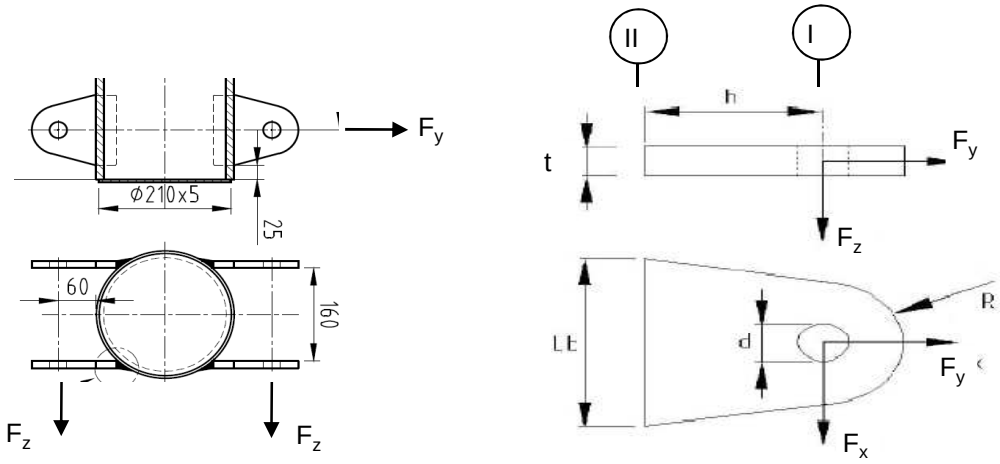
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$ = 123,0 kN

Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$ = 169,4 kN

$F_{t,Rd,min}$ = 123,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ = 0,63 < 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))	28,68	48,67	3,73
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**29,32**	**55,72**	**6,42**
BG 1a - (wind (45 gr))	16,46	33,47	3,73
BG 3 - (wind (45) + ijs)	25,20	53,02	6,42
BG 3 - bundelbr. (90gr).	20,43	38,10	3,40
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	20,94	38,74	3,40
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs).	16,11	33,73	3,40

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip (4 clip per kant):	**7,33**	**13,93**	**3,21**

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 15,7 kN

τ_{toel} = (355 / 1,5) / $3^{0,5}$ = 137 N/mm^2

τ = $F_{Ed,max}$ / (2 *(t * (R - d/2)) = 23 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} =	13,93	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,68	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,21	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,30	kNm
$V_{x,Ed}$ =	7,33	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	13,93	/	341	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		9,7	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,68	/	6,8	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		23,7	N/mm^2	
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	0,30	/	0,7	=	0,44	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,x}$ =		103,7	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	3,21	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		2,2	N/mm^2	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	7,33	/	197	/	0,04	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		5,1	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 137,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 137 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)

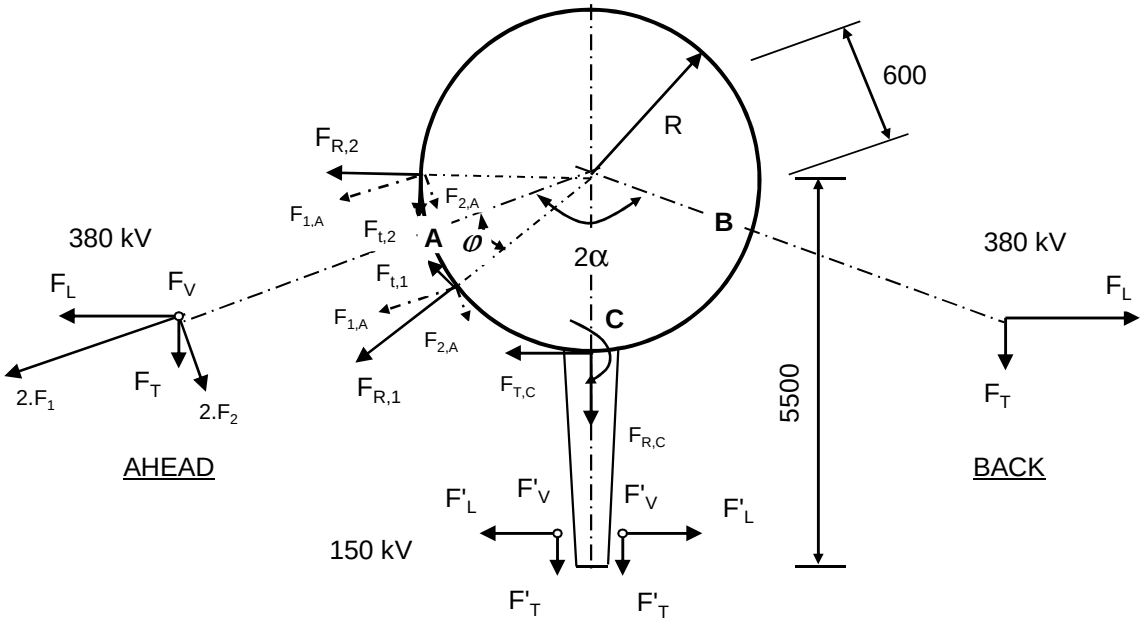
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 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

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

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

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

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

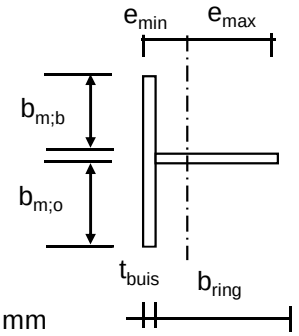
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

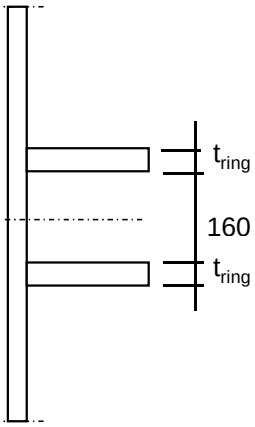
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

9.2.1 - Afspanpunt trekisolatoren op 41,0 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	
$M_{w;Rd}$ =	5359	kNm	(torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN	

Belastingen - bevestiging op 41,0 meter hoogte

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix T en T1
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	114707	194696	14915	114707	-194696
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	117297	222896	25694	117297	-222896
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	65840	133893	14916	119771	-201703
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100805	212099	25694	119166	-224755
Bundelbreuk-(90 gr)	11181	75297	134815	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	13592	81739	152384	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	11181	77962	138529	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	13592	83742	154962	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))	3729	28677	48674	3729	28677	-48674
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6423	29324	55724	6423	29324	-55724
BG 1a - (wind (45 gr))	3727	16460	33473	3729	29943	-50426
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	6423	25201	53025	6424	29792	-56189
Bundelbreuk-(90 gr)	2795	18824	33704	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	3398	20435	38096	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	2795	19490	34632	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	3398	20936	38740	0	0	0

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

R = 421 mm

Mast 203: hoek tussen lijnen 2. α = 158,1 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 158,1 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (421+205)) = 28,6 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))	55,8	37,7	55,8	37,7	204,9	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,6	44,2	61,6	44,2	332,8	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	36,3	26,9	57,9	38,9	199,4	49,0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	56,9	42,9	62,3	44,5	331,0	9,1
Bundelbreuk-(90 gr)	38,0	26,4	0,0	0,0	75,5	97,4
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	42,4	30,1	0,0	0,0	90,5	110,1
Bundelbr.-(45 gr)	39,1	27,1	0,0	0,0	75,8	100,1
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,2	30,5	0,0	0,0	90,8	111,9
						0,0

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

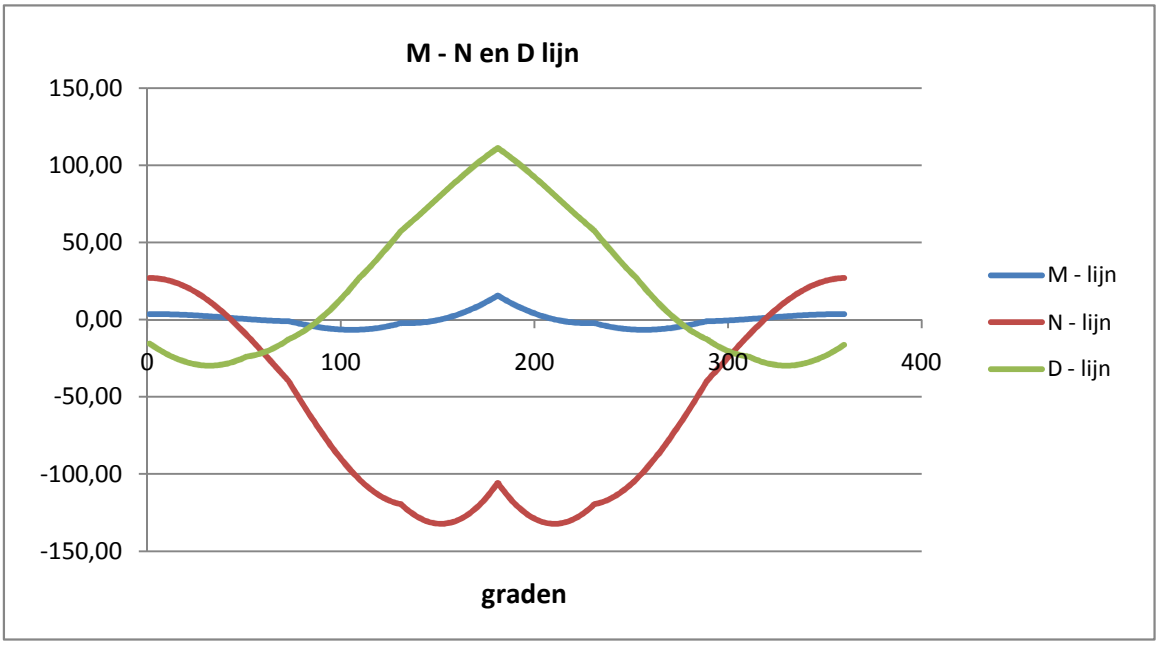
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

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	3,72	27,11	-15,48	0,38	3,05
15,0	3,34	23,46	-25,72	1,04	8,33
30,0	2,29	12,92	-29,80	1,40	11,20
45,0	0,89	-3,22	-26,70	1,30	10,39
60,0	-0,41	-23,01	-20,85	1,46	11,69
75,0	-1,87	-45,93	-10,90	3,44	27,47
90,0	-5,31	-74,97	2,34	1,29	10,29
105,0	-6,60	-98,89	21,88	1,55	12,35
120,0	-5,05	-114,67	42,48	2,78	22,23
135,0	-2,27	-124,76	62,86	2,27	18,17
150,0	0,00	-132,17	79,89	6,05	
165,0	6,06	-125,84	96,62	9,65	
180,0	15,71	-105,66	111,18	9,65	Flens crossbea
195,0	6,06	-125,84	96,62	6,05	
210,0	0,00	-132,17	79,89	2,27	
225,0	-2,27	-124,76	62,86	2,78	22,23
240,0	-5,05	-114,67	42,48	1,55	12,35
255,0	-6,60	-98,89	21,88	1,29	10,29
270,0	-5,31	-74,97	2,34	3,44	27,47
285,0	-1,87	-45,93	-10,90	1,46	11,69
300,0	-0,41	-23,01	-20,85	1,30	10,39
315,0	0,89	-3,22	-26,70	1,40	11,20
330,0	2,29	12,92	-29,80	1,04	8,33
345,0	3,34	23,46	-25,72	0,38	3,04
360,0	3,72	27,10	-16,32	0,00	0,01

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

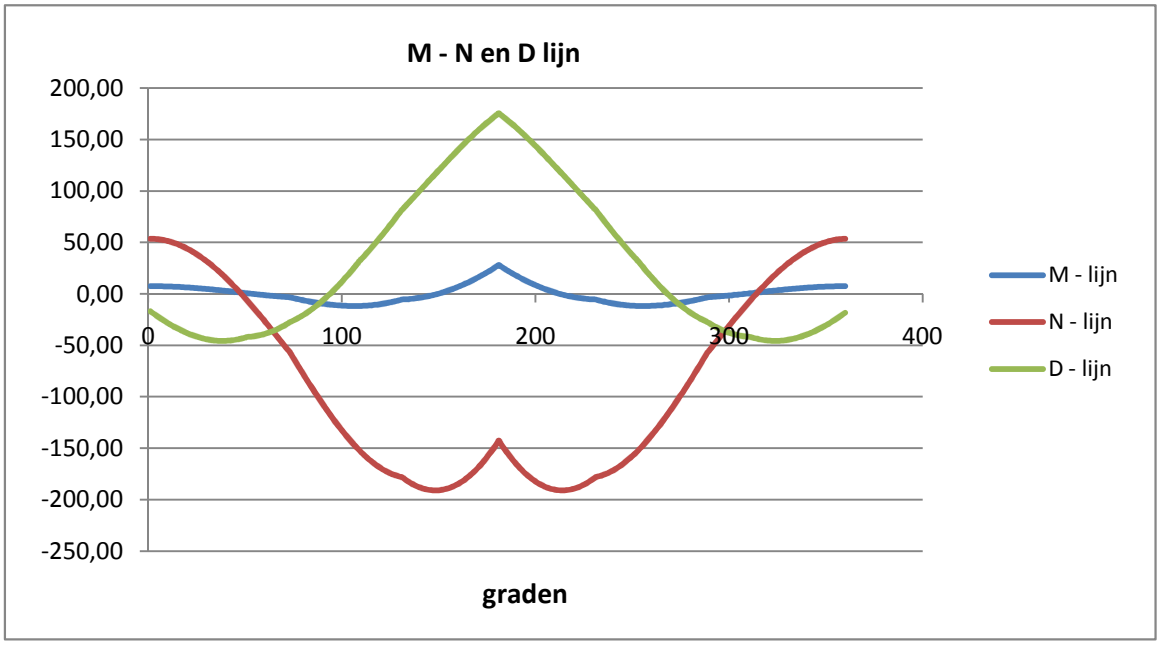
$S = 845000 \ mm^3$

$I = 105771239 \ mm^4$



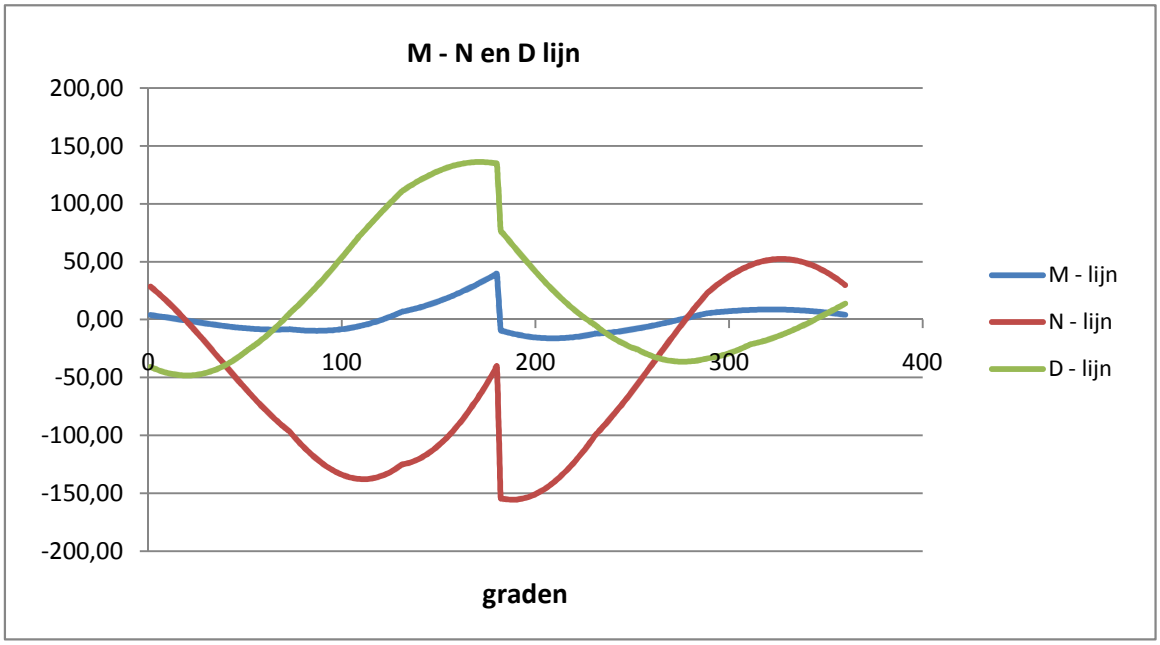
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

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	7,46	53,53	-17,01	0,76	6,05
15,0	6,70	47,56	-34,76	2,10	16,80
30,0	4,60	30,33	-44,56	2,96	23,61
45,0	1,64	3,84	-44,41	3,05	24,38
60,0	-1,41	-28,77	-38,50	3,19	25,48
75,0	-4,60	-65,89	-25,03	5,16	41,23
90,0	-9,76	-109,85	-5,04	2,01	16,06
105,0	-11,77	-146,32	24,76	2,18	17,44
120,0	-9,59	-170,67	57,69	4,81	38,41
135,0	-4,78	-184,62	91,63	5,59	44,62
150,0	0,80	-190,82	122,05	11,04	
165,0	11,85	-176,82	151,07	16,10	
180,0	27,94	-142,76	175,37	16,10	Flens crossbea
195,0	11,85	-176,82	151,07	11,04	
210,0	0,80	-190,82	122,05	5,59	
225,0	-4,78	-184,62	91,63	4,81	38,41
240,0	-9,59	-170,67	57,69	2,18	17,44
255,0	-11,77	-146,32	24,76	2,01	16,06
270,0	-9,76	-109,85	-5,04	5,16	41,23
285,0	-4,60	-65,89	-25,03	3,19	25,48
300,0	-1,41	-28,77	-38,50	3,05	24,38
315,0	1,64	3,84	-44,41	2,96	23,61
330,0	4,60	30,33	-44,56	2,10	16,80
345,0	6,70	47,56	-34,76	0,75	6,03
360,0	7,45	53,50	-18,39	0,00	0,03



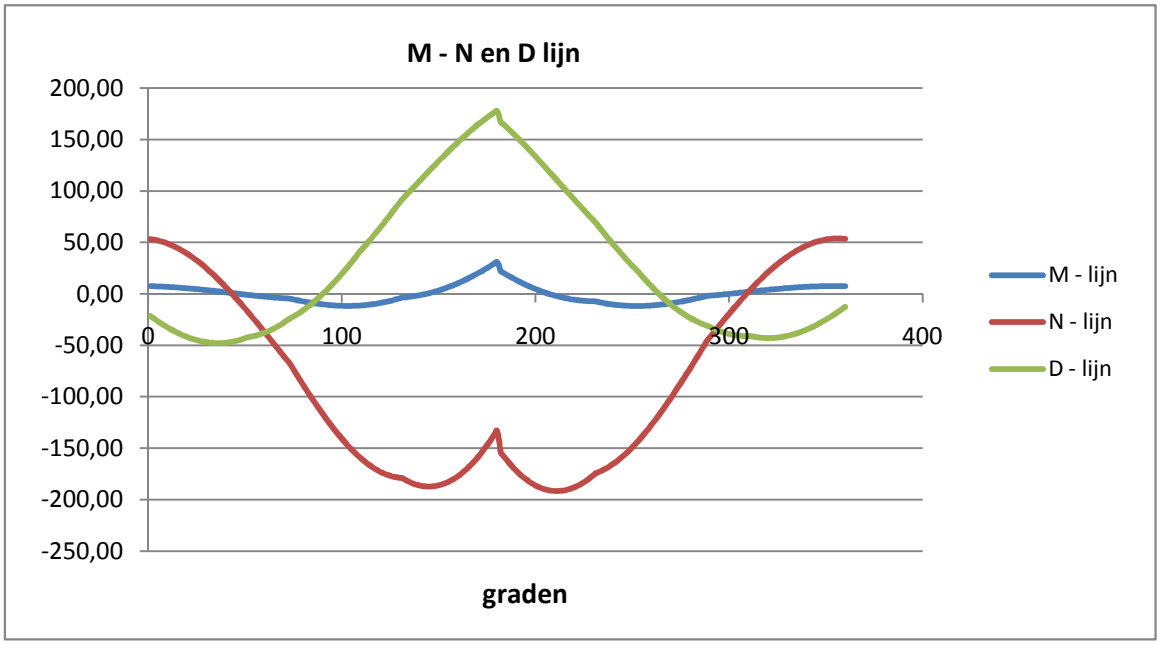
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

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	3,93	28,38	-40,81	3,70	29,57
15,0	0,23	5,10	-47,97	3,84	30,66
30,0	-3,61	-22,72	-45,47	3,18	25,40
45,0	-6,79	-51,91	-32,91	1,69	13,47
60,0	-8,48	-79,02	-14,07	0,28	2,22
75,0	-8,76	-102,66	10,14	0,75	5,95
90,0	-9,50	-125,73	36,35	2,85	22,81
105,0	-6,65	-137,12	66,12	6,78	54,15
120,0	0,13	-134,82	93,91	8,51	67,97
135,0	8,64	-123,11	116,38	7,79	62,23
150,0	16,43	-107,20	129,32	10,85	
165,0	27,28	-77,96	135,83	12,15	
180,0	39,43	-40,58	134,88	53,98	Flens crossbea
195,0	-14,54	-153,51	49,05	1,52	
210,0	-16,06	-138,41	22,17	2,44	
225,0	-13,62	-110,97	0,74	2,97	23,75
240,0	-10,64	-80,81	-16,71	3,96	31,63
255,0	-6,68	-48,42	-28,60	5,35	42,76
270,0	-1,33	-14,40	-35,85	5,77	46,12
285,0	4,44	17,49	-34,62	2,93	23,40
300,0	7,37	38,24	-28,51	1,25	10,00
315,0	8,62	49,70	-19,37	0,16	1,28
330,0	8,46	51,92	-10,52	1,64	13,06
345,0	6,83	44,57	1,44	2,68	21,37
360,0	4,15	29,71	13,85	0,22	1,79



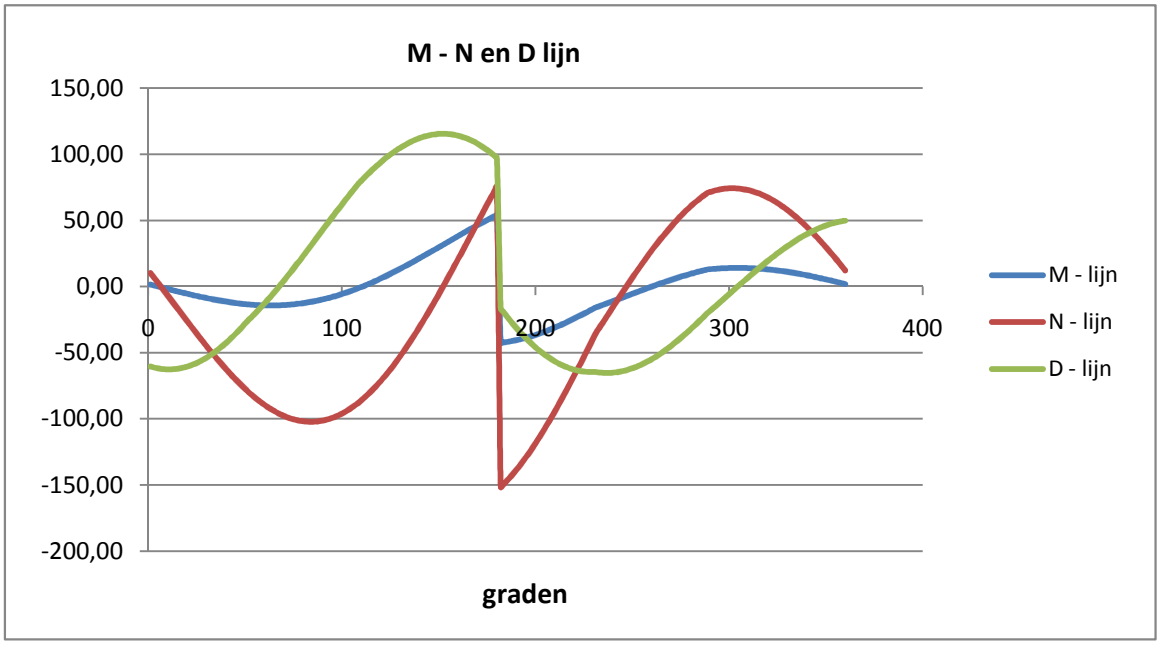
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

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	7,43	53,27	-21,61	1,39	11,13
15,0	6,04	43,57	-38,81	2,62	20,97
30,0	3,42	23,14	-47,41	3,27	26,14
45,0	0,15	-5,69	-45,52	3,10	24,73
60,0	-2,95	-39,52	-37,13	2,93	23,43
75,0	-5,88	-76,58	-20,91	4,63	36,95
90,0	-10,51	-119,22	1,55	1,21	9,64
105,0	-11,71	-153,15	33,29	3,18	25,41
120,0	-8,53	-173,94	67,46	5,88	46,94
135,0	-2,66	-183,70	101,61	6,58	52,54
150,0	3,92	-185,53	131,05	11,88	
165,0	15,80	-167,31	157,94	12,09	
180,0	27,89	-140,46	173,90	19,97	Flens crossbea
195,0	7,93	-181,50	141,49	10,21	
210,0	-2,28	-191,54	110,57	4,73	
225,0	-7,01	-181,71	79,38	3,69	29,46
240,0	-10,69	-163,99	46,18	1,08	8,63
255,0	-11,77	-136,47	15,13	2,83	22,62
270,0	-8,94	-98,09	-12,13	5,65	45,11
285,0	-3,30	-53,61	-29,19	3,44	27,48
300,0	0,14	-17,09	-39,55	3,00	23,94
315,0	3,14	13,73	-42,64	2,62	20,91
330,0	5,76	37,40	-40,62	1,56	12,48
345,0	7,32	51,12	-29,44	0,16	1,24
360,0	7,48	53,50	-12,61	0,04	0,32



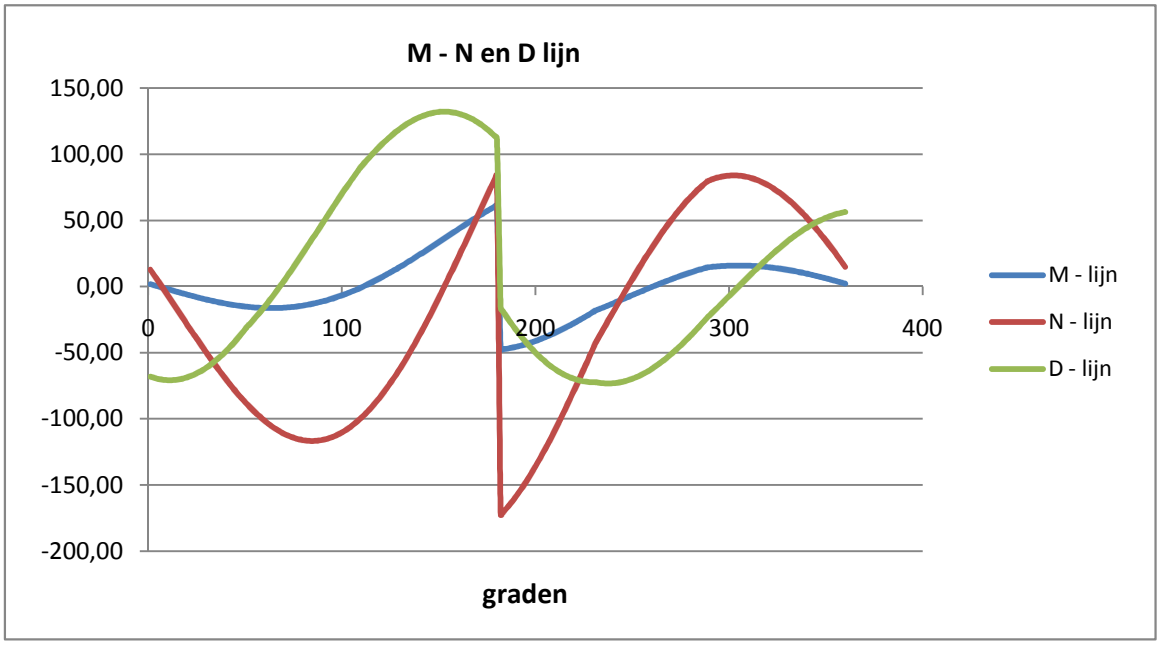
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

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	1,42	10,32	-60,47	5,52	44,09
15,0	-4,09	-18,37	-61,93	4,99	39,86
30,0	-9,08	-46,74	-52,89	3,65	29,15
45,0	-12,73	-71,72	-34,27	1,59	12,74
60,0	-14,33	-90,52	-11,19	1,00	7,96
75,0	-13,33	-100,82	15,55	3,88	31,01
90,0	-9,45	-101,08	44,75	6,77	54,10
105,0	-2,68	-90,63	73,22	9,36	74,80
120,0	6,68	-69,80	95,10	11,35	90,71
135,0	18,04	-39,91	109,63	12,49	99,78
150,0	30,53	-3,21	115,40	12,57	
165,0	43,10	37,34	110,98	10,79	
180,0	53,89	75,58	97,16	92,33	Flens crossbea
195,0	-38,44	-127,17	-40,56	7,99	
210,0	-30,46	-91,68	-57,46	10,62	
225,0	-19,84	-50,15	-64,47	9,29	74,18
240,0	-10,55	-13,09	-64,96	8,27	66,09
255,0	-2,28	19,24	-58,13	7,73	61,74
270,0	5,45	47,07	-43,82	6,39	51,03
285,0	11,84	67,88	-24,19	2,14	17,10
300,0	13,98	74,37	-4,53	0,56	4,51
315,0	13,41	70,11	14,59	2,57	20,50
330,0	10,85	56,98	31,41	4,19	33,49
345,0	6,65	36,34	43,77	4,86	38,84
360,0	1,79	12,17	49,77	0,37	2,93



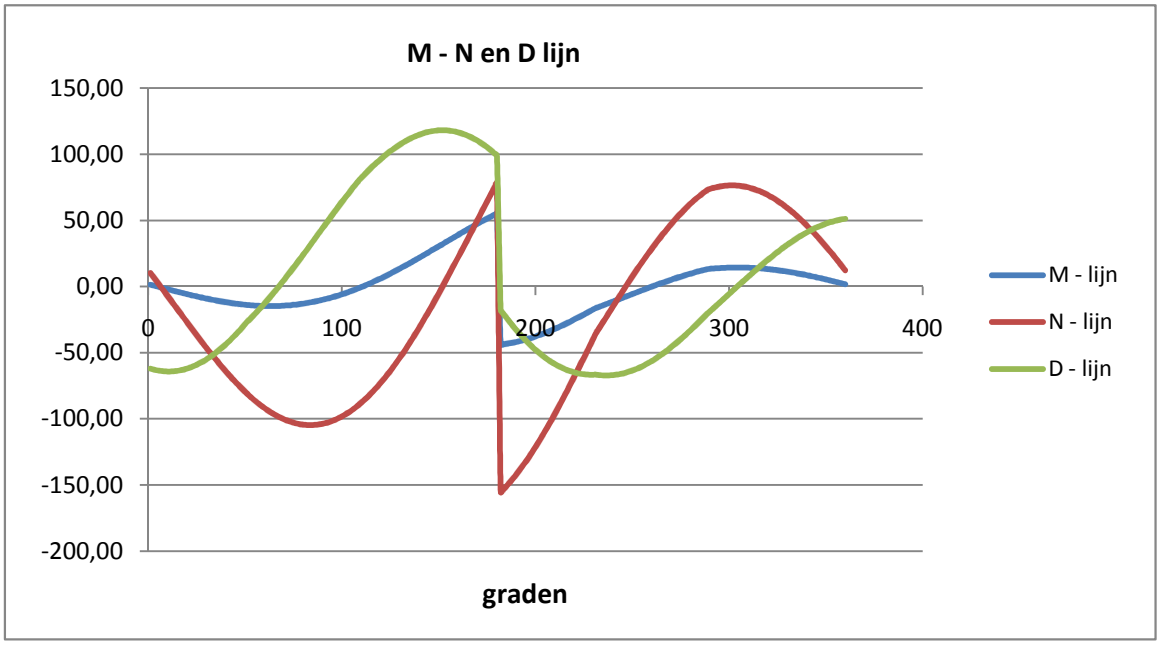
Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

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	1,77	12,80	-68,27	6,26	50,04
15,0	-4,49	-19,77	-70,27	5,69	45,49
30,0	-10,18	-52,12	-60,35	4,20	33,54
45,0	-14,38	-80,79	-39,52	1,88	15,05
60,0	-16,27	-102,55	-13,46	1,05	8,40
75,0	-15,21	-114,75	16,91	4,34	34,64
90,0	-10,88	-115,56	50,22	7,64	61,04
105,0	-3,24	-104,17	82,84	10,62	84,82
120,0	7,38	-80,91	108,06	12,93	103,27
135,0	20,31	-47,21	125,04	14,27	114,00
150,0	34,58	-5,59	132,09	14,42	
165,0	49,00	40,59	127,57	12,43	
180,0	61,42	84,34	112,28	104,63	Flens crossbea
195,0	-43,20	-145,40	-43,82	8,79	
210,0	-34,41	-105,68	-63,49	11,83	
225,0	-22,59	-58,89	-72,02	10,42	83,25
240,0	-12,17	-16,86	-73,11	9,35	74,74
255,0	-2,81	20,06	-65,83	8,79	70,21
270,0	5,98	52,04	-49,97	7,31	58,36
285,0	13,28	76,15	-27,97	2,50	19,96
300,0	15,78	84,04	-5,81	0,56	4,50
315,0	15,22	79,72	15,85	2,84	22,68
330,0	12,38	65,25	35,04	4,70	37,56
345,0	7,68	42,15	49,26	5,49	43,84
360,0	2,19	14,89	56,32	0,41	3,31



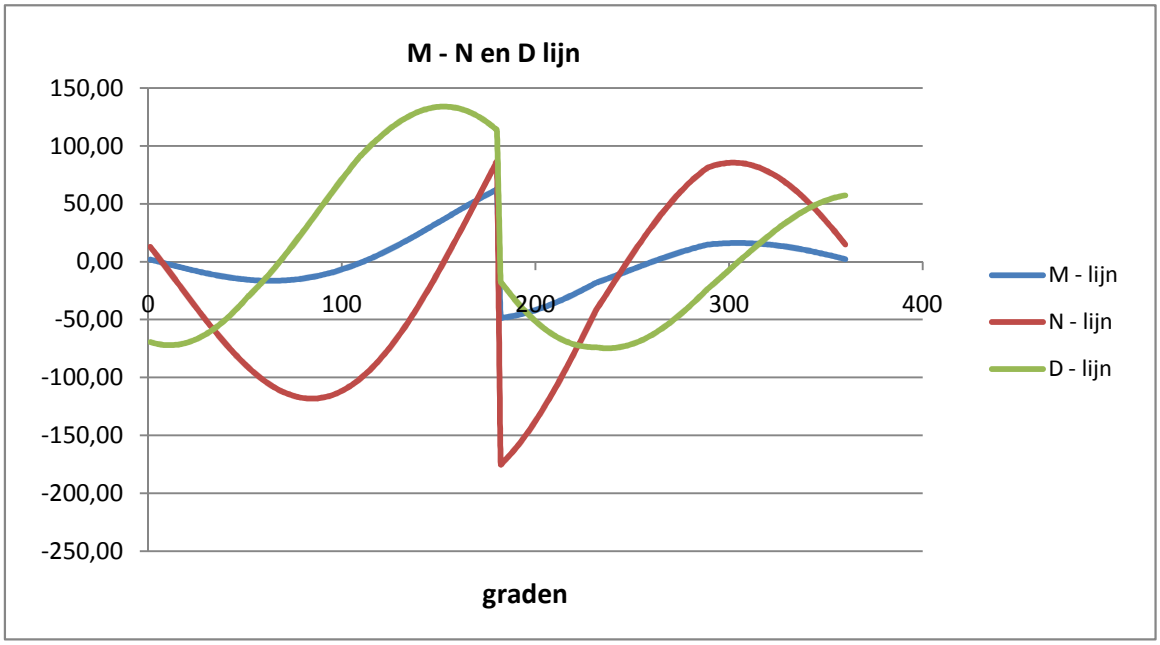
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 45 gr

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	1,41	10,21	-62,15	5,66	45,25
15,0	-4,26	-19,24	-63,54	5,11	40,82
30,0	-9,37	-48,29	-54,15	3,72	29,76
45,0	-13,09	-73,82	-34,96	1,61	12,87
60,0	-14,70	-92,95	-11,23	1,05	8,39
75,0	-13,65	-103,35	16,20	4,01	32,02
90,0	-9,64	-103,43	46,11	6,97	55,65
105,0	-2,68	-92,53	75,23	9,61	76,77
120,0	6,93	-71,03	97,53	11,64	92,97
135,0	18,57	-40,28	112,28	12,78	102,12
150,0	31,35	-2,61	118,02	12,85	
165,0	44,20	38,94	113,31	11,00	
180,0	55,20	78,05	98,99	94,79	Flens crossbea
195,0	-39,59	-130,10	-42,39	8,28	
210,0	-31,30	-93,51	-59,57	10,97	
225,0	-20,34	-50,78	-66,57	9,57	76,44
240,0	-10,77	-12,74	-66,89	8,50	67,94
255,0	-2,27	20,35	-59,71	7,93	63,34
270,0	5,66	48,78	-44,88	6,54	52,24
285,0	12,20	69,96	-24,64	2,17	17,35
300,0	14,37	76,44	-4,40	0,61	4,85
315,0	13,77	71,89	15,22	2,66	21,25
330,0	11,11	58,26	32,45	4,32	34,53
345,0	6,78	36,97	45,06	5,00	39,94
360,0	1,78	12,11	51,13	0,38	3,01



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	1,76	12,73	-69,44	6,36	50,84
15,0	-4,60	-20,36	-71,39	5,78	46,15
30,0	-10,38	-53,19	-61,23	4,25	33,97
45,0	-14,63	-82,24	-40,00	1,90	15,14
60,0	-16,53	-104,23	-13,49	1,09	8,70
75,0	-15,44	-116,50	17,36	4,42	35,33
90,0	-11,01	-117,19	51,16	7,77	62,10
105,0	-3,24	-105,51	84,22	10,79	86,19
120,0	7,55	-81,77	109,75	13,12	104,84
135,0	20,67	-47,49	126,88	14,47	115,63
150,0	35,15	-5,19	133,92	14,61	
165,0	49,76	41,69	129,20	12,58	
180,0	62,34	86,04	113,57	106,33	Flens crossbea
195,0	-44,00	-147,44	-45,07	9,00	
210,0	-35,00	-106,96	-64,93	12,07	
225,0	-22,93	-59,34	-73,46	10,62	84,81
240,0	-12,32	-16,63	-74,44	9,51	76,01
255,0	-2,80	20,82	-66,92	8,93	71,31
270,0	6,12	53,22	-50,71	7,41	59,19
285,0	13,53	77,59	-28,29	2,52	20,14
300,0	16,05	85,48	-5,73	0,59	4,73
315,0	15,46	80,95	16,29	2,90	23,19
330,0	12,56	66,14	35,75	4,79	38,27
345,0	7,77	42,59	50,15	5,58	44,60
360,0	2,18	14,86	57,26	0,42	3,37



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	191,5	kN		N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	62,34	kNm		M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	177,9	kN		V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 191,54 / 3293 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 13,8 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 62,34 / 122,0 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 120,9 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 177,91 / 888 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 27,4 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 86,04

V_{Ed} = 113,57

$\sigma_b + \sigma_N$ = 120,9 + 6,2 = 127,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

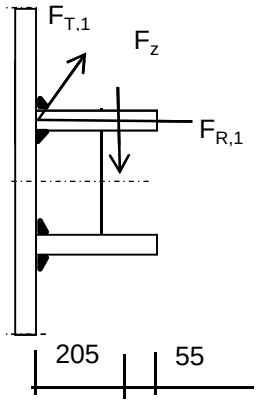
τ_z = 17,5 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 131 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.

Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)



$F_{R,1,h}$ = 61,63 kN

$F_{T,1,h}$ = 44,87 kN

F_z = 12,85 kN

$F_{Langs,Ed}$ = 115,63 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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,5 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 17,02 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 43,86 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 49,87 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,4 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 169,6 N/mm^2

Toetsing regel :

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

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

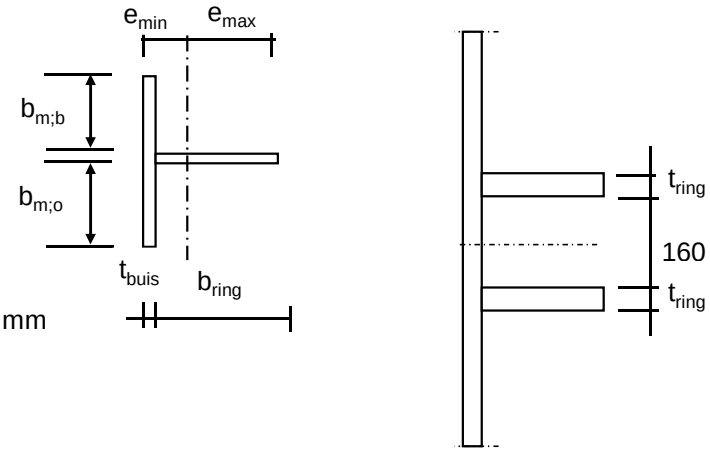
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 169,6 / 302,2 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 66,4 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 32,5 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
$M_{w;Rd}$ =	10487	kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} =	888	kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 41,0 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))	14915	114707	194696	14915	114707	-194696
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	117297	222896	25694	117297	-222896
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	65840	133893	14916	119771	-201703
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100805	212099	25694	119166	-224755
Bundelbreuk-(90 gr)	11181	75297	134815	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	13592	81739	152384	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	11181	77962	138529	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	13592	83742	154962	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))	3729	28677	48674	3729	28677	-48674
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6423	29324	55724	6423	29324	-55724
BG 1a - (wind (45 gr))	3727	16460	33473	3729	29943	-50426
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	6423	25201	53025	6424	29792	-56189
Bundelbreuk-(90 gr)	2795	18824	33704	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	3398	20435	38096	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	2795	19490	34632	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	3398	20936	38740	0	0	0

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

R = 583 mm

Mast 203: hoek tussen lijnen 2. α = 158,1 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 158,1 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (583+205)) = 22,4 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))	56,4	42,0	56,4	42,0	199,9	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62,7	48,8	62,7	48,8	324,4	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	37,0	29,5	58,6	43,5	194,4	47,6
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,1	47,0	63,3	49,2	322,5	8,9
Bundelbreuk-(90 gr)	38,5	29,3	0,0	0,0	73,6	94,7
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	43,1	33,3	0,0	0,0	88,3	107,0
Bundelbr.-(45 gr)	39,6	30,1	0,0	0,0	73,9	97,3
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,9	33,8	0,0	0,0	88,5	108,8

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

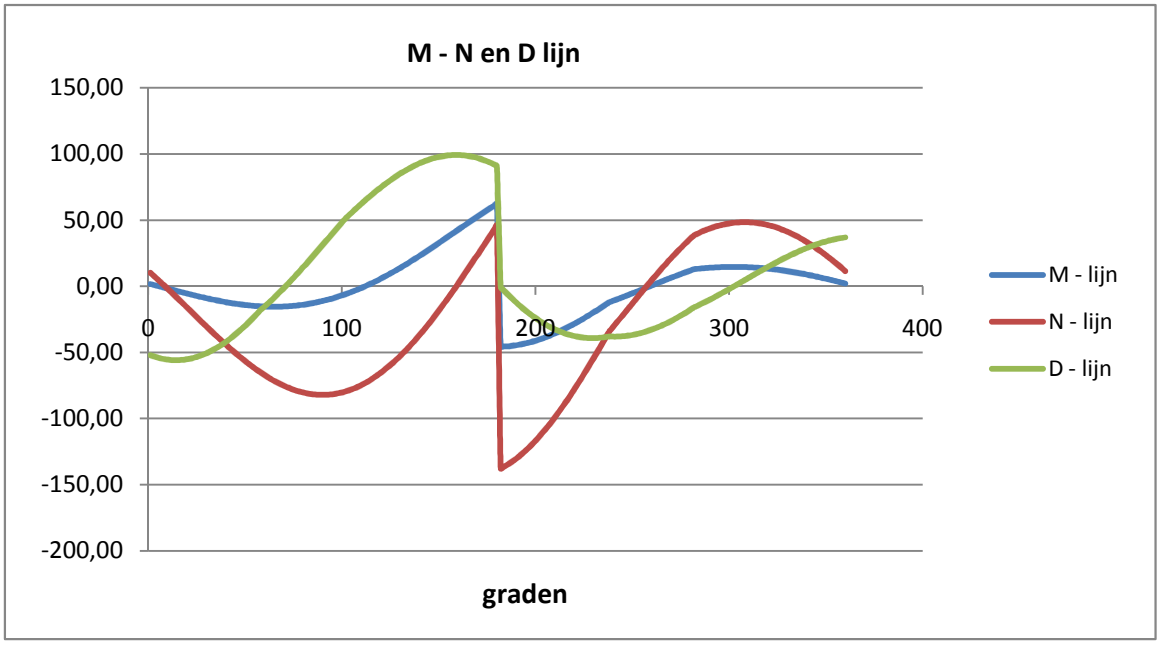
Maatgevend belastinggeval :Belastinggeval : Bundelbreuk 45 gr + ijs

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	1,68	10,15	-52,13	5,72	45,69
15,0	-4,04	-10,44	-55,83	5,30	42,34
30,0	-9,34	-31,87	-49,97	4,03	32,21
45,0	-13,37	-51,85	-35,15	1,97	15,77
60,0	-15,35	-68,13	-14,03	0,73	5,81
75,0	-14,62	-78,73	7,93	3,85	30,73
90,0	-10,77	-82,12	32,85	7,10	56,70
105,0	-3,68	-77,40	56,97	10,16	81,17
120,0	6,49	-64,38	75,71	12,70	101,50
135,0	19,19	-43,64	90,01	14,43	115,25
150,0	33,62	-16,54	98,00	15,07	
165,0	48,69	14,93	98,28	13,55	
180,0	62,24	46,03	90,84	104,98	Flens crossbea
195,0	-42,74	-122,78	-19,78	7,78	
210,0	-34,96	-97,09	-33,30	11,63	
225,0	-23,33	-64,06	-38,99	12,84	102,55
240,0	-10,49	-29,13	-38,12	8,68	69,37
255,0	-1,81	-2,38	-34,77	8,78	70,17
270,0	6,97	22,70	-25,55	6,52	52,06
285,0	13,49	41,35	-13,15	1,13	9,00
300,0	14,62	47,70	-1,36	0,76	6,03
315,0	13,86	47,48	11,25	2,63	21,00
330,0	11,23	40,63	22,93	4,23	33,80
345,0	7,00	27,77	32,00	4,95	39,53
360,0	2,05	11,44	36,86	0,38	3,00

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

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 105771239 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	137,8	kN	N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	62,24	kNm	M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	99,2	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 137,84 / 3293 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 9,9 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 62,24 / 122,0 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 120,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 99,18 / 888 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 15,3 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 46,03

V_{Ed} = 90,84

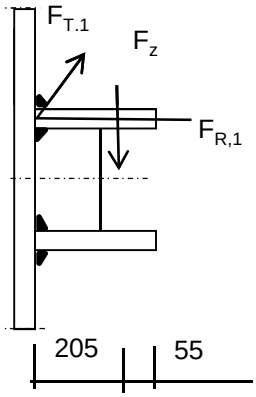
$\sigma_b + \sigma_N$ = 120,7 + 3,3 = 124,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 14,0 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 126 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	62,67	kN
$F_{T,1,h}$ =	39,80	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	115,25	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,8 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 15,10 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 43,72 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 49,87 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,7 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 167,8 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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 167,8 / 302,2 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 66,7 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

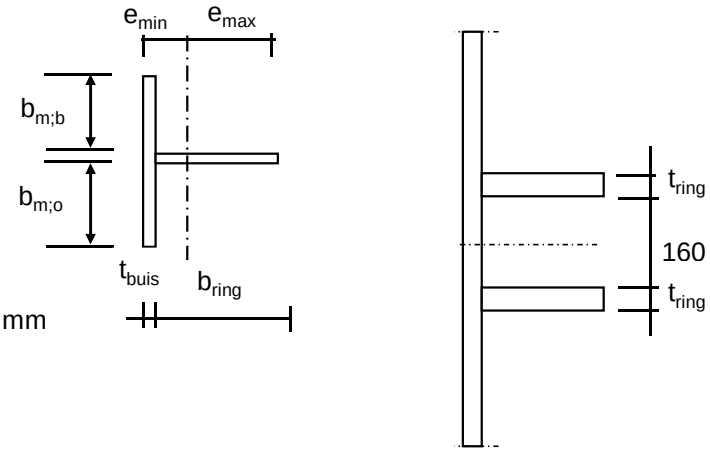
9.2.3 - Afspanpunt trekisolatoren op 24,0 meter hoogte

Ring gegevens:

$t_{buis;nom}$ = 25 mm
$t_{buis;reken}$ = 25 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

$b_{m;b}$ = 263,6 mm
$b_{m;o}$ = 80 mm

A = 15715 mm^2
e_{min} = 71,4 mm
e_{max} = 213,6 mm

I = 114494617 mm^4
W_{min} = 536122 mm^3

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

N_{Rd} = 3719 kN
$M_{y;Rd}$ = 127 kNm
$M_{w;Rd}$ = 19564 kNm (torsieweerstand mast)
V_{Rd} = 888 kN

Belastingen - De belastingen van de bevestiging op 41,0 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))	14915	114707	194696	14915	114707	-194696
BG 3 - (wind (90) + ijs)	25694	117297	222896	25694	117297	-222896
BG 1a - (wind (45 gr))	14907	65840	133893	14916	119771	-201703
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	25691	100805	212099	25694	119166	-224755
Bundelbreuk-(90 gr)	11181	75297	134815	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	13592	81739	152384	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	11181	77962	138529	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	13592	83742	154962	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))	3729	28677	48674	3729	28677	-48674
BG 3 - (wind (90) + ijs)	6423	29324	55724	6423	29324	-55724
BG 1a - (wind (45 gr))	3727	16460	33473	3729	29943	-50426
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	6423	25201	53025	6424	29792	-56189
Bundelbreuk-(90 gr)	2795	18824	33704	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	3398	20435	38096	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	2795	19490	34632	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	3398	20936	38740	0	0	0

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

R = 744 mm

Mast 203: hoek tussen lijnen 2. α = 158,1 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 158,1 graden , maatgevend

hoek φ = boogsin(300 / (744+205)) = 18,4 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))	56,5	44,5	56,5	44,5	195,0	0,0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	62,9	51,4	62,9	51,4	315,9	0,0
BG 1a - (wind (45 gr))	37,2	31,0	58,6	46,1	189,5	46,2
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,6	49,3	63,6	51,8	314,0	8,6
Bundelbreuk-(90 gr)	38,6	31,0	0,0	0,0	71,8	91,9
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	43,2	35,1	0,0	0,0	86,0	103,9
Bundelbr.-(45 gr)	39,7	31,8	0,0	0,0	72,1	94,5
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,0	35,7	0,0	0,0	86,3	105,7

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

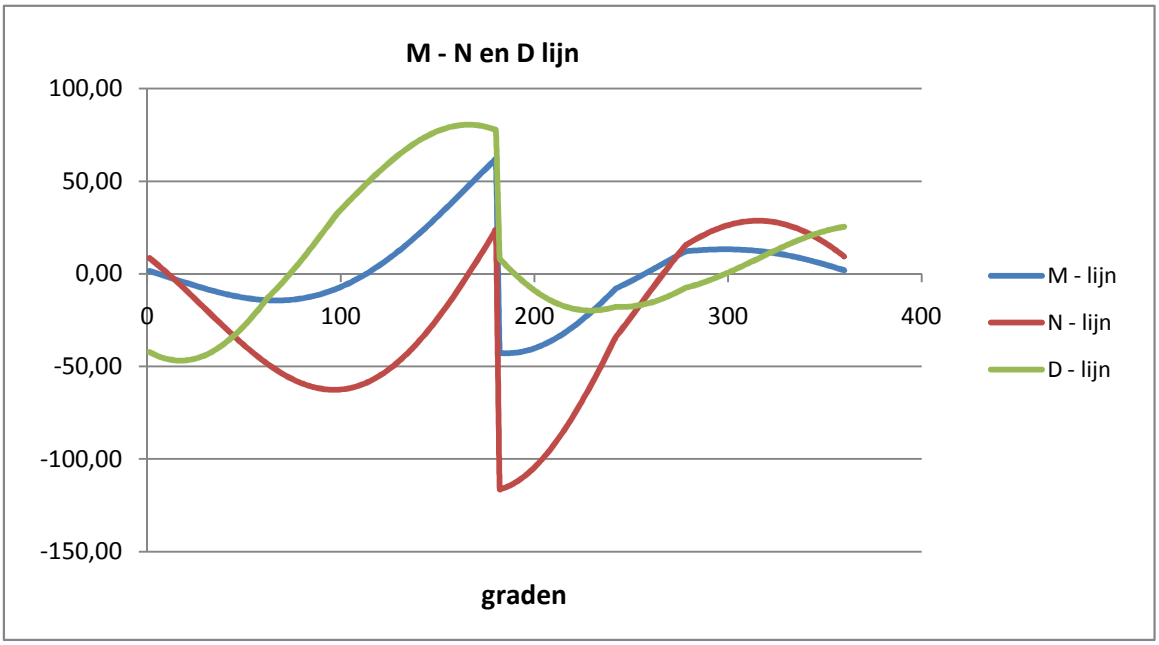
Maatgevend belastinggeval :Belastinggeval : Bundelbreuk 45 gr + ijs

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	1,58	8,58	-42,24	5,09	37,57
15,0	-3,51	-4,99	-46,84	4,83	38,59
30,0	-8,34	-20,00	-43,37	3,81	30,45
45,0	-12,15	-34,83	-32,16	2,04	16,32
60,0	-14,19	-47,83	-14,41	0,38	3,05
75,0	-13,81	-57,41	2,93	3,29	26,28
90,0	-10,52	-62,23	22,81	6,44	51,43
105,0	-4,08	-61,35	41,19	9,54	76,22
120,0	5,46	-54,29	56,46	12,28	98,12
135,0	17,74	-41,14	69,08	14,36	114,70
150,0	32,10	-22,58	77,53	15,49	
165,0	47,59	0,19	80,53	14,46	
180,0	62,05	23,75	77,64	103,51	Flens crossbea
195,0	-41,46	-108,28	-5,78	6,64	
210,0	-34,82	-90,84	-15,68	11,24	
225,0	-23,58	-66,02	-19,73	14,59	116,53
240,0	-8,99	-36,16	-18,09	8,50	67,87
255,0	-0,49	-14,64	-16,60	8,67	69,27
270,0	8,18	6,26	-11,25	4,66	37,26
285,0	12,84	20,29	-5,07	0,41	3,26
300,0	13,25	26,60	1,15	0,93	7,43
315,0	12,32	28,71	8,49	2,38	18,97
330,0	9,94	26,26	15,79	3,69	29,52
345,0	6,25	19,34	21,85	4,33	34,62
360,0	1,92	9,40	25,42	0,33	2,65

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

$S = 845000\ mm^3$

$I = 114494617\ mm^4$



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	116,3	kN	N_{Rd} =	3719	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	62,05	kNm	M_{Rd} =	127	kNm
$V_{Ed;max}$ =	80,5	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 116,32 / 3719 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 7,4 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 62,05 / 126,9 = 0,49 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 115,7 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 80,53 / 888 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 12,4 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 23,75

V_{Ed} = 77,64

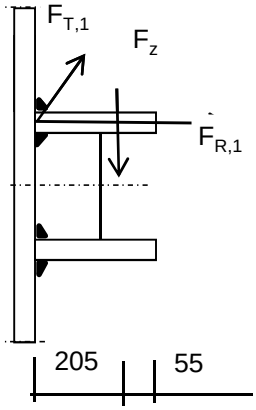
$\sigma_b + \sigma_N$ = 115,7 + 1,5 = 117,3 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 11,9 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 119 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	62,94	kN
$F_{T,1,h}$ =	36,33	kN
F_z =	12,85	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	115,63	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,9 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 13,78 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 43,86 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 49,87 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 66,7 N/mm^2

σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 166,7 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)

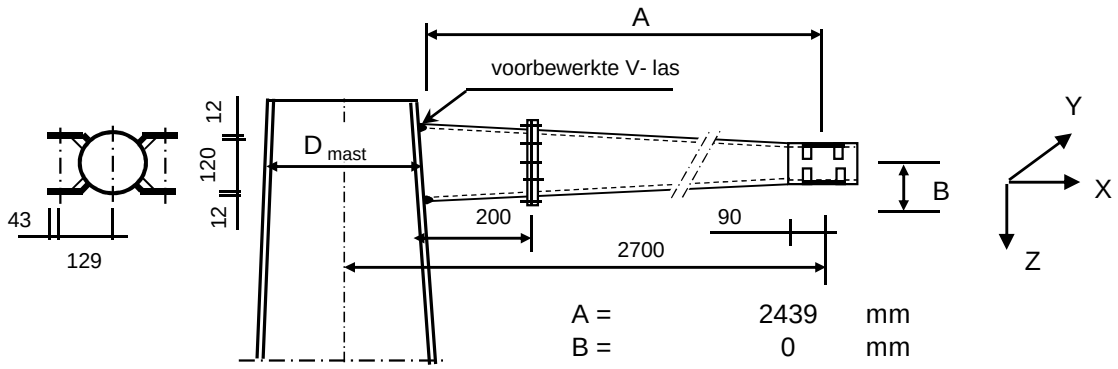
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 166,7 / 302,2 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 66,7 / 244,8 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	2439	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	522	mm
t_{mast} =	20	mm
Hoogte :	49,43	m

Buisgegevens

Buis Ø300 * 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 =	9111	mm^2	$N_{Ed} = A * f_y$ =	2156	kN
$W_y = W_z$ =	6,39E+05	mm^3	$M_{y,Ed} = W_y * f_y$ =	151,3	kNm
W_x =	1,28E+06	mm^3	$M_{z,Ed} = W_z * f_y$ =	151,3	kNm
			$M_{x,Ed} = W_x * f_y / 3^{0,5}$ =	174,7	kNm
			$V_{Rd} = 0,5*A* f_y / 3^{0,5}$ =	622,4	kN

Belastingen : Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 V10.0 - Appendix T en T1

	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	18647	-30755	1948
BG 3 - (wind (90) + ijs)	30149	55166	8085	30149	-55166	8085
BG 1a - (wind (45 gr))	8898	17769	1947	19589	-32082	1948
BG 3 - (wind (45) + ijs)	25106	52489	8083	30705	-55645	8085
BG 1a - bundelbr. (90gr)	12677	22386	1947	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	19403	34027	3321	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr)	13144	23027	1947	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	20055	34856	3321	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr	8472	17485	1947	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	13507	27887	3320	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))	37,29	0,00	3,90	0,00	9,50	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	60,30	0,00	16,17	0,00	39,44	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	28,49	14,31	3,90	0,00	9,50	34,91
BG 3 - (wind (45) + ijs)	55,81	3,16	16,17	0,00	39,44	7,70
BG 1a - bundelbr. (90gr)	12,68	22,39	1,95	0,00	4,75	54,60
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	19,40	34,03	3,32	0,00	8,10	83,00
BG 1a - bundelbr. (45gr)	13,14	23,03	1,95	0,00	4,75	56,17
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	**20,06**	**34,86**	**3,32**	**0,00**	**8,10**	**85,02**
BG 1a - bundelbr. (-45gr	8,47	17,48	1,95	0,00	4,75	42,65
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	13,51	27,89	3,32	0,00	8,10	68,02

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 8,10 / 151 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 12,7 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 85,02 / 151 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 133,0 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 20,06 / 2156 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 2,2 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 3,32 / 622 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,7 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 34,86 / 622 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 7,7 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 136 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 136 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 300*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	522	20,0	31520	S355	355	3807593
1	300,0	10,0	9111	S355	355	639262

$M_{ip,1,Rd} = \{4{,}85 * (f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (\beta * k_p * g^{0,5})\} / \gamma_{M5}$

γ_{M5} = 1,50 (extra materiaalfactor)

θ_1 = 90 graden ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,58

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 13,0

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 285,0 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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 39,44 / 246,0 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 143,0 kNm

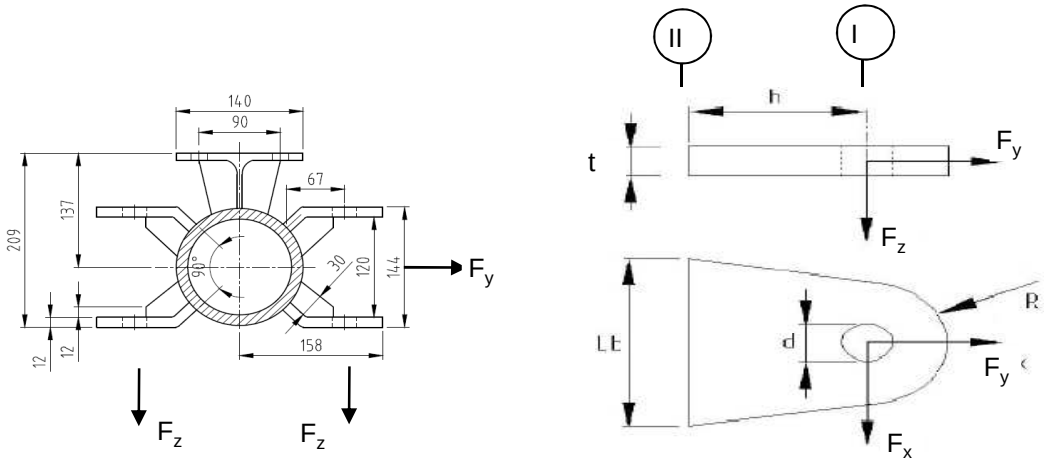
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 246,0 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 85,02 / 143,0 = 0,59 < 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))	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

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

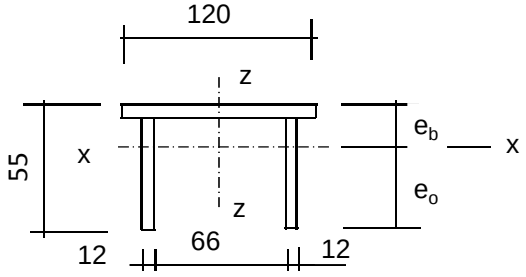
Per clip :	**15,07**	**27,58**	**8,09**

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} =	27,58	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,98	kNm
$V_{z,Ed}$ =	8,09	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,53	kNm
$V_{x,Ed}$ =	15,07	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	27,58	/	585	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,98	/	10,5	=	0,09	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		22,0	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	15,07	/	197	/	0,08	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		10,5	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 64,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 68 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 =		54,7	N/mm^2
τ_1 =		54,7	N/mm^2
τ_2 =	0	12,6	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	111,5	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 111,5 / 302,2 = 0,37 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 54,7 / 244,8 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

9.3.3 - Berekening deling van de steunarm

Deling op 0,2 meter afstand van de mast

Afstand tot geleidert = 2439 - 200 = 2239 mm

N_{Ed}	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{x,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
20,06	34,86	3,32	0,00	7,44	78,05

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 78,4 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 35,0 kN

Verbinding met 8 bouten M24 - 10,9 : $F_{t,Rd} =$ 254,2 kN

$F_{v,Rd} =$ 169,4 kN

diameter Stc :	355	mm
uitwendige diameter flens :	415	mm
flensdikte	20	mm
Materiaal - S 355 ; $f_y = 355 / \gamma_{m;extra}$	237	N/mm^2

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 4,4 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 112,9 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 112,93 / 254 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 4,38 / 169 = 0,03 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,34 < 1,0 -- Voldoet

Controle flens:

$t_{flens} =$ 20 mm

$L_{eff} = \min(p ; 4*m + 1,25*e ; 2*\pi*m) =$ 139,4 mm

m = 27,4 mm

n = 30,0 mm

$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3299327 Nmm

Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$ 240,4 kN

Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$ 190,2 kN

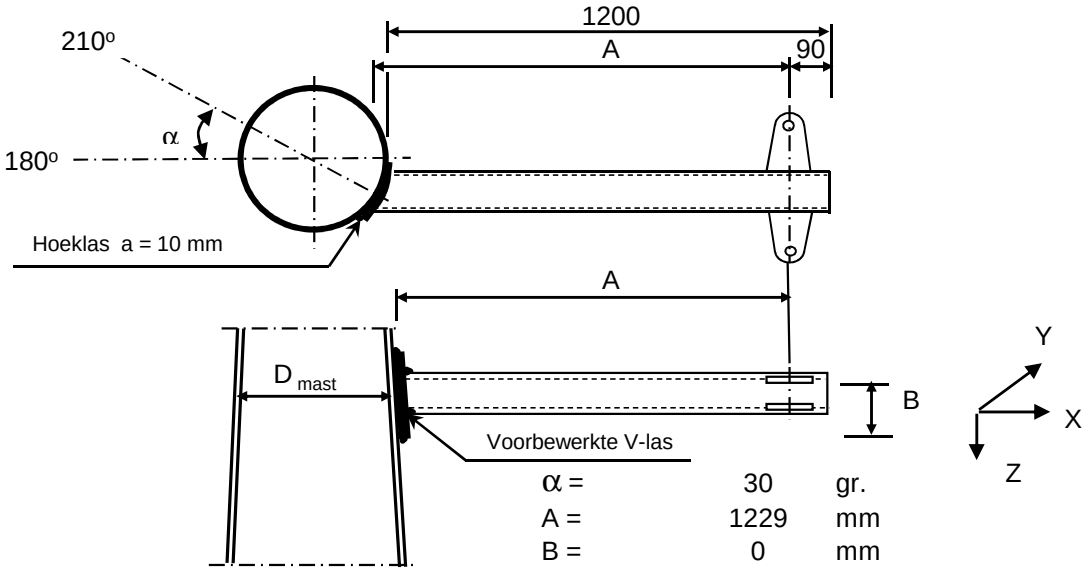
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$ 254,2 kN

$F_{t,Rd,min} =$ 190,2 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,59 < 1,0 -- Voldoet

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.4 - Berekening draagarm "Retourstroomgeleider"



α =	30	gr.
A =	1229	mm
B =	0	mm
D_{mast} =	1773	mm
t_{mast} =	28	mm
Hoogte :	16,5	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 T en T1

	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))	27945	48642	4040	27945	-48642	4040
BG 3 - (wind (90) + ijs)	55413	107257	16333	55413	-107257	16333
BG 1a - (wind (45 gr))	17666	36277	4038	29060	-50186	4040
BG 3 - (wind (45) + ijs)	50129	105853	16332	55974	-107591	16333
BG 1a - bundelbr. (90gr).	21352	39922	4039	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	32906	61317	6789	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	21832	40511	4039	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	33578	62063	6789	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	17235	36126	4038	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	27041	56671	6788	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))	55,89	0,00	8,08	0,00	9,93	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	110,83	0,00	32,67	0,00	40,14	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	46,73	13,91	8,08	0,00	9,93	17,09
BG 3 - (wind (45) + ijs)	106,10	1,74	32,66	0,00	40,14	2,14
BG 1a - bundelbr. (90gr).	21,35	39,92	4,04	0,00	4,96	49,05
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	32,91	61,32	6,79	0,00	8,34	75,34
BG 1a - bundelbr. (45gr).	21,83	40,51	4,04	0,00	4,96	49,78
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	**33,58**	**62,06**	**6,79**	**0,00**	**8,34**	**76,26**
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	17,24	36,13	4,04	0,00	4,96	44,39
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	27,04	56,67	6,79	0,00	8,34	69,64

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 45 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 8,34 / 101 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 19,5 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 76,26 / 101 = 0,75 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 177,9 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 33,58 / 1576 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,0 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 6,79 / 455 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,0 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 62,06 / 455 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 18,6 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 184 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 187 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

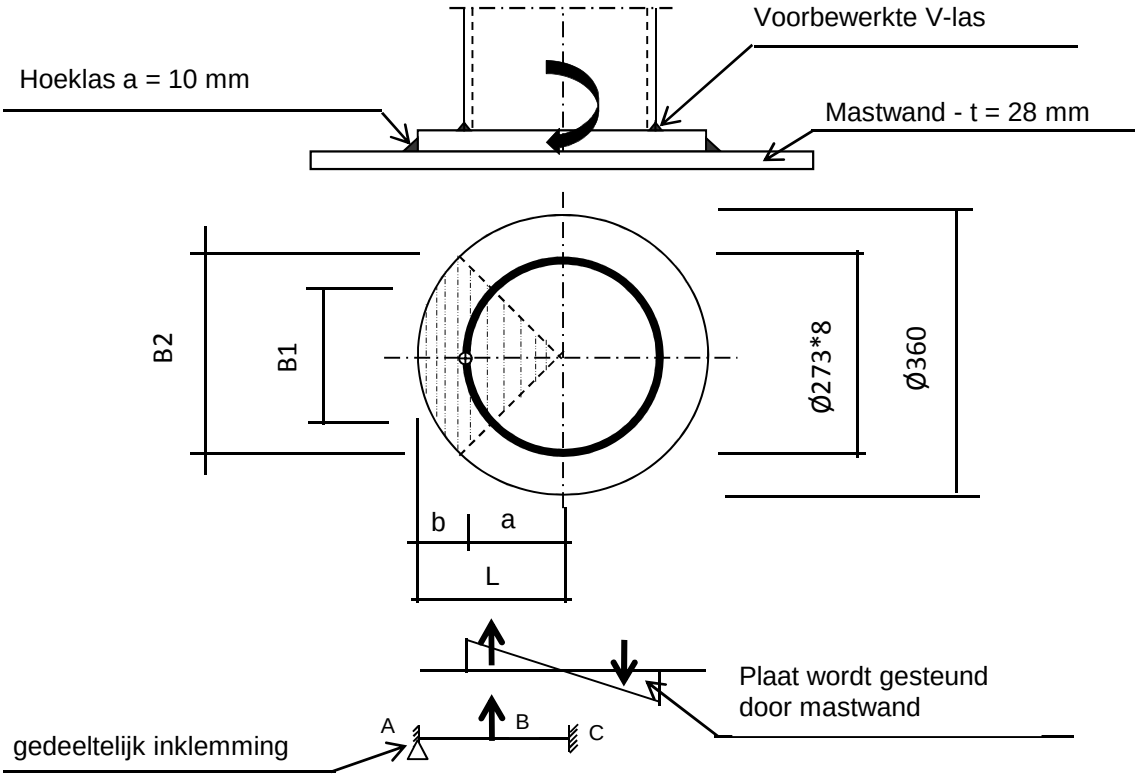
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 76,7 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

$F_{Ed} =$ 254,3 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
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3) =$ 7,13 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) =$ 163,9 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 6,36 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,08 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 216,9 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed} =$ 0,0 * 60,0% + 6,4 * 40,0% = 2,54 kNm

$M_{B;Ed} =$ 7,1 * 60,0% + 3,1 * 40,0% = 5,51 kNm

$R_{A;Ed} =$ 163,9 * 60,0% + 216,9 * 40,0% = 185,1 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd} =$ 2,54 / 10,46 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 57,6 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd} =$ 5,51 / 7,93 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 164,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 185,1 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 26,2 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 34,5 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 175,0 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 101,8 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 46,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	101,8	+	46,3	=		148,1	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	101,8	-	46,3	=		55,5	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		176,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	176,6	/	302,2	=	0,58	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	148,1	/	244,8	=	0,61	< 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	1773,0	28,0	153498	S355	355	65923047
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 ; $\beta = d_i / d_0$ = 0,20

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 31,7

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 533,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 16436,3 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,71 of n_p = -0,693

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 234,7 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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 40,14 / 234,7 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 136,9 kNm

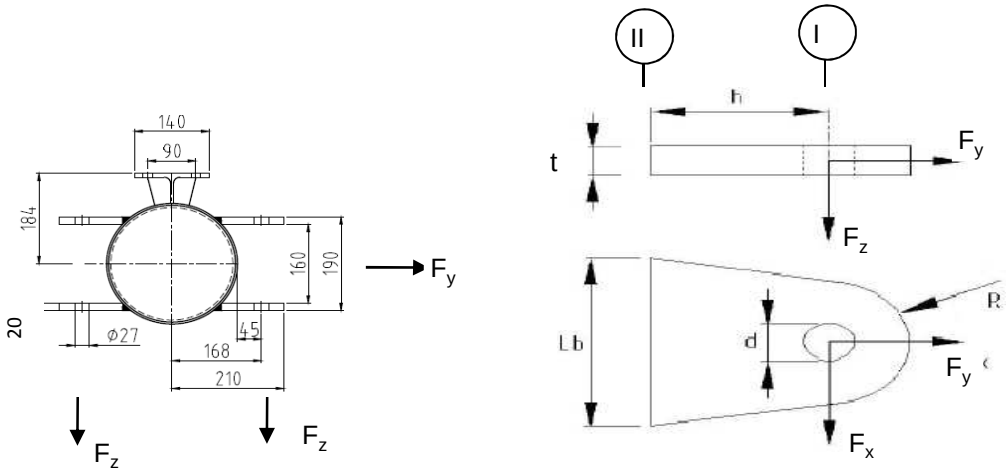
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 495,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 76,26 / 136,9 = 0,56 < 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))	27,94	48,64	4,04
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**55,41**	**107,26**	**16,33**
BG 1a - (wind (45 gr))	17,67	36,28	4,04
BG 3 - (wind (45) + ijs)	50,13	105,85	16,33

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**27,71**	**53,63**	**16,33**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 54,2 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 =	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} =	53,63	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	2,08	kNm
$V_{z,Ed}$ =	16,33	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,22	kNm
$V_{x,Ed}$ =	27,71	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	53,63	/	663	=	0,08	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		19,2	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	2,08	/	15,5	=	0,13	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		31,8	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
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	27,71	/	383	/	0,07	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		9,9	N/mm^2

Maximale spanning

σ_{max} = 182,2 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 183 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))

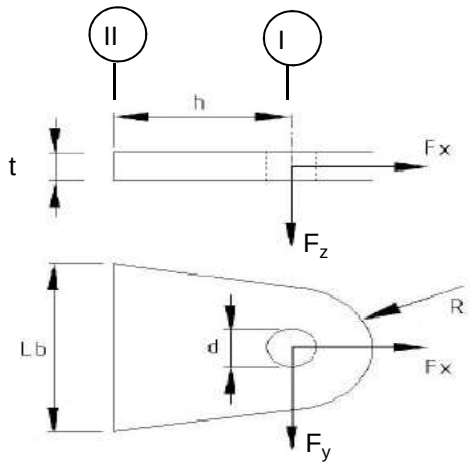
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 $M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ = 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

9.5.1 - 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	2381	30,0	221577	S355	355	128611659
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 877,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 33856,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,75 of $n_p =$ -0,730

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 650,9 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 650,9 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 71,6 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 71,6 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

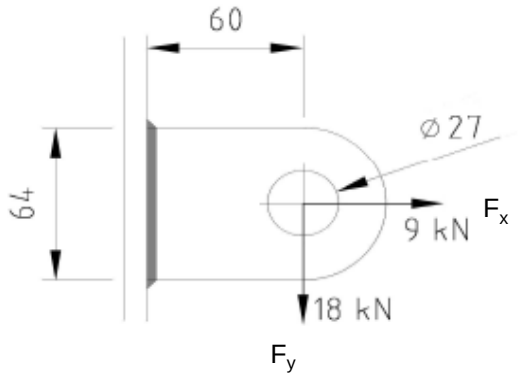
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2571 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 8198 N/mm' ---> voldoet

9.6 - Berekening clip hulprail - clip 8

Clip hoogte:
49,43 - 47,93 - 40,8 - 38,3 - 32,3 - 29,8 - 23,8 - 21,3 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 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	25,0	122962	S355	355	47382948
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 435,6 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 11792,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,71 of $n_p =$ -0,691

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 474,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 474,4 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 30,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 30,4 = 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 47,93 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	579	20,0	35102	S355	355	4739095
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 26,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 151,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,09 of $n_p =$ -0,088

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 471,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 471,8 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 30,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 30,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

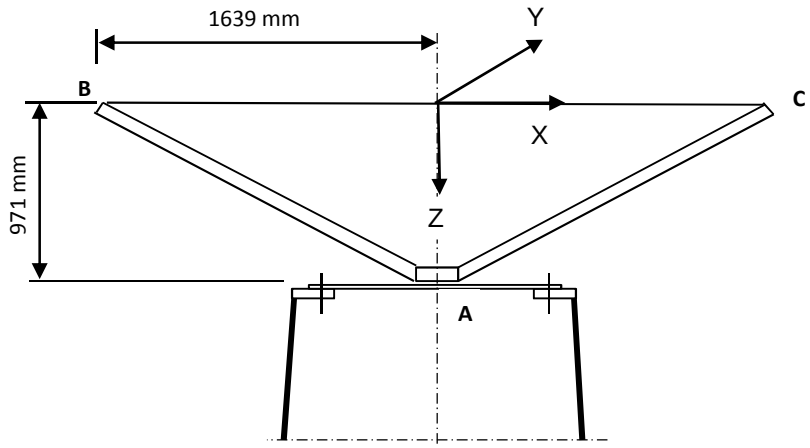
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



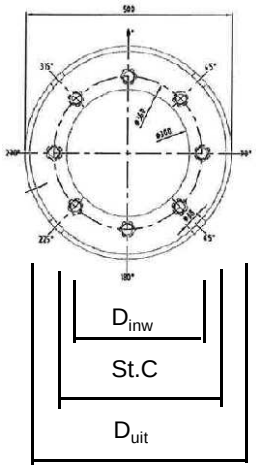
Buis rond 500 * 20

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

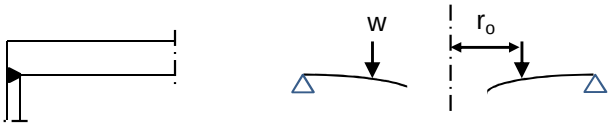
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

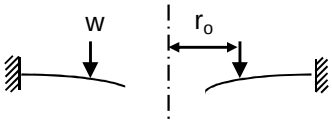
maatgevend belastinggeval : BG2.

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} = 66,7%

Percentage vrij oplegging = 33,3%

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. * $w . a (L_9 - C_7 . L_6 / C_4)$ = 1025 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. * $w \cdot a (L_9 - C_7 \cdot L_6 / C_4)$ = 23400 Nmm/mm'

$M_{ra;max,Ed}$ = 24425 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} = 24425 / 35500 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 162,8 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} = 166 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanning in de buis

Buis Ø500 * 20 - S355 ;

A = 30159 mm^2 $N_{Ed} = A * f_y$ = 10707 kN

$W_y = W_z$ = 3,48E+06 mm^3 $M_{y,Ed} = W_y * f_y$ = 1235,5 kNm

N_{Ed} = 35 kN

$M_{y,Ed}$ = 71,93 kNm

N_{Ed} / N_{Rd} = 35,00 / 10707 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,2 N/mm^2

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 71,93 / 1236 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 20,7 N/mm^2

σ_{max} = 21,8 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))

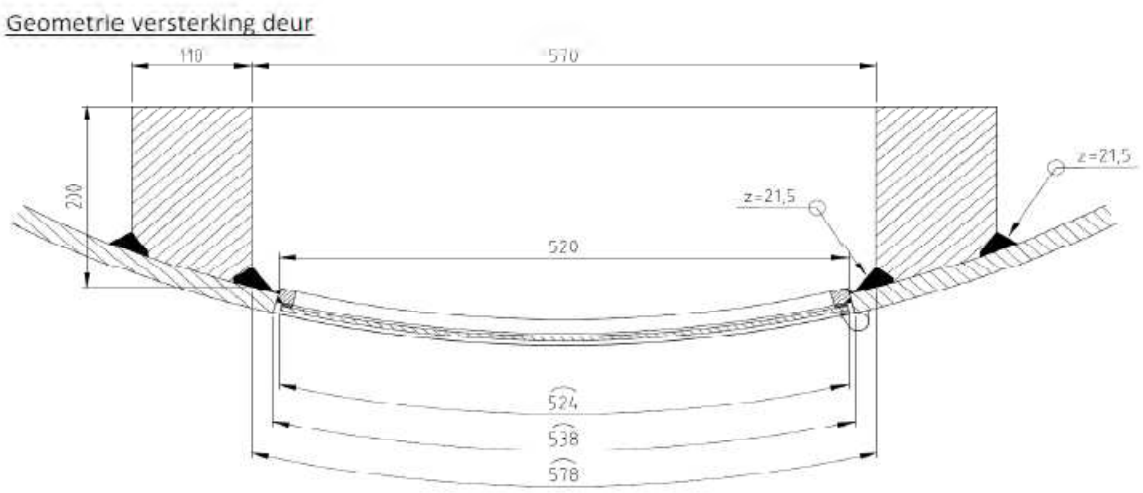
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

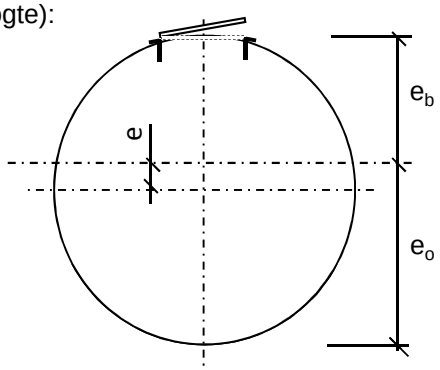
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

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 : 2353 mm
dikte t ; 30 mm

A_{buis} = 218980 mm^2
$A_{versterking}$ = 40238 mm^2
$A_{verlies}$ = 15529 mm^2

A_{tot} = 243689 mm^2

e = 92,1 mm
e_b = 1084,7 mm ; e_o = 1268,8 mm

I_{tot} = 1,66E+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} = 34146 kNm ; N_{Ed} = 878 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 3,6 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 261,6 N/mm^2

σ_{max} = 3,6 + 261,6 = 265,2 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage T, T1 en T2

W4H350 TOWER APPENDIX: T

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	4038	18232	36644	4038	18232	-36644
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	9485	18334	1947	9485	-18334
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14908	68608	135984	14908	68608	-135984
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	67857	135351	14907	67857	-135351
	380C1F3 / 380C2F3	14907	66931	134633	14907	66931	-134633
	150C1F1 / 150C2F1	3727	17152	33996	3727	17152	-33996
	150C1F2 / 150C2F2	3727	16964	33838	3727	16964	-33838
	150C1F3 / 150C2F3	3727	16733	33658	3727	16733	-33658
1b	Comp. gl	4036	19667	41686	4036	19667	-41686
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9692	20384	1946	9692	-20384
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74543	157629	14900	74543	-157629
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74451	157629	14900	74451	-157629
	380C1F3 / 380C2F3	14900	74335	157633	14900	74335	-157633
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18636	39407	3725	18636	-39407
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18613	39407	3725	18613	-39407
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18584	39408	3725	18584	-39408
3	Comp. gl	16332	50503	105788	16332	50503	-105788
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8084	25436	52484	8084	25436	-52484
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25691	101837	212161	25691	101837	-212161
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101566	212128	25691	101566	-212128
	380C1F3 / 380C2F3	25691	101224	212102	25691	101224	-212102
	150C1F1 / 150C2F1	6423	25459	53040	6423	25459	-53040
	150C1F2 / 150C2F2	6423	25392	53032	6423	25392	-53032
	150C1F3 / 150C2F3	6423	25306	53026	6423	25306	-53026
4	Comp. gl	5542	22159	47028	5542	22159	-47028
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	10885	22942	2699	10885	-22942
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17913	73979	156418	17913	73979	-156418
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73891	156426	17913	73891	-156426
	380C1F3 / 380C2F3	17913	73779	156440	17913	73779	-156440
	150C1F1 / 150C2F1	4478	18495	39105	4478	18495	-39105
	150C1F2 / 150C2F2	4478	18473	39107	4478	18473	-39107
	150C1F3 / 150C2F3	4478	18445	39110	4478	18445	-39110
6	Comp. gl	4543	18490	39651	4543	18490	-39651
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2190	8930	19151	2190	8930	-19151
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548	16772	67870	-145548
	150C1F1 / 150C2F1	4193	16968	36387	4193	16968	-36387
	150C1F2 / 150C2F2	4193	16968	36387	4193	16968	-36387
	150C1F3 / 150C2F3	4193	16968	36387	4193	16968	-36387
1a	Comp. gl	4038	17666	36277	4040	29060	-50186
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8898	17769	1948	19589	-32082
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	65840	133893	14916	119771	-201703
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65427	133650	14915	113400	-192891
	380C1F3 / 380C2F3	14907	64916	133382	14914	105238	-181661
	150C1F1 / 150C2F1	3727	16460	33473	3729	29943	-50426
	150C1F2 / 150C2F2	3727	16357	33412	3729	28350	-48223
	150C1F3 / 150C2F3	3727	16229	33346	3728	26310	-45415

1b	Comp. gl	4036	19592	41694	4037	20822	-42227
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9625	20378	1946	10858	-21302
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74193	157647	14900	80117	-160794
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74136	157655	14900	79369	-160158
	380C1F3 / 380C2F3	14900	74065	157667	14900	78447	-159434
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18548	39412	3725	20029	-40199
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18534	39414	3725	19842	-40039
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18516	39417	3725	19612	-39858
3	Comp. gl	16332	50129	105853	16333	55974	-107591
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8083	25106	52489	8085	30705	-55645
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25691	100805	212099	25694	119166	-224755
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100642	212106	25694	116822	-222435
	380C1F3 / 380C2F3	25691	100434	212124	25693	113928	-219730
	150C1F1 / 150C2F1	6423	25201	53025	6424	29792	-56189
	150C1F2 / 150C2F2	6423	25160	53027	6423	29206	-55609
	150C1F3 / 150C2F3	6423	25108	53031	6423	28482	-54933
4	Comp. gl	5542	22087	47044	5542	23169	-47261
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	10823	22947	2699	11857	-23443
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17913	73641	156464	17914	79068	-158538
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73587	156475	17914	78401	-158076
	380C1F3 / 380C2F3	17913	73517	156491	17914	77575	-157558
	150C1F1 / 150C2F1	4478	18410	39116	4478	19767	-39635
	150C1F2 / 150C2F2	4478	18397	39119	4478	19600	-39519
	150C1F3 / 150C2F3	4478	18379	39123	4478	19394	-39390
1a	Comp. gl	4040	27945	48642	4040	27945	-48642
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1948	18647	30755	1948	18647	-30755
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14915	114707	194696	14915	114707	-194696
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14914	108815	186571	14914	108815	-186571
	380C1F3 / 380C2F3	14913	101292	176272	14913	101292	-176272
	150C1F1 / 150C2F1	3729	28677	48674	3729	28677	-48674
	150C1F2 / 150C2F2	3729	27204	46643	3729	27204	-46643
	150C1F3 / 150C2F3	3728	25323	44068	3728	25323	-44068
1b	Comp. gl	4036	20700	42135	4036	20700	-42135
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10730	21165	1946	10730	-21165
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	79520	160283	14900	79520	-160283
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	78846	159738	14900	78846	-159738
	380C1F3 / 380C2F3	14900	78015	159122	14900	78015	-159122
	150C1F1 / 150C2F1	3725	19880	40071	3725	19880	-40071
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19712	39935	3725	19712	-39935
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19504	39780	3725	19504	-39780
3	Comp. gl	16333	55413	107257	16333	55413	-107257
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8085	30149	55166	8085	30149	-55166
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25694	117297	222896	25694	117297	-222896
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25693	115181	220877	25693	115181	-220877
	380C1F3 / 380C2F3	25693	112571	218536	25693	112571	-218536
	150C1F1 / 150C2F1	6423	29324	55724	6423	29324	-55724
	150C1F2 / 150C2F2	6423	28795	55219	6423	28795	-55219
	150C1F3 / 150C2F3	6423	28143	54634	6423	28143	-54634
4	Comp. gl	5542	23067	47210	5542	23067	-47210
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	11754	23361	2699	11754	-23361
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17914	78536	158167	17914	78536	-158167
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	77933	157775	17914	77933	-157775
	380C1F3 / 380C2F3	17914	77186	157339	17914	77186	-157339
	150C1F1 / 150C2F1	4478	19634	39542	4478	19634	-39542
	150C1F2 / 150C2F2	4478	19483	39444	4478	19483	-39444
	150C1F3 / 150C2F3	4478	19296	39335	4478	19296	-39335
1a	Comp. gl	4040	29060	50186	4038	17666	-36277
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1948	19589	32082	1947	8898	-17769
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14916	119771	201703	14907	65840	-133893

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	113400	192891	14907	65427	-133650
	380C1F3 / 380C2F3	14914	105238	181661	14907	64916	-133382
	150C1F1 / 150C2F1	3729	29943	50426	3727	16460	-33473
	150C1F2 / 150C2F2	3729	28350	48223	3727	16357	-33412
	150C1F3 / 150C2F3	3728	26310	45415	3727	16229	-33346
1b	Comp. gl	4037	20822	42227	4036	19592	-41694
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10858	21302	1946	9625	-20378
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	80117	160794	14900	74193	-157647
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79369	160158	14900	74136	-157655
	380C1F3 / 380C2F3	14900	78447	159434	14900	74065	-157667
	150C1F1 / 150C2F1	3725	20029	40199	3725	18548	-39412
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19842	40039	3725	18534	-39414
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19612	39858	3725	18516	-39417
3	Comp. gl	16333	55974	107591	16332	50129	-105853
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8085	30705	55645	8083	25106	-52489
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25694	119166	224755	25691	100805	-212099
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	116822	222435	25691	100642	-212106
0	380C1F3 / 380C2F3	25693	113928	219730	25691	100434	-212124
	150C1F1 / 150C2F1	6424	29792	56189	6423	25201	-53025
	150C1F2 / 150C2F2	6423	29206	55609	6423	25160	-53027
	150C1F3 / 150C2F3	6423	28482	54933	6423	25108	-53031

W4H350 TOWER APPENDIX: T1

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	3028	14082	-28923	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	7099	-14181	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11178	52798	-107431	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	52451	-107195	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11178	52021	-106933	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2795	13200	-26858	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2795	13113	-26799	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2794	13005	-26733	0	0	0
1b	Comp. gl	3027	16049	-34025	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	7911	-16645	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	61612	-130346	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61537	-130341	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11172	61442	-130339	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2793	15403	-32586	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2793	15384	-32585	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	15360	-32585	0	0	0
3	Comp. gl	5777	24492	-50513	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2832	12464	-25080	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13590	65408	-135289	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	65150	-135173	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13590	64829	-135050	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3397	16352	-33822	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3397	16288	-33793	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3397	16207	-33762	0	0	0
4	Comp. gl	4230	18034	-38282	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	8852	-18663	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13582	60130	-127165	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	60058	-127168	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13582	59967	-127176	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3396	15032	-31791	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3396	15015	-31792	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	14992	-31794	0	0	0
6	Comp. gl	3028	13424	-28788	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1460	6468	-13870	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	-106497	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	-106497	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	-106497	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2794	12415	-26624	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2794	12415	-26624	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2794	12415	-26624	0	0	0
1a	Comp. gl	3029	19268	-35014	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	12253	-21118	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11181	77962	-138529	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	74615	-133870	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11180	70406	-128104	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2795	19490	-34632	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2795	18654	-33468	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2795	17601	-32026	0	0	0

1b	Comp. gl	3027	17028	-34578	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	8917	-17537	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	66369	-133518	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	65721	-132902	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11173	64925	-132196	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2793	16592	-33379	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2793	16430	-33225	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	16231	-33049	0	0	0
3	Comp. gl	5779	31282	-57141	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2834	19224	-33073	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13592	83742	-154962	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	81229	-151736	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13591	78111	-147850	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3398	20936	-38740	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3398	20307	-37934	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3398	19528	-36962	0	0	0
4	Comp. gl	4231	18872	-38531	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	9668	-19147	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13583	64403	-129297	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	63835	-128853	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13582	63134	-128352	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3396	16101	-32324	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3396	15959	-32213	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	15784	-32088	0	0	0
1a	Comp. gl	3029	18703	-34243	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	11734	-20365	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11181	75297	-134815	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11180	72239	-130600	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11180	68406	-125413	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2795	18824	-33704	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2795	18060	-32650	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2795	17102	-31353	0	0	0
1b	Comp. gl	3027	16923	-34488	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	8805	-17407	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	65852	-133023	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	65269	-132494	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11172	64553	-131890	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2793	16463	-33256	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2793	16317	-33123	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	16138	-32972	0	0	0
3	Comp. gl	5778	30544	-56254	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2833	18528	-32150	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13592	81739	-152384	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	79463	-149516	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13591	76646	-146081	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3398	20435	-38096	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3398	19866	-37379	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3398	19162	-36520	0	0	0
4	Comp. gl	4231	18786	-38482	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	9581	-19070	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13582	63950	-128940	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	63438	-128562	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13582	62805	-128137	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3396	15988	-32235	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3396	15859	-32140	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	15701	-32034	0	0	0
1a	Comp. gl	3028	13817	-28795	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	6830	-13965	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11178	51511	-106671	0	0	0

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	51317	-106588	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11178	51075	-106500	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2794	12878	-26668	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2794	12829	-26647	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2794	12769	-26625	0	0	0
1b	Comp. gl	3027	15987	-34028	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	7856	-16636	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	61325	-130344	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61279	-130348	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	11172	61220	-130355	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	2793	15331	-32586	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	2793	15320	-32587	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	15305	-32589	0	0	0
3	Comp. gl	5777	24121	-50411	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2832	12103	-24875	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13590	64442	-134936	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	64294	-134903	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	13590	64106	-134872	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3397	16111	-33734	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3397	16073	-33726	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3397	16027	-33718	0	0	0
4	Comp. gl	4230	17976	-38293	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	8801	-18665	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13582	59855	-127191	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	59810	-127198	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	13582	59754	-127210	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3396	14964	-31798	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3396	14953	-31800	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	14938	-31802	0	0	0
1a	Comp. gl	4038	17471	-36191	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8702	-17618	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	64896	-133373	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	64595	-133236	14907	64595	133236
	380C1F3 / 380C2F3	14907	64219	-133090	14907	64219	133090
	150C1F1 / 150C2F1	3727	16224	-33343	3727	16224	33343
	150C1F2 / 150C2F2	3727	16149	-33309	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	16055	-33272	3727	16055	33272
1b	Comp. gl	4036	19623	-41689	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9652	-20379	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74337	-157633	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74266	-157639	14900	74266	157639
	380C1F3 / 380C2F3	14900	74177	-157649	14900	74177	157649
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18584	-39408	3725	18584	39408
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18567	-39410	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18544	-39412	3725	18544	39412
3	Comp. gl	6788	27392	-56731	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3320	13842	-28036	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17319	77231	-160642	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76998	-160579	17319	76998	160579
	380C1F3 / 380C2F3	17319	76705	-160517	17319	76705	160517
	150C1F1 / 150C2F1	4330	19308	-40161	4330	19308	40161
	150C1F2 / 150C2F2	4330	19249	-40145	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	19176	-40129	4330	19176	40129
4	Comp. gl	5241	21209	-45090	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	10392	-21964	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	71952	-152518	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71884	-152528	17312	71884	152528
	380C1F3 / 380C2F3	17312	71796	-152543	17312	71796	152543
	150C1F1 / 150C2F1	4328	17988	-38130	4328	17988	38130

	150C1F2 / 150C2F2	4328	17971	-38132	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	17949	-38136	4328	17949	38136
6	Comp. gl	4543	18490	-39651	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2190	8930	-19151	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	-145548	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	-145548	16772	67870	145548
	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	-145548	16772	67870	145548
	150C1F1 / 150C2F1	4193	16968	-36387	4193	16968	36387
	150C1F2 / 150C2F2	4193	16968	-36387	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4193	16968	-36387	4193	16968	36387
1a	Comp. gl	4039	21832	-40511	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	13144	-23027	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	86181	-156152	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	83283	-152455	14907	63594	132915
	380C1F3 / 380C2F3	14909	79678	-147985	14907	63376	132878
	150C1F1 / 150C2F1	3728	21545	-39038	3727	15942	33239
	150C1F2 / 150C2F2	3727	20821	-38114	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	19920	-36996	3727	15844	33220
1b	Comp. gl	4036	20483	-41985	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10503	-20937	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	78459	-159443	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77916	-159053	14900	74022	157676
	380C1F3 / 380C2F3	14900	77245	-158616	14900	73966	157688
	150C1F1 / 150C2F1	3725	19615	-39861	3725	18516	39417
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19479	-39763	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19311	-39654	3725	18491	39422
3	Comp. gl	6789	33578	-62063	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3321	20055	-34856	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17321	93061	-174942	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	90888	-172447	17319	76211	160459
	380C1F3 / 380C2F3	17320	88207	-169497	17319	76036	160454
	150C1F1 / 150C2F1	4330	23265	-43736	4330	19087	40117
	150C1F2 / 150C2F2	4330	22722	-43112	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	22052	-42374	4330	19009	40114
4	Comp. gl	5241	21988	-45213	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	11131	-22284	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	75807	-153750	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75309	-153457	17312	71645	152577
	380C1F3 / 380C2F3	17312	74691	-153135	17312	71590	152592
	150C1F1 / 150C2F1	4328	18952	-38437	4328	17922	38142
	150C1F2 / 150C2F2	4328	18827	-38364	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	18673	-38284	4328	17897	38148
1a	Comp. gl	4039	21352	-39922	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	12677	-22386	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	83871	-153199	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14909	81242	-149904	14909	81242	149904
	380C1F3 / 380C2F3	14909	77981	-145944	14909	77981	145944
	150C1F1 / 150C2F1	3727	20968	-38300	3727	20968	38300
	150C1F2 / 150C2F2	3727	20311	-37476	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	19495	-36486	3727	19495	36486
1b	Comp. gl	4036	20394	-41930	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10411	-20850	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	78026	-159129	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77536	-158798	14900	77536	158798
	380C1F3 / 380C2F3	14900	76929	-158430	14900	76929	158430
	150C1F1 / 150C2F1	3725	19507	-39782	3725	19507	39782
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19384	-39700	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19232	-39607	3725	19232	39607
3	Comp. gl	6789	32906	-61317	0	0	0

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3321	19403	-34027	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17321	91328	-172945	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	89368	-170754	17321	89368	170754
	380C1F3 / 380C2F3	17320	86951	-168177	17320	86951	168177
	150C1F1 / 150C2F1	4330	22832	-43236	4330	22832	43236
	150C1F2 / 150C2F2	4330	22342	-42689	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	21738	-42044	4330	21738	42044
4	Comp. gl	5241	21910	-45181	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	11054	-22228	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	75410	-153514	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	74960	-153269	17312	74960	153269
	380C1F3 / 380C2F3	17312	74400	-153001	17312	74400	153001
	150C1F1 / 150C2F1	4328	18853	-38379	4328	18853	38379
	150C1F2 / 150C2F2	4328	18740	-38317	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	18600	-38250	4328	18600	38250
1a	Comp. gl	4038	17235	-36126	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8472	-17485	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	63768	-132954	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	63594	-132915	14910	83283	152455
	380C1F3 / 380C2F3	14907	63376	-132878	14909	79678	147985
	150C1F1 / 150C2F1	3727	15942	-33239	3728	21545	39038
	150C1F2 / 150C2F2	3727	15899	-33229	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	15844	-33220	3727	19920	36996
1b	Comp. gl	4036	19565	-41699	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9601	-20379	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74066	-157667	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74022	-157676	14900	77916	159053
	380C1F3 / 380C2F3	14900	73966	-157688	14900	77245	158616
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18516	-39417	3725	19615	39861
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18505	-39419	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18491	-39422	3725	19311	39654
3	Comp. gl	6788	27041	-56671	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3320	13507	-27887	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17319	76349	-160468	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76211	-160459	17321	90888	172447
0	380C1F3 / 380C2F3	17319	76036	-160454	17320	88207	169497
	150C1F1 / 150C2F1	4330	19087	-40117	4330	23265	43736
	150C1F2 / 150C2F2	4330	19053	-40115	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	19009	-40114	4330	22052	42374
4	Comp. gl	5241	21152	-45104	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	10343	-21971	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	71688	-152567	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71645	-152577	17312	75309	153457
	380C1F3 / 380C2F3	17312	71590	-152592	17312	74691	153135
	150C1F1 / 150C2F1	4328	17922	-38142	4328	18952	38437
	150C1F2 / 150C2F2	4328	17911	-38144	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	17897	-38148	4328	18673	38284
1a	Comp. gl	3028	14082	-28923	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	7099	-14181	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11178	52798	-107431	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	52451	-107195	11178	52451	107195
	380C1F3 / 380C2F3	11178	52021	-106933	11178	52021	106933
	150C1F1 / 150C2F1	2795	13200	-26858	2795	13200	26858
	150C1F2 / 150C2F2	2795	13113	-26799	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2794	13005	-26733	2794	13005	26733
1b	Comp. gl	3027	16049	-34025	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	7911	-16645	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	61612	-130346	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61537	-130341	11172	61537	130341

	380C1F3 / 380C2F3	11172	61442	-130339	11172	61442	130339
	150C1F1 / 150C2F1	2793	15403	-32586	2793	15403	32586
	150C1F2 / 150C2F2	2793	15384	-32585	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	15360	-32585	2793	15360	32585
3	Comp. gl	5777	24492	-50513	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2832	12464	-25080	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13590	65408	-135289	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	65150	-135173	13590	65150	135173
	380C1F3 / 380C2F3	13590	64829	-135050	13590	64829	135050
	150C1F1 / 150C2F1	3397	16352	-33822	3397	16352	33822
	150C1F2 / 150C2F2	3397	16288	-33793	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3397	16207	-33762	3397	16207	33762
4	Comp. gl	4230	18034	-38282	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	8852	-18663	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13582	60130	-127165	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	60058	-127168	13582	60058	127168
	380C1F3 / 380C2F3	13582	59967	-127176	13582	59967	127176
	150C1F1 / 150C2F1	3396	15032	-31791	3396	15032	31791
	150C1F2 / 150C2F2	3396	15015	-31792	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	14992	-31794	3396	14992	31794
6	Comp. gl	3028	13424	-28788	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1460	6468	-13870	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	-106497	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	-106497	11178	49660	106497
	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	-106497	11178	49660	106497
	150C1F1 / 150C2F1	2794	12415	-26624	2794	12415	26624
	150C1F2 / 150C2F2	2794	12415	-26624	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2794	12415	-26624	2794	12415	26624
1a	Comp. gl	3029	19268	-35014	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	12253	-21118	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11181	77962	-138529	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	74615	-133870	11178	51317	106588
	380C1F3 / 380C2F3	11180	70406	-128104	11178	51075	106500
	150C1F1 / 150C2F1	2795	19490	-34632	2794	12878	26668
	150C1F2 / 150C2F2	2795	18654	-33468	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2795	17601	-32026	2794	12769	26625
1b	Comp. gl	3027	17028	-34578	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	8917	-17537	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	66369	-133518	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	65721	-132902	11172	61279	130348
	380C1F3 / 380C2F3	11173	64925	-132196	11172	61220	130355
	150C1F1 / 150C2F1	2793	16592	-33379	2793	15331	32586
	150C1F2 / 150C2F2	2793	16430	-33225	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	16231	-33049	2793	15305	32589
3	Comp. gl	5779	31282	-57141	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2834	19224	-33073	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13592	83742	-154962	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	81229	-151736	13590	64294	134903
	380C1F3 / 380C2F3	13591	78111	-147850	13590	64106	134872
	150C1F1 / 150C2F1	3398	20936	-38740	3397	16111	33734
	150C1F2 / 150C2F2	3398	20307	-37934	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3398	19528	-36962	3397	16027	33718
4	Comp. gl	4231	18872	-38531	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	9668	-19147	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13583	64403	-129297	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	63835	-128853	13582	59810	127198
	380C1F3 / 380C2F3	13582	63134	-128352	13582	59754	127210
	150C1F1 / 150C2F1	3396	16101	-32324	3396	14964	31798
	150C1F2 / 150C2F2	3396	15959	-32213	0	0	0

	150C1F3 / 150C2F3	3396	15784	-32088	3396	14938	31802
1a	Comp. gl	3029	18703	-34243	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	11734	-20365	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11181	75297	-134815	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11180	72239	-130600	11180	72239	130600
	380C1F3 / 380C2F3	11180	68406	-125413	11180	68406	125413
	150C1F1 / 150C2F1	2795	18824	-33704	2795	18824	33704
	150C1F2 / 150C2F2	2795	18060	-32650	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2795	17102	-31353	2795	17102	31353
1b	Comp. gl	3027	16923	-34488	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	8805	-17407	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	65852	-133023	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	65269	-132494	11173	65269	132494
	380C1F3 / 380C2F3	11172	64553	-131890	11172	64553	131890
	150C1F1 / 150C2F1	2793	16463	-33256	2793	16463	33256
	150C1F2 / 150C2F2	2793	16317	-33123	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	16138	-32972	2793	16138	32972
3	Comp. gl	5778	30544	-56254	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2833	18528	-32150	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13592	81739	-152384	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13592	79463	-149516	13592	79463	149516
	380C1F3 / 380C2F3	13591	76646	-146081	13591	76646	146081
	150C1F1 / 150C2F1	3398	20435	-38096	3398	20435	38096
	150C1F2 / 150C2F2	3398	19866	-37379	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3398	19162	-36520	3398	19162	36520
4	Comp. gl	4231	18786	-38482	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	9581	-19070	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13582	63950	-128940	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	63438	-128562	13582	63438	128562
	380C1F3 / 380C2F3	13582	62805	-128137	13582	62805	128137
	150C1F1 / 150C2F1	3396	15988	-32235	3396	15988	32235
	150C1F2 / 150C2F2	3396	15859	-32140	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	15701	-32034	3396	15701	32034
1a	Comp. gl	3028	13817	-28795	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	6830	-13965	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11178	51511	-106671	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	51317	-106588	11181	74615	133870
	380C1F3 / 380C2F3	11178	51075	-106500	11180	70406	128104
	150C1F1 / 150C2F1	2794	12878	-26668	2795	19490	34632
	150C1F2 / 150C2F2	2794	12829	-26647	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2794	12769	-26625	2795	17601	32026
1b	Comp. gl	3027	15987	-34028	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	7856	-16636	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	61325	-130344	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61279	-130348	11173	65721	132902
	380C1F3 / 380C2F3	11172	61220	-130355	11173	64925	132196
	150C1F1 / 150C2F1	2793	15331	-32586	2793	16592	33379
	150C1F2 / 150C2F2	2793	15320	-32587	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	2793	15305	-32589	2793	16231	33049
3	Comp. gl	5777	24121	-50411	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	2832	12103	-24875	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13590	64442	-134936	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13590	64294	-134903	13592	81229	151736
0	380C1F3 / 380C2F3	13590	64106	-134872	13591	78111	147850
	150C1F1 / 150C2F1	3397	16111	-33734	3398	20936	38740
	150C1F2 / 150C2F2	3397	16073	-33726	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3397	16027	-33718	3398	19528	36962
4	Comp. gl	4230	17976	-38293	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2061	8801	-18665	0	0	0

Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	13582	59855	-127191	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13582	59810	-127198	13582	63835	128853
	380C1F3 / 380C2F3	13582	59754	-127210	13582	63134	128352
	150C1F1 / 150C2F1	3396	14964	-31798	3396	16101	32324
	150C1F2 / 150C2F2	3396	14953	-31800	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3396	14938	-31802	3396	15784	32088
1a	Comp. gl	4038	17471	-36191	4038	17471	36191
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8702	-17618	1947	8702	17618
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	64896	-133373	14907	64896	133373
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	64595	-133236	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14907	64219	-133090	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3727	16224	-33343	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	16149	-33309	3727	16149	33309
	150C1F3 / 150C2F3	3727	16055	-33272	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	19623	-41689	4036	19623	41689
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9652	-20379	1946	9652	20379
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74337	-157633	14900	74337	157633
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74266	-157639	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	74177	-157649	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18584	-39408	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18567	-39410	3725	18567	39410
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18544	-39412	0	0	0
3	Comp. gl	6788	27392	-56731	6788	27392	56731
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3320	13842	-28036	3320	13842	28036
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17319	77231	-160642	17319	77231	160642
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76998	-160579	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17319	76705	-160517	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	19308	-40161	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	19249	-40145	4330	19249	40145
	150C1F3 / 150C2F3	4330	19176	-40129	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21209	-45090	5241	21209	45090
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	10392	-21964	2548	10392	21964
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	71952	-152518	17312	71952	152518
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71884	-152528	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	71796	-152543	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	17988	-38130	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	17971	-38132	4328	17971	38132
	150C1F3 / 150C2F3	4328	17949	-38136	0	0	0
6	Comp. gl	4543	18490	-39651	4543	18490	39651
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2190	8930	-19151	2190	8930	19151
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	-145548	16772	67870	145548
	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	-145548	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	-145548	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4193	16968	-36387	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4193	16968	-36387	4193	16968	36387
	150C1F3 / 150C2F3	4193	16968	-36387	0	0	0
1a	Comp. gl	4039	21832	-40511	4038	17235	36126
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	13144	-23027	1947	8472	17485
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	86181	-156152	14907	63768	132954
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	83283	-152455	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14909	79678	-147985	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3728	21545	-39038	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	20821	-38114	3727	15899	33229
	150C1F3 / 150C2F3	3727	19920	-36996	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	20483	-41985	4036	19565	41699
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10503	-20937	1946	9601	20379
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	78459	-159443	14900	74066	157667
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77916	-159053	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	77245	-158616	0	0	0

	150C1F1 / 150C2F1	3725	19615	-39861	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19479	-39763	3725	18505	39419
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19311	-39654	0	0	0
3	Comp. gl	6789	33578	-62063	6788	27041	56671
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3321	20055	-34856	3320	13507	27887
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17321	93061	-174942	17319	76349	160468
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	90888	-172447	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17320	88207	-169497	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	23265	-43736	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	22722	-43112	4330	19053	40115
	150C1F3 / 150C2F3	4330	22052	-42374	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21988	-45213	5241	21152	45104
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	11131	-22284	2548	10343	21971
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	75807	-153750	17312	71688	152567
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75309	-153457	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	74691	-153135	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	18952	-38437	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	18827	-38364	4328	17911	38144
	150C1F3 / 150C2F3	4328	18673	-38284	0	0	0
1a	Comp. gl	4039	21352	-39922	4039	21352	39922
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	12677	-22386	1947	12677	22386
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	83871	-153199	14910	83871	153199
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14909	81242	-149904	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14909	77981	-145944	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3727	20968	-38300	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	20311	-37476	3727	20311	37476
	150C1F3 / 150C2F3	3727	19495	-36486	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	20394	-41930	4036	20394	41930
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10411	-20850	1946	10411	20850
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	78026	-159129	14900	78026	159129
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77536	-158798	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	76929	-158430	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	19507	-39782	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19384	-39700	3725	19384	39700
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19232	-39607	0	0	0
3	Comp. gl	6789	32906	-61317	6789	32906	61317
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3321	19403	-34027	3321	19403	34027
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17321	91328	-172945	17321	91328	172945
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	89368	-170754	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17320	86951	-168177	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	22832	-43236	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	22342	-42689	4330	22342	42689
	150C1F3 / 150C2F3	4330	21738	-42044	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21910	-45181	5241	21910	45181
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	11054	-22228	2548	11054	22228
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	75410	-153514	17312	75410	153514
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	74960	-153269	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	74400	-153001	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	18853	-38379	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	18740	-38317	4328	18740	38317
	150C1F3 / 150C2F3	4328	18600	-38250	0	0	0
1a	Comp. gl	4038	17235	-36126	4039	21832	40511
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8472	-17485	1947	13144	23027
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	63768	-132954	14910	86181	156152
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	63594	-132915	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14907	63376	-132878	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3727	15942	-33239	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	15899	-33229	3727	20821	38114
	150C1F3 / 150C2F3	3727	15844	-33220	0	0	0

1b	Comp. gl	4036	19565	-41699	4036	20483	41985
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9601	-20379	1946	10503	20937
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74066	-157667	14900	78459	159443
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74022	-157676	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	73966	-157688	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18516	-39417	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18505	-39419	3725	19479	39763
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18491	-39422	0	0	0
3	Comp. gl	6788	27041	-56671	6789	33578	62063
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3320	13507	-27887	3321	20055	34856
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17319	76349	-160468	17321	93061	174942
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76211	-160459	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	17319	76036	-160454	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	19087	-40117	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	19053	-40115	4330	22722	43112
	150C1F3 / 150C2F3	4330	19009	-40114	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21152	-45104	5241	21988	45213
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	10343	-21971	2548	11131	22284
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	71688	-152567	17312	75807	153750
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71645	-152577	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	71590	-152592	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	17922	-38142	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	17911	-38144	4328	18827	38364
	150C1F3 / 150C2F3	4328	17897	-38148	0	0	0
1a	Comp. gl	4038	17471	-36191	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8702	-17618	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	64896	-133373	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	64595	-133236	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14907	64219	-133090	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3727	16224	-33343	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	16149	-33309	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	16055	-33272	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	19623	-41689	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9652	-20379	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74337	-157633	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74266	-157639	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	74177	-157649	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18584	-39408	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18567	-39410	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18544	-39412	0	0	0
3	Comp. gl	6788	27392	-56731	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3320	13842	-28036	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17319	77231	-160642	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76998	-160579	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17319	76705	-160517	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	19308	-40161	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	19249	-40145	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	19176	-40129	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21209	-45090	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	10392	-21964	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	71952	-152518	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71884	-152528	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	71796	-152543	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	17988	-38130	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	17971	-38132	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	17949	-38136	0	0	0
6	Comp. gl	4543	18490	-39651	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2190	8930	-19151	0	0	0
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	-145548	0	0	0

	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	-145548	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	-145548	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4193	16968	-36387	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4193	16968	-36387	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4193	16968	-36387	0	0	0
1a	Comp. gl	4039	21832	-40511	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	13144	-23027	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	86181	-156152	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	83283	-152455	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14909	79678	-147985	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3728	21545	-39038	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	20821	-38114	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	19920	-36996	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	20483	-41985	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10503	-20937	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	78459	-159443	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77916	-159053	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	77245	-158616	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	19615	-39861	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19479	-39763	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19311	-39654	0	0	0
3	Comp. gl	6789	33578	-62063	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3321	20055	-34856	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17321	93061	-174942	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	90888	-172447	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17320	88207	-169497	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	23265	-43736	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	22722	-43112	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	22052	-42374	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21988	-45213	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	11131	-22284	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	75807	-153750	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75309	-153457	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	74691	-153135	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	18952	-38437	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	18827	-38364	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	18673	-38284	0	0	0
1a	Comp. gl	4039	21352	-39922	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	12677	-22386	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	83871	-153199	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14909	81242	-149904	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14909	77981	-145944	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3727	20968	-38300	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	20311	-37476	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	19495	-36486	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	20394	-41930	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	10411	-20850	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	78026	-159129	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77536	-158798	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	76929	-158430	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	19507	-39782	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	19384	-39700	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	19232	-39607	0	0	0
3	Comp. gl	6789	32906	-61317	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3321	19403	-34027	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17321	91328	-172945	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	89368	-170754	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17320	86951	-168177	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	22832	-43236	0	0	0

	150C1F2 / 150C2F2	4330	22342	-42689	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	21738	-42044	0	0	0
4	Comp. gl	5241	21910	-45181	0	0	0
Construction/maintenanc	GW / opgw	2548	11054	-22228	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17312	75410	-153514	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	74960	-153269	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17312	74400	-153001	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4328	18853	-38379	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4328	18740	-38317	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4328	18600	-38250	0	0	0
1a	Comp. gl	4038	17235	-36126	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	8472	-17485	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	63768	-132954	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	63594	-132915	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14907	63376	-132878	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3727	15942	-33239	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3727	15899	-33229	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3727	15844	-33220	0	0	0
1b	Comp. gl	4036	19565	-41699	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	9601	-20379	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	74066	-157667	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74022	-157676	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	14900	73966	-157688	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3725	18516	-39417	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3725	18505	-39419	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3725	18491	-39422	0	0	0
3	Comp. gl	6788	27041	-56671	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3320	13507	-27887	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17319	76349	-160468	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76211	-160459	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	17319	76036	-160454	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4330	19087	-40117	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4330	19053	-40115	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4330	19009	-40114	0	0	0

W4H350 TOWER APPENDIX: T2

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	3365	15471	31543	3365	15471	-31543
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1622	7883	15567	1622	7883	-15567
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12421	58063	117086	12421	58063	-117086
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57597	116738	12421	57597	-116738
	380C1F3 / 380C2F3	12421	57021	116348	12421	57021	-116348
	150C1F1 / 150C2F1	3105	14516	29271	3105	14516	-29271
	150C1F2 / 150C2F2	3105	14399	29185	3105	14399	-29185
	150C1F3 / 150C2F3	3105	14255	29087	3105	14255	-29087
1b	Comp. gl	3363	17249	36663	3363	17249	-36663
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	8483	17925	1621	8483	-17925
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	65852	139734	12415	65852	-139734
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65793	139738	12415	65793	-139738
	380C1F3 / 380C2F3	12415	65717	139745	12415	65717	-139745
	150C1F1 / 150C2F1	3104	16463	34934	3104	16463	-34934
	150C1F2 / 150C2F2	3104	16448	34934	3104	16448	-34934
	150C1F3 / 150C2F3	3104	16429	34936	3104	16429	-34936
3	Comp. gl	11555	39458	82942	11555	39458	-82942
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	19804	41095	5711	19804	-41095
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	83676	175292	19607	83676	-175292
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83497	175274	19607	83497	-175274
	380C1F3 / 380C2F3	19607	83271	175262	19607	83271	-175262
	150C1F1 / 150C2F1	4902	20919	43823	4902	20919	-43823
	150C1F2 / 150C2F2	4902	20874	43819	4902	20874	-43819
	150C1F3 / 150C2F3	4902	20818	43815	4902	20818	-43815
4	Comp. gl	4367	18447	39232	4367	18447	-39232
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	9029	19096	2123	9029	-19096
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	62746	133072	14424	62746	-133072
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62688	133079	14424	62688	-133079
	380C1F3 / 380C2F3	14424	62615	133091	14424	62615	-133091
	150C1F1 / 150C2F1	3606	15686	33268	3606	15686	-33268
	150C1F2 / 150C2F2	3606	15672	33270	3606	15672	-33270
	150C1F3 / 150C2F3	3606	15654	33273	3606	15654	-33273
1a	Comp. gl	3365	15118	31349	3366	22381	-39909
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1622	7520	15252	1623	14592	-24678
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12421	56339	115954	12426	91267	-158973
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56081	115827	12425	86954	-152954
	380C1F3 / 380C2F3	12421	55759	115690	12424	81490	-145416
	150C1F1 / 150C2F1	3105	14085	28988	3106	22817	-39743
	150C1F2 / 150C2F2	3105	14020	28957	3106	21739	-38239
	150C1F3 / 150C2F3	3105	13940	28922	3106	20373	-36354
1b	Comp. gl	3363	17200	36671	3363	17979	-36939
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	8440	17924	1621	9211	-18430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	65624	139758	12415	69362	-141403
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65587	139765	12415	68896	-141050
	380C1F3 / 380C2F3	12415	65540	139775	12415	68322	-140653
	150C1F1 / 150C2F1	3104	16406	34940	3104	17340	-35351
	150C1F2 / 150C2F2	3104	16397	34941	3104	17224	-35262
	150C1F3 / 150C2F3	3104	16385	34944	3104	17080	-35163

3	Comp. gl	11555	39207	82982	11556	43169	-84285
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	19582	41093	5712	23411	-43407
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	82995	175264	19608	95076	-183368
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82886	175271	19608	93528	-181850
	380C1F3 / 380C2F3	19607	82749	175284	19608	91621	-180094
	150C1F1 / 150C2F1	4902	20749	43816	4902	23769	-45842
	150C1F2 / 150C2F2	4902	20722	43818	4902	23382	-45463
	150C1F3 / 150C2F3	4902	20687	43821	4902	22905	-45024
4	Comp. gl	4367	18399	39243	4367	19105	-39353
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	8988	19100	2123	9657	-19388
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	62524	133109	14424	66014	-134220
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62488	133118	14424	65590	-133956
	380C1F3 / 380C2F3	14424	62442	133130	14424	65063	-133662
	150C1F1 / 150C2F1	3606	15631	33277	3606	16504	-33555
	150C1F2 / 150C2F2	3606	15622	33279	3606	16397	-33489
	150C1F3 / 150C2F3	3606	15610	33282	3606	16266	-33416
1a	Comp. gl	3365	21642	38890	3365	21642	-38890
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	13937	23733	1623	13937	-23733
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12425	87835	154180	12425	87835	-154180
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	83875	148692	12425	83875	-148692
	380C1F3 / 380C2F3	12424	78876	141860	12424	78876	-141860
	150C1F1 / 150C2F1	3106	21959	38545	3106	21959	-38545
	150C1F2 / 150C2F2	3106	20969	37173	3106	20969	-37173
	150C1F3 / 150C2F3	3106	19719	35465	3106	19719	-35465
1b	Comp. gl	3363	17903	36889	3363	17903	-36889
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	9131	18352	1621	9131	-18352
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	68990	141119	12415	68990	-141119
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68571	140819	12415	68571	-140819
	380C1F3 / 380C2F3	12415	68052	140484	12415	68052	-140484
	150C1F1 / 150C2F1	3104	17248	35280	3104	17248	-35280
	150C1F2 / 150C2F2	3104	17143	35205	3104	17143	-35205
	150C1F3 / 150C2F3	3104	17013	35121	3104	17013	-35121
3	Comp. gl	11556	42786	84042	11556	42786	-84042
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	23026	43058	5711	23026	-43058
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19608	93841	182151	19608	93841	-182151
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	92446	180837	19608	92446	-180837
	380C1F3 / 380C2F3	19608	90728	179323	19608	90728	-179323
	150C1F1 / 150C2F1	4902	23460	45538	4902	23460	-45538
	150C1F2 / 150C2F2	4902	23112	45209	4902	23112	-45209
	150C1F3 / 150C2F3	4902	22682	44831	4902	22682	-44831
4	Comp. gl	4367	19039	39324	4367	19039	-39324
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	9591	19338	2123	9591	-19338
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	65676	134007	14424	65676	-134007
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65292	133784	14424	65292	-133784
	380C1F3 / 380C2F3	14424	64815	133539	14424	64815	-133539
	150C1F1 / 150C2F1	3606	16419	33502	3606	16419	-33502
	150C1F2 / 150C2F2	3606	16323	33446	3606	16323	-33446
	150C1F3 / 150C2F3	3606	16204	33385	3606	16204	-33385
1a	Comp. gl	3366	22381	39909	3365	15118	-31349
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	14592	24678	1622	7520	-15252
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12426	91267	158973	12421	56339	-115954
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	86954	152954	12421	56081	-115827
	380C1F3 / 380C2F3	12424	81490	145416	12421	55759	-115690
	150C1F1 / 150C2F1	3106	22817	39743	3105	14085	-28988
	150C1F2 / 150C2F2	3106	21739	38239	3105	14020	-28957
	150C1F3 / 150C2F3	3106	20373	36354	3105	13940	-28922
1b	Comp. gl	3363	17979	36939	3363	17200	-36671
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	9211	18430	1621	8440	-17924
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	69362	141403	12415	65624	-139758

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68896	141050	12415	65587	-139765
	380C1F3 / 380C2F3	12415	68322	140653	12415	65540	-139775
	150C1F1 / 150C2F1	3104	17340	35351	3104	16406	-34940
	150C1F2 / 150C2F2	3104	17224	35262	3104	16397	-34941
	150C1F3 / 150C2F3	3104	17080	35163	3104	16385	-34944
3	Comp. gl	11556	43169	84285	11555	39207	-82982
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5712	23411	43407	5711	19582	-41093
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19608	95076	183368	19607	82995	-175264
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93528	181850	19607	82886	-175271
	380C1F3 / 380C2F3	19608	91621	180094	19607	82749	-175284
	150C1F1 / 150C2F1	4902	23769	45842	4902	20749	-43816
	150C1F2 / 150C2F2	4902	23382	45463	4902	20722	-43818
	150C1F3 / 150C2F3	4902	22905	45024	4902	20687	-43821
4	Comp. gl	4367	19105	39353	4367	18399	-39243
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	9657	19388	2123	8988	-19100
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	66014	134220	14424	62524	-133109
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65590	133956	14424	62488	-133118
	380C1F3 / 380C2F3	14424	65063	133662	14424	62442	-133130
	150C1F1 / 150C2F1	3606	16504	33555	3606	15631	-33277
	150C1F2 / 150C2F2	3606	16397	33489	3606	15622	-33279
	150C1F3 / 150C2F3	3606	16266	33416	3606	15610	-33282

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)"

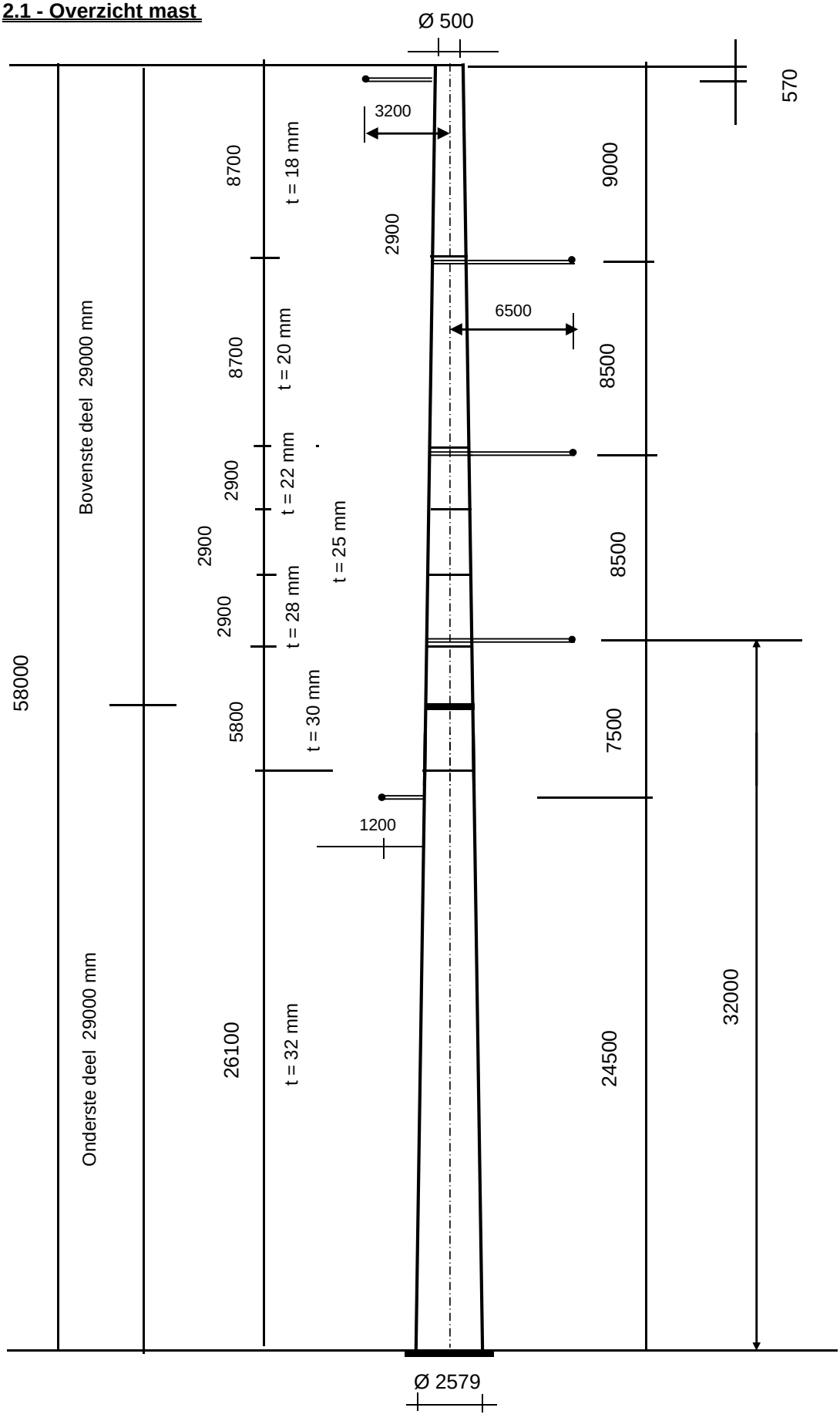
Berekening

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+ geleiders-kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,1	40,0	0,678	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

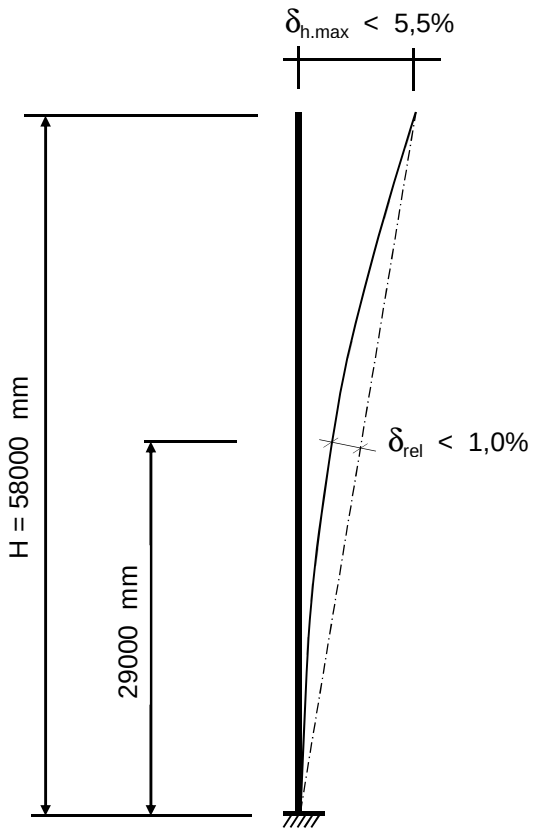
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

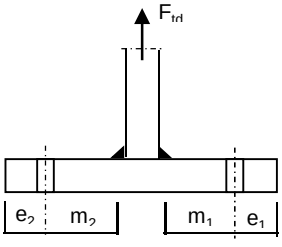
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

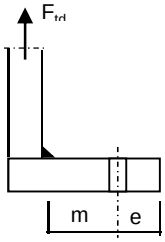
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

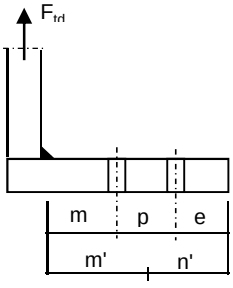
Flenzen en voetplaat:



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.

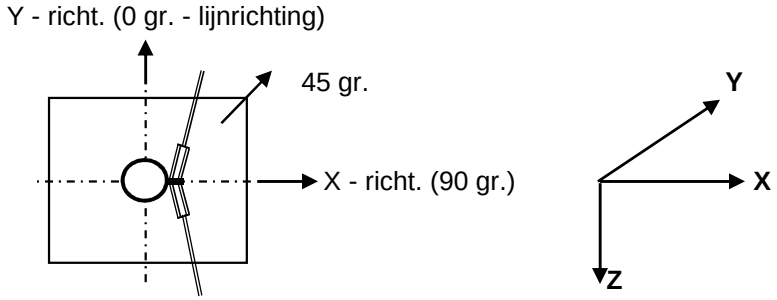
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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 Knoop		$\gamma * \Delta\sigma =$ 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
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

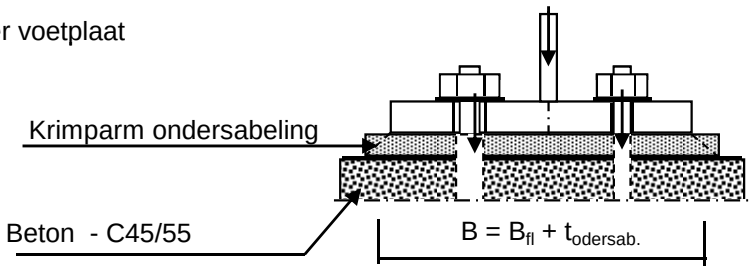
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 462,1 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 612,5 + 1,00 * 462,1 = 1074,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

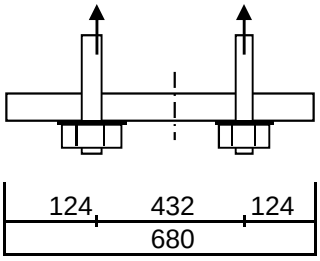
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

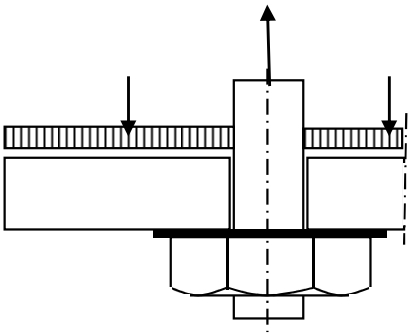


D = 2547 mm
n = 116

$A_{stortring}$ = 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

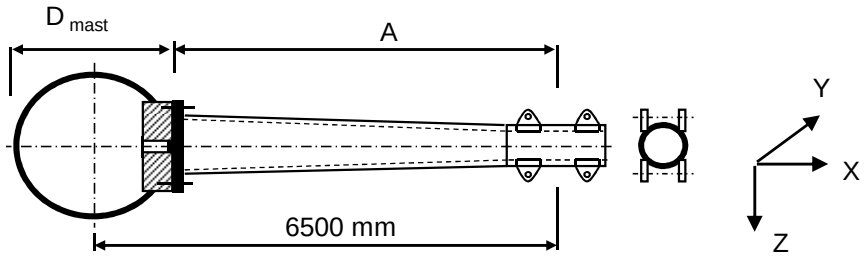
V_{Ed} / V_{Rd} = 2730 / 10248 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 54,6 N/mm^2

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:

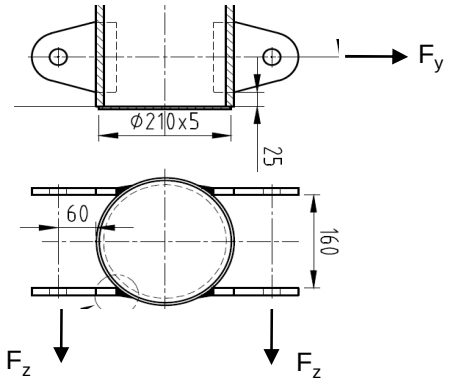
$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =			271,2	kNm
$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =			44,5	kN
N_{Ed} =			24,1	kN
$F_{t,Ed}$ =	84,39	kN		
$F_{v,Ed}$ =	1,86	kN		
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =			0,50	< 1,0 -- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =			0,02	< 1,0 -- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =			0,38	< 1,0 -- Voldoet

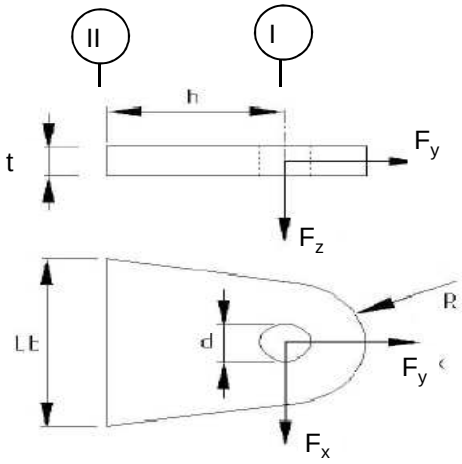
Controle flens:

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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

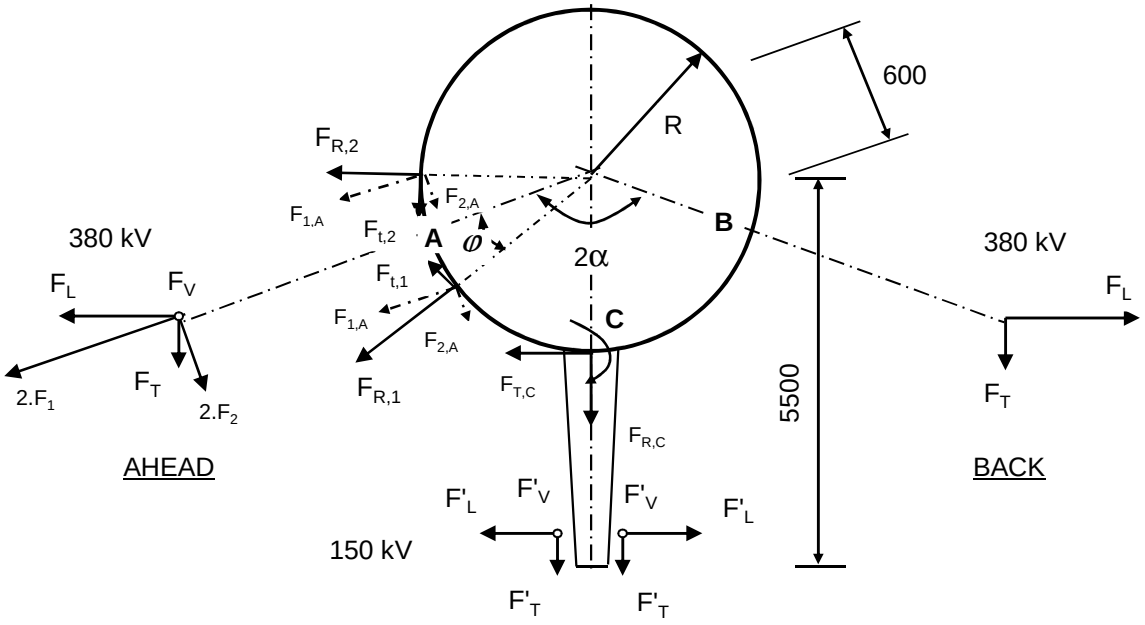
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en $\beta_w = 0,9$

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

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.2 - 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

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

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

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

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

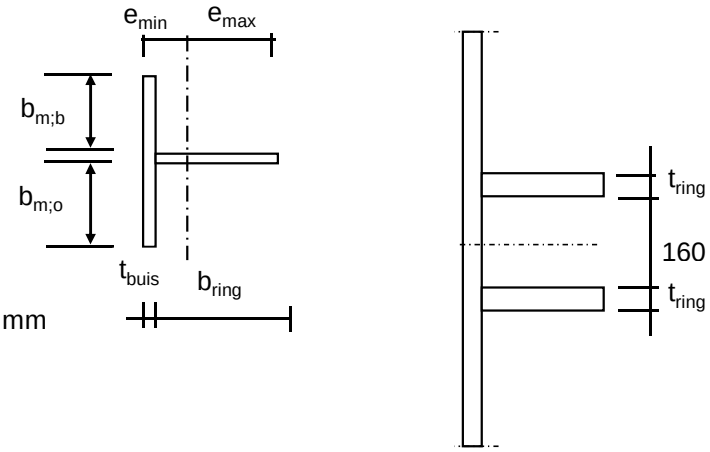
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

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

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

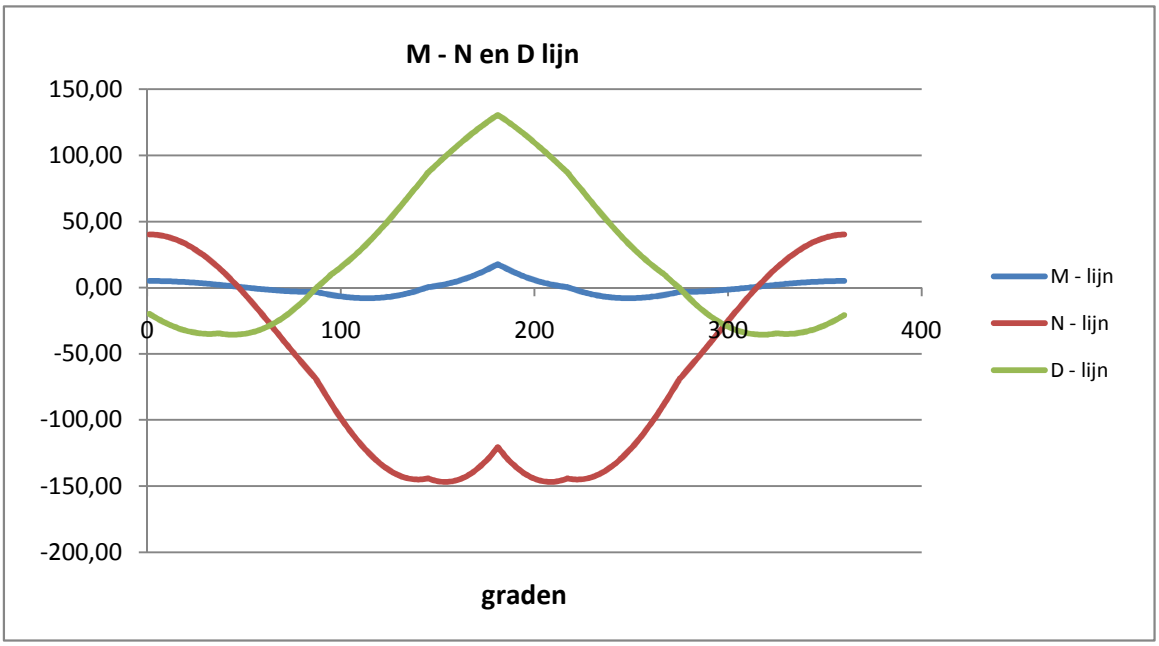
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

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

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

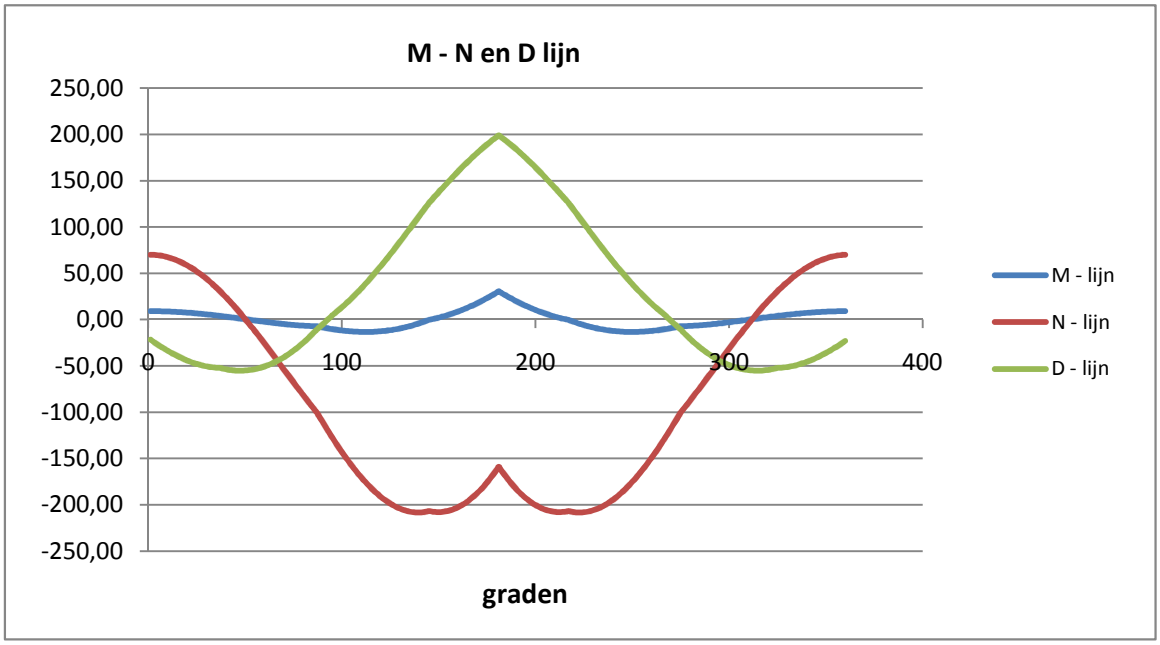
$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 99621713 mm^4



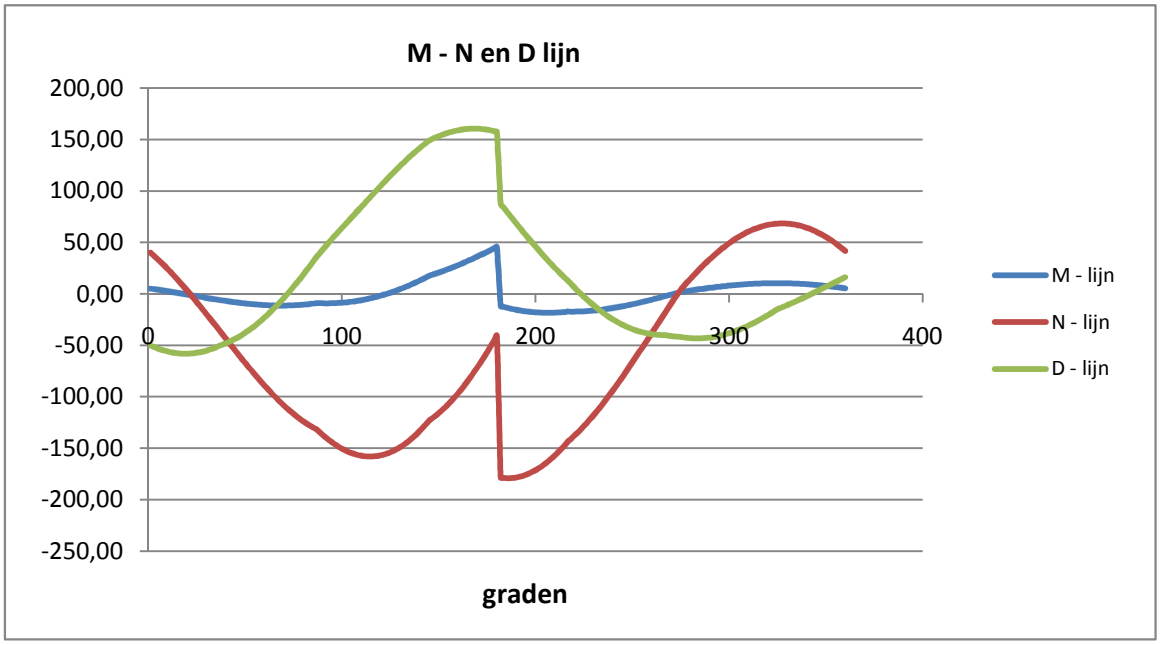
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

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



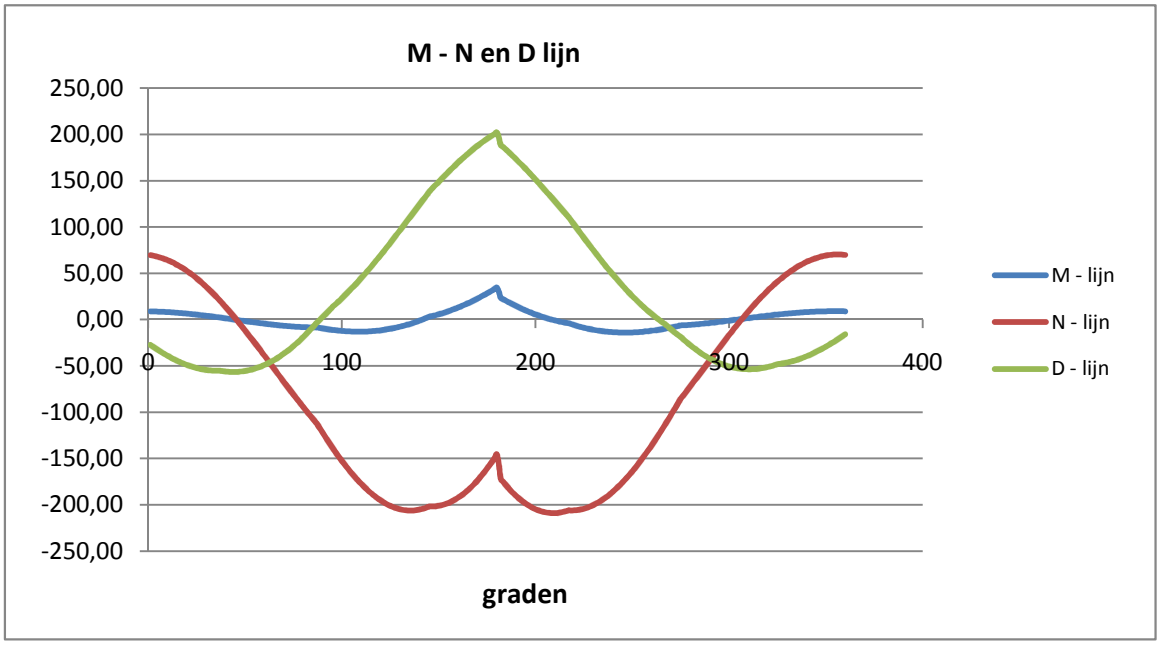
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

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



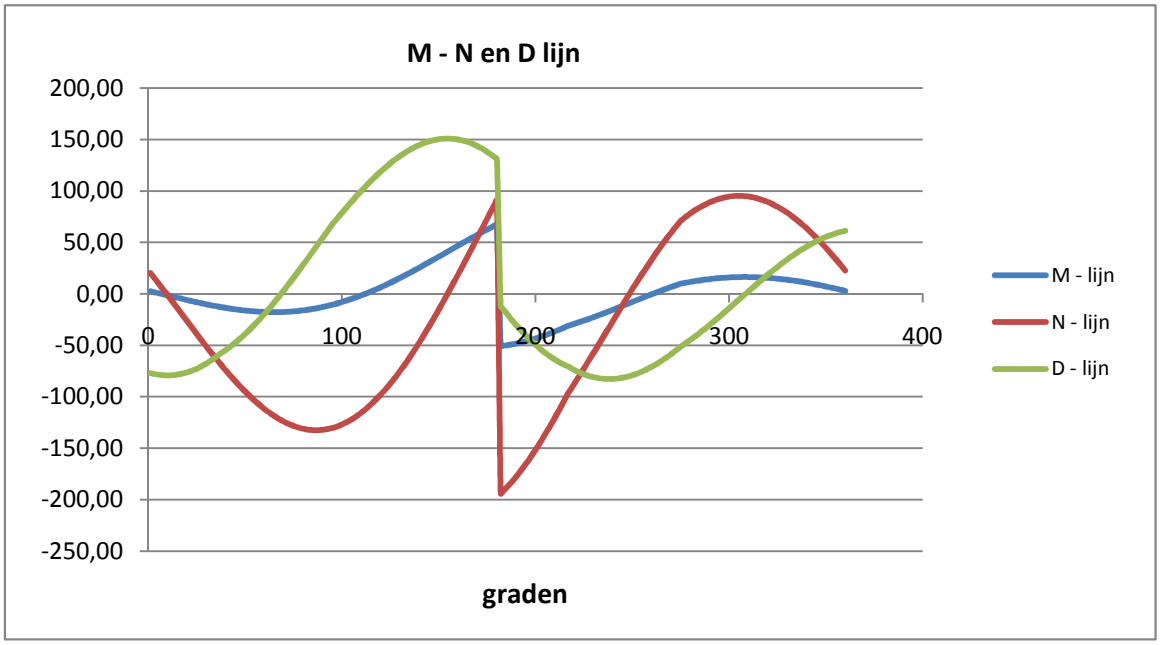
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

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



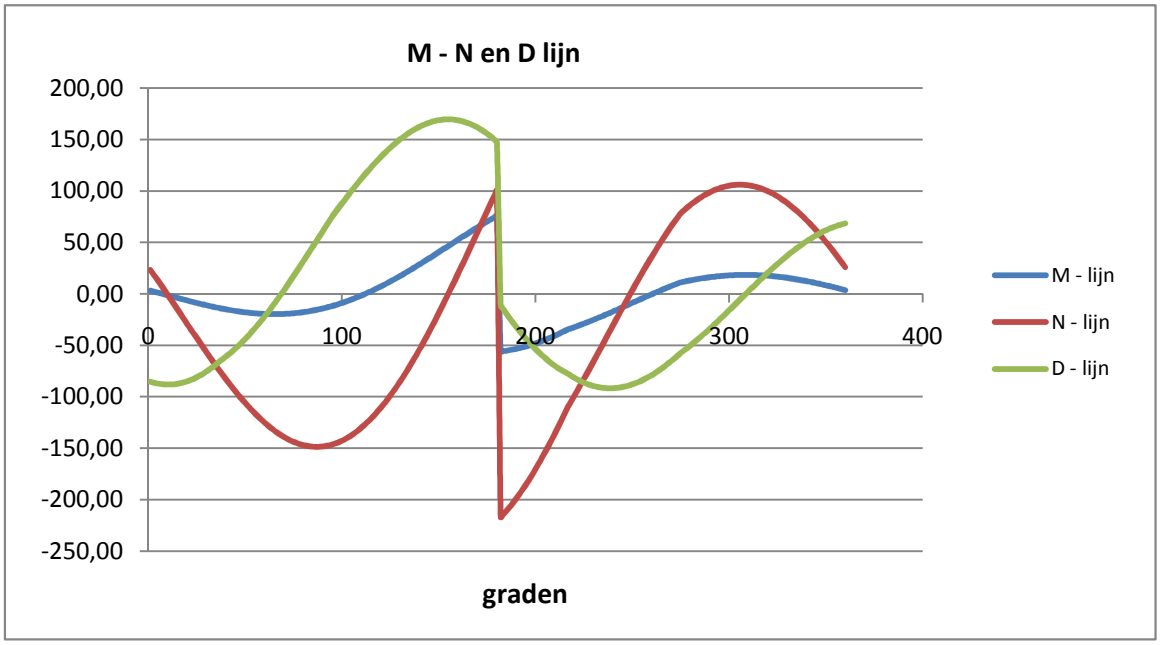
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

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



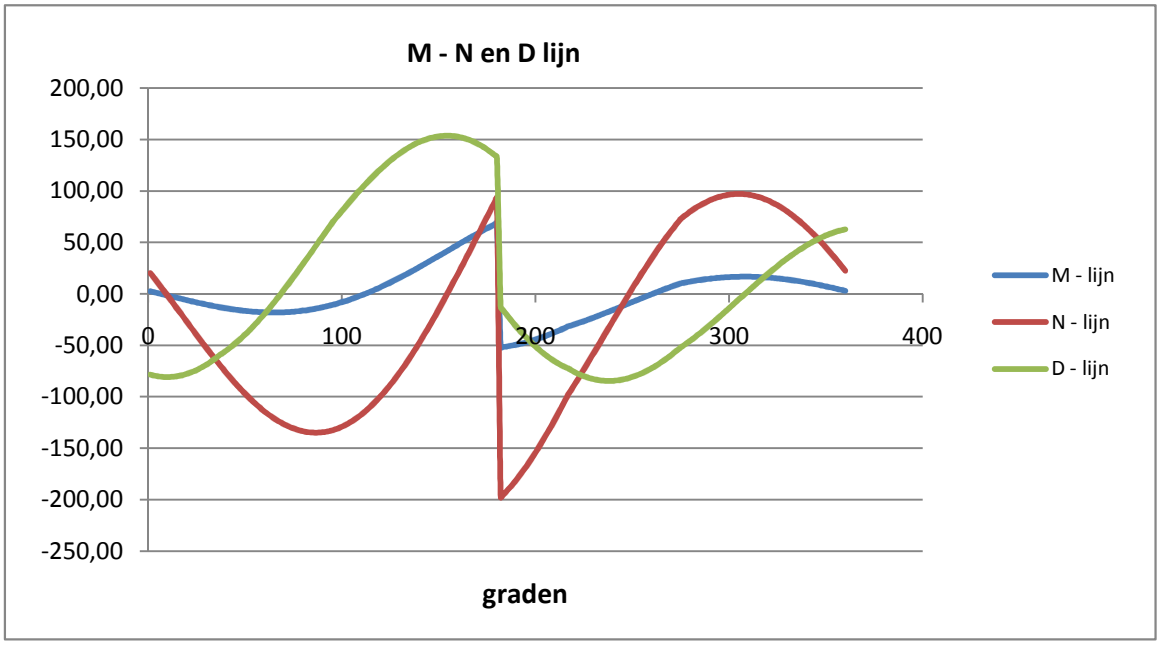
Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

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



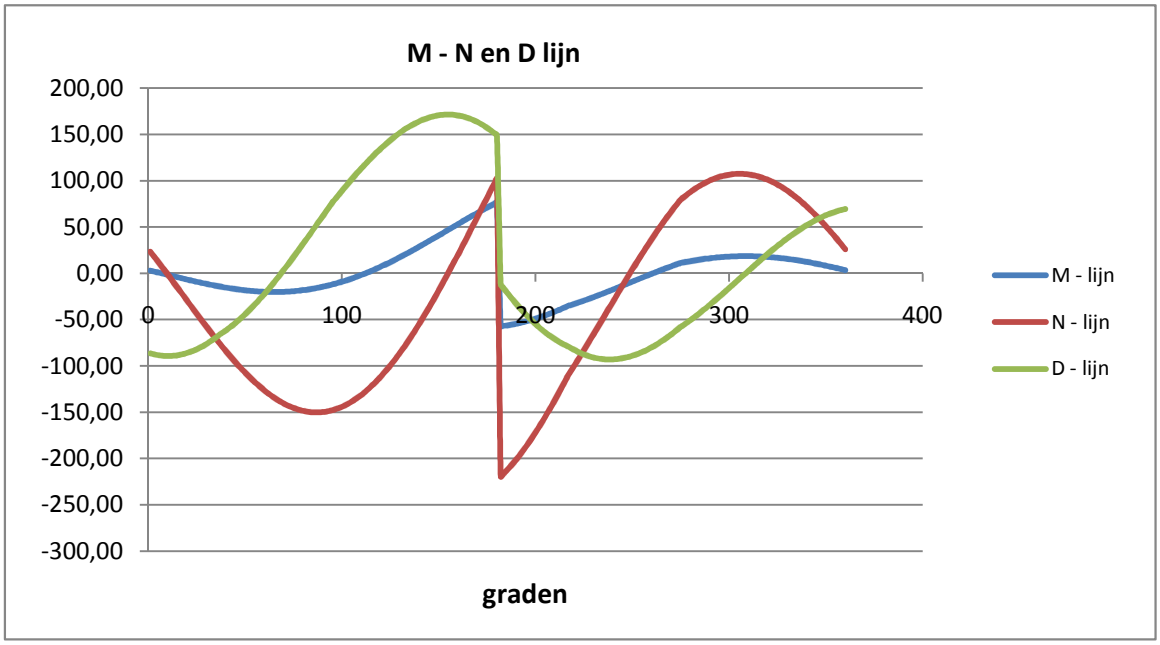
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 45 gr

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

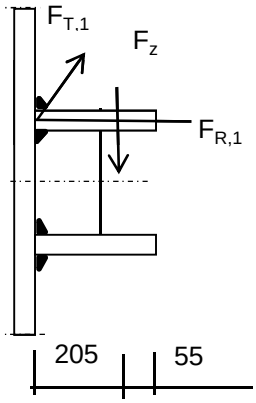
$\sigma_b + \sigma_N$ = 152,8 + 8,0 = 160,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

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

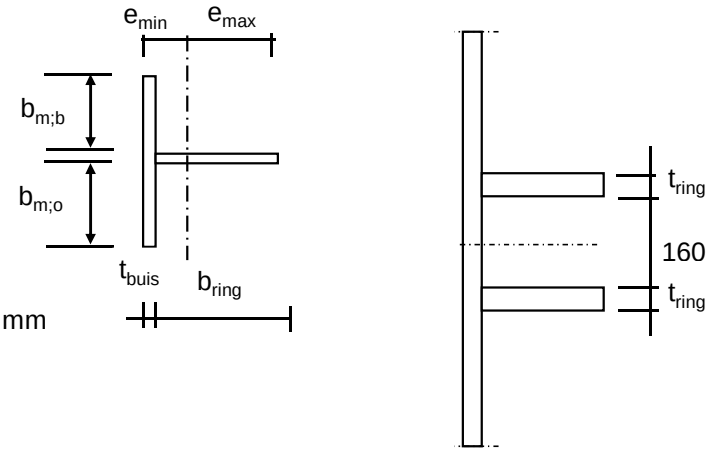
9.2.2 - Afspanpunt trekisolatoren op 40,5 meter hoogte

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

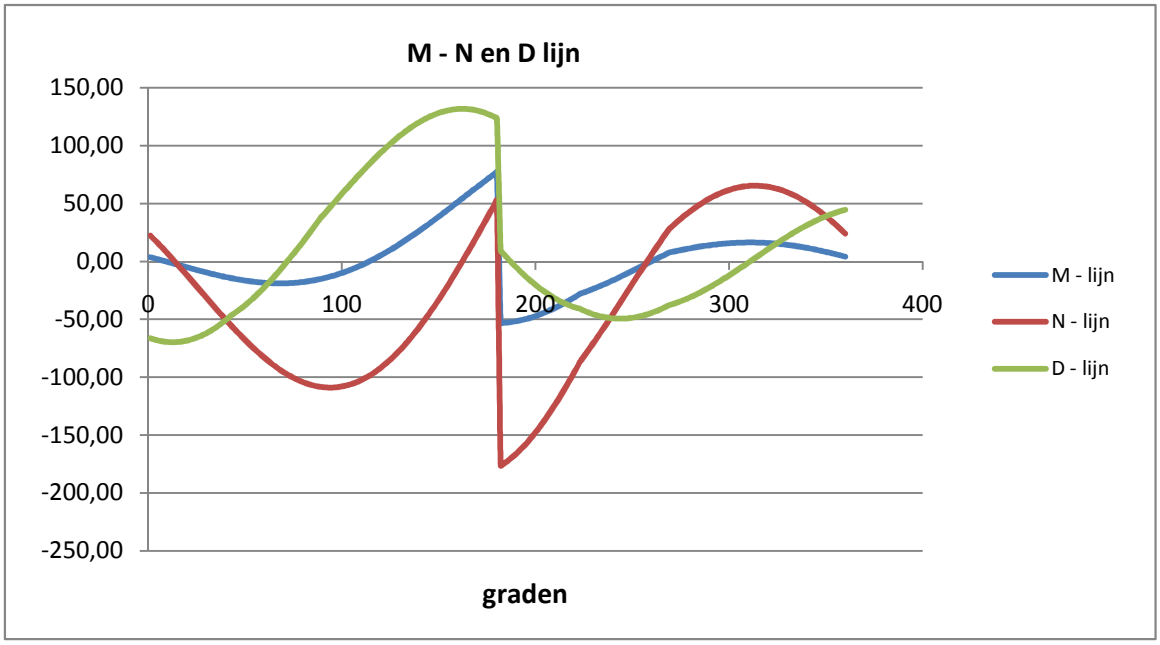
Maatgevend belastinggeval :Belastinggeval : Bundelbreuk 45 gr + ijs

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

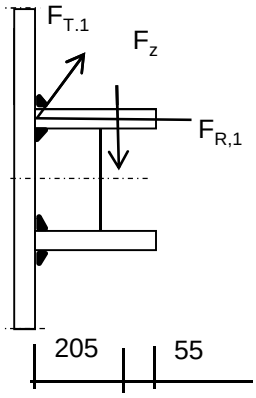
$\sigma_b + \sigma_N$ = 149,3 + 3,8 = 153,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

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

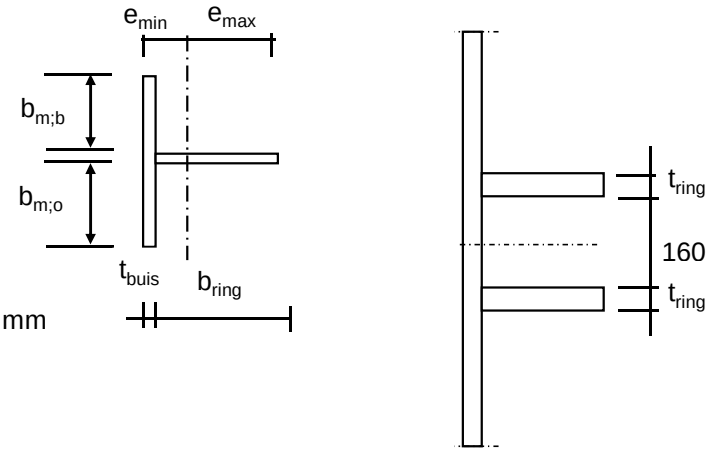
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 186,1 / 302,2 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 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

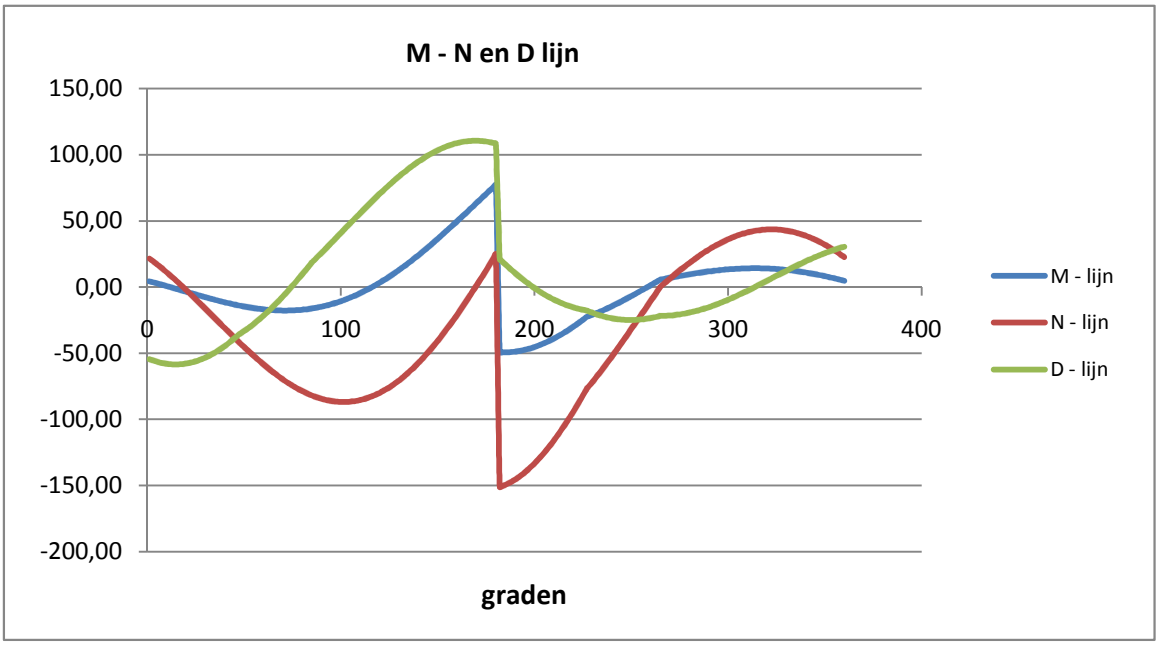
Maatgevend belastinggeval :Belastinggeval : Bundelbreuk 45 gr + ijs

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

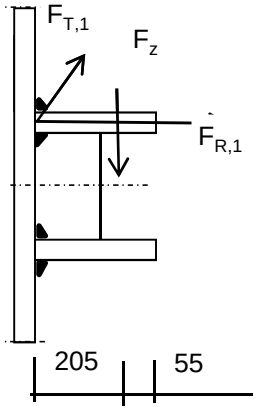
$\sigma_b + \sigma_N$ = 139,4 + 1,4 = 140,8 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

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)

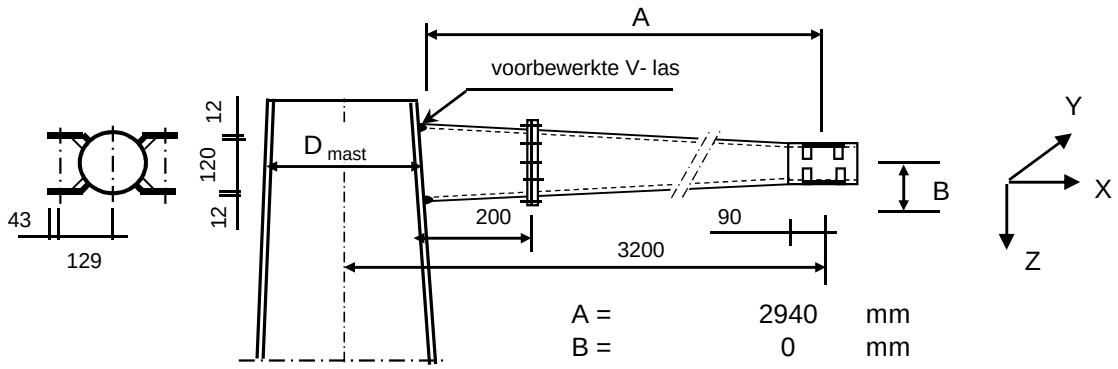
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ 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

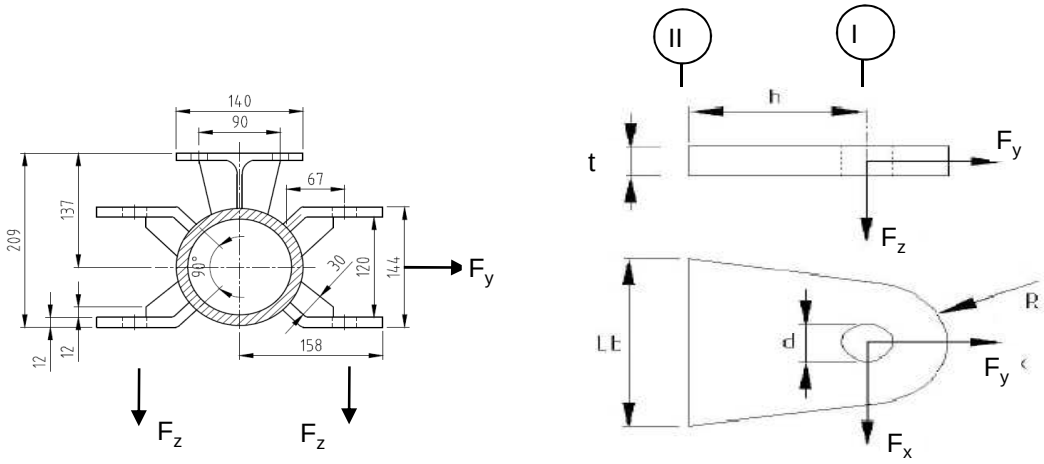
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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**

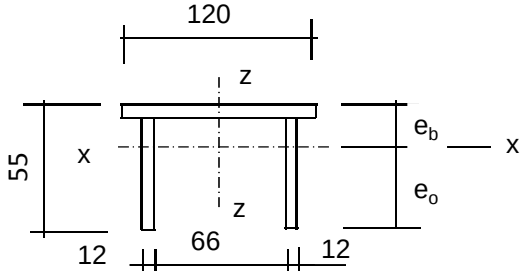
Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

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

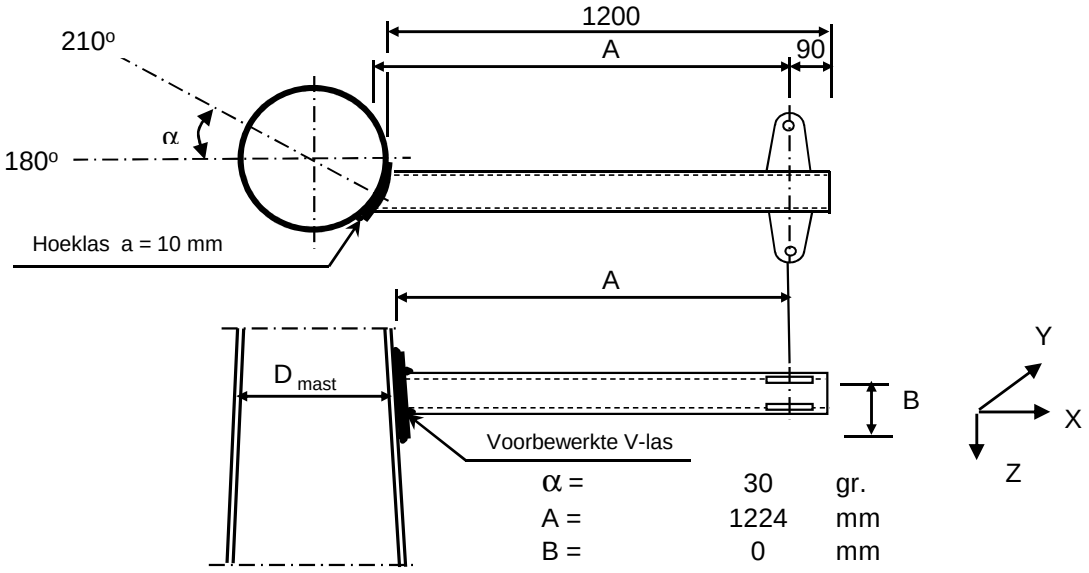
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	161,0	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	167,3	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	254,2	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

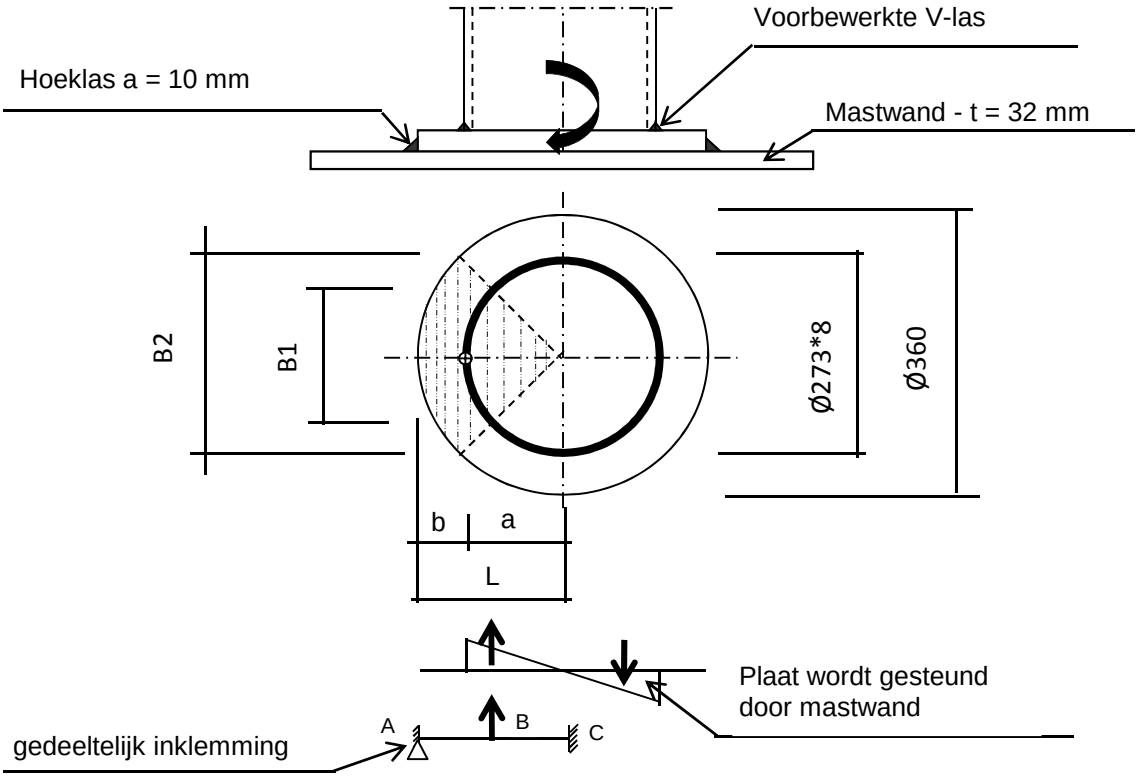
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

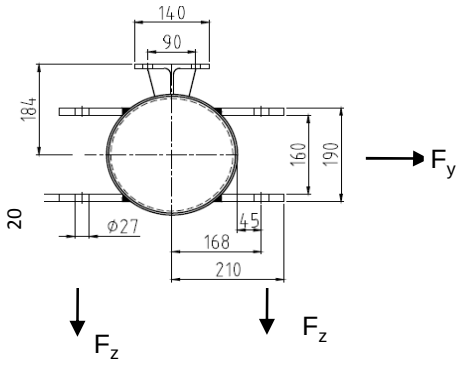
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

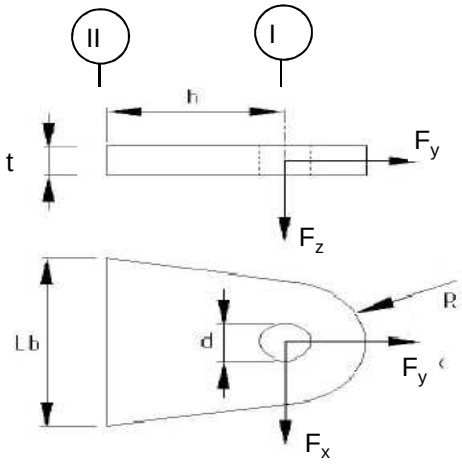
$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))

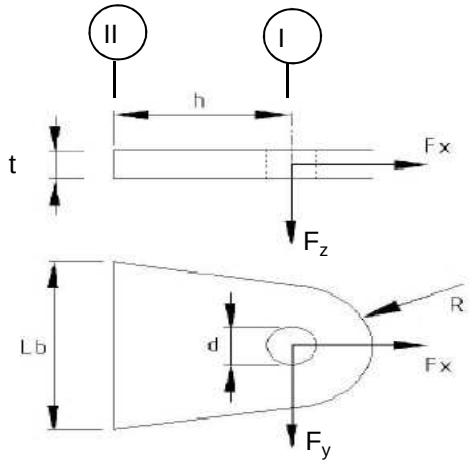
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

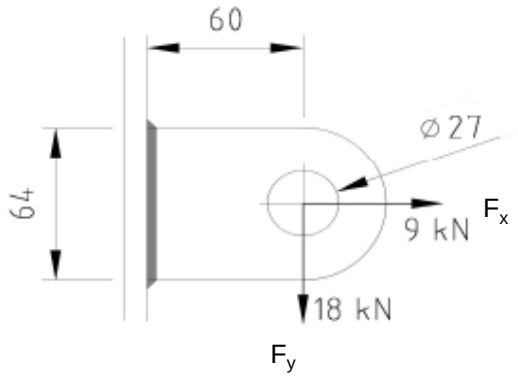
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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

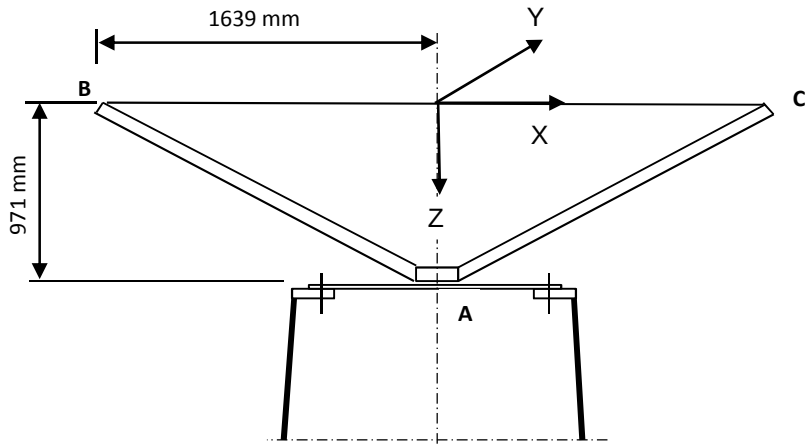
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

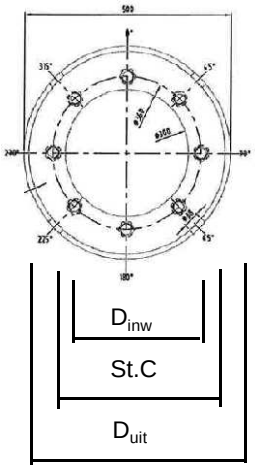
Afstand aangrijpingspunt tot as =	1639	mm
Hoogte aangrijpingspunt boven ring =	971	mm
Verticale belasting $F_{z,Ed}$ =	35	kN
Horizontale belasting $F_{x,Ed} = F_{y,Ed}$ =	15	kN

	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

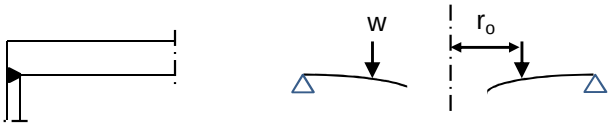
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

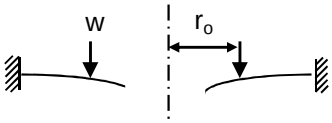
maatgevend belastinggeval : BG2.

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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

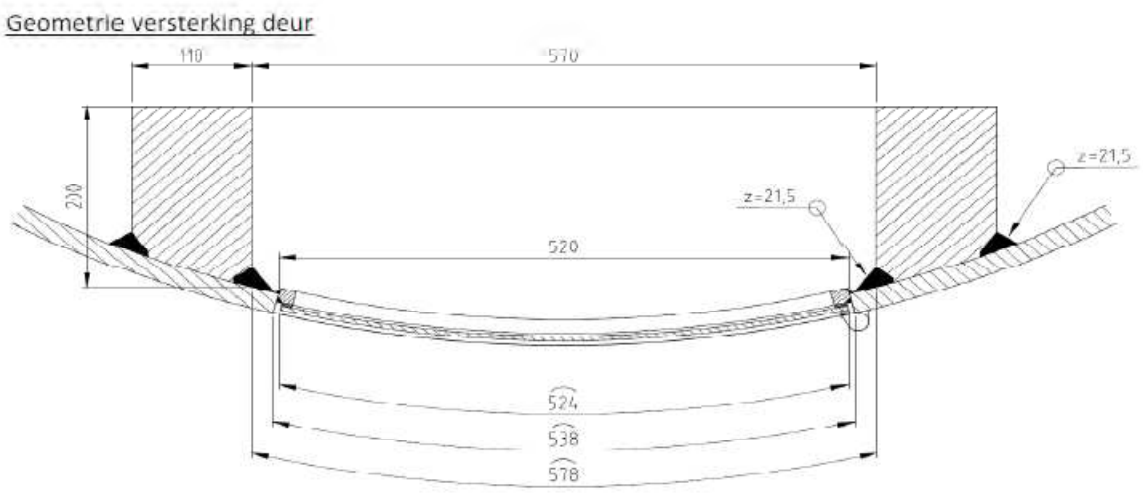
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

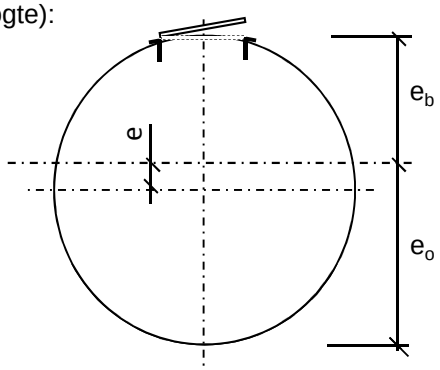
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

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 :	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

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W4H400ZA(+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	
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(+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 AK, AK1 en AK2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4H400ZA(+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 W4H400ZA(+5) zijn de bijlage AK en AK1 (berekening maststerkte) en bijlage AK2 (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 W4H400ZA(+5) zijn de bijlage AK en AK1 (berekening maststerkte) en bijlage AK2 (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(+5)"

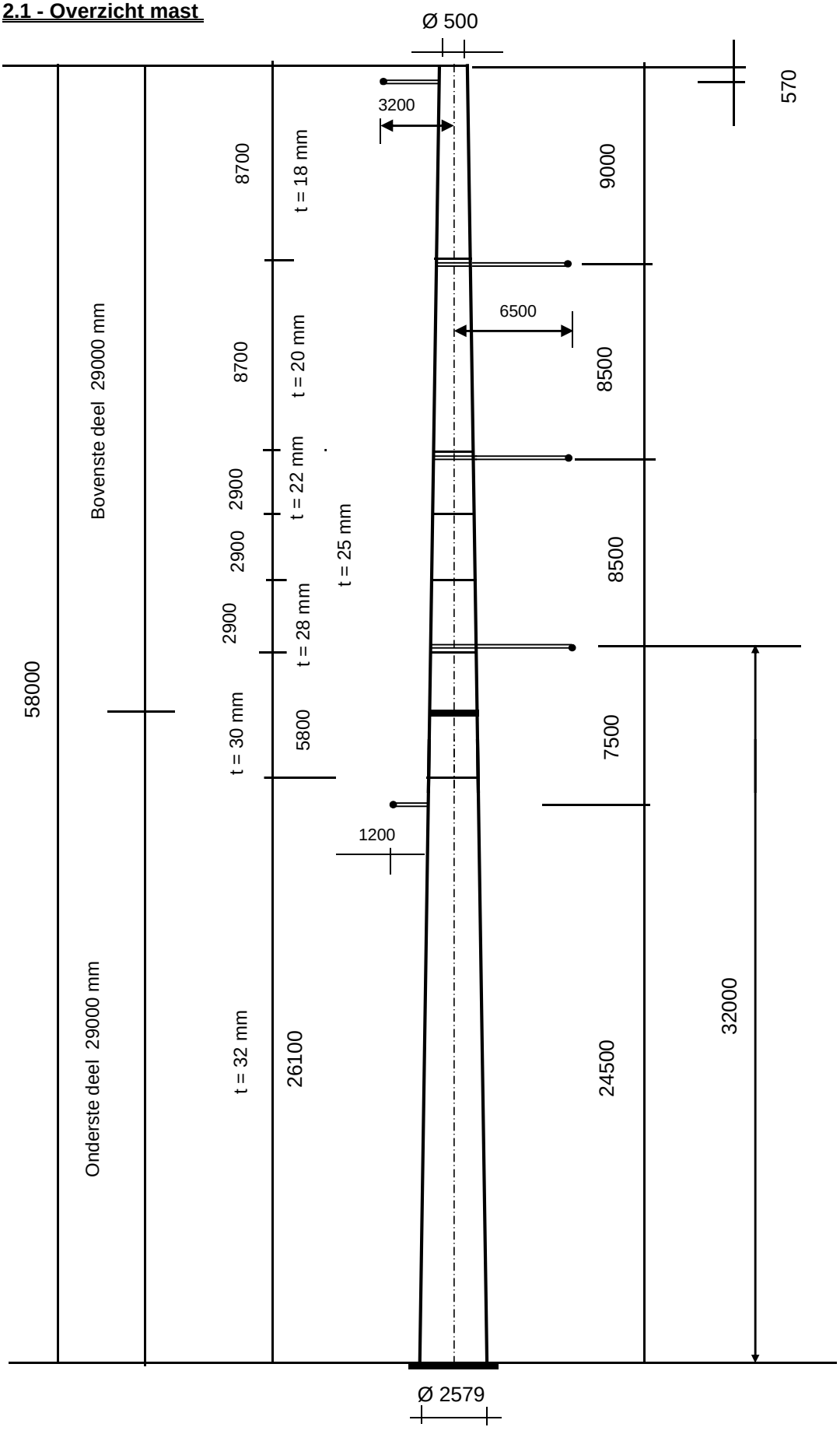
Berekening

W4H400ZA+5 (Afstap 150kV)

58,0 m - 2579 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4H400ZA(+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	1643	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	1695	32,0	167226	1312,72	5,79E+10	588,22	6,83E+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	1,67E+05	5,79E+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	1,97E-02	658,30
2	2 -- 3	5978	3712	5,44	0,61	1,97E-02	647,08
3	3 -- 4	8647		11,42	20,25	1,96E-02	601,25
4	4 -- 5	9985		20,07	65,91	1,93E-02	544,76
5	5 -- 6	1225		30,05	138,59	1,88E-02	489,41
6	6 -- 7	11280	35442	66,72	147,79	1,88E-02	483,77
7	7 -- 8	13992		78,00	335,93	1,82E-02	435,66
8	8 -- 9	15479		91,99	582,42	1,72E-02	384,26
9	9 -- 10	614		107,47	871,64	1,61E-02	335,83
10	10 -- 11	17973	36417	144,50	882,42	1,61E-02	334,22
11	11 -- 12	11201		162,48	1312,19	1,50E-02	290,62
12	12 -- 13	11666		173,68	1555,90	1,44E-02	269,26
13	13 -- 14	26595		185,34	1816,19	1,39E-02	248,71
14	14 -- 15	986	37392	249,33	2372,38	1,29E-02	211,21
15	15 -- 16	31707		250,32	2397,36	1,28E-02	209,92
16	16 -- 17	33937	21478	303,50	3169,25	1,18E-02	174,18
17	17 -- 18	20949		337,44	4098,61	1,07E-02	141,58
18	18 -- 19	17260	7698	366,08	4655,27	1,01E-02	125,00
19	19 -- 20	20144		383,34	5142,40	9,53E-03	112,25
20	20 -- 21	20739		403,49	5712,85	8,97E-03	98,83
21	21 -- 22	43262		424,23	6312,94	8,40E-03	86,23
22	22 -- 23	45641		467,49	7605,93	7,23E-03	63,52
23	23 -- 24	48020		513,13	9027,83	6,05E-03	44,21
24	24 -- 25	50399		561,15	10585,54	4,85E-03	28,36
25	25 -- 26	52778		611,55	12285,95	3,65E-03	15,99
26	26 -- 27	55157		664,33	14135,97	2,43E-03	7,14
27	27 -- 28	57536		719,48	16142,49	1,22E-03	1,80
28			55175	832,19	18312,42	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	0,658	1110,50	74,033
2	2 -- 3	597,8	371,2	0,647	6016,89	388,330
3	3 -- 4	864,7		0,601	4860,76	283,919
4	4 -- 5	998,5		0,545	5065,17	266,984
5	5 -- 6	122,5		0,489	584,58	28,996
6	6 -- 7	1128,0	3544,2	0,484	21907,17	1067,851
7	7 -- 8	1399,2		0,436	5627,09	235,158
8	8 -- 9	1547,9		0,384	5467,09	200,652
9	9 -- 10	61,4		0,336	201,70	6,888
10	10 -- 11	1797,3	3641,7	0,334	17448,51	582,213
11	11 -- 12	1120,1		0,291	3076,09	87,780
12	12 -- 13	1166,6		0,269	2963,92	78,249
13	13 -- 14	2659,5		0,249	5999,54	140,637
14	14 -- 15	98,6	3739,2	0,211	7950,96	171,168
15	15 -- 16	3170,7		0,210	5973,62	116,945
16	16 -- 17	3393,7	2147,8	0,174	8926,05	149,751
17	17 -- 18	2094,9		0,142	2739,23	37,218
18	18 -- 19	1726,0	769,8	0,125	2952,50	36,315
19	19 -- 20	2014,4		0,112	2085,66	22,439
20	20 -- 21	2073,9		0,099	1882,53	17,757
21	21 -- 22	4326,2		0,086	3177,63	24,253
22	22 -- 23	4564,1		0,064	2411,57	13,241
23	23 -- 24	4802,0		0,044	1709,14	6,321
24	24 -- 25	5039,9		0,028	1096,29	2,478
25	25 -- 26	5277,8		0,016	598,71	0,706
26	26 -- 27	5515,7		0,007	241,83	0,110
27	27 -- 28	5753,6		0,002	50,88	0,005
28			5517,5	0,000	0,00	0,000
				Som	122126	4040

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

$n_{1,x}$	=	0,88	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	535,08	0,57
2 -- 3	257	0,948	2,330	2,09	537,41	2,21
3 -- 4	298	0,870	2,900	2,20	655,15	2,52
4 -- 5	344	0,785	2,900	1,79	616,07	2,28
5 -- 6	12222	0,739	0,300	0,16	2003,28	0,22
6 -- 7	434	0,698	2,600	1,27	550,10	1,82
7 -- 8	482	0,623	2,900	1,12	542,64	1,81
8 -- 9	534	0,547	2,900	0,87	463,01	1,59
9 -- 10	37031	0,509	0,100	0,03	959,10	0,05
10 -- 11	642	0,475	2,800	0,63	404,80	1,33
11 -- 12	773	0,425	1,450	0,26	202,55	0,62
12 -- 13	805	0,393	1,450	0,22	180,56	0,57
13 -- 14	2285	0,349	2,800	0,34	780,80	0,98
14 -- 15	986	0,320	0,100	0,01	10,08	0,03
15 -- 16	1834	0,292	2,900	0,25	452,65	0,85
16 -- 17	1170	0,240	2,900	0,17	195,20	0,70
17 -- 18	1790	0,202	1,600	0,07	117,44	0,32
18 -- 19	1328	0,180	1,300	0,04	56,05	0,23
19 -- 20	1389	0,160	1,450	0,04	51,78	0,23
20 -- 21	1430	0,141	1,450	0,03	40,97	0,20
21 -- 22	1492	0,114	2,900	0,04	55,96	0,33
22 -- 23	1574	0,082	2,900	0,02	30,55	0,24
23 -- 24	1656	0,055	2,900	0,01	14,59	0,16
24 -- 25	1738	0,034	2,900	0,00	5,72	0,10
25 -- 26	1820	0,018	2,900	0,00	1,63	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	12,22	9463,46	20,02

m_e = 9463,5 / 12,2 = 774,6 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,88	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)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,050	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,062	
$v_m(z_s)$ =	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,92	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,53	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,01	
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 =	0,79	
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

$c_s c_d$ = 1,12

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	4,80E+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 - AK, AK1 en AK2		
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	409	0,718
2	5629	350	5978	0,843	0,280	1785	0,766
3	8212	435	8647	1,222	0,348	2466	0,850
4	9550	435	9985	1,412	0,348	2726	0,940
5	1180	45	1225	0,157	0,036	296	0,988
6	10890	390	11280	1,446	0,312	2679	1,030
7	13557	435	13992	1,793	0,348	3212	1,108
8	15044	435	15479	1,983	0,348	3435	1,184
9	599	15	614	0,072	0,012	122	1,222
10	17553	420	17973	2,100	0,336	3521	1,257
11	10984	218	11201	1,157	0,174	1894	1,306
12	11448	218	11666	1,204	0,174	1940	1,338
13	26175	420	26595	2,458	0,336	3867	1,381
14	971	15	986	0,091	0,012	141	1,408
15	31272	435	31707	2,737	0,348	4160	1,434
16	33502	435	33937	2,924	0,348	4288	1,479
17	20709	240	20949	1,693	0,192	2410	1,506
18	17065	195	17260	1,393	0,156	1948	1,498
19	19927	218	20144	1,624	0,174	2221	1,532
20	20521	218	20739	1,670	0,174	2233	1,540
21	42827	435	43262	3,478	0,348	4482	1,545
22	45206	435	45641	3,661	0,348	4457	1,537
23	47585	435	48020	3,840	0,348	4365	1,505
24	49964	435	50399	4,016	0,348	4178	1,441
25	52343	435	52778	4,185	0,348	3846	1,326
26	54722	435	55157	4,338	0,348	3246	1,119
27	57101	435	57536	4,518	0,348	3251	1,121
	625780	8700	634480	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	73576

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	4457	18494	2227	3798
3	3 -- 4	3578				
4	4 -- 5	4132				
5	5 -- 6	4899				
6	6 -- 7	5206	42548	70274	25478	28923
7	7 -- 8	5790				
8	8 -- 9	6405				
9	9 -- 10	7364				
10	10 -- 11	7703	43717	71444	26649	30095
11	11 -- 12	9270				
12	12 -- 13	9655				
13	13 -- 14	11398				
14	14 -- 15	11828	44885	72615	27820	31266
15	15 -- 16	13120				
16	16 -- 17	14043	25773	25773	25773	25773
17	17 -- 18	15712				
18	18 -- 19	15933	9241	37359	4618	7764
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 AK / AK1- 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	718				
2	2 -- 3	766	10229	3250	12217	3364
3	3 -- 4	850				
4	4 -- 5	940				
5	5 -- 6	988				
6	6 -- 7	1030	110140	60010	95361	58585
7	7 -- 8	1108				
8	8 -- 9	1184				
9	9 -- 10	1222				
10	10 -- 11	1257	104589	59209	92905	57822
11	11 -- 12	1306				
12	12 -- 13	1338				
13	13 -- 14	1381				
14	14 -- 15	1408	97721	58232	89909	56888
15	15 -- 16	1434				
16	16 -- 17	1479				
17	17 -- 18	1506				
18	18 -- 19	1498	14961	5584	19395	5855
19	19 -- 20	1532				
20	20 -- 21	1540				
21	21 -- 22	1545				
22	22 -- 23	1537				
23	23 -- 24	1505				
24	24 -- 25	1441				
25	25 -- 26	1326				
26	26 -- 27	1119				
27	27 -- 28	1121				
28						

KEMA rapport - bijlage AK2 - 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	1226	14876	17430	29148	44229
3	3 -- 4	1361				
4	4 -- 5	1504				
5	5 -- 6	1581				
6	6 -- 7	1648	152030	125287	240224	259231
7	7 -- 8	1772				
8	8 -- 9	1895				
9	9 -- 10	1955				
10	10 -- 11	2012	143840	121586	233860	254650
11	11 -- 12	2090				
12	12 -- 13	2140				
13	13 -- 14	2209				
14	14 -- 15	2253	133654	117065	226226	249236
15	15 -- 16	2295				
16	16 -- 17	2366				
17	17 -- 18	2410				
18	18 -- 19	2397	21551	27311	50820	77812
19	19 -- 20	2451				
20	20 -- 21	2464				
21	21 -- 22	2473				
22	22 -- 23	2459				
23	23 -- 24	2408				
24	24 -- 25	2305				
25	25 -- 26	2122				
26	26 -- 27	1791				
27	27 -- 28	1794				
28						

KEMA rapport - bijlage AK / AK1 - 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	2,65E-03	82
2	2 -- 3	1785		409	1,25E+05	2,65E-03	81
3	3 -- 4	2466		2195	3,23E+06	2,63E-03	75
4	4 -- 5	2726		4661	1,33E+07	2,58E-03	67
5	5 -- 6	296		7387	3,10E+07	2,47E-03	60
6	6 -- 7	2679		7684	3,33E+07	2,46E-03	59
7	7 -- 8	3212		10362	5,73E+07	2,35E-03	53
8	8 -- 9	3435		13574	9,26E+07	2,20E-03	46
9	9 -- 10	122		17009	1,38E+08	2,02E-03	40
10	10 -- 11	3521		17131	1,39E+08	2,02E-03	40
11	11 -- 12	1894		20652	1,93E+08	1,85E-03	34
12	12 -- 13	1940		22546	2,25E+08	1,77E-03	32
13	13 -- 14	3867		24486	2,59E+08	1,69E-03	29
14	14 -- 15	141		28352	3,34E+08	1,55E-03	25
15	15 -- 16	4160		28493	3,37E+08	1,54E-03	24
16	16 -- 17	4288		32653	4,27E+08	1,40E-03	20
17	17 -- 18	2410		36940	5,30E+08	1,25E-03	16
18	18 -- 19	1948		39351	5,91E+08	1,18E-03	14
19	19 -- 20	2221		41298	6,44E+08	1,11E-03	13
20	20 -- 21	2233		43519	7,06E+08	1,04E-03	11
21	21 -- 22	4482		45752	7,72E+08	9,70E-04	10
22	22 -- 23	4457		50234	9,12E+08	8,29E-04	7
23	23 -- 24	4365		54690	1,07E+09	6,88E-04	5
24	24 -- 25	4178		59055	1,23E+09	5,48E-04	3
25	25 -- 26	3846		63233	1,41E+09	4,09E-04	2
26	26 -- 27	3246		67079	1,60E+09	2,71E-04	1
27	27 -- 28	3251		70325	1,80E+09	1,35E-04	0
28				73576	2,01E+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	2,14E-02	679
2	2 -- 3		10229	10229	6,57E+04	2,14E-02	666
3	3 -- 4			10229	2,45E+07	2,13E-02	617
4	4 -- 5			10229	5,53E+07	2,10E-02	555
5	5 -- 6			10229	8,68E+07	2,07E-02	495
6	6 -- 7		110140	120369	9,03E+07	2,06E-02	488
7	7 -- 8			120369	4,07E+08	2,00E-02	435
8	8 -- 9			120369	7,62E+08	1,88E-02	379
9	9 -- 10			120369	1,12E+09	1,74E-02	326
10	10 -- 11		104589	224958	1,13E+09	1,74E-02	325
11	11 -- 12			224958	1,77E+09	1,59E-02	278
12	12 -- 13			224958	2,10E+09	1,52E-02	255
13	13 -- 14			224958	2,43E+09	1,44E-02	234
14	14 -- 15		97721	322679	3,07E+09	1,31E-02	195
15	15 -- 16			322679	3,10E+09	1,30E-02	194
16	16 -- 17			322679	4,04E+09	1,17E-02	158
17	17 -- 18			322679	4,99E+09	1,03E-02	126
18	18 -- 19		14961	337640	5,51E+09	9,58E-03	110
19	19 -- 20			337640	5,96E+09	8,96E-03	98
20	20 -- 21			337640	6,45E+09	8,32E-03	86
21	21 -- 22			337640	6,95E+09	7,68E-03	74
22	22 -- 23			337640	7,93E+09	6,43E-03	53
23	23 -- 24			337640	8,92E+09	5,23E-03	37
24	24 -- 25			337640	9,91E+09	4,08E-03	23
25	25 -- 26			337640	1,09E+10	2,98E-03	13
26	26 -- 27			337640	1,19E+10	1,94E-03	6
27	27 -- 28			337640	1,29E+10	9,44E-04	1
28	28 -- 29			337640	1,38E+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	1,12E-02	365
2	2 -- 3		3250	3250	3,44E+04	1,12E-02	359
3	3 -- 4			3250	7,90E+06	1,12E-02	333
4	4 -- 5			3250	1,80E+07	1,11E-02	300
5	5 -- 6			3250	2,83E+07	1,10E-02	268
6	6 -- 7		60010	63259	2,95E+07	1,10E-02	265
7	7 -- 8			63259	1,96E+08	1,07E-02	237
8	8 -- 9			63259	3,82E+08	1,01E-02	206
9	9 -- 10			63259	5,69E+08	9,39E-03	178
10	10 -- 11		59209	122469	5,75E+08	9,37E-03	177
11	11 -- 12			122469	9,22E+08	8,62E-03	152
12	12 -- 13			122469	1,10E+09	8,24E-03	139
13	13 -- 14			122469	1,28E+09	7,84E-03	128
14	14 -- 15		58232	180701	1,63E+09	7,13E-03	107
15	15 -- 16			180701	1,65E+09	7,10E-03	106
16	16 -- 17			180701	2,18E+09	6,38E-03	87
17	17 -- 18			180701	2,71E+09	5,63E-03	69
18	18 -- 19		5584	186285	3,00E+09	5,24E-03	60
19	19 -- 20			186285	3,24E+09	4,90E-03	54
20	20 -- 21			186285	3,52E+09	4,55E-03	47
21	21 -- 22			186285	3,79E+09	4,20E-03	41
22	22 -- 23			186285	4,34E+09	3,52E-03	29
23	23 -- 24			186285	4,88E+09	2,87E-03	20
24	24 -- 25			186285	5,43E+09	2,24E-03	13
25	25 -- 26			186285	5,97E+09	1,64E-03	7
26	26 -- 27			186285	6,51E+09	1,06E-03	3
27	27 -- 28			186285	7,05E+09	5,18E-04	1
28				186285	7,59E+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	1,97E-02	617
2	2 -- 3		12217	12217	6,05E+04	1,97E-02	606
3	3 -- 4			12217	2,90E+07	1,96E-02	560
4	4 -- 5			12217	6,56E+07	1,93E-02	504
5	5 -- 6			12217	1,03E+08	1,89E-02	449
6	6 -- 7		95361	107578	1,07E+08	1,88E-02	443
7	7 -- 8			107578	3,90E+08	1,82E-02	395
8	8 -- 9			107578	7,07E+08	1,71E-02	343
9	9 -- 10			107578	1,02E+09	1,58E-02	296
10	10 -- 11		92905	200483	1,03E+09	1,57E-02	294
11	11 -- 12			200483	1,60E+09	1,44E-02	252
12	12 -- 13			200483	1,90E+09	1,37E-02	232
13	13 -- 14			200483	2,19E+09	1,30E-02	212
14	14 -- 15		89909	290392	2,76E+09	1,18E-02	177
15	15 -- 16			290392	2,79E+09	1,18E-02	176
16	16 -- 17			290392	3,64E+09	1,06E-02	143
17	17 -- 18			290392	4,49E+09	9,33E-03	115
18	18 -- 19		19395	309787	4,96E+09	8,68E-03	100
19	19 -- 20			309787	5,37E+09	8,13E-03	89
20	20 -- 21			309787	5,82E+09	7,55E-03	78
21	21 -- 22			309787	6,28E+09	6,97E-03	67
22	22 -- 23			309787	7,19E+09	5,84E-03	49
23	23 -- 24			309787	8,09E+09	4,76E-03	33
24	24 -- 25			309787	9,00E+09	3,71E-03	21
25	25 -- 26			309787	9,90E+09	2,71E-03	12
26	26 -- 27			309787	1,08E+10	1,76E-03	5
27	27 -- 28			309787	1,17E+10	8,60E-04	1
28				309787	1,26E+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	1,10E-02	358
2	2 -- 3		3364	3364	3,38E+04	1,10E-02	351
3	3 -- 4			3364	8,16E+06	1,10E-02	326
4	4 -- 5			3364	1,85E+07	1,09E-02	294
5	5 -- 6			3364	2,92E+07	1,08E-02	263
6	6 -- 7		58585	61949	3,05E+07	1,08E-02	259
7	7 -- 8			61949	1,94E+08	1,05E-02	232
8	8 -- 9			61949	3,76E+08	9,90E-03	202
9	9 -- 10			61949	5,59E+08	9,20E-03	174
10	10 -- 11		57822	119771	5,65E+08	9,17E-03	173
11	11 -- 12			119771	9,04E+08	8,44E-03	149
12	12 -- 13			119771	1,08E+09	8,06E-03	137
13	13 -- 14			119771	1,26E+09	7,67E-03	125
14	14 -- 15		56888	176659	1,60E+09	6,98E-03	105
15	15 -- 16			176659	1,61E+09	6,95E-03	104
16	16 -- 17			176659	2,13E+09	6,25E-03	85
17	17 -- 18			176659	2,65E+09	5,51E-03	68
18	18 -- 19		5855	182514	2,94E+09	5,13E-03	59
19	19 -- 20			182514	3,18E+09	4,80E-03	53
20	20 -- 21			182514	3,44E+09	4,46E-03	46
21	21 -- 22			182514	3,71E+09	4,12E-03	40
22	22 -- 23			182514	4,24E+09	3,45E-03	29
23	23 -- 24			182514	4,78E+09	2,81E-03	20
24	24 -- 25			182514	5,31E+09	2,19E-03	12
25	25 -- 26			182514	5,84E+09	1,60E-03	7
26	26 -- 27			182514	6,38E+09	1,04E-03	3
27	27 -- 28			182514	6,91E+09	5,07E-04	1
28				182514	7,44E+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	4,29E-04	9
2	2 -- 3				2,82E+06	4,29E-04	9
3	3 -- 4				2,82E+06	4,02E-04	8
4	4 -- 5				2,82E+06	3,81E-04	7
5	5 -- 6				2,82E+06	3,67E-04	6
6	6 -- 7				2,24E+07	3,66E-04	6
7	7 -- 8				2,24E+07	3,09E-04	5
8	8 -- 9				2,24E+07	2,62E-04	4
9	9 -- 10				2,24E+07	2,29E-04	3
10	10 -- 11				4,19E+07	2,28E-04	3
11	11 -- 12				4,19E+07	1,86E-04	3
12	12 -- 13				4,19E+07	1,70E-04	2
13	13 -- 14				4,19E+07	1,56E-04	2
14	14 -- 15				6,14E+07	1,36E-04	2
15	15 -- 16				6,14E+07	1,35E-04	2
16	16 -- 17				6,14E+07	1,11E-04	1
17	17 -- 18				6,14E+07	9,24E-05	1
18	18 -- 19				7,72E+07	8,39E-05	1
19	19 -- 20				7,72E+07	7,57E-05	1
20	20 -- 21				7,72E+07	6,77E-05	1
21	21 -- 22				7,72E+07	6,03E-05	1
22	22 -- 23				7,72E+07	4,74E-05	0
23	23 -- 24				7,72E+07	3,64E-05	0
24	24 -- 25				7,72E+07	2,69E-05	0
25	25 -- 26				7,72E+07	1,88E-05	0
26	26 -- 27				7,72E+07	1,17E-05	0
27	27 -- 28				7,72E+07	5,46E-06	0
28					7,72E+07	0,00E+00	0

4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

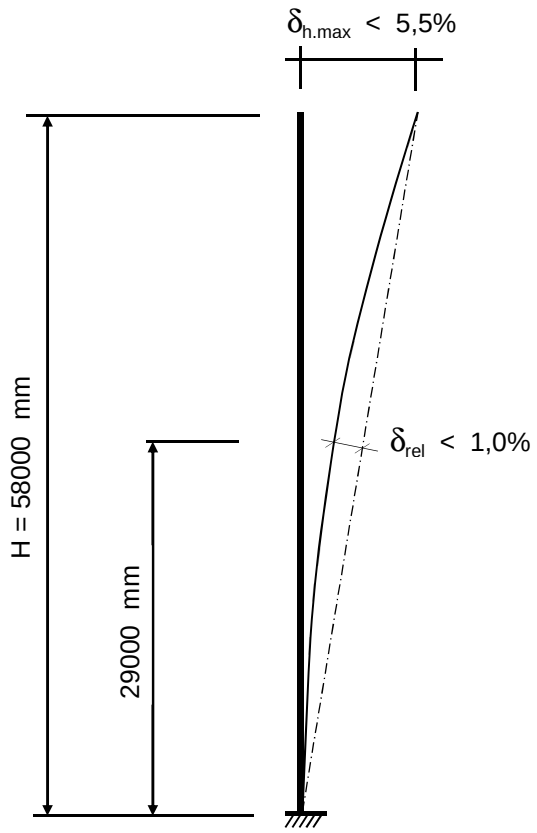
Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:)*

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	2,5E-02	770
2	2 -- 3	2,5E-02	756
3	3 -- 4	2,4E-02	699
4	4 -- 5	2,4E-02	629
5	5 -- 6	2,4E-02	560
6	6 -- 7	2,3E-02	553
7	7 -- 8	2,3E-02	493
8	8 -- 9	2,1E-02	429
9	9 -- 10	2,0E-02	369
10	10 -- 11	2,0E-02	367
11	11 -- 12	1,8E-02	315
12	12 -- 13	1,7E-02	289
13	13 -- 14	1,6E-02	265
14	14 -- 15	1,5E-02	221
15	15 -- 16	1,5E-02	220
16	16 -- 17	1,3E-02	179
17	17 -- 18	1,2E-02	143
18	18 -- 19	1,1E-02	125
19	19 -- 20	1,0E-02	112
20	20 -- 21	9,4E-03	97
21	21 -- 22	8,7E-03	84
22	22 -- 23	7,3E-03	61
23	23 -- 24	6,0E-03	42
24	24 -- 25	4,7E-03	26
25	25 -- 26	3,4E-03	15
26	26 -- 27	2,2E-03	6
27	27 -- 28	1,1E-03	2
28	28 -- 29	0,0E+00	0

)* - Maatgevende belastingcombinatie

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 770 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 1,33 % 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
$\delta_{knoop\ x}$ = 179 mm
α = 0,76 graden

δ_{rel} = 206 mm ----> δ_h *100 / 58000

Percentage uitbuig. = 0,35 % 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	4,18E-03	130
2	2 -- 3	2678	6534	655	1,87E+05	4,18E-03	128
3	3 -- 4	3699	13708	3512	5,04E+06	4,16E-03	118
4	4 -- 5	4090	24084	7457	2,09E+07	4,07E-03	106
5	5 -- 6	445	36067	11820	4,89E+07	3,91E-03	94
6	6 -- 7	4018	80084	12294	5,25E+07	3,89E-03	93
7	7 -- 8	4818	93620	16580	9,00E+07	3,71E-03	83
8	8 -- 9	5152	110410	21719	1,46E+08	3,47E-03	73
9	9 -- 10	183	128984	27214	2,17E+08	3,20E-03	63
10	10 -- 11	5281	173438	27410	2,19E+08	3,19E-03	63
11	11 -- 12	2841	195006	33043	3,04E+08	2,93E-03	54
12	12 -- 13	2910	208447	36073	3,54E+08	2,81E-03	50
13	13 -- 14	5800	222446	39177	4,09E+08	2,68E-03	46
14	14 -- 15	211	299245	45363	5,27E+08	2,45E-03	39
15	15 -- 16	6240	300428	45589	5,31E+08	2,44E-03	39
16	16 -- 17	6432	364249	52244	6,73E+08	2,22E-03	32
17	17 -- 18	3615	404974	59105	8,35E+08	1,98E-03	26
18	18 -- 19	2921	439354	62961	9,32E+08	1,86E-03	23
19	19 -- 20	3331	460066	66077	1,02E+09	1,76E-03	20
20	20 -- 21	3349	484239	69631	1,11E+09	1,65E-03	18
21	21 -- 22	6722	509126	73203	1,22E+09	1,54E-03	16
22	22 -- 23	6685	561040	80374	1,44E+09	1,31E-03	11
23	23 -- 24	6547	615809	87505	1,68E+09	1,09E-03	8
24	24 -- 25	6267	673433	94488	1,95E+09	8,69E-04	5
25	25 -- 26	5769	733912	101173	2,23E+09	6,49E-04	3
26	26 -- 27	4869	797245	107327	2,53E+09	4,30E-04	1
27	27 -- 28	4877	863433	112520	2,85E+09	2,14E-04	0
28			998686	117722	3,19E+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	2,94E-02	928
2	2 -- 3		14876	14876	0,00E+00	2,94E-02	911
3	3 -- 4			14876	3,47E+07	2,92E-02	843
4	4 -- 5			14876	7,78E+07	2,88E-02	759
5	5 -- 6			14876	1,21E+08	2,83E-02	676
6	6 -- 7		152030	166906	1,25E+08	2,83E-02	668
7	7 -- 8			166906	5,59E+08	2,74E-02	595
8	8 -- 9			166906	1,04E+09	2,57E-02	518
9	9 -- 10			166906	1,53E+09	2,38E-02	446
10	10 -- 11		143840	310746	1,54E+09	2,37E-02	443
11	11 -- 12			310746	2,41E+09	2,17E-02	380
12	12 -- 13			310746	2,86E+09	2,07E-02	349
13	13 -- 14			310746	3,32E+09	1,97E-02	319
14	14 -- 15		133654	444400	4,19E+09	1,79E-02	267
15	15 -- 16			444400	4,23E+09	1,78E-02	265
16	16 -- 17			444400	5,52E+09	1,60E-02	216
17	17 -- 18			444400	6,81E+09	1,41E-02	172
18	18 -- 19		21551	465951	7,52E+09	1,31E-02	151
19	19 -- 20			465951	8,12E+09	1,22E-02	134
20	20 -- 21			465951	8,80E+09	1,14E-02	117
21	21 -- 22			465951	9,48E+09	1,05E-02	101
22	22 -- 23			465951	1,08E+10	8,79E-03	73
23	23 -- 24			465951	1,22E+10	7,15E-03	50
24	24 -- 25			465951	1,35E+10	5,58E-03	31
25	25 -- 26			465951	1,49E+10	4,08E-03	17
26	26 -- 27			465951	1,62E+10	2,65E-03	8
27	27 -- 28			465951	1,76E+10	1,29E-03	2
28				465951	1,89E+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	2,60E-02	808
2	2 -- 3		17430	17430	0,00E+00	2,60E-02	793
3	3 -- 4			17430	4,06E+07	2,58E-02	733
4	4 -- 5			17430	9,12E+07	2,53E-02	659
5	5 -- 6			17430	1,42E+08	2,47E-02	586
6	6 -- 7		125287	142717	1,47E+08	2,47E-02	579
7	7 -- 8			142717	5,18E+08	2,38E-02	516
8	8 -- 9			142717	9,32E+08	2,23E-02	449
9	9 -- 10			142717	1,35E+09	2,06E-02	386
10	10 -- 11		121586	264303	1,36E+09	2,05E-02	384
11	11 -- 12			264303	2,10E+09	1,88E-02	329
12	12 -- 13			264303	2,48E+09	1,79E-02	302
13	13 -- 14			264303	2,87E+09	1,70E-02	277
14	14 -- 15		117065	381368	3,61E+09	1,55E-02	231
15	15 -- 16			381368	3,64E+09	1,54E-02	230
16	16 -- 17			381368	4,75E+09	1,38E-02	187
17	17 -- 18			381368	5,86E+09	1,22E-02	150
18	18 -- 19		27311	408679	6,47E+09	1,13E-02	131
19	19 -- 20			408679	7,00E+09	1,06E-02	116
20	20 -- 21			408679	7,59E+09	9,85E-03	102
21	21 -- 22			408679	8,18E+09	9,10E-03	88
22	22 -- 23			408679	9,37E+09	7,63E-03	64
23	23 -- 24			408679	1,06E+10	6,21E-03	43
24	24 -- 25			408679	1,17E+10	4,85E-03	27
25	25 -- 26			408679	1,29E+10	3,55E-03	15
26	26 -- 27			408679	1,41E+10	2,31E-03	7
27	27 -- 28			408679	1,53E+10	1,12E-03	2
28				408679	1,65E+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	4,87E-02	1529
2	2 -- 3		29148	29148	0,00E+00	4,87E-02	1502
3	3 -- 4			29148	6,79E+07	4,84E-02	1389
4	4 -- 5			29148	1,52E+08	4,75E-02	1249
5	5 -- 6			29148	2,37E+08	4,66E-02	1113
6	6 -- 7		240224	269372	2,46E+08	4,65E-02	1099
7	7 -- 8			269372	9,46E+08	4,50E-02	979
8	8 -- 9			269372	1,73E+09	4,22E-02	852
9	9 -- 10			269372	2,51E+09	3,90E-02	734
10	10 -- 11		233860	503232	2,54E+09	3,89E-02	730
11	11 -- 12			503232	3,94E+09	3,57E-02	626
12	12 -- 13			503232	4,67E+09	3,41E-02	575
13	13 -- 14			503232	5,40E+09	3,24E-02	527
14	14 -- 15		226226	729458	6,81E+09	2,94E-02	440
15	15 -- 16			729458	6,89E+09	2,93E-02	437
16	16 -- 17			729458	9,00E+09	2,63E-02	357
17	17 -- 18			729458	1,11E+10	2,32E-02	285
18	18 -- 19		50820	780278	1,23E+10	2,16E-02	249
19	19 -- 20			780278	1,33E+10	2,02E-02	222
20	20 -- 21			780278	1,44E+10	1,88E-02	194
21	21 -- 22			780278	1,56E+10	1,73E-02	167
22	22 -- 23			780278	1,78E+10	1,45E-02	121
23	23 -- 24			780278	2,01E+10	1,18E-02	83
24	24 -- 25			780278	2,23E+10	9,24E-03	52
25	25 -- 26			780278	2,46E+10	6,76E-03	29
26	26 -- 27			780278	2,69E+10	4,39E-03	13
27	27 -- 28			780278	2,91E+10	2,14E-03	3
28				780278	3,14E+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	5,64E-02	1736
2	2 -- 3		44229	44229	0,00E+00	5,64E-02	1704
3	3 -- 4			44229	1,03E+08	5,59E-02	1573
4	4 -- 5			44229	2,31E+08	5,46E-02	1413
5	5 -- 6			44229	3,60E+08	5,32E-02	1256
6	6 -- 7		259231	303459	3,73E+08	5,31E-02	1240
7	7 -- 8			303459	1,16E+09	5,11E-02	1104
8	8 -- 9			303459	2,04E+09	4,78E-02	960
9	9 -- 10			303459	2,92E+09	4,41E-02	827
10	10 -- 11		254650	558109	2,95E+09	4,39E-02	822
11	11 -- 12			558109	4,51E+09	4,02E-02	704
12	12 -- 13			558109	5,32E+09	3,83E-02	647
13	13 -- 14			558109	6,13E+09	3,64E-02	593
14	14 -- 15		249236	807345	7,70E+09	3,30E-02	496
15	15 -- 16			807345	7,78E+09	3,29E-02	492
16	16 -- 17			807345	1,01E+10	2,95E-02	402
17	17 -- 18			807345	1,25E+10	2,61E-02	321
18	18 -- 19		77812	885156	1,38E+10	2,43E-02	280
19	19 -- 20			885156	1,49E+10	2,27E-02	250
20	20 -- 21			885156	1,62E+10	2,11E-02	218
21	21 -- 22			885156	1,75E+10	1,95E-02	189
22	22 -- 23			885156	2,00E+10	1,64E-02	136
23	23 -- 24			885156	2,26E+10	1,33E-02	93
24	24 -- 25			885156	2,52E+10	1,04E-02	59
25	25 -- 26			885156	2,77E+10	7,62E-03	33
26	26 -- 27			885156	3,03E+10	4,95E-03	14
27	27 -- 28			885156	3,29E+10	2,42E-03	4
28				885156	3,54E+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	5,15E-04	11
2	2 -- 3				3,39E+06	5,15E-04	11
3	3 -- 4				3,39E+06	4,82E-04	9
4	4 -- 5				3,39E+06	4,57E-04	8
5	5 -- 6				3,39E+06	4,41E-04	7
6	6 -- 7				2,68E+07	4,40E-04	7
7	7 -- 8				2,68E+07	3,71E-04	6
8	8 -- 9				2,68E+07	3,15E-04	5
9	9 -- 10				2,68E+07	2,75E-04	4
10	10 -- 11				5,03E+07	2,73E-04	4
11	11 -- 12				5,03E+07	2,23E-04	3
12	12 -- 13				5,03E+07	2,04E-04	3
13	13 -- 14				5,03E+07	1,87E-04	2
14	14 -- 15				7,38E+07	1,63E-04	2
15	15 -- 16				7,38E+07	1,62E-04	2
16	16 -- 17				7,38E+07	1,34E-04	1
17	17 -- 18				7,38E+07	1,11E-04	1
18	18 -- 19				9,27E+07	1,01E-04	1
19	19 -- 20				9,27E+07	9,09E-05	1
20	20 -- 21				9,27E+07	8,12E-05	1
21	21 -- 22				9,27E+07	7,24E-05	1
22	22 -- 23				9,27E+07	5,69E-05	0
23	23 -- 24				9,27E+07	4,36E-05	0
24	24 -- 25				9,27E+07	3,23E-05	0
25	25 -- 26				9,27E+07	2,25E-05	0
26	26 -- 27				9,27E+07	1,40E-05	0
27	27 -- 28				9,27E+07	6,56E-06	0
28					9,27E+07	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-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	20,57	44,38	14,11
3	3 -- 4	27,75	45,02	107,07
4	4 -- 5	38,12	45,91	238,92
5	5 -- 6	50,10	46,89	373,47
6	6 -- 7	121,85	306,23	414,78
7	7 -- 8	135,38	307,19	1212,22
8	8 -- 9	152,17	308,35	2104,75
9	9 -- 10	170,75	309,58	3000,75
10	10 -- 11	242,93	564,28	3058,94
11	11 -- 12	264,50	565,54	4640,69
12	12 -- 13	277,94	566,23	5461,22
13	13 -- 14	291,94	566,92	6282,75
14	14 -- 15	396,47	817,55	7899,32
15	15 -- 16	397,65	817,60	7981,08
16	16 -- 17	461,47	819,10	10354,30
17	17 -- 18	502,20	820,64	12731,92
18	18 -- 19	564,69	899,32	14061,57
19	19 -- 20	585,41	900,02	15231,14
20	20 -- 21	609,58	900,82	16536,76
21	21 -- 22	634,47	901,63	17843,53
22	22 -- 23	686,38	903,24	20460,59
23	23 -- 24	741,15	904,84	23082,31
24	24 -- 25	798,77	906,42	25708,64
25	25 -- 26	859,25	907,92	28339,43
26	26 -- 27	922,58	909,30	30974,41
27	27 -- 28	988,77	910,47	33613,09
28		1124,03	911,64	36255,16

)** - 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	14,11	20,57	14	14,4	1224,7	0,01
2	500 / 708	107,07	27,75	57	108,9	1673,3	0,07
3	500 / 708	238,92	38,12	70	243,5	2329,6	0,11
4	708 / 812	373,47	50,10	69	381,5	3094,2	0,13
5	812 / 1124	414,78	121,85	7	423,6	3507,0	0,13
6	812 / 1124	1212,22	135,38	60	1229,2	4379,2	0,29
7	812 / 1124	2104,75	152,17	64	2131,5	5466,4	0,40
8	812 / 1124	3000,75	170,75	59	3037,6	6674,1	0,46
9	1124/ 1228	3058,94	242,93	2	3096,3	7350,2	0,43
10	1124/ 1228	4640,69	264,50	53	4692,0	8759,4	0,54
11	1228/ 1332	5461,22	277,94	25	5519,6	10761,9	0,52
12	1228/ 1332	6282,75	291,94	24	6348,2	11680,8	0,55
13	1332/ 1436	7899,32	396,47	44	7982,0	15093,4	0,54
14	1332/ 1436	7981,08	397,65	1	8064,4	15171,2	0,54
15	1436/ 1643	10354,30	461,47	41	10456,3	18695,2	0,57
16	1436/ 1643	12731,92	502,20	36	12852,1	21384,5	0,61
17	1643/ 2579	14061,57	564,69	18	14191,9	24388,7	0,59
18	1643/ 2579	15231,14	585,41	14	15369,4	25782,4	0,61
19	1643/ 2579	16536,76	609,58	14	16683,7	27382,6	0,62
20	1643/ 2579	17843,53	634,47	13	17998,8	29031,1	0,63
21	1643/ 2579	20460,59	686,38	23	20631,9	32472,5	0,65
22	1643/ 2579	23082,31	741,15	19	23267,9	36106,8	0,65
23	1643/ 2579	25708,64	798,77	15	25906,5	39933,9	0,66
24	1643/ 2579	28339,43	859,25	12	28547,4	43953,9	0,66
25	1643/ 2579	30974,41	922,58	8	31189,9	48166,6	0,66
26	1643/ 2579	33613,09	988,77	5	33833,4	52572,2	0,65
27	1643/ 2579	36255,16	1124,03	2	36477,2	57170,5	0,65

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	4,35	0,74	355	355	0,01
2	500 / 708	26,85	0,90	355	355	0,08
3	500 / 708	43,48	1,06	355	355	0,13
4	708 / 812	50,19	1,19	355	355	0,14
5	812 / 1124	43,47	2,43	355	355	0,13
6	812 / 1124	111,01	2,54	355	355	0,32
7	812 / 1124	154,18	2,56	355	355	0,44
8	812 / 1124	178,09	2,58	355	355	0,51
9	1124/ 1228	150,03	3,19	355	355	0,43
10	1124/ 1228	207,19	3,31	355	355	0,59
11	1228/ 1332	189,93	2,88	355	355	0,54
12	1228/ 1332	200,92	2,90	355	355	0,57
13	1332/ 1436	202,06	3,33	355	355	0,58
14	1332/ 1436	189,19	3,22	355	355	0,54
15	1436/ 1643	213,11	3,36	355	355	0,61
16	1436/ 1643	227,93	3,41	355	355	0,65
17	1643/ 2579	213,93	3,42	355	355	0,61
18	1643/ 2579	225,18	3,50	355	355	0,64
19	1643/ 2579	222,86	3,48	355	355	0,64
20	1643/ 2579	226,57	3,52	355	355	0,65
21	1643/ 2579	238,36	3,65	355	349	0,68
22	1643/ 2579	241,06	3,73	355	337	0,69
23	1643/ 2579	242,05	3,82	355	326	0,69
24	1643/ 2579	241,76	3,91	355	315	0,69
25	1643/ 2579	240,52	4,01	355	306	0,69
26	1643/ 2579	238,57	4,11	355	298	0,69
27	1643/ 2579	236,10	4,48	355	290	0,68

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

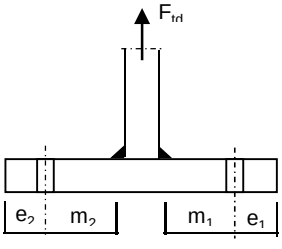
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

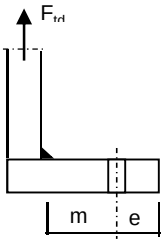
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

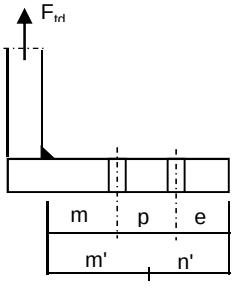
Flenzen en voetplaat:



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	481,15	7,86	28	M 48 - 8,8	848,4	0,57
flenzen op 29,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1325,00					
st.c binnenkant		1135,00					
	56	635,65	14,63	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							
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	962,31	0,69
120	1,60E+08	3307,15	1672,51	1696,90	1672,51	962,31	0,58
flenzen op 29,0 m hoogte.							
130	1,48E+08	3501,62	1667,61	2121,12	1667,61	1271,31	0,76
130	1,48E+08	3501,62	1667,61	2121,12	1667,61	1271,31	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 / 2579	0,88	1,540	0,18	7,48

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	658	1,000		1,000			
2	647	0,983	1 -- 2	0,991	133	411	954,9
3	601	0,913	2 -- 3	0,948	598		256,6
4	545	0,828	3 -- 4	0,870	865		298,2
5	489	0,743	4 -- 5	0,785	999		344,3
6	484	0,735	5 -- 6	0,739	122	3544	12222,3
7	436	0,662	6 -- 7	0,698	1128		433,9
8	384	0,584	7 -- 8	0,623	1399		482,5
9	336	0,510	8 -- 9	0,547	1548		533,7
10	334	0,508	9 -- 10	0,509	61	3642	37031,0
11	291	0,441	10 -- 11	0,475	1797		641,9
12	269	0,409	11 -- 12	0,425	1120		772,5
13	249	0,378	12 -- 13	0,393	1167		804,5
14	211	0,321	13 -- 14	0,349	2659	3739	2285,2
15	210	0,319	14 -- 15	0,320	99		985,7
16	174	0,265	15 -- 16	0,292	3171	2148	1833,9
17	142	0,215	16 -- 17	0,240	3394		1170,2
18	125	0,190	17 -- 18	0,202	2095	770	1790,4
19	112	0,171	18 -- 19	0,180	1726		1327,7
20	99	0,150	19 -- 20	0,160	2014		1389,2
21	86	0,131	20 -- 21	0,141	2074		1430,3
22	64	0,096	21 -- 22	0,114	4326		1491,8
23	44	0,067	22 -- 23	0,082	4564		1573,8
24	28	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	0,018	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	535,08	0,57
2 -- 3	257	0,948	2,330	2,09	537,41	2,21
3 -- 4	298	0,870	2,900	2,20	655,15	2,52
4 -- 5	344	0,785	2,900	1,79	616,07	2,28
5 -- 6	12222	0,739	0,300	0,16	2003,28	0,22
6 -- 7	434	0,698	2,600	1,27	550,10	1,82
7 -- 8	482	0,623	2,900	1,12	542,64	1,81
8 -- 9	534	0,547	2,900	0,87	463,01	1,59
9 -- 10	37031	0,509	0,100	0,03	959,10	0,05
10 -- 11	642	0,475	2,800	0,63	404,80	1,33
11 -- 12	773	0,425	1,450	0,26	202,55	0,62
12 -- 13	805	0,393	1,450	0,22	180,56	0,57
13 -- 14	2285	0,349	2,800	0,34	780,80	0,98
14 -- 15	986	0,320	0,100	0,01	10,08	0,03
15 -- 16	1834	0,292	2,900	0,25	452,65	0,85
16 -- 17	1170	0,240	2,900	0,17	195,20	0,70
17 -- 18	1790	0,202	1,600	0,07	117,44	0,32
18 -- 19	1328	0,180	1,300	0,04	56,05	0,23
19 -- 20	1389	0,160	1,450	0,04	51,78	0,23
20 -- 21	1430	0,141	1,450	0,03	40,97	0,20
21 -- 22	1492	0,114	2,900	0,04	55,96	0,33
22 -- 23	1574	0,082	2,900	0,02	30,55	0,24
23 -- 24	1656	0,055	2,900	0,01	14,59	0,16
24 -- 25	1738	0,034	2,900	0,00	5,72	0,10
25 -- 26	1820	0,018	2,900	0,00	1,63	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	12,22	9463,46	20,02

m_e = 9463,5 / 12,2 = 774,6 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 / 2579	774,6	0,030	1,25	1,540	15,7

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 = 15,7

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 = 20,02 / (4 * π * 12,22) = 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 * 7,48 / $15*10^{-6}$ = 7,7E+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 / 20,02 = 0,40

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,064 * 0,130 * 0,40 * 0,2 = 0,020

$y_{F;max}$ = 1,540 * 0,020 = 0,031 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		189052	189052	0,00E+00	5,4E-02	1000
2	2 -- 3			189052	1,08E+08	5,4E-02	969
3	3 -- 4			189052	5,48E+08	5,0E-02	847
4	4 -- 5			189052	1,10E+09	4,4E-02	709
5	5 -- 6			189052	1,64E+09	3,8E-02	589
6	6 -- 7			189052	1,70E+09	3,7E-02	578
7	7 -- 8			189052	2,19E+09	3,2E-02	488
8	8 -- 9			189052	2,74E+09	2,7E-02	402
9	9 -- 10			189052	3,29E+09	2,2E-02	330
10	10 -- 11			189052	3,31E+09	2,2E-02	328
11	11 -- 12			189052	3,84E+09	1,9E-02	270
12	12 -- 13			189052	4,11E+09	1,7E-02	244
13	13 -- 14			189052	4,39E+09	1,6E-02	220
14	14 -- 15			189052	4,92E+09	1,4E-02	179
15	15 -- 16			189052	4,93E+09	1,3E-02	178
16	16 -- 17			189052	5,48E+09	1,1E-02	141
17	17 -- 18			189052	6,03E+09	9,7E-03	111
18	18 -- 19			189052	6,33E+09	8,9E-03	96
19	19 -- 20			189052	6,58E+09	8,2E-03	85
20	20 -- 21			189052	6,85E+09	7,5E-03	73
21	21 -- 22			189052	7,13E+09	6,8E-03	63
22	22 -- 23			189052	7,68E+09	5,6E-03	45
23	23 -- 24			189052	8,22E+09	4,4E-03	30
24	24 -- 25			189052	8,77E+09	3,4E-03	19
25	25 -- 26			189052	9,32E+09	2,5E-03	10
26	26 -- 27			189052	9,87E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			189052	1,04E+10	7,6E-04	1
28	28 -- 29			189052	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	0,0314	2,0
2	604	18,0	4713600	116	0,0314	7,3
3	708	18,0	6562124	167	0,0314	10,5
4	812	18,0	8716159	189	0,0314	11,9
5	823	20,0	9878750	172	0,0314	10,8
6	916	20,0	12335843	178	0,0314	11,2
7	1020	20,0	15398349	178	0,0314	11,2
8	1124	20,0	18800319	175	0,0314	11,0
9	1127	22,0	20704907	160	0,0314	10,0
10	1228	22,0	24674384	156	0,0314	9,8
11	1280	25,0	30315266	136	0,0314	8,5
12	1332	25,0	32903571	133	0,0314	8,4
13	1432	28,0	42516488	116	0,0314	7,3
14	1436	28,0	42735905	115	0,0314	7,3
15	1540	30,0	52662600	104	0,0314	6,5
16	1643	30,0	60238104	100	0,0314	6,3
17	1701	32,0	68700524	92	0,0314	5,8
18	1747	32,0	72626456	91	0,0314	5,7
19	1799	32,0	77134141	89	0,0314	5,6
20	1851	32,0	81777613	87	0,0314	5,5
21	1955	32,0	91471913	84	0,0314	5,3
22	2059	32,0	101709357	81	0,0314	5,1
23	2163	32,0	112489946	78	0,0314	4,9
24	2267	32,0	123813680	75	0,0314	4,7
25	2371	32,0	135680560	73	0,0314	4,6
26	2475	32,0	148090587	70	0,0314	4,4
27	2579	32,0	161043759	68	0,0314	4,3

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,88 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 7,48 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 = 53,3815 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,88 * [7,48 / 6,32]^2 * \exp[-(7,48 / 6,32)^2]$ = 2,90E+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.

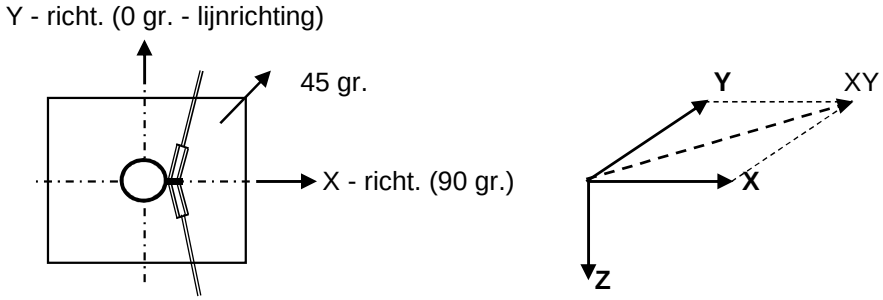
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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 Knoop		$\gamma * \Delta\sigma =$ 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
3	Lasnaad	8,77	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
4	Lasnaad	12,60	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
5	Lasnaad	14,23	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
6							
7	Lasnaad	13,41	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
8	Lasnaad	13,43	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
9	Lasnaad	13,20	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
10							
11	Lasnaad	11,73	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
12							
13	Lasnaad	10,05	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
14							
15	Lasnaad	8,71	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
16	flenzen	7,85	35	19,25	1,000E+10	2,90E+08	0,03
17	Lasnaad	7,55	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
18	Lasnaad						
19	Lasnaad	6,83	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
20	Lasnaad						
21	Lasnaad	6,57	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
22	Lasnaad	6,33	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
23	Lasnaad	6,10	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
24	Lasnaad	5,88	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
25	Lasnaad	5,68	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
26	Lasnaad	5,49	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
27	Lasnaad	5,30	45	24,75	1,000E+10	2,90E+08	0,03
28	voetplaat	5,13	35	19,25	1,000E+10	2,90E+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		870			
2 - Windbelasting mast	118			3187	
3 - BG 1a (ULS)	466	129		19027	1033
4 - BG 3 (ULS)	409	254		16691	1084
5 - BG 1a (SpLS)	780	71		31482	890
6 - BG 3 (SpLS)	885	86		35538	1026
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	584	999		22214	1033
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG4 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	442	1124		17588	1084
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,78 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	838	941		33036	890
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,36 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)					
	912	**956**		**36255**	**1026**

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	15783	kNm	36255	kNm	36255	kNm
Dwarskracht - XY	411	kN	912	kN	912	kN
Verticale kracht	832	kN	956	kN	749	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		2979,00					
st.c binnenkant		2115,00					
2547	116	481,15	7,86	28	M 48 - 8,8	848,45	0,57
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2979,00					
st.c binnenkant		2115,00					
2547	116	206,50	3,54	28	M 48 - 8,8	848,45	0,24

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 481,2 kN

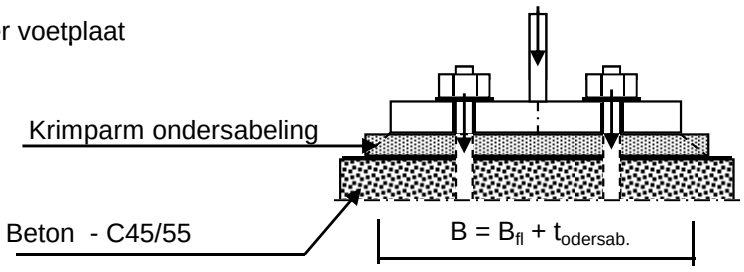
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 206,5 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 499,1 + 1,00 * 206,5 = 705,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

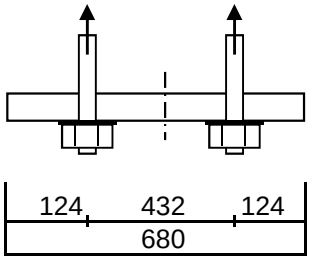
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,2 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

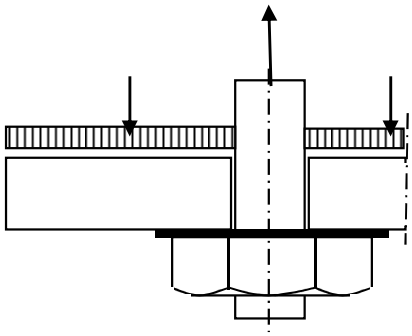


D = 2547 mm
n = 116

$A_{stortring}$ = 680 * $2*\pi*D / n$ = 93812 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 10,3 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

$M_{Ed;st}$ = 78862 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2216 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 160432 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 160432 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2216 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} = 160432 / 221875,0 = 0,72 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 256,7 N/mm^2

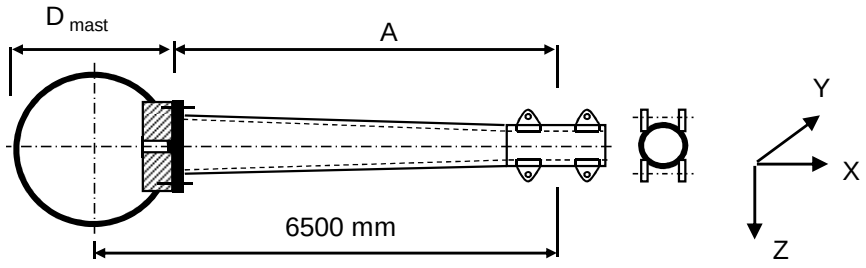
V_{Ed} / V_{Rd} = 2216 / 10248 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 44,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (256,7^2 + 3*44,3^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 268 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 REV V10.0 - Appendix AK, AK1

	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))	10702	65542	4265	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7286	66600	7345	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	5573	45562	4262	0	0	0
BG 3 - (wind (45) + ijs)	4674	61195	7344	0	0	0
BG 1a - (wind (-45 gr))	6386	48497	4263	0	0	0
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	5084	61831	7344	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))	10,70	65,54	4,26	0,00	25,97	399,06
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**7,29**	**66,60**	**7,35**	**0,00**	**44,72**	**405,51**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,57	45,56	4,26	0,00	25,95	277,41
BG 3 - (wind (45) + ijs)	4,67	61,19	7,34	0,00	44,72	372,60
BG 1a - (wind (-45 gr))	6,39	48,50	4,26	0,00	25,95	295,28
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	5,08	61,83	7,34	0,00	44,72	376,47

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B \quad ; \quad B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B \quad ; \qquad M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (- wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	44,72	/ 541	=	0,08	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,y}$ =		19,6	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	405,51	/ 541	=	0,75	< 1,0	-- Voldoet
		$\sigma_{b,z}$ =		177,4	N/mm^2	
N_{Ed} / N_{Rd} =	7,29	/ 5163	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		σ_N =		0,2	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	7,35	/ 1490	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
		τ_y =		0,7	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	66,60	/ 1490	=	0,04	< 1,0	-- Voldoet
		τ_z =		6,1	N/mm^2	

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N =$ 179 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

$\sigma_{vlg} =$ 179 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 $\qquad 0,9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

Buis 450*16 aan de flens

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

Controle bouten:

$M_{Ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =	408,0	kNm	
$V_{Ed,max} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5}$ =	67,0	kN	
N_{Ed} =	7,3	kN	
$F_{t,Ed}$ =	125,75	kN	
$F_{v,Ed}$ =	2,79	kN	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,74	< 1,0	-- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,03	< 1,0	-- Voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,56	< 1,0	-- Voldoet

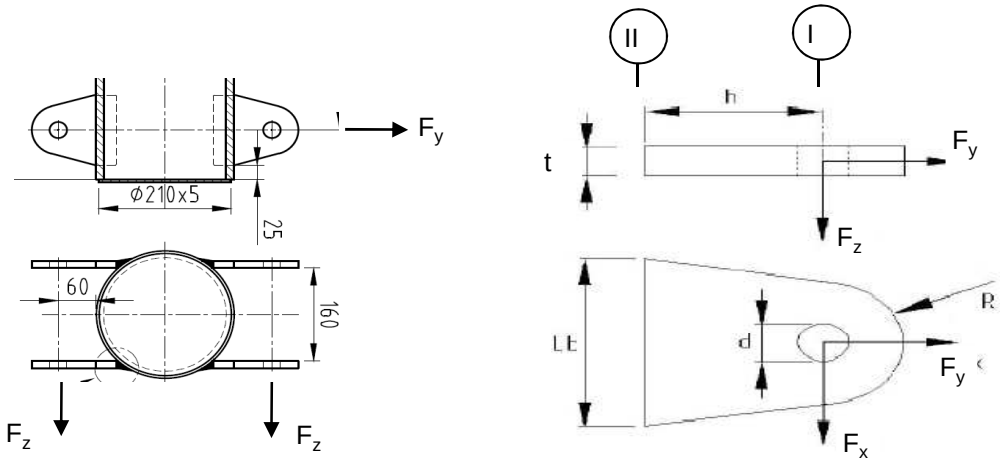
Controle flens:

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
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ =	0,85	< 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))	10,70	65,54	4,26
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**7,29**	**66,60**	**7,35**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,57	45,56	4,26
BG 3 - (wind (45) + ijs)	4,67	61,19	7,34
BG 1a - (wind (-45 gr))	6,39	48,50	4,26
BG 3 - (wind (-45) + ijs)	5,08	61,83	7,34

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip (4 clip per kant): **1,82** **16,65** **3,67**

Doorsnede I ; ter hoogte van de gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 16,7 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} =	16,65	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,17	kNm
$V_{z,Ed}$ =	3,67	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,34	kNm
$V_{x,Ed}$ =	1,82	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	16,65	/	341	=	0,05	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		11,6	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,17	/	6,8	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		5,9	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	1,82	/	197	/	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		1,3	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 136,0 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 136 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)

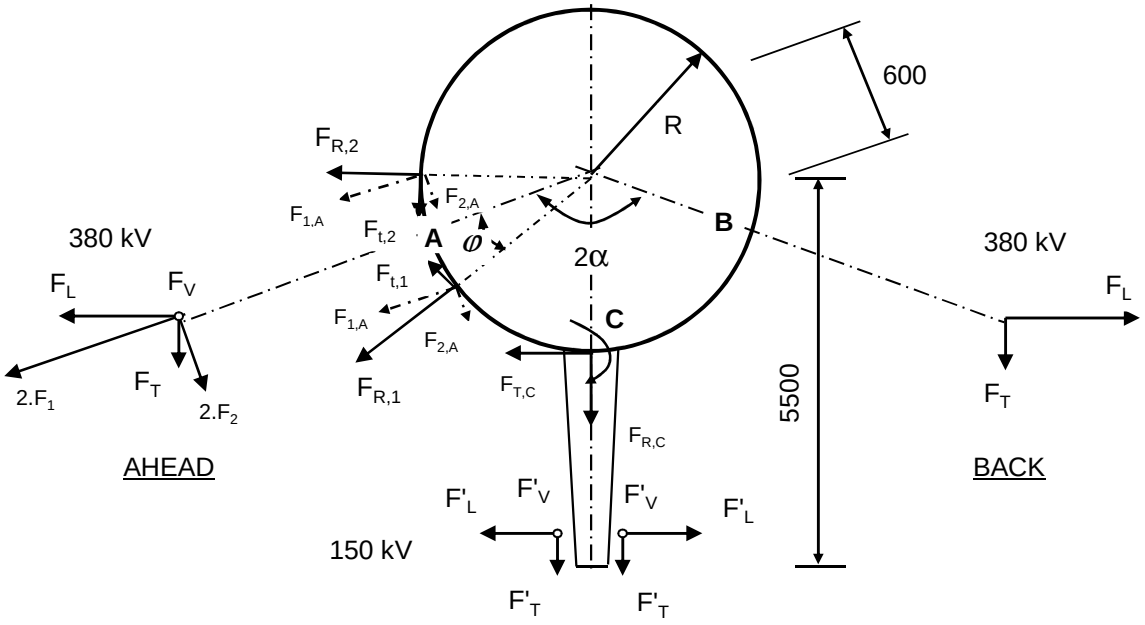
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 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

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

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

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

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

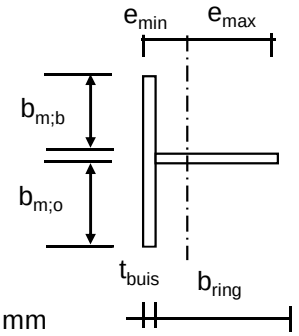
$z = 2*(d^3_{uit} - d^3_{inw}) / 3*\pi*(d^2_{uit} - d^2_{inw})$

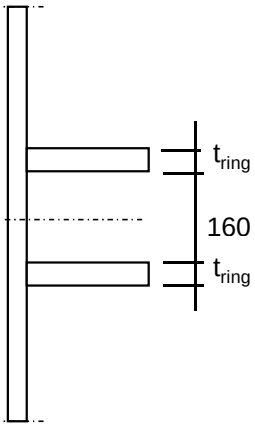
$F_{R;C;max} = F_{R;C} + F'_{R;C}$

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} =	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 49,0 meter hoogte

Zie KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-001 38 REV V10.0 - Appendix AK en AK1
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))	17059	42810	262168	17059	42810	-262168
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29382	29145	266401	29382	29145	-266401
BG 1a - (wind (45 gr))	17049	22291	182248	17051	25542	-193988
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29377	18695	244780	29378	20335	-247325
Bundelbreuk-(90 gr)	17050	24622	190595	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	19806	23003	206105	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	17046	14360	158203	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19803	14428	183802	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))	4265	10702	65542	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7345	7286	66600	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4262	5573	45562	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7344	4674	61195	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4263	6156	47649	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	4952	5751	51526	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4262	3590	39551	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	4951	3607	45950	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 823 mm

R = 411 mm

Mast 181: hoek tussen lijnen 2. α = 179,9 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 179,9 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))	62,4	52,1	62,4	52,1	99,3	199,5
BG 3 - (wind (90) + ijs)	61,7	54,7	61,7	54,7	165,4	202,8
BG 1a - (wind (45 gr))	42,5	37,1	45,5	39,3	96,7	138,7
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	55,7	51,2	56,5	51,6	164,1	186,3
Bundelbreuk-(90 gr)	44,6	38,7	0,0	0,0	97,0	145,1
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	47,8	42,2	0,0	0,0	111,9	156,9
Bundelbr.-(45 gr)	36,3	32,8	0,0	0,0	95,7	120,4
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	41,9	38,4	0,0	0,0	110,9	139,9

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

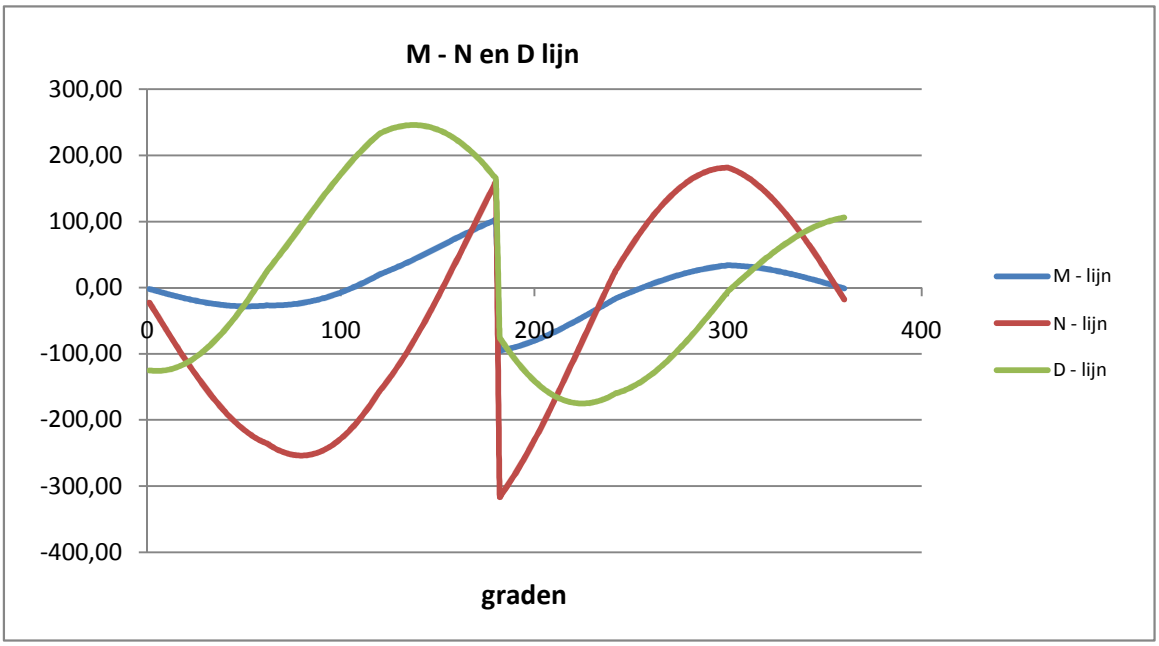
Belastinggeval : BG 1a - wind 90 gr.

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	-2,08	-22,52	-125,31	11,82	96,00
15,0	-13,90	-92,41	-119,69	9,23	74,98
30,0	-23,14	-155,57	-91,08	4,88	39,62
45,0	-28,01	-204,94	-42,39	0,85	6,93
60,0	-27,16	-234,61	21,16	2,23	18,10
75,0	-24,93	-253,02	79,46	8,92	72,48
90,0	-16,01	-245,59	138,48	15,78	128,19
105,0	-0,23	-210,96	192,60	21,22	172,37
120,0	21,00	-152,33	234,31	19,25	156,39
135,0	40,25	-88,19	245,79	21,71	176,29
150,0	61,96	-8,97	237,69	21,94	
165,0	83,90	78,14	209,14	18,54	
180,0	102,44	159,30	164,74	186,99	Flens crossbea
195,0	-84,55	-251,48	-129,66	18,39	
210,0	-66,16	-166,05	-165,01	23,05	
225,0	-43,11	-72,50	-175,24	25,10	203,83
240,0	-18,02	20,26	-161,56	18,33	148,90
255,0	0,32	88,66	-140,67	15,42	125,26
270,0	15,74	140,42	-104,07	11,51	93,49
285,0	27,25	172,16	-55,83	6,34	51,47
300,0	33,59	180,53	-3,07	3,88	31,52
315,0	29,71	153,77	35,63	8,17	66,35
330,0	21,54	107,46	69,07	11,16	90,68
345,0	10,37	46,55	93,56	11,62	94,41
360,0	-1,25	-17,80	105,85	0,83	6,76

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

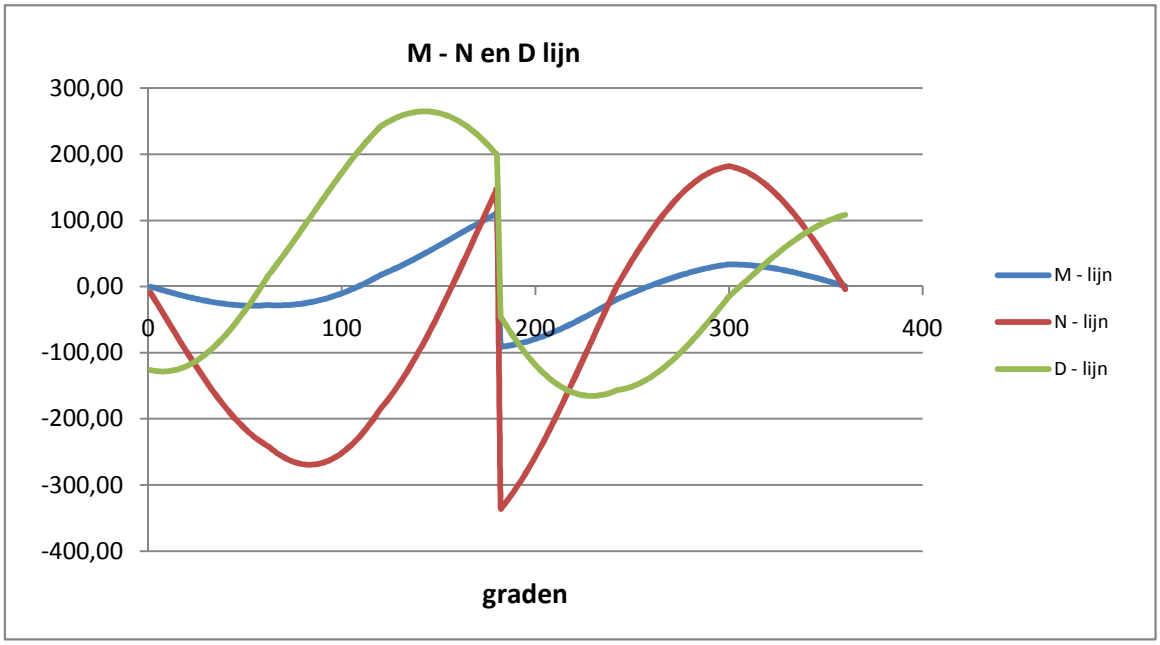
$S =$ 980000 mm^3

$I =$ 120659889 mm^4



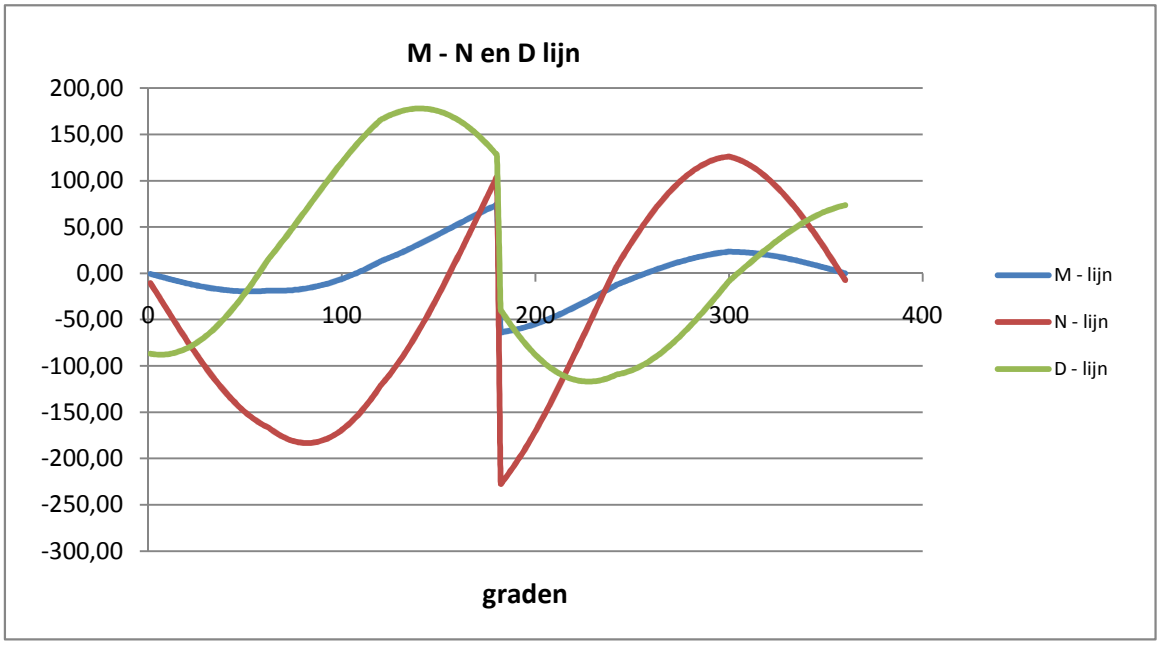
Belastinggeval : BG 3 - wind 90 gr + ijs.

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	-0,10	-8,77	-126,49	12,21	99,15
15,0	-12,30	-80,93	-124,73	9,94	80,71
30,0	-22,24	-148,41	-99,04	5,78	46,96
45,0	-28,02	-203,68	-51,81	0,08	0,69
60,0	-28,11	-240,18	12,10	1,19	9,67
75,0	-26,92	-266,18	72,52	8,24	66,90
90,0	-18,68	-265,69	135,58	15,66	127,18
105,0	-3,02	-236,47	195,40	21,82	177,20
120,0	18,80	-180,97	243,98	20,72	168,33
135,0	39,52	-117,00	262,65	23,98	194,77
150,0	63,50	-34,92	261,52	24,94	
165,0	88,44	58,08	238,95	21,85	
180,0	110,29	147,21	198,56	193,01	Flens crossbea
195,0	-82,73	-276,86	-105,32	16,04	
210,0	-66,68	-194,54	-147,68	21,50	
225,0	-45,19	-101,06	-165,18	24,34	197,71
240,0	-20,84	-5,58	-158,28	18,38	149,26
255,0	-2,47	68,00	-143,26	16,05	130,36
270,0	13,58	126,56	-110,89	12,53	101,75
285,0	26,11	165,86	-64,96	7,51	61,02
300,0	33,62	181,68	-12,53	2,99	24,30
315,0	30,63	160,82	27,46	7,48	60,72
330,0	23,15	118,86	63,69	10,79	87,62
345,0	12,37	60,27	91,96	11,62	94,35
360,0	0,75	-3,99	108,14	0,85	6,86



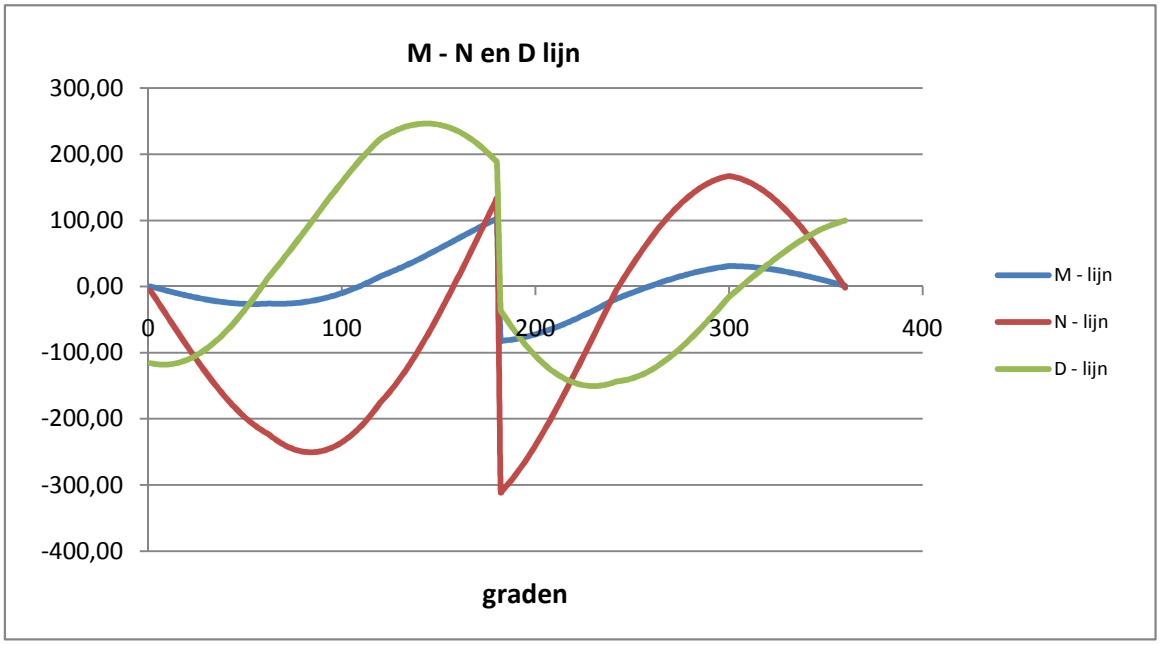
Belastinggeval : BG 1a - wind 45 gr.

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	-0,71	-10,70	-86,92	8,31	67,50
15,0	-9,02	-60,17	-84,40	6,62	53,80
30,0	-15,64	-105,76	-65,57	3,66	29,76
45,0	-19,30	-142,37	-32,24	0,32	2,59
60,0	-18,99	-165,62	12,11	1,04	8,44
75,0	-17,95	-181,81	53,30	5,84	47,42
90,0	-12,11	-179,75	95,75	10,86	88,20
105,0	-1,25	-158,07	135,47	14,95	121,38
120,0	13,70	-118,72	167,06	13,73	111,53
135,0	27,43	-74,79	177,57	15,81	128,43
150,0	43,24	-18,99	174,49	16,33	
165,0	59,57	43,70	156,95	14,17	
180,0	73,74	103,29	127,75	131,25	Flens crossbea
195,0	-57,52	-184,68	-79,23	11,69	
210,0	-45,82	-126,77	-106,71	15,25	
225,0	-30,58	-61,99	-116,89	16,99	138,03
240,0	-13,58	3,36	-110,29	12,68	103,02
255,0	-0,90	52,91	-98,49	10,91	88,63
270,0	10,01	91,58	-75,10	8,36	67,92
285,0	18,38	116,63	-42,80	4,85	39,35
300,0	23,22	125,39	-6,47	2,34	19,04
315,0	20,88	109,15	20,60	5,39	43,76
330,0	15,49	78,70	44,78	7,58	61,57
345,0	7,91	37,29	63,33	8,04	65,27
360,0	-0,13	-7,40	73,64	0,58	4,71



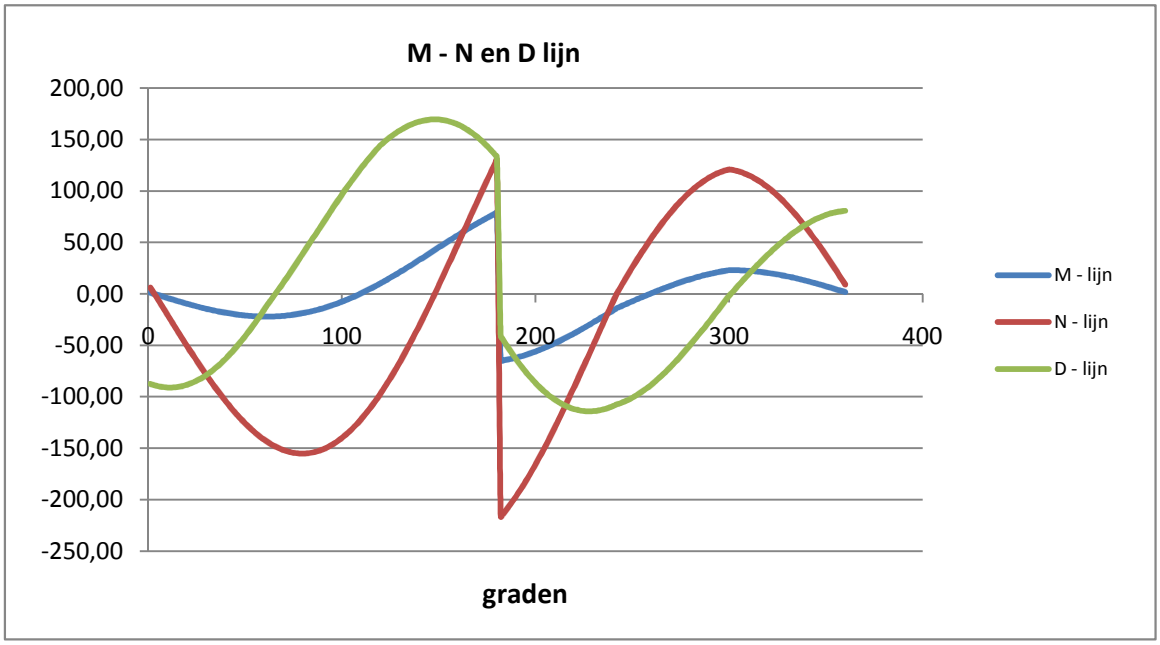
Belastinggeval : BG 3 - wind 45 gr + ijs.

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	0,23	-6,07	-115,83	11,25	91,39
15,0	-11,02	-72,65	-114,91	9,21	74,83
30,0	-20,23	-135,27	-91,89	5,43	44,07
45,0	-25,66	-186,91	-48,87	0,20	1,61
60,0	-25,86	-221,47	9,77	0,86	7,01
75,0	-24,99	-246,76	65,49	7,39	60,02
90,0	-17,60	-247,61	123,98	14,31	116,20
105,0	-3,30	-221,80	179,80	20,09	163,20
120,0	16,80	-171,46	225,54	19,26	156,41
135,0	36,05	-112,80	243,83	22,40	181,90
150,0	58,45	-36,96	243,97	23,41	
165,0	81,86	49,45	224,31	20,64	
180,0	102,50	132,68	187,98	177,92	Flens crossbea
195,0	-75,42	-258,15	-92,19	14,23	
210,0	-61,18	-183,34	-132,33	19,38	
225,0	-41,81	-97,78	-149,71	22,13	179,71
240,0	-19,68	-9,90	-144,61	16,88	137,07
255,0	-2,81	58,51	-131,90	14,86	120,66
270,0	12,05	113,45	-102,97	11,70	95,02
285,0	23,75	150,87	-61,24	7,13	57,89
300,0	30,88	166,71	-13,17	2,62	21,25
315,0	28,26	148,51	23,72	6,76	54,88
330,0	21,51	110,69	57,47	9,84	79,92
345,0	11,67	57,29	84,11	10,65	86,53
360,0	1,01	-1,67	99,70	0,78	6,31



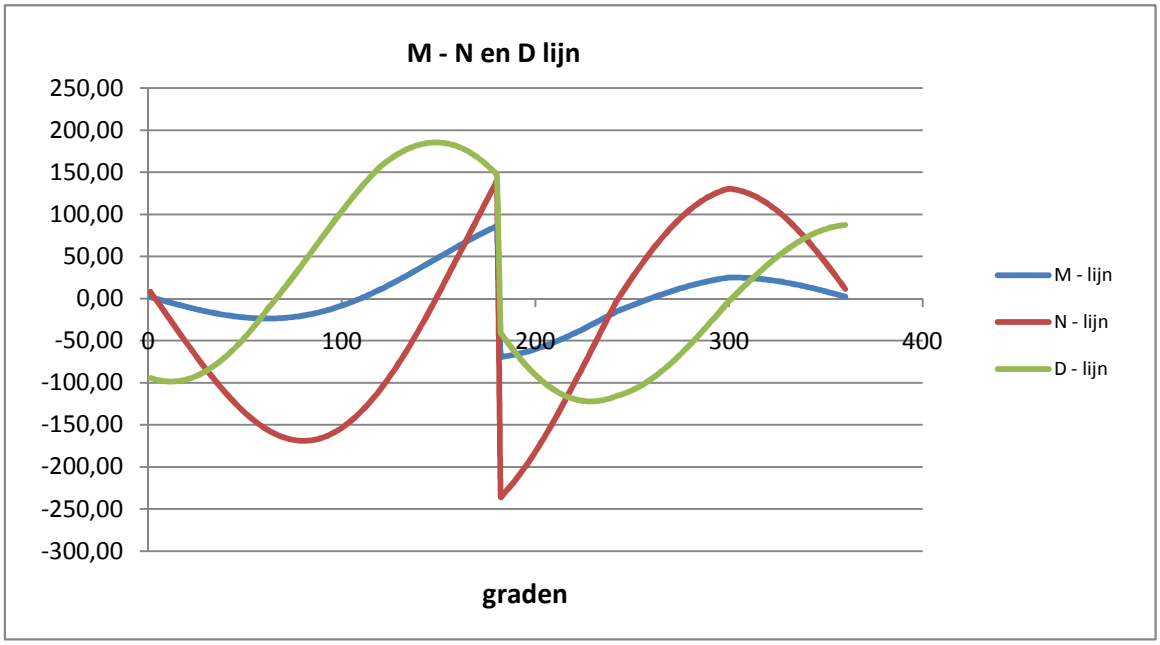
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 90 gr

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	1,21	6,05	-87,45	8,59	69,75
15,0	-7,37	-38,96	-90,21	7,49	60,87
30,0	-14,87	-81,85	-77,43	5,20	42,26
45,0	-20,07	-118,00	-50,42	1,90	15,45
60,0	-21,97	-143,36	-12,04	2,11	17,11
75,0	-19,87	-154,80	28,42	6,43	52,25
90,0	-13,43	-150,43	71,37	10,63	86,38
105,0	-2,80	-129,76	112,42	14,26	115,79
120,0	11,46	-93,86	146,41	16,87	137,04
135,0	28,33	-45,27	164,86	18,13	147,24
150,0	46,46	12,21	169,33	17,77	
165,0	64,23	73,73	158,12	14,75	
180,0	78,98	130,02	133,15	137,54	Flens crossbea
195,0	-58,56	-178,70	-78,20	11,57	
210,0	-46,99	-125,91	-104,16	15,10	
225,0	-31,89	-65,70	-114,05	16,95	137,66
240,0	-14,94	-3,75	-108,25	12,63	102,55
255,0	-2,31	43,51	-93,81	11,10	90,15
270,0	8,79	81,76	-68,55	8,82	71,65
285,0	17,61	108,40	-35,66	5,52	44,84
300,0	23,13	120,59	0,27	1,69	13,73
315,0	21,44	108,91	30,62	4,73	38,41
330,0	16,71	84,01	56,13	7,07	57,44
345,0	9,64	48,51	73,67	7,84	63,70
360,0	1,79	9,02	80,79	0,58	4,71



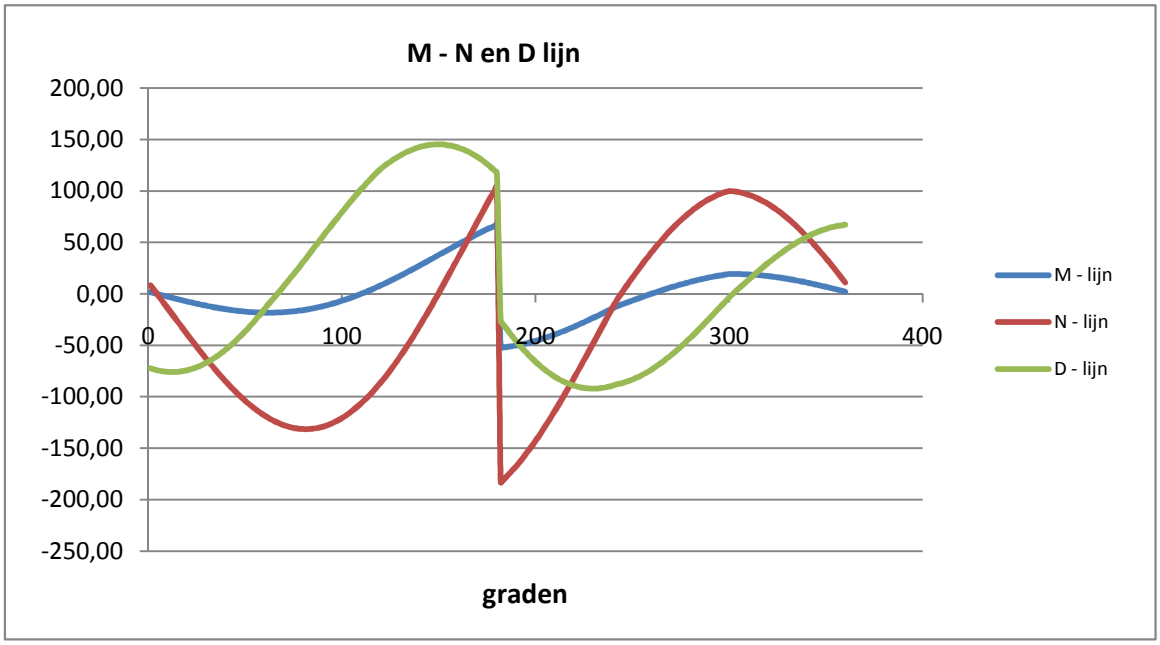
Belastinggeval : BG 3 - Bundelbreuk 90 gr + ijs

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	1,53	8,07	-94,46	9,32	75,69
15,0	-7,79	-40,76	-97,92	8,18	66,40
30,0	-15,96	-87,51	-84,51	5,72	46,50
45,0	-21,69	-127,18	-55,57	2,17	17,60
60,0	-23,85	-155,32	-14,16	2,18	17,67
75,0	-21,68	-168,45	29,77	6,88	55,91
90,0	-14,79	-164,44	76,62	11,48	93,22
105,0	-3,31	-142,69	121,60	15,46	125,58
120,0	12,15	-104,28	159,08	18,37	149,18
135,0	30,51	-51,87	179,79	19,81	160,87
150,0	50,32	10,44	185,38	19,50	
165,0	69,82	77,44	173,91	16,27	
180,0	86,09	139,01	147,40	149,08	Flens crossbea
195,0	-62,98	-195,59	-81,72	12,21	
210,0	-50,77	-139,03	-110,53	16,11	
225,0	-34,67	-74,12	-122,04	18,19	147,76
240,0	-16,47	-7,02	-116,54	13,64	110,82
255,0	-2,83	44,58	-101,55	12,07	98,00
270,0	9,24	86,64	-74,70	9,65	78,40
285,0	18,89	116,27	-39,39	6,11	49,60
300,0	25,00	130,30	-0,62	1,73	14,07
315,0	23,26	118,34	32,26	5,03	40,88
330,0	18,23	91,95	60,08	7,60	61,71
345,0	10,63	53,88	79,38	8,47	68,80
360,0	2,16	11,28	87,45	0,63	5,10



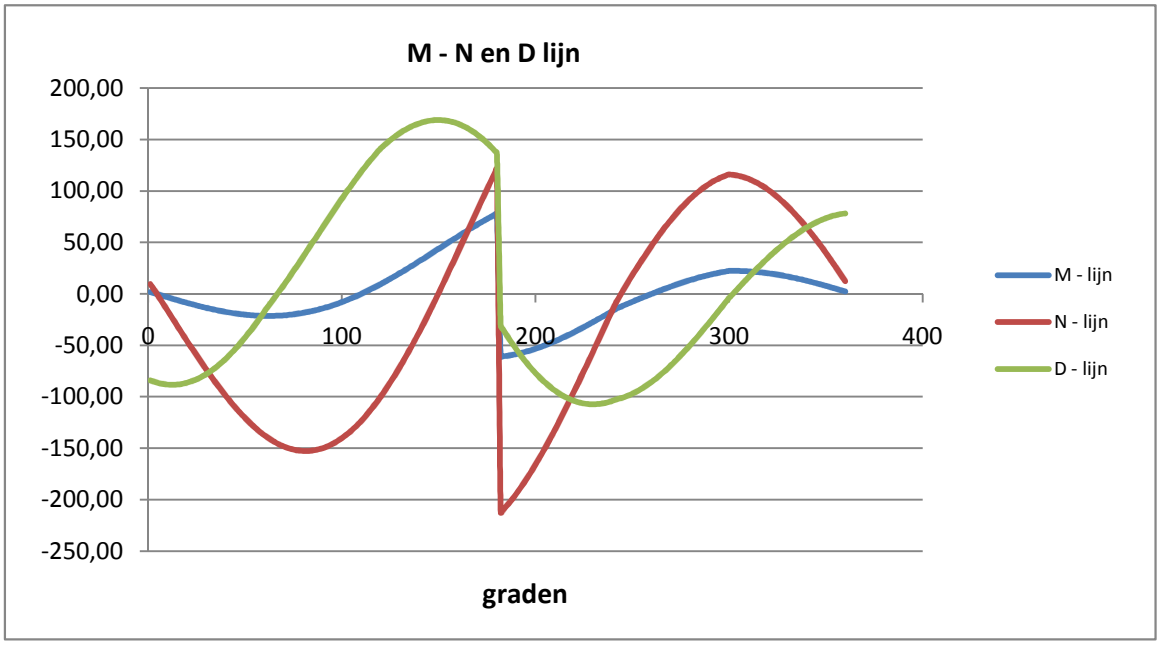
Belastinggeval : BG 1a - Bundelbreuk 45 gr

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	1,49	8,37	-72,41	7,19	58,43
15,0	-5,71	-29,31	-75,70	6,37	51,74
30,0	-12,08	-65,73	-65,95	4,53	36,79
45,0	-16,61	-96,98	-44,09	1,82	14,75
60,0	-18,43	-119,56	-12,41	1,53	12,40
75,0	-16,90	-130,71	21,54	5,18	42,08
90,0	-11,72	-128,65	58,04	8,77	71,27
105,0	-2,94	-112,82	93,36	11,92	96,85
120,0	8,98	-83,91	123,12	14,26	115,85
135,0	23,24	-43,90	140,06	15,48	125,75
150,0	38,73	4,13	145,41	15,36	
165,0	54,08	56,20	137,55	12,93	
180,0	67,02	104,45	117,87	114,89	Flens crossbea
195,0	-47,88	-153,42	-58,75	8,96	
210,0	-38,91	-110,69	-81,87	12,07	
225,0	-26,84	-61,11	-91,80	13,79	111,98
240,0	-13,06	-9,42	-88,66	10,45	84,86
255,0	-2,61	30,84	-78,05	9,33	75,81
270,0	6,73	64,07	-58,11	7,55	61,32
285,0	14,28	87,93	-31,43	4,86	39,49
300,0	19,14	99,84	-1,80	1,19	9,66
315,0	17,95	91,61	23,52	3,74	30,42
330,0	14,21	72,12	45,18	5,76	46,75
345,0	8,45	43,39	60,47	6,48	52,64
360,0	1,97	10,83	67,18	0,48	3,92



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	1,71	9,56	-84,06	8,36	67,92
15,0	-6,65	-34,23	-87,89	7,40	60,11
30,0	-14,05	-76,52	-76,58	5,26	42,71
45,0	-19,31	-112,79	-51,20	2,10	17,08
60,0	-21,42	-138,97	-14,42	1,78	14,49
75,0	-19,63	-151,86	25,04	6,03	48,96
90,0	-13,60	-149,40	67,45	10,20	82,86
105,0	-3,40	-130,94	108,49	13,86	112,55
120,0	10,46	-97,31	143,06	16,57	134,58
135,0	27,03	-50,78	162,69	17,98	146,03
150,0	45,01	5,03	168,83	17,83	
165,0	62,83	65,51	159,64	15,01	
180,0	77,84	121,52	136,74	133,48	Flens crossbea
195,0	-55,64	-178,06	-68,47	10,42	
210,0	-45,22	-128,44	-95,32	14,02	
225,0	-31,20	-70,87	-106,83	16,01	130,04
240,0	-15,19	-10,88	-103,14	12,16	98,74
255,0	-3,04	35,90	-90,74	10,86	88,22
270,0	7,83	74,51	-67,49	8,79	71,37
285,0	16,61	102,22	-36,42	5,66	45,98
300,0	22,28	116,04	-1,94	1,40	11,35
315,0	20,88	106,41	27,48	4,37	35,47
330,0	16,51	83,70	52,63	6,70	54,42
345,0	9,81	50,27	70,37	7,54	61,23
360,0	2,27	12,42	78,12	0,56	4,56



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

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	336,1	kN		N_{Rd} =	3152	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	110,29	kNm		M_{Rd} =	135	kNm
$V_{Ed;max}$ =	264,7	kN		V_{Rd} =	956	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 336,06 / 3152 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 25,2 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 110,29 / 135,2 = 0,82 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 193,0 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 264,72 / 956 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 37,8 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 147,21

V_{Ed} = 198,56

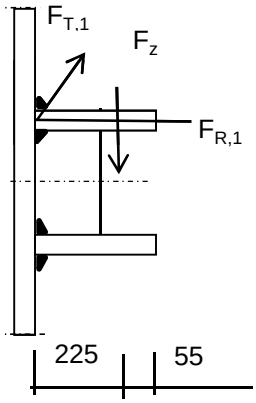
$\sigma_b + \sigma_N$ = 193,0 + 11,1 = 204,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 28,4 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 210 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	61,70	kN
$F_{T,1,h}$ =	38,74	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	203,83	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 16,6 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 14,69 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 77,32 N/mm^2

t.g.v. F_z :

$\sigma_1 = \tau_1 = [(F_z * 1000 * 205)/(t_{ring}+2*a/3)] / (a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 62,59 N/mm^2

$\sigma_1 = \tau_1$ = 79,1 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 224,6 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 $\beta_w = 0{,}9$

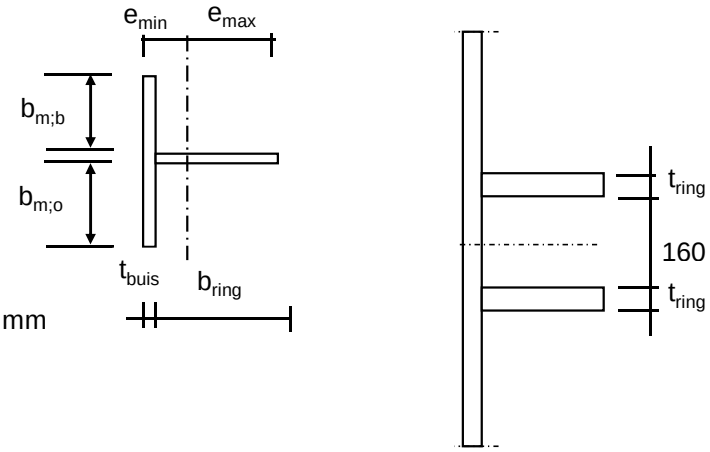
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 302$ N/mm^2 $0{,}9 * f_u / \gamma_{M2} = 245$ N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$	224,6	/	302,2	=	0,74	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	79,1	/	244,8	=	0,32	< 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))	17059	42810	262168	17059	42810	-262168
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29382	29145	266401	29382	29145	-266401
BG 1a - (wind (45 gr))	17049	22291	182248	17051	25542	-193988
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29377	18695	244780	29378	20335	-247325
Bundelbreuk-(90 gr)	17050	24622	190595	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	19806	23003	206105	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	17046	14360	158203	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19803	14428	183802	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))	4265	10702	65542	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7345	7286	66600	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4262	5573	45562	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7344	4674	61195	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4263	6156	47649	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	4952	5751	51526	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4262	3590	39551	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	4951	3607	45950	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1127 mm

R = 564 mm

Mast 181: hoek tussen lijnen 2. α = 179,9 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 179,9 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))	64,5	56,2	64,5	56,2	96,9	194,5
BG 3 - (wind (90) + ijs)	64,1	58,5	64,1	58,5	161,4	197,7
BG 1a - (wind (45 gr))	44,1	39,8	47,1	42,2	94,3	135,2
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	58,1	54,5	58,9	55,0	160,1	181,6
Bundelbreuk-(90 gr)	46,3	41,5	0,0	0,0	94,6	141,4
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	49,7	45,2	0,0	0,0	109,2	152,9
Bundelbr.-(45 gr)	37,8	35,0	0,0	0,0	93,3	117,4
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	43,7	40,9	0,0	0,0	108,1	136,4

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

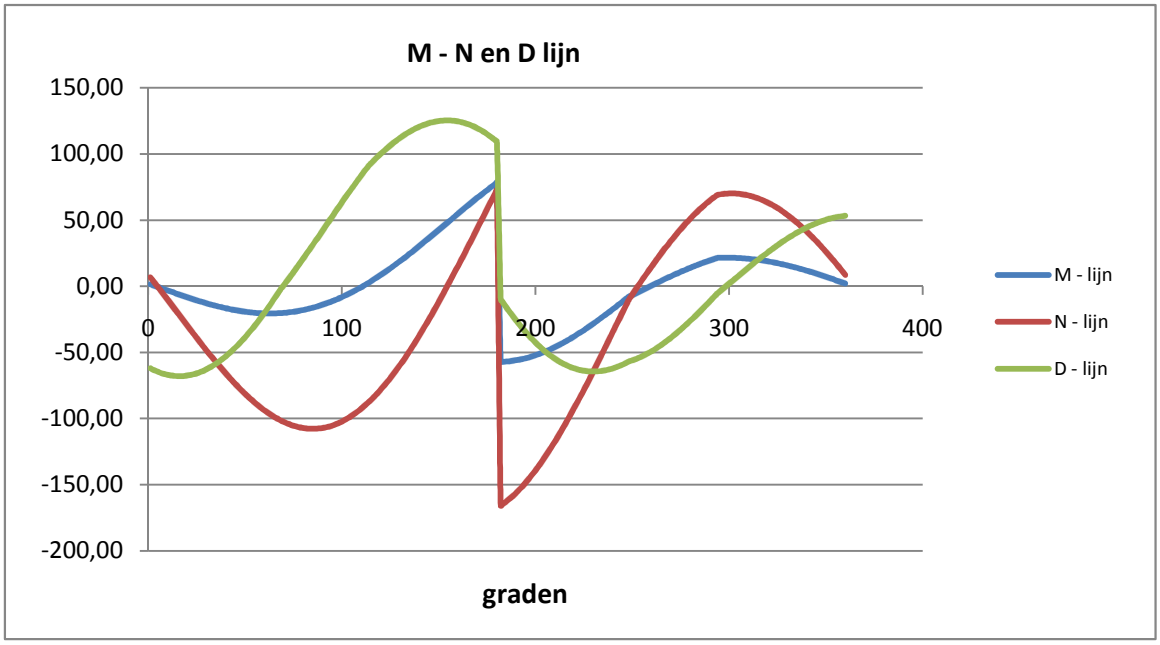
Maatgevend belastinggeval :BG 3 - 90 gr + ijs

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	-2,40	-16,20	-96,67	11,71	93,54
15,0	-14,11	-67,67	-96,97	9,11	72,74
30,0	-23,21	-116,02	-77,76	4,65	37,16
45,0	-27,86	-155,78	-40,74	1,32	10,57
60,0	-26,54	-182,10	10,31	3,71	29,67
75,0	-22,83	-199,39	61,77	7,33	58,58
90,0	-15,49	-203,84	109,23	15,14	120,94
105,0	-0,35	-186,84	154,79	17,88	142,86
120,0	17,53	-156,69	186,09	18,84	150,53
135,0	36,37	-116,45	198,27	23,29	186,06
150,0	59,66	-60,40	197,49	25,59	
165,0	85,25	6,65	182,65	23,69	
180,0	108,94	73,84	156,03	190,57	Flens crossbea
195,0	-81,63	-231,65	-62,28	14,37	
210,0	-67,27	-173,96	-93,64	21,05	
225,0	-46,22	-105,11	-106,12	25,10	200,50
240,0	-21,12	-31,91	-100,10	21,31	170,21
255,0	0,18	29,77	-86,15	15,78	126,04
270,0	15,96	75,23	-66,12	12,91	103,15
285,0	28,87	107,99	-36,04	4,77	38,13
300,0	33,65	118,03	-7,22	4,32	34,54
315,0	29,32	103,55	15,66	8,28	66,11
330,0	21,05	74,14	38,02	11,10	88,69
345,0	9,95	32,79	57,19	11,52	92,02
360,0	-1,57	-12,80	70,08	0,82	6,59

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

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 105771239 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	270,0	kN	N_{Rd} =	3293	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	108,94	kNm	M_{Rd} =	122	kNm
$V_{Ed;max}$ =	199,6	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 270,00 / 3293 = 0,08 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 19,4 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 108,94 / 122,0 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 211,3 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 199,60 / 888 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 30,7 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 73,84

V_{Ed} = 156,03

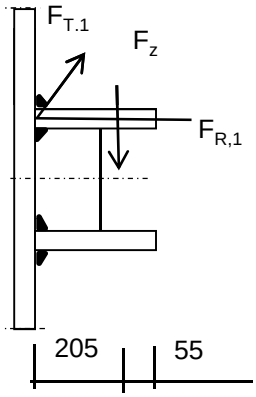
$\sigma_b + \sigma_N$ = 211,3 + 5,3 = 216,6 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 24,0 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 221 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	64,15	kN
$F_{T,1,h}$ =	32,65	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	200,50	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 17,2 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 12,39 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 76,06 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

$\sigma_1 = \tau_1$ = 74,2 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 213,3 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

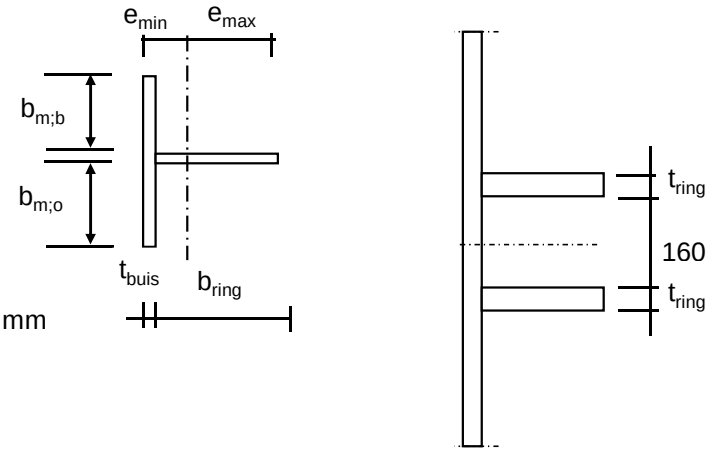
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 213,3 / 302,2 = 0,71 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 74,2 / 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))	17059	42810	262168	17059	42810	-262168
BG 3 - (wind (90) + ijs)	29382	29145	266401	29382	29145	-266401
BG 1a - (wind (45 gr))	17049	22291	182248	17051	25542	-193988
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	29377	18695	244780	29378	20335	-247325
Bundelbreuk-(90 gr)	17050	24622	190595	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	19806	23003	206105	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	17046	14360	158203	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	19803	14428	183802	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))	4265	10702	65542	0	0	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	7345	7286	66600	0	0	0
BG 1a - (wind (45 gr))	4262	5573	45562	0	0	0
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	7344	4674	61195	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr)	4263	6156	47649	0	0	0
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	4952	5751	51526	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr)	4262	3590	39551	0	0	0
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	4951	3607	45950	0	0	0

Diamete mast t.p.v ringen D = 1432 mm

R = 716 mm

Mast 181: hoek tussen lijnen 2. α = 179,9 graden

hoek tussen lijnen 2. α = 179,9 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))	65,4	58,5	65,4	58,5	94,6	189,5
BG 3 - (wind (90) + ijs)	65,3	60,6	65,3	60,6	157,3	192,6
BG 1a - (wind (45 gr))	44,9	41,3	47,9	43,8	92,0	131,8
BG 3 - (wind (45)+ ijs)	59,4	56,4	60,1	56,8	156,0	177,0
Bundelbreuk-(90 gr)	47,0	43,1	0,0	0,0	92,3	137,8
Bundelbreuk-(90 gr + ijs)	50,6	46,9	0,0	0,0	106,5	149,0
Bundelbr.-(45 gr)	38,6	36,2	0,0	0,0	91,0	114,4
Bundelbr.-(45 gr + ijs)	44,6	42,3	0,0	0,0	105,4	132,9

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 20

Roark's Formulas for stress & strain - tabel 9.2 - 19

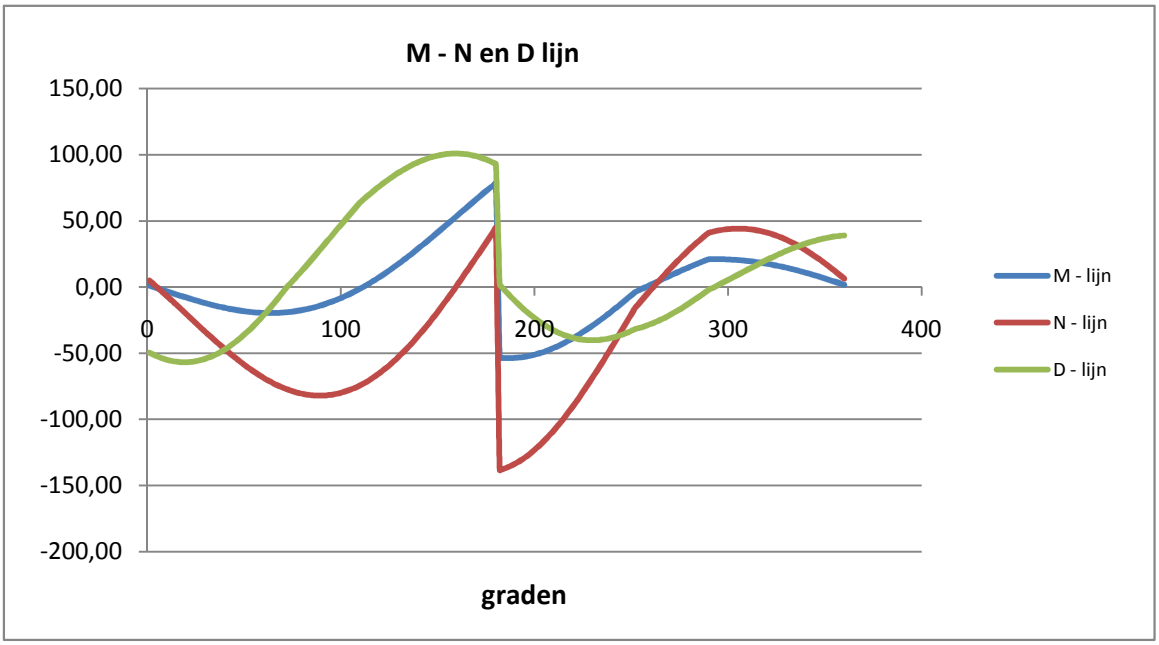
Maatgevend belastinggeval :BG 3 - 90 gr + ijs

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	-4,80	-20,78	-79,61	11,20	77,18
15,0	-16,00	-60,33	-81,00	8,25	67,03
30,0	-24,26	-97,60	-65,42	3,49	28,34
45,0	-27,75	-128,33	-34,22	2,77	22,46
60,0	-24,98	-148,65	9,45	6,98	56,67
75,0	-18,00	-159,77	56,69	6,47	52,56
90,0	-11,53	-166,87	95,18	14,59	118,50
105,0	3,06	-156,79	132,34	13,29	107,93
120,0	16,34	-141,99	152,59	16,93	137,47
135,0	33,27	-115,32	160,86	22,53	182,95
150,0	55,80	-74,24	160,09	26,12	
165,0	81,92	-22,20	149,54	25,40	
180,0	107,32	32,21	130,70	188,00	Flens crossbea
195,0	-80,68	-204,98	-38,34	12,81	
210,0	-67,88	-161,34	-63,21	20,68	
225,0	-47,20	-106,62	-72,61	25,89	210,25
240,0	-21,31	-46,28	-66,93	24,90	202,20
255,0	3,58	9,36	-52,47	15,53	126,16
270,0	19,11	47,19	-39,32	13,25	107,65
285,0	32,37	76,00	-18,34	1,29	10,49
300,0	33,66	81,56	-3,99	5,69	46,20
315,0	27,97	70,59	9,04	9,11	73,95
330,0	18,87	48,25	23,38	11,44	92,88
345,0	7,43	16,73	37,25	11,43	92,81
360,0	-4,00	-18,17	48,16	0,80	6,54

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

$S =$ 845000 mm^3

$I =$ 122655070 mm^4



Maatgevende belastinggeval : Bundelbreuk - wind 45 gr. + ijs

Controle spanningen :

$N_{Ed;max}$ =	231,5	kN	N_{Rd} =	4191	kN
$M_{y,Ed;max}$ =	107,32	kNm	M_{Rd} =	131	kNm
$V_{Ed;max}$ =	161,7	kN	V_{Rd} =	888	kN

$N_{Ed;max} / N_{Rd}$ = 231,52 / 4191 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 13,1 N/mm^2

$M_{y,Ed;max} / M_{y,Rd}$ = 107,32 / 131,3 = 0,82 < 1,0 -- Voldoet

σ_b = 193,5 N/mm^2

$V_{Ed;max} / V_{Rd}$ = 161,69 / 888 = 0,18 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 24,9 N/mm^2

Bij maximale moment : N_{Ed} = 32,21

V_{Ed} = 130,70

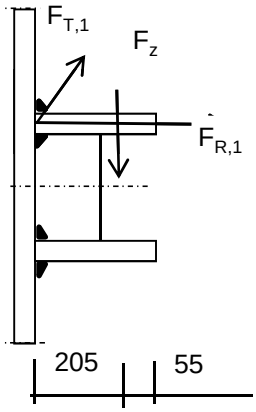
$\sigma_b + \sigma_N$ = 193,5 + 1,8 = 195,3 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

τ_z = 20,1 N/mm^2

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

σ_{vlg} = 198 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las.



Per bevestiging (2 * bevestigingspunten en 2 * ringen)

$F_{R,1,h}$ =	65,33	kN
$F_{T,1,h}$ =	28,53	kN
F_z =	14,69	kN
$F_{Langs,Ed}$ =	146,03	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. $F_{R,1,h}$:

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{R,1,h} / (2*a*L_{las,min}*2^{0,5})$ = 17,5 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{T,1,h} / (2*a*L_{las,min})$ = 10,82 N/mm^2

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

$\tau_2 = F_{Langs,Ed;max} / (2*a*L_{las,min})$ = 55,40 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

$\sigma_1 = \tau_1$ = 74,5 N/mm^2

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ = 188,1 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)

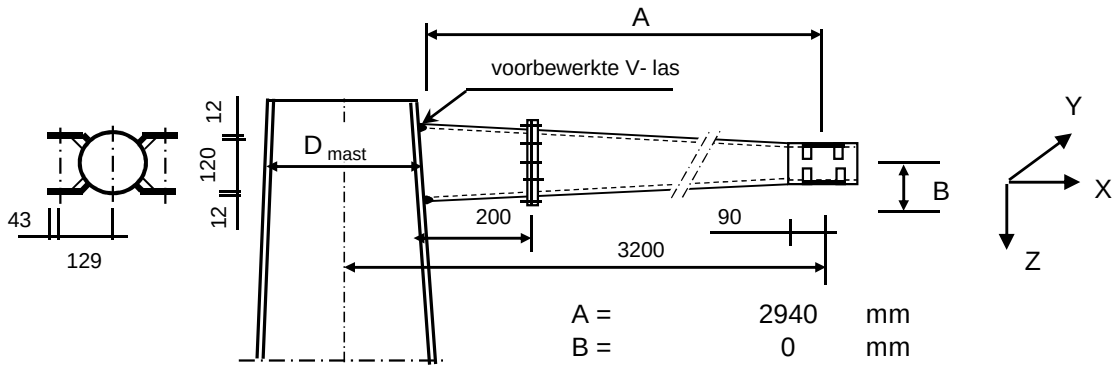
Materiaal S 355 ----> $f_u = 510$ N/mm^2 en $\beta_w = 0{,}9$

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

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 188,1 / 302,2 = 0,62 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 74,5 / 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 REV V10.0 - Appendix AK, AK1

	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))	7438	42434	2228	7438	-42434	2228
BG 3 - (wind (90) + ijs)	8715	68145	9247	8715	-68145	9247
BG 1a - (wind (45 gr))	3737	27140	2227	4330	-29532	2227
BG 3 - (wind (45) + ijs)	5348	62397	9245	5879	-63076	9245
BG 1a - bundelbr. (90gr)	4162	-28849	2227	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	6497	-43749	3798	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr)	2283	-21897	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	3604	-34528	3796	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr	2577	-22837	2226	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	4058	-35760	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))	14,88	0,00	4,46	0,00	13,10	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	17,43	0,00	18,49	0,00	54,37	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	8,07	2,39	4,45	0,00	13,09	7,03
BG 3 - (wind (45) + ijs)	11,23	0,68	18,49	0,00	54,36	2,00
BG 1a - bundelbr. (90gr)	4,16	28,85	2,23	0,00	6,55	84,81
BG 3 - bundelbr. (90gr+ij	**6,50**	**43,75**	**3,80**	**0,00**	**11,16**	**128,61**
BG 1a - bundelbr. (45gr)	2,28	21,90	2,23	0,00	6,54	64,37
BG 3 - bundelbr. (45gr+ij	3,60	34,53	3,80	0,00	11,16	101,50
BG 1a - bundelbr. (-45gr	2,58	22,84	2,23	0,00	6,55	67,14
BG 3 - bundelbr. (-45gr+	4,06	35,76	3,80	0,00	11,16	105,13

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

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

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 128,61 / 185 = 0,70 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 164,8 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 6,50 / 2379 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 0,6 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 3,80 / 687 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,8 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 43,75 / 687 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 8,7 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} = 167 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 $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 54,37 / 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

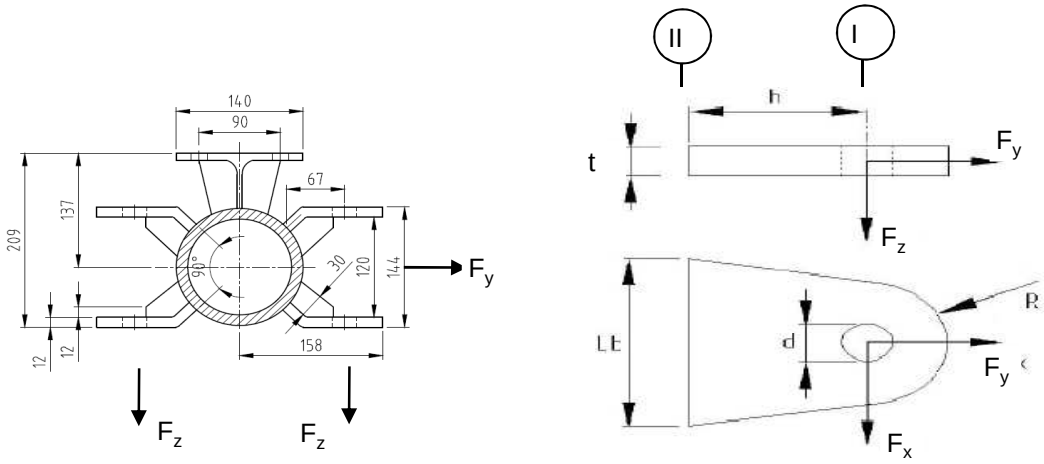
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_1^2 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 267,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 128,61 / 139,9 = 0,92 < 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))	7,44	42,43	2,23
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**8,71**	**68,14**	**9,25**
BG 1a - (wind (45 gr))	3,74	27,14	2,23
BG 3 - (wind (45) + ijs)	5,35	62,40	9,24

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

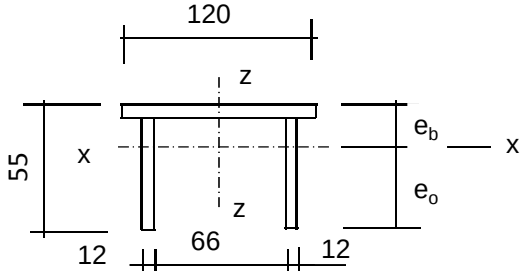
Per clip :	**4,36**	**34,07**	**9,25**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 34,4 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



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} =	34,07	kN	$M_{z,Ed} = V_{x,Ed} * h$ =	0,28	kNm
$V_{z,Ed}$ =	9,25	kN	$M_{x,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,60	kNm
$V_{x,Ed}$ =	4,36	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	34,07	/	585	=	0,06	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		13,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,28	/	10,5	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		6,4	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	4,36	/	197	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		3,0	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 55,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 58 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 =				47,4	N/mm^2
τ_1 =				47,4	N/mm^2
τ_2 =	0			10,8	N/mm^2
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=		96,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	96,7	/	302,2 =	0,32	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,4	/	244,8 =	0,19	< 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
6,50	43,75	3,80	0,00	10,41	119,86

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 120,3 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 43,9 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

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2* M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 3,7 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 103,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 103,37 / 254 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 3,66 / 169 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,31 < 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

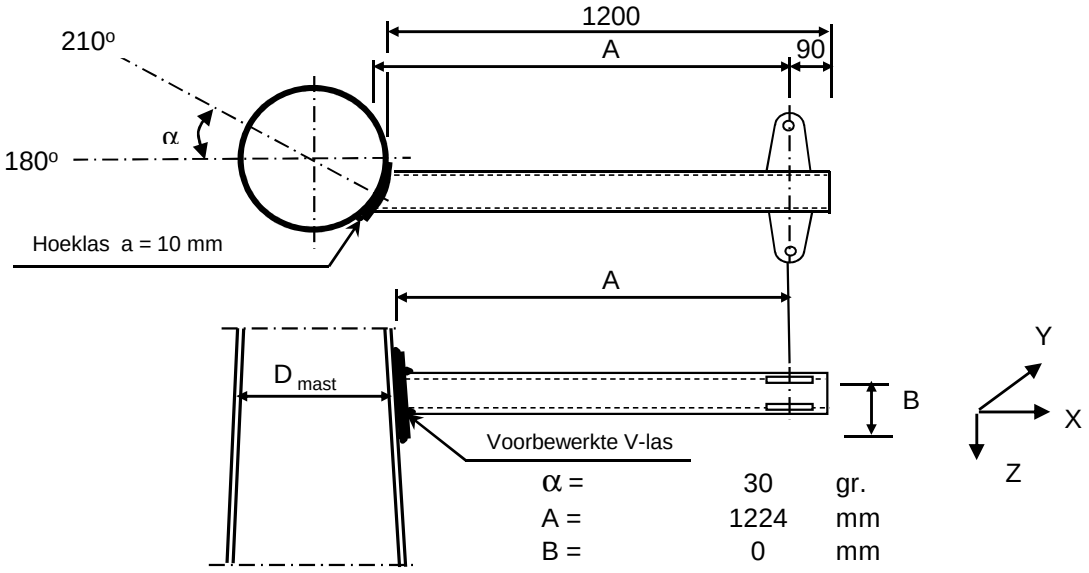
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	161,0	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	167,3	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	254,2	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 161,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,64 < 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 REV V10.0 - Appendix AK, AK1

	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))	10775	68449	4620	10775	-68449	4620
BG 3 - (wind (90) + ijs)	13656	129839	18679	13656	-129839	18679
BG 1a - (wind (45 gr))	5672	48388	4618	6478	-51270	4618
BG 3 - (wind (45) + ijs)	9067	124021	18677	9793	-124681	18677
BG 1a - bundelbr. (90gr).	6249	-50434	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	9752	-77198	7764	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (45gr).	3710	-42599	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	5837	-66862	7762	0	0	0
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	4106	-43575	4618	0	0	0
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	6450	-68138	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))	21,55	0,00	9,24	0,00	11,31	0,00
BG 3 - (wind (90) + ijs)	27,31	0,00	37,36	0,00	45,72	0,00
BG 1a - (wind (45 gr))	12,15	2,88	9,24	0,00	11,31	3,53
BG 3 - (wind (45) + ijs)	18,86	0,66	37,35	0,00	45,72	0,81
BG 1a - bundelbr. (90gr).	6,25	50,43	4,62	0,00	5,65	61,73
BG 3 - bundelbr. (90gr+ijs).	**9,75**	**77,20**	**7,76**	**0,00**	**9,50**	**94,49**
BG 1a - bundelbr. (45gr).	3,71	42,60	4,62	0,00	5,65	52,14
BG 3 - bundelbr. (45gr+ijs).	5,84	66,86	7,76	0,00	9,50	81,83
BG 1a - bundelbr. (-45gr).	4,11	43,58	4,62	0,00	5,65	53,33
BG 3 - bundelbr. (-45gr+ijs)	6,45	68,14	7,76	0,00	9,50	83,40

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$; $B = 0$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - bundelbreuk (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ = 9,50 / 101 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 22,2 N/mm^2

$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = 94,49 / 101 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,y}$ = 220,4 N/mm^2

N_{Ed} / N_{Rd} = 9,75 / 1576 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 1,5 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 7,76 / 455 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 2,3 N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 77,20 / 455 = 0,17 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 23,2 N/mm^2

Maximale spanning

$\sigma_{max} = (\sigma^2_{b,y} + \sigma^2_{b,z})^{0,5} + \sigma_N$ = 223 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_y + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 227 N/mm^2 < 237 MPa -- Voldoet

Controle spanningen in las:

Toetsing regel :

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

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

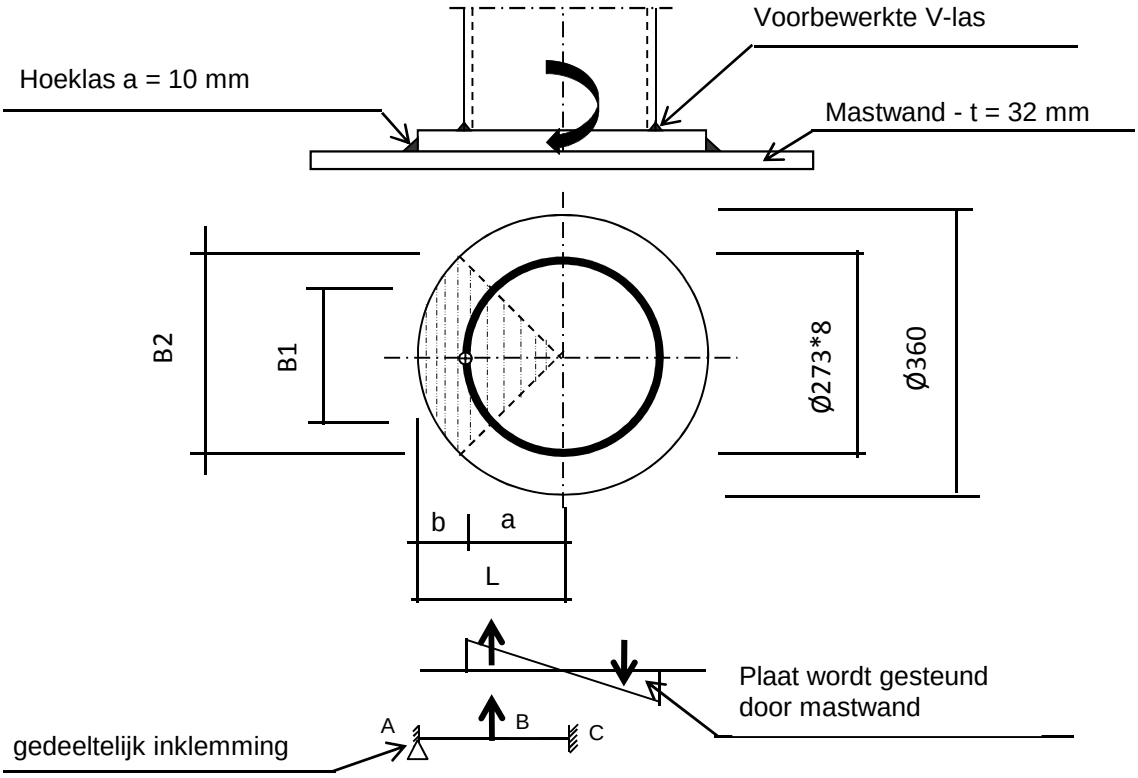
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

$M_{ed,max} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 95,0 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 314,8 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
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 8,83 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 202,9 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 7,88 kNm

$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 3,81 kNm

$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 268,5 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 60,0% + 7,9 * 40,0% = 3,15 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,8 * 60,0% + 3,8 * 40,0% = 6,82 kNm

$R_{A;Ed}$ = 202,9 * 60,0% + 268,5 * 40,0% = 229,2 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 3,15 / 10,46 = 0,30 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A} =$ 71,3 N/mm^2

$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 6,82 / 7,93 = 0,86 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B} =$ 203,5 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 229,2 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 32,4 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 42,8 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max} = \{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5} =$ 216,6 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 126,0 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 57,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	126,0	+	57,3	=		183,4	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	126,0	-	57,3	=		68,7	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		218,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	218,6	/	302,2	=	0,72	< 1,0	-- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	183,4	/	244,8	=	0,75	< 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 562,7 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 14061,0 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,59 of n_p = -0,567

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 333,0 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 566,7 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 45,72 / 333,0 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 205,0 kNm

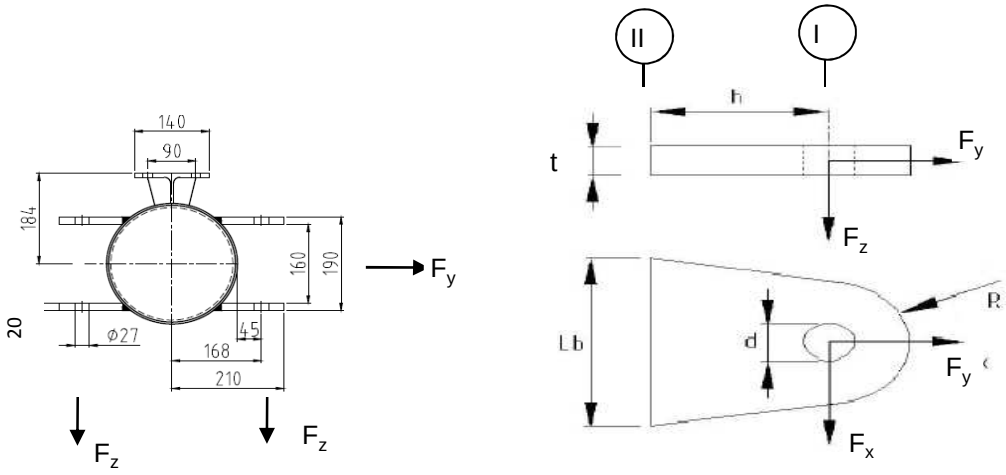
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 566,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 94,49 / 205,0 = 0,46 < 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))	10,78	68,45	4,62
BG 3 - (wind (90) + ijs)	**13,66**	**129,84**	**18,68**
BG 1a - (wind (45 gr))	5,67	48,39	4,62
BG 3 - (wind (45) + ijs)	9,07	124,02	18,68

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

Per clip :	**6,83**	**64,92**	**18,68**

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = $(F_{x,Ed}^2 + F_{y,Ed}^2)^{0,5}$ = 65,6 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} =	64,92	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,51	kNm
$V_{z,Ed}$ =	18,68	kN	$M_{x,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	1,40	kNm
$V_{x,Ed}$ =	6,83	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	64,92	/	663	=	0,10	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		23,2	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,51	/	15,5	=	0,03	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		7,8	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	
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	6,83	/	383	/	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_x =		2,4	N/mm^2	

Maximale spanning

σ_{max} = 181,1 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{max} + 3*\tau^2_x + 3*\tau^2_z)^{0,5}$

σ_{vlg} = 182 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))

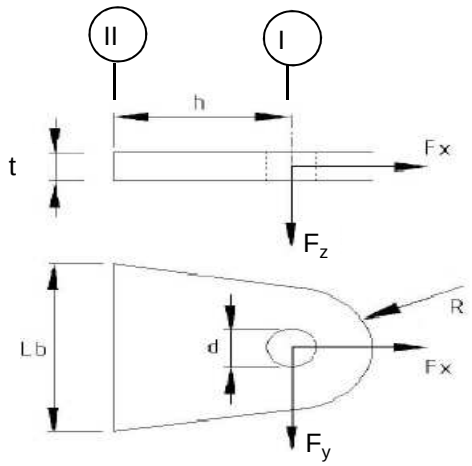
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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))

$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 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

9.5.1 - 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 1122,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 36253,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,66 of $n_p =$ -0,631

$k_p = 1,0$, 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,67

$N_{1,Rd} =$ 825,9 kN ---> > N1,Ed ; voldoet

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 70,71 / 825,9 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 90,9 kNm ---> > M1,Ed ; voldoet

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 3,89 / 90,9 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

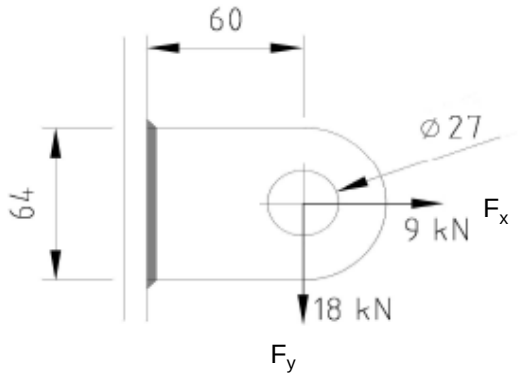
$N_{1,Ed} =$ 70,71 kN ; $M_{1,Ed} =$ 3,889 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 459,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 10353,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,57 of $n_p =$ -0,553

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 786,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 786,5 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 50,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 50,3 = 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
$M_{0,Ed} =$ 107,1 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,08 of $n_p =$ -0,076

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 303,1 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 303,1 = 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

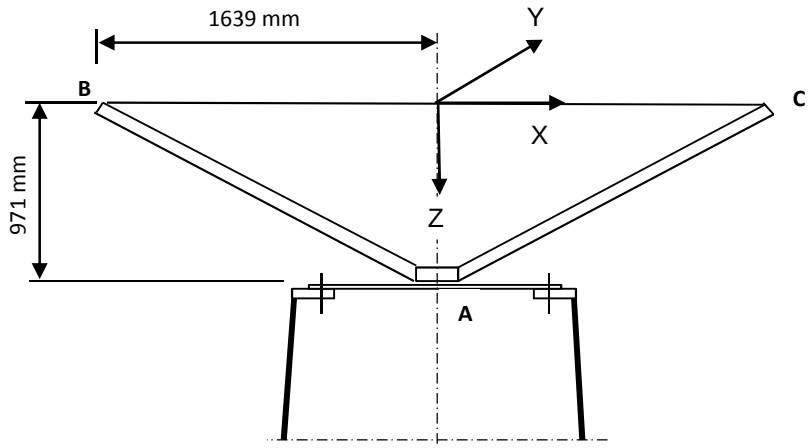
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



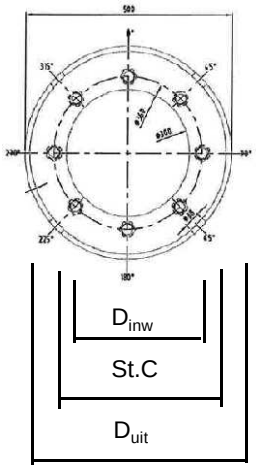
Buis rond 500 * 16

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/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

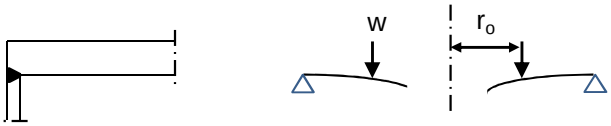
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

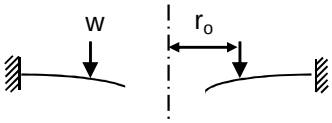
maatgevend belastinggeval : BG2.

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} = 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 $\sigma_1 = \sigma_{loodrecht} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$

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

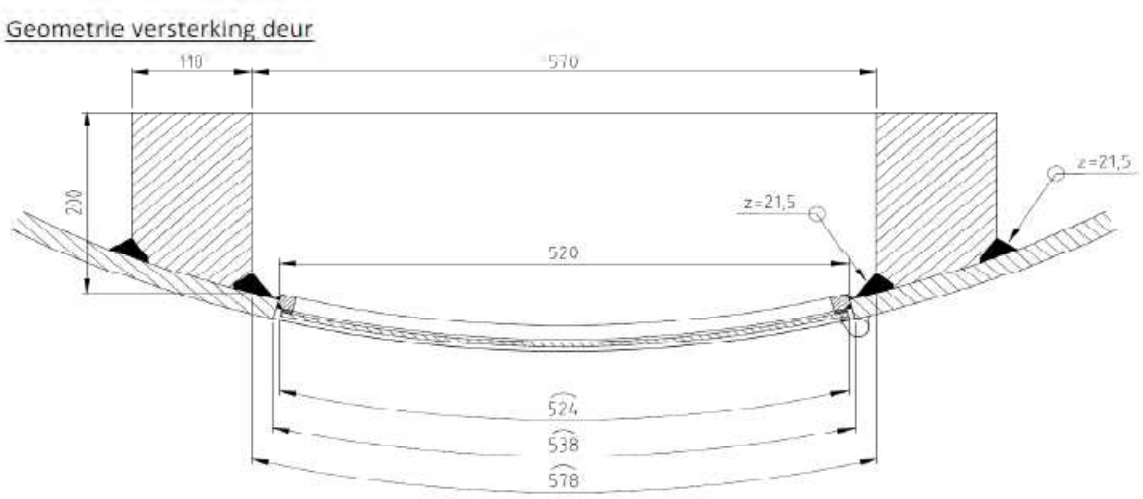
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

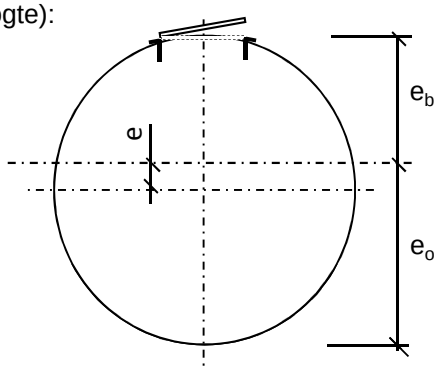
$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 302 N/mm^2 $0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ = 245 N/mm^2

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 :	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} =	36474	kNm ;	N_{Ed} =	1122 kN

σ_N =	N_{Ed} / A_{tot} =	4,1	N/mm^2
σ_b =	M_{Ed} / W_{min} =	226,4	N/mm^2

σ_{max} = 4,1 + 226,4 = 230,4 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 V10,0 - 18 -11-2013

bijlage AK, AK1 en AK2

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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	Comp. gl	4617	1768	40154	4617	1768	-40154
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	857	19378	2226	857	-19378
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	6512	147783	17045	6512	-147783
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6508	147784	17045	6508	-147784
	380C1F3 / 380C2F3	17045	6503	147784	17045	6503	-147784
	150C1F1 / 150C2F1	4261	1628	36946	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	1627	36946	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	1626	36946	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	1971	45077	4615	1971	-45077
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	2225	961	-21970
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	7424	169770	17036	7424	-169770
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7423	169770	17036	7423	-169770
	380C1F3 / 380C2F3	17036	7422	169770	17036	7422	-169770
	150C1F1 / 150C2F1	4259	1856	42443	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	1856	42443	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	1856	42443	0	0	0
3	Comp. gl	18676	5364	122499	18676	5364	-122499
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9244	2664	60776	9244	2664	-60776
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29376	10454	238678	29376	10454	-238678
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29376	10452	238678	29376	10452	-238678
	380C1F3 / 380C2F3	29376	10449	238678	29376	10449	-238678
	150C1F1 / 150C2F1	7344	2614	59670	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7344	2613	59670	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7344	2612	59670	0	0	0
4	Comp. gl	6122	2243	51307	6122	2243	-51307
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2978	1094	25008	2978	1094	-25008
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	7508	171694	20053	7508	-171694
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	7507	171694	20053	7507	-171694
	380C1F3 / 380C2F3	20053	7506	171694	20053	7506	-171694
	150C1F1 / 150C2F1	5013	1877	42923	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5013	1877	42923	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5013	1877	42923	0	0	0
6	Comp. gl	5195	1931	44221	5195	1931	-44221
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	932	21353	2505	932	-21353
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	150C1F1 / 150C2F1	4794	1773	40610	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4794	1773	40610	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4794	1773	40610	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	5672	48388	4618	6478	-51270
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	3737	27140	2227	4330	-29532
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17049	22291	182248	17051	25542	-193988
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17049	21096	178135	17050	24102	-188700
	380C1F3 / 380C2F3	17048	19618	173239	17049	22318	-182342
	150C1F1 / 150C2F1	4262	5573	45562	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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]
	150C1F2 / 150C2F2	4262	5274	44534	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	4904	43310	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2696	45453	4615	2839	-45615
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1487	22383	2225	1592	-22556
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10347	171387	17036	10925	-172082
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10135	171160	17036	10669	-171760
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9871	170900	17036	10352	-171392
	150C1F1 / 150C2F1	4259	2587	42847	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	2534	42790	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2468	42725	0	0	0
3	Comp. gl	18677	9067	124021	18677	9793	-124681
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9245	5348	62397	9245	5879	-63076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29377	18695	244780	29378	20335	-247325
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	18091	243941	29377	19609	-246151
	380C1F3 / 380C2F3	29377	17343	242979	29377	18708	-244799
	150C1F1 / 150C2F1	7344	4674	61195	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7344	4523	60985	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7344	4336	60745	0	0	0
4	Comp. gl	6122	2963	51551	6122	3103	-51659
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2978	1614	25277	2978	1716	-25392
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	10417	172937	20053	10988	-173480
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10206	172760	20053	10735	-173228
	380C1F3 / 380C2F3	20053	9945	172558	20053	10422	-172941
	150C1F1 / 150C2F1	5013	2604	43234	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5013	2552	43190	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5013	2486	43140	0	0	0
1a	Comp. gl	4620	10775	68449	4620	10775	-68449
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2228	7438	42434	2228	7438	-42434
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17059	42810	262168	17059	42810	-262168
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17058	40112	251284	17058	40112	-251284
	380C1F3 / 380C2F3	17056	36753	237768	17056	36753	-237768
	150C1F1 / 150C2F1	4265	10702	65542	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4264	10028	62821	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4264	9188	59442	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	3603	46901	4615	3603	-46901
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	2158	23884	2225	2158	-23884
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17037	14017	177552	17037	14017	-177552
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17037	13527	176509	17037	13527	-176509
	380C1F3 / 380C2F3	17036	12922	175306	17036	12922	-175306
	150C1F1 / 150C2F1	4259	3504	44388	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	3382	44127	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	3231	43827	0	0	0
3	Comp. gl	18679	13656	129839	18679	13656	-129839
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9247	8715	68145	9247	8715	-68145
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29382	29145	266401	29382	29145	-266401
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29381	27751	262880	29381	27751	-262880

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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]
	380C1F3 / 380C2F3	29380	26025	258752	29380	26025	-258752
	150C1F1 / 150C2F1	7345	7286	66600	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7345	6938	65720	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7345	6506	64688	0	0	0
4	Comp. gl	6122	3850	52532	6122	3850	-52532
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2978	2265	26304	2978	2265	-26304
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	14031	177807	20053	14031	-177807
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	13551	176977	20053	13551	-176977
	380C1F3 / 380C2F3	20053	12957	176021	20053	12957	-176021
	150C1F1 / 150C2F1	5013	3508	44452	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5013	3388	44244	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5013	3239	44005	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	6478	51270	4618	5672	-48388
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	4330	29532	2227	3737	-27140
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17051	25542	193988	17049	22291	-182248
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	24102	188700	17049	21096	-178135
	380C1F3 / 380C2F3	17049	22318	182342	17048	19618	-173239
	150C1F1 / 150C2F1	4263	6386	48497	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	6025	47175	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	5579	45585	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2839	45615	4615	2696	-45453
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1592	22556	2225	1487	-22383
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10925	172082	17036	10347	-171387
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10669	171760	17036	10135	-171160
	380C1F3 / 380C2F3	17036	10352	171392	17036	9871	-170900
	150C1F1 / 150C2F1	4259	2731	43020	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	2667	42940	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2588	42848	0	0	0
3	Comp. gl	18677	9793	124681	18677	9067	-124021
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	9245	5879	63076	9245	5348	-62397
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	29378	20335	247325	29377	18695	-244780
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29377	19609	246151	29377	18091	-243941
0	380C1F3 / 380C2F3	29377	18708	244799	29377	17343	-242979
	150C1F1 / 150C2F1	7344	5084	61831	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	7344	4902	61538	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	7344	4677	61200	0	0	0
4	Comp. gl	6122	3103	51659	6122	2963	-51551
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2978	1716	25392	2978	1614	-25277
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	20053	10988	173480	20053	10417	-172937
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20053	10735	173228	20053	10206	-172760
	380C1F3 / 380C2F3	20053	10422	172941	20053	9945	-172558
	150C1F1 / 150C2F1	5013	2747	43370	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5013	2684	43307	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5013	2605	43235	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	1394	31599	3462	1394	-31599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	675	15226	1669	675	-15226

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	5162	116856	12781	5162	-116856
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5158	116856	12781	5158	-116856
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5152	116856	12781	5152	-116856
	150C1F1 / 150C2F1	3195	1290	29214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	1289	29214	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	1288	29214	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	1578	36072	3461	1578	-36072
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	6004	137240	12774	6004	-137240
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6003	137240	12774	6003	-137240
	380C1F3 / 380C2F3	12774	6002	137240	12774	6002	-137240
	150C1F1 / 150C2F1	3193	1501	34310	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	1501	34310	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	1501	34310	0	0	0
3	Comp. gl	17518	5120	116924	17518	5120	-116924
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8685	2547	58078	8685	2547	-58078
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25109	9298	212206	25109	9298	-212206
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25109	9296	212206	25109	9296	-212206
	380C1F3 / 380C2F3	25109	9293	212206	25109	9293	-212206
	150C1F1 / 150C2F1	6277	2325	53051	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6277	2324	53051	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6277	2323	53052	0	0	0
4	Comp. gl	4966	1897	43378	4966	1897	-43378
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2421	926	21162	2421	926	-21162
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15788	6213	142035	15788	6213	-142035
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	6212	142035	15788	6212	-142035
	380C1F3 / 380C2F3	15788	6211	142035	15788	6211	-142035
	150C1F1 / 150C2F1	3947	1553	35509	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3947	1553	35509	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3947	1553	35509	0	0	0
6	Comp. gl	3462	1380	31600	3462	1380	-31600
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	665	15226	1669	665	-15226
Permanent loads γg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	150C1F1 / 150C2F1	3195	1276	29214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	1276	29214	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	1276	29214	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	5412	42450	3463	6244	-45933
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	3641	24937	1670	4246	-27635
Permanent loads γg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12785	21402	161939	12786	24752	-175933
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	20168	156922	12786	23270	-169684
	380C1F3 / 380C2F3	12784	18639	150855	12785	21430	-162053
	150C1F1 / 150C2F1	3196	5351	40485	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	5042	39231	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	4660	37714	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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]
1b	Comp. gl	3461	2310	36628	3461	2457	-36863
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1304	18177	1668	1412	-18423
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8961	139641	12774	9552	-140651
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8744	139310	12774	9290	-140184
	380C1F3 / 380C2F3	12774	8474	138930	12774	8966	-139649
	150C1F1 / 150C2F1	3194	2240	34910	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	2186	34827	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	2119	34733	0	0	0
3	Comp. gl	17518	8829	118590	17519	9558	-119308
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8686	5236	59842	8686	5770	-60575
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25110	17599	219715	25111	19263	-222795
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	16988	218696	25110	18525	-221377
	380C1F3 / 380C2F3	25110	16230	217522	25110	17613	-219739
	150C1F1 / 150C2F1	6277	4400	54929	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6277	4247	54674	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6277	4058	54380	0	0	0
4	Comp. gl	4966	2620	43705	4966	2762	-43847
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2421	1450	21516	2421	1554	-21666
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15788	9142	143762	15788	9722	-144502
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8929	143520	15788	9465	-144160
	380C1F3 / 380C2F3	15788	8664	143244	15788	9147	-143768
	150C1F1 / 150C2F1	3947	2286	35941	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3947	2232	35880	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3947	2166	35811	0	0	0
1a	Comp. gl	3465	10636	65268	3465	10636	-65268
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1671	7394	41430	1671	7394	-41430
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12793	42353	251764	12793	42353	-251764
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12792	39619	240051	12792	39619	-240051
	380C1F3 / 380C2F3	12791	36208	225349	12791	36208	-225349
	150C1F1 / 150C2F1	3198	10588	62941	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3198	9905	60013	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3198	9052	56337	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	3244	38683	3461	3244	-38683
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	1999	20240	1669	1999	-20240
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	12742	148385	12775	12742	-148385
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	12235	146935	12775	12235	-146935
	380C1F3 / 380C2F3	12775	11609	145249	12775	11609	-145249
	150C1F1 / 150C2F1	3194	3185	37096	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	3059	36734	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	2902	36312	0	0	0
3	Comp. gl	17521	13438	124881	17521	13438	-124881
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8689	8620	65994	8689	8620	-65994
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25115	28222	245324	25115	28222	-245324
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25114	26803	241229	25114	26803	-241229
	380C1F3 / 380C2F3	25113	25047	236395	25113	25047	-236395
	150C1F1 / 150C2F1	6279	7055	61331	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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]
	150C1F2 / 150C2F2	6278	6701	60307	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6278	6262	59099	0	0	0
4	Comp. gl	4966	3520	44981	4966	3520	-44981
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2421	2113	22829	2421	2113	-22829
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15789	12829	150295	15789	12829	-150295
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12337	149195	15789	12337	-149195
	380C1F3 / 380C2F3	15788	11729	147922	15788	11729	-147922
	150C1F1 / 150C2F1	3947	3207	37574	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3947	3084	37299	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3947	2932	36981	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	6244	45933	3463	5412	-42450
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	4246	27635	1670	3641	-24937
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12786	24752	175933	12785	21402	-161939
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12786	23270	169684	12785	20168	-156922
	380C1F3 / 380C2F3	12785	21430	162053	12784	18639	-150855
	150C1F1 / 150C2F1	3197	6188	43983	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	5817	42421	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	5358	40513	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2457	36863	3461	2310	-36628
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1412	18423	1668	1304	-18177
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	9552	140651	12774	8961	-139641
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9290	140184	12774	8744	-139310
	380C1F3 / 380C2F3	12774	8966	139649	12774	8474	-138930
	150C1F1 / 150C2F1	3194	2388	35163	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	2322	35046	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	2241	34912	0	0	0
3	Comp. gl	17519	9558	119308	17518	8829	-118590
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8686	5770	60575	8686	5236	-59842
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	25111	19263	222795	25110	17599	-219715
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18525	221377	25110	16988	-218696
0	380C1F3 / 380C2F3	25110	17613	219739	25110	16230	-217522
	150C1F1 / 150C2F1	6278	4816	55699	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	6278	4631	55344	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	6277	4403	54935	0	0	0
4	Comp. gl	4966	2762	43847	4966	2620	-43705
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2421	1554	21666	2421	1450	-21516
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15788	9722	144502	15788	9142	-143762
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9465	144160	15788	8929	-143520
	380C1F3 / 380C2F3	15788	9147	143768	15788	8664	-143244
	150C1F1 / 150C2F1	3947	2431	36126	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3947	2366	36040	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3947	2287	35942	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
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	1761	40155	4617	1761	-40155
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	852	19378	2226	852	-19378
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	6483	147784	17045	6483	-147784
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6481	147784	17045	6481	-147784
	380C1F3 / 380C2F3	17045	6479	147784	17045	6479	-147784
	150C1F1 / 150C2F1	4261	1621	36946	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	1620	36946	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	1620	36946	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	1970	45077	4615	1970	-45077
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	2225	961	-21970
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	7422	169770	17036	7422	-169770
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7421	169770	17036	7421	-169770
	380C1F3 / 380C2F3	17036	7420	169770	17036	7420	-169770
	150C1F1 / 150C2F1	4259	1855	42443	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	1855	42443	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	1855	42443	0	0	0
3	Comp. gl	7762	2793	63692	7762	2793	-63692
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	1374	31270	3796	1374	-31270
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	7765	177228	19802	7765	-177228
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	7763	177228	19802	7763	-177228
	380C1F3 / 380C2F3	19802	7760	177228	19802	7760	-177228
	150C1F1 / 150C2F1	4951	1941	44307	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	1941	44307	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	1940	44307	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2154	49285	5821	2154	-49285
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1049	23990	2828	1049	-23990
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	7328	167627	19451	7328	-167627
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	7328	167627	19451	7328	-167627
	380C1F3 / 380C2F3	19451	7327	167627	19451	7327	-167627
	150C1F1 / 150C2F1	4863	1832	41907	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	1832	41907	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	1832	41907	0	0	0
6	Comp. gl	5195	1931	44221	5195	1931	-44221
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	932	21353	2505	932	-21353
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	19177	7092	-162441
	150C1F1 / 150C2F1	4794	1773	40610	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4794	1773	40610	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4794	1773	40610	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	3710	42599	4618	4106	-43575
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2283	21897	2226	2577	-22837
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17046	14360	158203	17047	15962	-162308
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	13772	156827	17046	15252	-160427
	380C1F3 / 380C2F3	17046	13045	155232	17046	14373	-158235
	150C1F1 / 150C2F1	4262	3590	39551	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	3443	39207	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	3261	38808	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2548	45313	4615	2661	-45417
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1379	22232	2225	1462	-22344
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	9748	170789	17036	10205	-171233
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	9580	170644	17036	10003	-171027
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9371	170479	17036	9752	-170792
	150C1F1 / 150C2F1	4259	2437	42697	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	2395	42661	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2343	42620	0	0	0
3	Comp. gl	7762	5837	66862	7762	6450	-68138
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	3604	34528	3796	4058	-35760
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19803	14428	183802	19804	15768	-186490
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	13936	182911	19803	15174	-185252
	380C1F3 / 380C2F3	19803	13326	181886	19803	14439	-183822
	150C1F1 / 150C2F1	4951	3607	45950	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	3484	45728	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	3332	45471	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2728	49448	5821	2840	-49522
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1464	24172	2828	1545	-24251
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	9647	168439	19451	10101	-168800
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9480	168322	19451	9900	-168633
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9272	168189	19451	9651	-168442
	150C1F1 / 150C2F1	4863	2412	42110	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
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	4863	2370	42081	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	2318	42047	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	6249	50434	4618	6249	-50434
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	4162	28849	2227	4162	-28849
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17050	24622	190595	17050	24622	-190595
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23251	185638	17050	23251	-185638
	380C1F3 / 380C2F3	17049	21553	179693	17049	21553	-179693
	150C1F1 / 150C2F1	4263	6156	47649	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	5813	46409	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	5388	44923	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	3264	46248	4615	3264	-46248
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1906	23220	2225	1906	-23220
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	12643	174784	17036	12643	-174784
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	12258	174101	17036	12258	-174101
	380C1F3 / 380C2F3	17036	11782	173316	17036	11782	-173316
	150C1F1 / 150C2F1	4259	3161	43696	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	3065	43525	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2945	43329	0	0	0
3	Comp. gl	7764	9752	77198	7764	9752	-77198
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3798	6497	43749	3798	6497	-43749
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	23003	206105	19806	23003	-206105
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19806	21856	202544	19806	21856	-202544
	380C1F3 / 380C2F3	19805	20437	198338	19805	20437	-198338
	150C1F1 / 150C2F1	4952	5751	51526	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	5464	50636	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	5109	49585	0	0	0
4	Comp. gl	5821	3433	50119	5821	3433	-50119
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1979	24882	2828	1979	-24882
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	12511	171700	19451	12511	-171700
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	12131	171140	19451	12131	-171140
	380C1F3 / 380C2F3	19451	11661	170497	19451	11661	-170497
	150C1F1 / 150C2F1	4863	3128	42925	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	3033	42785	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	2915	42624	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	4106	43575	4618	3710	-42599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2577	22837	2226	2283	-21897
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17047	15962	162308	17046	14360	-158203
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	15252	160427	17046	13772	-156827
	380C1F3 / 380C2F3	17046	14373	158235	17046	13045	-155232
	150C1F1 / 150C2F1	4262	3991	40577	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	3813	40107	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	3593	39559	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2661	45417	4615	2548	-45313
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1462	22344	2225	1379	-22232
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10205	171233	17036	9748	-170789
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10003	171027	17036	9580	-170644
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9752	170792	17036	9371	-170479
	150C1F1 / 150C2F1	4259	2551	42808	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	2501	42757	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2438	42698	0	0	0
3	Comp. gl	7762	6450	68138	7762	5837	-66862
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	4058	35760	3796	3604	-34528
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19804	15768	186490	19803	14428	-183802
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	15174	185252	19803	13936	-182911
0	380C1F3 / 380C2F3	19803	14439	183822	19803	13326	-181886
	150C1F1 / 150C2F1	4951	3942	46622	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	3794	46313	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	3610	45956	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2840	49522	5821	2728	-49448
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1545	24251	2828	1464	-24172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	10101	168800	19451	9647	-168439
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9900	168633	19451	9480	-168322
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9651	168442	19451	9272	-168189
	150C1F1 / 150C2F1	4863	2525	42200	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	2475	42158	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	2413	42111	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	1387	31599	3462	1387	-31599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	670	15226	1669	670	-15226
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	5133	116856	12781	5133	-116856
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5131	116856	12781	5131	-116856

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (Special limit state)

	3	4	5	6	66	67	68
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	12781	5128	116856	12781	5128	-116856
	150C1F1 / 150C2F1	3195	1283	29214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	1283	29214	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	1282	29214	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	1577	36072	3461	1577	-36072
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	1668	769	-17575
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	6002	137240	12774	6002	-137240
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6001	137240	12774	6001	-137240
	380C1F3 / 380C2F3	12774	6000	137240	12774	6000	-137240
	150C1F1 / 150C2F1	3193	1500	34310	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	1500	34310	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	1500	34310	0	0	0
3	Comp. gl	6606	2468	56251	6606	2468	-56251
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	1216	27659	3238	1216	-27659
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	6444	146988	15538	6444	-146988
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	6442	146988	15538	6442	-146988
	380C1F3 / 380C2F3	15538	6440	146988	15538	6440	-146988
	150C1F1 / 150C2F1	3885	1611	36747	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	1611	36747	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	1610	36747	0	0	0
4	Comp. gl	4665	1803	41233	4665	1803	-41233
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	879	20083	2271	879	-20083
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	6021	137677	15186	6021	-137677
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	6020	137678	15186	6020	-137678
	380C1F3 / 380C2F3	15186	6019	137678	15186	6019	-137678
	150C1F1 / 150C2F1	3797	1505	34419	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	1505	34419	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	1505	34419	0	0	0
6	Comp. gl	3462	1380	31600	3462	1380	-31600
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	665	15226	1669	665	-15226
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	12781	5102	-116857
	150C1F1 / 150C2F1	3195	1276	29214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	1276	29214	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	1276	29214	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3379	35022	3463	3790	-36327
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	2140	18636	1670	2446	-19823
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12782	13189	131415	12783	14850	-136867
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	12580	129558	12782	14113	-134385
	380C1F3 / 380C2F3	12782	11828	127384	12782	13202	-131458
	150C1F1 / 150C2F1	3196	3297	32854	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	3145	32389	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	2957	31846	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2159	36425	3461	2275	-36576
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1192	17961	1668	1277	-18122
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8350	138766	12774	8816	-139418
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8178	138553	12774	8609	-139116
	380C1F3 / 380C2F3	12774	7966	138310	12774	8354	-138771
	150C1F1 / 150C2F1	3193	2087	34692	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	2045	34638	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	1991	34577	0	0	0
3	Comp. gl	6606	5542	60127	6607	6166	-61652
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3474	31567	3239	3937	-32993
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15539	13210	155921	15540	14587	-159465
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15539	12705	154736	15540	13976	-157840
	380C1F3 / 380C2F3	15539	12080	153364	15539	13221	-155949
	150C1F1 / 150C2F1	3885	3302	38980	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	3176	38684	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	3020	38341	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2379	41456	4665	2492	-41555
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1296	20328	2271	1378	-20433
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8354	138827	15186	8813	-139326
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8184	138665	15186	8610	-139095
	380C1F3 / 380C2F3	15186	7974	138479	15186	8358	-138831
	150C1F1 / 150C2F1	3797	2088	34707	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	2046	34666	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	1994	34620	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	6009	44934	3463	6009	-44934
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	4076	26872	1670	4076	-26872

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012)

Loadcases for tower strength (Special limit state)

		3	4	5	6	66	67	68
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point		**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	**BACK** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		12786	23805	171934	12786	23805	-171934
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2		12785	22393	166026	12785	22393	-166026
	380C1F3 / 380C2F3		12785	20640	158830	12785	20640	-158830
	150C1F1 / 150C2F1		3196	5951	42983	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3196	5598	41507	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3196	5160	39708	0	0	0
1b	Comp. gl		3461	2893	37768	3461	2893	-37768
Wind, -20 dgr	GW / opgw		1669	1737	19345	1669	1737	-19345
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		12775	11320	144512	12775	11320	-144512
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2		12774	10923	143544	12774	10923	-143544
	380C1F3 / 380C2F3		12774	10432	142426	12774	10432	-142426
	150C1F1 / 150C2F1		3194	2830	36128	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3194	2731	35886	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3194	2608	35606	0	0	0
3	Comp. gl		6608	9529	72110	6608	9529	-72110
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw		3241	6414	41862	3241	6414	-41862
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		15543	22042	184145	15543	22042	-184145
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2		15542	20861	179791	15542	20861	-179791
	380C1F3 / 380C2F3		15541	19398	174585	15541	19398	-174585
	150C1F1 / 150C2F1		3886	5511	46036	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3886	5215	44948	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3885	4849	43646	0	0	0
4	Comp. gl		4665	3094	42346	4665	3094	-42346
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw		2271	1821	21255	2271	1821	-21255
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		15187	11269	143280	15187	11269	-143280
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2		15187	10881	142523	15187	10881	-142523
	380C1F3 / 380C2F3		15187	10401	141650	15187	10401	-141650
	150C1F1 / 150C2F1		3797	2817	35820	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3797	2720	35631	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3797	2600	35413	0	0	0
1a	Comp. gl		3463	3790	36327	3463	3379	-35022
Wind, 10 dgr	GW / opgw		1670	2446	19823	1669	2140	-18636
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		12783	14850	136867	12782	13189	-131415
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		12782	14113	134385	12782	12580	-129558
	380C1F3 / 380C2F3		12782	13202	131458	12782	11828	-127384
	150C1F1 / 150C2F1		3196	3712	34217	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3196	3528	33596	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3196	3301	32864	0	0	0
1b	Comp. gl		3461	2275	36576	3461	2159	-36425
Wind, -20 dgr	GW / opgw		1668	1277	18122	1668	1192	-17961
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		12774	8816	139418	12774	8350	-138766
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		12774	8609	139116	12774	8178	-138553
	380C1F3 / 380C2F3		12774	8354	138771	12774	7966	-138310
	150C1F1 / 150C2F1		3194	2204	34854	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3194	2152	34779	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3193	2088	34693	0	0	0
3	Comp. gl		6607	6166	61652	6606	5542	-60127
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw		3239	3937	32993	3239	3474	-31567
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		15540	14587	159465	15539	13210	-155921
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		15540	13976	157840	15539	12705	-154736
0	380C1F3 / 380C2F3		15539	13221	155949	15539	12080	-153364
	150C1F1 / 150C2F1		3885	3647	39866	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3885	3494	39460	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3885	3305	38987	0	0	0
4	Comp. gl		4665	2492	41555	4665	2379	-41456
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw		2271	1378	20433	2271	1296	-20328
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1		15186	8813	139326	15186	8354	-138827
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2		15186	8610	139095	15186	8184	-138665
	380C1F3 / 380C2F3		15186	8358	138831	15186	7974	-138479
	150C1F1 / 150C2F1		3797	2203	34831	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2		3797	2152	34774	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3		3797	2089	34708	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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	1761	40155	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	852	19378	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	6483	147784	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6481	147784	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	6479	147784	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4261	1621	36946	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	1620	36946	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	1620	36946	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	1970	45077	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	961	21970	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	7422	169770	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7421	169770	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	7420	169770	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	1855	42443	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	1855	42443	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	1855	42443	0	0	0
3	Comp. gl	7762	2793	63692	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	1374	31270	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	7765	177228	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	7763	177228	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	7760	177228	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	1941	44307	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	1941	44307	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	1940	44307	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2154	49285	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1049	23990	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	7328	167627	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	7328	167627	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	7327	167627	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	1832	41907	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	1832	41907	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	1832	41907	0	0	0
6	Comp. gl	5195	1931	44221	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	932	21353	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	162441	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	162441	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	162441	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4794	1773	40610	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4794	1773	40610	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4794	1773	40610	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	3710	42599	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2283	21897	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17046	14360	158203	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	13772	156827	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17046	13045	155232	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4262	3590	39551	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4261	3443	39207	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4261	3261	38808	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2548	45313	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1379	22232	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	9748	170789	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	9580	170644	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9371	170479	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	2437	42697	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	2395	42661	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2343	42620	0	0	0
3	Comp. gl	7762	5837	66862	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	3604	34528	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19803	14428	183802	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	13936	182911	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19803	13326	181886	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	3607	45950	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	3484	45728	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	3332	45471	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2728	49448	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1464	24172	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	9647	168439	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9480	168322	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9272	168189	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	2412	42110	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	150C1F2 / 150C2F2	4863	2370	42081	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	2318	42047	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	6249	50434	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	4162	28849	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17050	24622	190595	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23251	185638	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17049	21553	179693	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4263	6156	47649	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	5813	46409	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	5388	44923	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	3264	46248	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1906	23220	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	12643	174784	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	12258	174101	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	11782	173316	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	3161	43696	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	3065	43525	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2945	43329	0	0	0
3	Comp. gl	7764	9752	77198	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3798	6497	43749	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	23003	206105	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19806	21856	202544	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19805	20437	198338	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4952	5751	51526	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	5464	50636	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	5109	49585	0	0	0
4	Comp. gl	5821	3433	50119	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1979	24882	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	12511	171700	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	12131	171140	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	11661	170497	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	3128	42925	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	3033	42785	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	2915	42624	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	4106	43575	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2577	22837	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17047	15962	162308	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	15252	160427	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17046	14373	158235	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4262	3991	40577	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4262	3813	40107	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4262	3593	39559	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2661	45417	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1462	22344	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10205	171233	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10003	171027	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9752	170792	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4259	2551	42808	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4259	2501	42757	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4259	2438	42698	0	0	0
3	Comp. gl	7762	6450	68138	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	4058	35760	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19804	15768	186490	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	15174	185252	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	19803	14439	183822	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4951	3942	46622	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4951	3794	46313	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4951	3610	45956	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2840	49522	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1545	24251	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	10101	168800	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9900	168633	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9651	168442	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	4863	2525	42200	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4863	2475	42158	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4863	2413	42111	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	1387	31599	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	670	15226	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	5133	116856	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5131	116856	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5128	116856	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	1283	29214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	1283	29214	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	1282	29214	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	1577	36072	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	769	17575	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	6002	137240	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6001	137240	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	6000	137240	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3193	1500	34310	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	1500	34310	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	1500	34310	0	0	0
3	Comp. gl	6606	2468	56251	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	1216	27659	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	6444	146988	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	6442	146988	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	6440	146988	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	1611	36747	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	1611	36747	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	1610	36747	0	0	0
4	Comp. gl	4665	1803	41233	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	879	20083	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	6021	137677	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	6020	137678	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	6019	137678	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	1505	34419	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	1505	34419	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	1505	34419	0	0	0
6	Comp. gl	3462	1380	31600	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	665	15226	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	116857	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	116857	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	116857	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3195	1276	29214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	1276	29214	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	1276	29214	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3379	35022	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	2140	18636	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12782	13189	131415	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	12580	129558	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12782	11828	127384	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	3297	32854	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3195	3145	32389	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3195	2957	31846	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2159	36425	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1192	17961	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8350	138766	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8178	138553	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	7966	138310	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3193	2087	34692	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3193	2045	34638	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	1991	34577	0	0	0
3	Comp. gl	6606	5542	60127	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3474	31567	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15539	13210	155921	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15539	12705	154736	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15539	12080	153364	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	3302	38980	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	3176	38684	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	3020	38341	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2379	41456	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1296	20328	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8354	138827	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8184	138665	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	7974	138479	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	2088	34707	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	2046	34666	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	1994	34620	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	6009	44934	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	4076	26872	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12786	23805	171934	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	22393	166026	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12785	20640	158830	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	5951	42983	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	5598	41507	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	5160	39708	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2893	37768	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	1737	19345	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	11320	144512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	10923	143544	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	10432	142426	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3194	2830	36128	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	2731	35886	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3194	2608	35606	0	0	0
3	Comp. gl	6608	9529	72110	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3241	6414	41862	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15543	22042	184145	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15542	20861	179791	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	19398	174585	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3886	5511	46036	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3886	5215	44948	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	4849	43646	0	0	0
4	Comp. gl	4665	3094	42346	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1821	21255	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	11269	143280	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	10881	142523	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15187	10401	141650	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	2817	35820	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	2720	35631	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	2600	35413	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3790	36327	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	2446	19823	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12783	14850	136867	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	14113	134385	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12782	13202	131458	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3196	3712	34217	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3196	3528	33596	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3196	3301	32864	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2275	36576	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1277	18122	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8816	139418	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8609	139116	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	8354	138771	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3194	2204	34854	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3194	2152	34779	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3193	2088	34693	0	0	0
3	Comp. gl	6607	6166	61652	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3937	32993	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15540	14587	159465	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15540	13976	157840	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	15539	13221	155949	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3885	3647	39866	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3885	3494	39460	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3885	3305	38987	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2492	41555	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1378	20433	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8813	139326	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8610	139095	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	8358	138831	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	3797	2203	34831	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3797	2152	34774	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3797	2089	34708	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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	1761	-40155	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	852	-19378	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	6483	-147784	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6481	-147784	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	6479	-147784	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	1970	-45077	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	961	-21970	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	7422	-169770	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7421	-169770	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	7420	-169770	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7762	2793	-63692	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	1374	-31270	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	7765	-177228	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	7763	-177228	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	7760	-177228	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2154	-49285	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1049	-23990	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	7328	-167627	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	7328	-167627	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	7327	-167627	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
6	Comp. gl	5195	1931	-44221	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	932	-21353	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	-162441	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	-162441	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	-162441	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	4106	-43575	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2577	-22837	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17047	15962	-162308	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	15252	-160427	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17046	14373	-158235	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2661	-45417	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1462	-22344	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10205	-171233	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10003	-171027	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9752	-170792	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7762	6450	-68138	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	4058	-35760	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19804	15768	-186490	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	15174	-185252	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19803	14439	-183822	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2840	-49522	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1545	-24251	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	10101	-168800	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9900	-168633	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9651	-168442	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	6249	-50434	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	4162	-28849	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17050	24622	-190595	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23251	-185638	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17049	21553	-179693	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	3264	-46248	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1906	-23220	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	12643	-174784	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	12258	-174101	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	11782	-173316	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7764	9752	-77198	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3798	6497	-43749	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	23003	-206105	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19806	21856	-202544	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19805	20437	-198338	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	3433	-50119	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1979	-24882	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	12511	-171700	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	12131	-171140	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	11661	-170497	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	3710	-42599	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2283	-21897	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17046	14360	-158203	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	13772	-156827	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17046	13045	-155232	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2548	-45313	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1379	-22232	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	9748	-170789	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	9580	-170644	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9371	-170479	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7762	5837	-66862	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	3604	-34528	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19803	14428	-183802	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	13936	-182911	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	19803	13326	-181886	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2728	-49448	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1464	-24172	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	9647	-168439	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9480	-168322	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9272	-168189	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	1387	-31599	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	670	-15226	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	5133	-116856	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5131	-116856	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5128	-116856	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	1577	-36072	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	769	-17575	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	6002	-137240	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6001	-137240	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	6000	-137240	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6606	2468	-56251	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	1216	-27659	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	6444	-146988	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	6442	-146988	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	6440	-146988	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	1803	-41233	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	879	-20083	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	6021	-137677	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	6020	-137678	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	6019	-137678	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
6	Comp. gl	3462	1380	-31600	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	665	-15226	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	-116857	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	-116857	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	-116857	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3790	-36327	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	2446	-19823	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12783	14850	-136867	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	14113	-134385	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12782	13202	-131458	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2275	-36576	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1277	-18122	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8816	-139418	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8609	-139116	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	8354	-138771	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6607	6166	-61652	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3937	-32993	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15540	14587	-159465	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15540	13976	-157840	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15539	13221	-155949	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2492	-41555	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1378	-20433	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8813	-139326	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8610	-139095	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	8358	-138831	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	6009	-44934	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	4076	-26872	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12786	23805	-171934	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	22393	-166026	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12785	20640	-158830	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2893	-37768	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	1737	-19345	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	11320	-144512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	10923	-143544	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	10432	-142426	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6608	9529	-72110	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3241	6414	-41862	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15543	22042	-184145	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15542	20861	-179791	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	19398	-174585	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	3094	-42346	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1821	-21255	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	11269	-143280	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	10881	-142523	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15187	10401	-141650	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3379	-35022	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	2140	-18636	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12782	13189	-131415	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	12580	-129558	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12782	11828	-127384	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2159	-36425	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1192	-17961	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8350	-138766	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8178	-138553	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	7966	-138310	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6606	5542	-60127	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3474	-31567	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15539	13210	-155921	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15539	12705	-154736	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	15539	12080	-153364	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2379	-41456	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1296	-20328	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8354	-138827	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8184	-138665	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	7974	-138479	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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	1761	-40155	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	852	-19378	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	6483	-147784	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6481	-147784	17045	6481	147784
	380C1F3 / 380C2F3	17045	6479	-147784	17045	6479	147784
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4261	1621	36946
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4261	1620	36946
1b	Comp. gl	4615	1970	-45077	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	961	-21970	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	7422	-169770	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7421	-169770	17036	7421	169770
	380C1F3 / 380C2F3	17036	7420	-169770	17036	7420	169770
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4259	1855	42443
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4259	1855	42443
3	Comp. gl	7762	2793	-63692	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	1374	-31270	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	7765	-177228	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	7763	-177228	19802	7763	177228
	380C1F3 / 380C2F3	19802	7760	-177228	19802	7760	177228
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4951	1941	44307
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4951	1940	44307
4	Comp. gl	5821	2154	-49285	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1049	-23990	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	7328	-167627	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	7328	-167627	19451	7328	167627
	380C1F3 / 380C2F3	19451	7327	-167627	19451	7327	167627
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4863	1832	41907
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4863	1832	41907
6	Comp. gl	5195	1931	-44221	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	932	-21353	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	-162441	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	-162441	19177	7092	162441
	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	-162441	19177	7092	162441
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4794	1773	40610
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4794	1773	40610
1a	Comp. gl	4618	4106	-43575	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2577	-22837	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17047	15962	-162308	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	15252	-160427	17046	13772	156827
	380C1F3 / 380C2F3	17046	14373	-158235	17046	13045	155232
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4262	3590	39551
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4261	3261	38808
1b	Comp. gl	4615	2661	-45417	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1462	-22344	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10205	-171233	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10003	-171027	17036	9580	170644
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9752	-170792	17036	9371	170479
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4259	2437	42697
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4259	2343	42620
3	Comp. gl	7762	6450	-68138	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	4058	-35760	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19804	15768	-186490	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	15174	-185252	19803	13936	182911
	380C1F3 / 380C2F3	19803	14439	-183822	19803	13326	181886
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4951	3607	45950
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4951	3332	45471
4	Comp. gl	5821	2840	-49522	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1545	-24251	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	10101	-168800	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9900	-168633	19451	9480	168322
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9651	-168442	19451	9272	168189
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4863	2412	42110

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4863	2318	42047
1a	Comp. gl	4618	6249	-50434	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	4162	-28849	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17050	24622	-190595	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23251	-185638	17050	23251	185638
	380C1F3 / 380C2F3	17049	21553	-179693	17049	21553	179693
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4263	6156	47649
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4262	5388	44923
1b	Comp. gl	4615	3264	-46248	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1906	-23220	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	12643	-174784	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	12258	-174101	17036	12258	174101
	380C1F3 / 380C2F3	17036	11782	-173316	17036	11782	173316
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4259	3161	43696
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4259	2945	43329
3	Comp. gl	7764	9752	-77198	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3798	6497	-43749	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	23003	-206105	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19806	21856	-202544	19806	21856	202544
	380C1F3 / 380C2F3	19805	20437	-198338	19805	20437	198338
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4952	5751	51526
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4951	5109	49585
4	Comp. gl	5821	3433	-50119	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1979	-24882	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	12511	-171700	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	12131	-171140	19451	12131	171140
	380C1F3 / 380C2F3	19451	11661	-170497	19451	11661	170497
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4863	3128	42925
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4863	2915	42624
1a	Comp. gl	4618	3710	-42599	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2283	-21897	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17046	14360	-158203	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	13772	-156827	17046	15252	160427
	380C1F3 / 380C2F3	17046	13045	-155232	17046	14373	158235
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4262	3991	40577
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4262	3593	39559
1b	Comp. gl	4615	2548	-45313	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1379	-22232	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	9748	-170789	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	9580	-170644	17036	10003	171027
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9371	-170479	17036	9752	170792
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4259	2551	42808
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4259	2438	42698
3	Comp. gl	7762	5837	-66862	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	3604	-34528	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19803	14428	-183802	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	13936	-182911	19803	15174	185252
0	380C1F3 / 380C2F3	19803	13326	-181886	19803	14439	183822
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4951	3942	46622
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4951	3610	45956
4	Comp. gl	5821	2728	-49448	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1464	-24172	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	9647	-168439	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9480	-168322	19451	9900	168633
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9272	-168189	19451	9651	168442
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	4863	2525	42200
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	4863	2413	42111
1a	Comp. gl	3462	1387	-31599	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	670	-15226	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	5133	-116856	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5131	-116856	12781	5131	116856

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5128	-116856	12781	5128	116856
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3195	1283	29214
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3195	1282	29214
1b	Comp. gl	3461	1577	-36072	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	769	-17575	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	6002	-137240	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6001	-137240	12774	6001	137240
	380C1F3 / 380C2F3	12774	6000	-137240	12774	6000	137240
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3193	1500	34310
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3193	1500	34310
3	Comp. gl	6606	2468	-56251	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	1216	-27659	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	6444	-146988	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	6442	-146988	15538	6442	146988
	380C1F3 / 380C2F3	15538	6440	-146988	15538	6440	146988
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3885	1611	36747
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3885	1610	36747
4	Comp. gl	4665	1803	-41233	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	879	-20083	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	6021	-137677	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	6020	-137678	15186	6020	137678
	380C1F3 / 380C2F3	15186	6019	-137678	15186	6019	137678
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3797	1505	34419
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3797	1505	34419
6	Comp. gl	3462	1380	-31600	0	0	0
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	665	-15226	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	-116857	0	0	0
	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	-116857	12781	5102	116857
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	-116857	12781	5102	116857
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3195	1276	29214
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3195	1276	29214
1a	Comp. gl	3463	3790	-36327	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	2446	-19823	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12783	14850	-136867	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	14113	-134385	12782	12580	129558
	380C1F3 / 380C2F3	12782	13202	-131458	12782	11828	127384
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3196	3297	32854
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3195	2957	31846
1b	Comp. gl	3461	2275	-36576	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1277	-18122	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8816	-139418	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8609	-139116	12774	8178	138553
	380C1F3 / 380C2F3	12774	8354	-138771	12774	7966	138310
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3193	2087	34692
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3193	1991	34577
3	Comp. gl	6607	6166	-61652	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3937	-32993	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15540	14587	-159465	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15540	13976	-157840	15539	12705	154736
	380C1F3 / 380C2F3	15539	13221	-155949	15539	12080	153364
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3885	3302	38980
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3885	3020	38341
4	Comp. gl	4665	2492	-41555	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1378	-20433	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8813	-139326	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8610	-139095	15186	8184	138665
	380C1F3 / 380C2F3	15186	8358	-138831	15186	7974	138479
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3797	2088	34707
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3797	1994	34620
1a	Comp. gl	3463	6009	-44934	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	4076	-26872	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12786	23805	-171934	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	22393	-166026	12785	22393	166026
	380C1F3 / 380C2F3	12785	20640	-158830	12785	20640	158830
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3196	5951	42983
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3196	5160	39708
1b	Comp. gl	3461	2893	-37768	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	1737	-19345	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	11320	-144512	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	10923	-143544	12774	10923	143544
	380C1F3 / 380C2F3	12774	10432	-142426	12774	10432	142426
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3194	2830	36128
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3194	2608	35606
3	Comp. gl	6608	9529	-72110	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3241	6414	-41862	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15543	22042	-184145	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15542	20861	-179791	15542	20861	179791
	380C1F3 / 380C2F3	15541	19398	-174585	15541	19398	174585
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3886	5511	46036
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3885	4849	43646
4	Comp. gl	4665	3094	-42346	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1821	-21255	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	11269	-143280	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	10881	-142523	15187	10881	142523
	380C1F3 / 380C2F3	15187	10401	-141650	15187	10401	141650
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3797	2817	35820
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3797	2600	35413
1a	Comp. gl	3463	3379	-35022	0	0	0
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	2140	-18636	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12782	13189	-131415	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	12580	-129558	12782	14113	134385
	380C1F3 / 380C2F3	12782	11828	-127384	12782	13202	131458
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3196	3712	34217
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3196	3301	32864
1b	Comp. gl	3461	2159	-36425	0	0	0
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1192	-17961	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8350	-138766	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8178	-138553	12774	8609	139116
	380C1F3 / 380C2F3	12774	7966	-138310	12774	8354	138771
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3194	2204	34854
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3193	2088	34693
3	Comp. gl	6606	5542	-60127	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3474	-31567	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15539	13210	-155921	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15539	12705	-154736	15540	13976	157840
0	380C1F3 / 380C2F3	15539	12080	-153364	15539	13221	155949
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3885	3647	39866
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3885	3305	38987
4	Comp. gl	4665	2379	-41456	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1296	-20328	0	0	0
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8354	-138827	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8184	-138665	15186	8610	139095
	380C1F3 / 380C2F3	15186	7974	-138479	15186	8358	138831
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	3797	2203	34831
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	3797	2089	34708

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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	1761	-40155	4617	1761	40155
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	852	-19378	2226	852	19378
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17045	6483	-147784	17045	6483	147784
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17045	6481	-147784	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17045	6479	-147784	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4261	1620	36946
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	1970	-45077	4615	1970	45077
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	961	-21970	2225	961	21970
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	7422	-169770	17036	7422	169770
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	7421	-169770	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	7420	-169770	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4259	1855	42443
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7762	2793	-63692	7762	2793	63692
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	1374	-31270	3796	1374	31270
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19802	7765	-177228	19802	7765	177228
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19802	7763	-177228	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19802	7760	-177228	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4951	1941	44307
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2154	-49285	5821	2154	49285
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1049	-23990	2828	1049	23990
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	7328	-167627	19451	7328	167627
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	7328	-167627	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	7327	-167627	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4863	1832	41907
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
6	Comp. gl	5195	1931	-44221	5195	1931	44221
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2505	932	-21353	2505	932	21353
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	19177	7092	-162441	19177	7092	162441
	380C1F2 / 380C2F2	19177	7092	-162441	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19177	7092	-162441	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4794	1773	40610
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	4106	-43575	4618	3710	42599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2577	-22837	2226	2283	21897
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17047	15962	-162308	17046	14360	158203
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	15252	-160427	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17046	14373	-158235	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4261	3443	39207
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2661	-45417	4615	2548	45313
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1462	-22344	2225	1379	22232
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	10205	-171233	17036	9748	170789
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	10003	-171027	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9752	-170792	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4259	2395	42661
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7762	6450	-68138	7762	5837	66862
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	4058	-35760	3796	3604	34528
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19804	15768	-186490	19803	14428	183802
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	15174	-185252	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19803	14439	-183822	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4951	3484	45728
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2840	-49522	5821	2728	49448
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1545	-24251	2828	1464	24172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	10101	-168800	19451	9647	168439
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9900	-168633	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9651	-168442	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4863	2370	42081
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	6249	-50434	4618	6249	50434
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2227	4162	-28849	2227	4162	28849
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17050	24622	-190595	17050	24622	190595
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17050	23251	-185638	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17049	21553	-179693	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4262	5813	46409
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	3264	-46248	4615	3264	46248
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1906	-23220	2225	1906	23220
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	12643	-174784	17036	12643	174784
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	12258	-174101	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	11782	-173316	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4259	3065	43525
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7764	9752	-77198	7764	9752	77198
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3798	6497	-43749	3798	6497	43749
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19806	23003	-206105	19806	23003	206105
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19806	21856	-202544	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19805	20437	-198338	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4951	5464	50636
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	3433	-50119	5821	3433	50119
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1979	-24882	2828	1979	24882
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	12511	-171700	19451	12511	171700
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	12131	-171140	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	11661	-170497	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4863	3033	42785
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	4618	3710	-42599	4618	4106	43575
Wind, 10 dgr	GW / opgw	2226	2283	-21897	2226	2577	22837
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17046	14360	-158203	17047	15962	162308
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17046	13772	-156827	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17046	13045	-155232	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4262	3813	40107
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	4615	2548	-45313	4615	2661	45417
Wind, -20 dgr	GW / opgw	2225	1379	-22232	2225	1462	22344
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17036	9748	-170789	17036	10205	171233
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17036	9580	-170644	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	17036	9371	-170479	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4259	2501	42757
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	7762	5837	-66862	7762	6450	68138
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3796	3604	-34528	3796	4058	35760
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19803	14428	-183802	19804	15768	186490
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19803	13936	-182911	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	19803	13326	-181886	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4951	3794	46313
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	5821	2728	-49448	5821	2840	49522
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2828	1464	-24172	2828	1545	24251
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	19451	9647	-168439	19451	10101	168800
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19451	9480	-168322	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	19451	9272	-168189	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	4863	2475	42158
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3462	1387	-31599	3462	1387	31599
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	670	-15226	1669	670	15226
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12781	5133	-116856	12781	5133	116856
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	5131	-116856	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5128	-116856	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3195	1283	29214
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	1577	-36072	3461	1577	36072
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	769	-17575	1668	769	17575
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	6002	-137240	12774	6002	137240
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	6001	-137240	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	6000	-137240	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3193	1500	34310
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6606	2468	-56251	6606	2468	56251
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3238	1216	-27659	3238	1216	27659
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15538	6444	-146988	15538	6444	146988
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	6442	-146988	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15538	6440	-146988	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3885	1611	36747
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	1803	-41233	4665	1803	41233
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	879	-20083	2271	879	20083
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	6021	-137677	15186	6021	137677
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	6020	-137678	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	6019	-137678	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3797	1505	34419
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
6	Comp. gl	3462	1380	-31600	3462	1380	31600
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1669	665	-15226	1669	665	15226
Permanent loads yg= 1.35	380C1F1 / 380C2F1	12781	5102	-116857	12781	5102	116857
	380C1F2 / 380C2F2	12781	5102	-116857	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12781	5102	-116857	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3195	1276	29214
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3790	-36327	3463	3379	35022
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	2446	-19823	1669	2140	18636
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12783	14850	-136867	12782	13189	131415
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	14113	-134385	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12782	13202	-131458	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3195	3145	32389
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2275	-36576	3461	2159	36425
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1277	-18122	1668	1192	17961
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8816	-139418	12774	8350	138766
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8609	-139116	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	8354	-138771	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3193	2045	34638
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6607	6166	-61652	6606	5542	60127
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3937	-32993	3239	3474	31567
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15540	14587	-159465	15539	13210	155921
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15540	13976	-157840	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15539	13221	-155949	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3885	3176	38684
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2492	-41555	4665	2379	41456
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1378	-20433	2271	1296	20328
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8813	-139326	15186	8354	138827
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8610	-139095	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	8358	-138831	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3797	2046	34666
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	6009	-44934	3463	6009	44934
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1670	4076	-26872	1670	4076	26872

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) APPENDIX:

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]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12786	23805	-171934	12786	23805	171934
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	22393	-166026	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12785	20640	-158830	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3196	5598	41507
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2893	-37768	3461	2893	37768
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1669	1737	-19345	1669	1737	19345
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12775	11320	-144512	12775	11320	144512
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	10923	-143544	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	10432	-142426	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3194	2731	35886
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6608	9529	-72110	6608	9529	72110
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3241	6414	-41862	3241	6414	41862
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15543	22042	-184145	15543	22042	184145
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15542	20861	-179791	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15541	19398	-174585	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3886	5215	44948
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	3094	-42346	4665	3094	42346
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1821	-21255	2271	1821	21255
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15187	11269	-143280	15187	11269	143280
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	10881	-142523	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15187	10401	-141650	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3797	2720	35631
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1a	Comp. gl	3463	3379	-35022	3463	3790	36327
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1669	2140	-18636	1670	2446	19823
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12782	13189	-131415	12783	14850	136867
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12782	12580	-129558	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12782	11828	-127384	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3196	3528	33596
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
1b	Comp. gl	3461	2159	-36425	3461	2275	36576
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1668	1192	-17961	1668	1277	18122
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	12774	8350	-138766	12774	8816	139418
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	8178	-138553	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	12774	7966	-138310	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3194	2152	34779
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
3	Comp. gl	6606	5542	-60127	6607	6166	61652
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	3239	3474	-31567	3239	3937	32993
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15539	13210	-155921	15540	14587	159465
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15539	12705	-154736	0	0	0
0	380C1F3 / 380C2F3	15539	12080	-153364	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3885	3494	39460
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0
4	Comp. gl	4665	2379	-41456	4665	2492	41555
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2271	1296	-20328	2271	1378	20433
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	15186	8354	-138827	15186	8813	139326
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	8184	-138665	0	0	0
	380C1F3 / 380C2F3	15186	7974	-138479	0	0	0
	150C1F1 / 150C2F1	0	0	0	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	0	0	0	3797	2152	34774
	150C1F3 / 150C2F3	0	0	0	0	0	0

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1855	734	16643	1855	734	-16643
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14202	5604	127432	14202	5604	-127432
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5601	127432	14202	5601	-127432
	380C1F3 / 380C2F3	14202	5597	127433	14202	5597	-127433
	150C1F1 / 150C2F1	3550	1401	31858	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3550	1400	31858	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3550	1399	31858	0	0	0
1b	Comp. gl	3845	1712	39161	3845	1712	-39161
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	835	19082	1854	835	-19082
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148419	14194	6488	-148419
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6488	148419	14194	6488	-148419
	380C1F3 / 380C2F3	14194	6487	148419	14194	6487	-148419
	150C1F1 / 150C2F1	3549	1622	37105	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3549	1622	37105	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3549	1622	37105	0	0	0
3	Comp. gl	13213	4160	95056	13213	4160	-95056
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6530	2063	47087	6530	2063	-47087
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	194794	22419	8527	-194794
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8526	194794	22419	8526	-194794
	380C1F3 / 380C2F3	22419	8524	194794	22419	8524	-194794
	150C1F1 / 150C2F1	5605	2132	48699	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5605	2131	48699	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5605	2131	48699	0	0	0
4	Comp. gl	4850	1860	42552	4850	1860	-42552
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2356	905	20697	2356	905	-20697
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	145038	16206	6339	-145038
	150C1F1 / 150C2F1	4052	1585	36260	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4052	1585	36260	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4052	1585	36260	0	0	0
1a	Comp. gl	3848	4090	39347	3848	4621	-41134
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1855	2634	21359	1855	3027	-22930
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14204	16009	147845	14205	18157	-155243
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	15221	145299	14204	17204	-151888
	380C1F3 / 380C2F3	14204	14247	142302	14204	16026	-147903
	150C1F1 / 150C2F1	3551	4002	36961	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3551	3805	36325	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3551	3562	35575	0	0	0
1b	Comp. gl	3845	2193	39370	3845	2288	-39461
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	1183	19314	1854	1252	-19413
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14194	8429	149324	14194	8811	-149718
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8288	149196	14194	8642	-149535
	380C1F3 / 380C2F3	14194	8113	149049	14194	8432	-149327

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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]
	150C1F1 / 150C2F1	3549	2107	37331	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3549	2072	37299	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3549	2028	37262	0	0	0
3	Comp. gl	13213	6630	96129	13214	7115	-96595
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6530	3854	48234	6531	4209	-48715
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22419	14011	198669	22419	15101	-200300
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13609	198133	22419	14618	-199547
	380C1F3 / 380C2F3	22419	13112	197519	22419	14020	-198681
	150C1F1 / 150C2F1	5605	3503	49667	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5605	3402	49533	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5605	3278	49380	0	0	0
4	Comp. gl	4850	2339	42696	4850	2432	-42761
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2356	1251	20857	2356	1319	-20927
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16206	8274	145756	16206	8653	-146073
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8135	145653	16206	8485	-145926
	380C1F3 / 380C2F3	16206	7961	145536	16206	8277	-145758
	150C1F1 / 150C2F1	4052	2069	36439	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4052	2034	36413	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4052	1990	36384	0	0	0
1a	Comp. gl	3849	7480	52478	3849	7480	-52478
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1856	5115	31900	1856	5115	-31900
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14210	29675	200983	14210	29675	-200983
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14209	27865	193442	14209	27865	-193442
	380C1F3 / 380C2F3	14208	25616	184181	14208	25616	-184181
	150C1F1 / 150C2F1	3552	7419	50246	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3552	6966	48360	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3552	6404	46045	0	0	0
1b	Comp. gl	3846	2792	40194	3846	2792	-40194
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	1625	20184	1854	1625	-20184
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14195	10850	152858	14195	10850	-152858
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10527	152254	14195	10527	-152254
	380C1F3 / 380C2F3	14195	10129	151560	14195	10129	-151560
	150C1F1 / 150C2F1	3549	2712	38214	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3549	2632	38064	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3549	2532	37890	0	0	0
3	Comp. gl	13215	9698	100246	13215	9698	-100246
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6532	6108	52333	6532	6108	-52333
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22421	20959	212738	22421	20959	-212738
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	20032	210416	22421	20032	-210416
	380C1F3 / 380C2F3	22421	18884	207708	22421	18884	-207708
	150C1F1 / 150C2F1	5605	5240	53184	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5605	5008	52604	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5605	4721	51927	0	0	0
4	Comp. gl	4850	2927	43285	4850	2927	-43285
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2356	1682	21480	2356	1682	-21480
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16207	10667	148624	16207	10667	-148624

W4H400ZA+5 (Aftak mast 34 en 106) (rev 8.0, date: 23-11-2012) **APPENDIX:**

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	380C1F2 / 380C2F2	16207	10350	148131	16207	10350	-148131
	380C1F3 / 380C2F3	16207	9956	147566	16207	9956	-147566
	150C1F1 / 150C2F1	4052	2667	37156	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4052	2587	37033	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4052	2489	36891	0	0	0
1a	Comp. gl	3848	4621	41134	3848	4090	-39347
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1855	3027	22930	1855	2634	-21359
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14205	18157	155243	14204	16009	-147845
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	17204	151888	14204	15221	-145299
	380C1F3 / 380C2F3	14204	16026	147903	14204	14247	-142302
	150C1F1 / 150C2F1	3551	4539	38811	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3551	4301	37972	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3551	4007	36976	0	0	0
1b	Comp. gl	3845	2288	39461	3845	2193	-39370
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1854	1252	19413	1854	1183	-19314
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14194	8811	149718	14194	8429	-149324
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8642	149535	14194	8288	-149196
	380C1F3 / 380C2F3	14194	8432	149327	14194	8113	-149049
	150C1F1 / 150C2F1	3549	2203	37429	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	3549	2160	37384	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	3549	2108	37332	0	0	0
3	Comp. gl	13214	7115	96595	13213	6630	-96129
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	6531	4209	48715	6530	3854	-48234
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	22419	15101	200300	22419	14011	-198669
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14618	199547	22419	13609	-198133
0	380C1F3 / 380C2F3	22419	14020	198681	22419	13112	-197519
	150C1F1 / 150C2F1	5605	3775	50075	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	5605	3655	49887	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	5605	3505	49670	0	0	0
4	Comp. gl	4850	2432	42761	4850	2339	-42696
Construction/maintenance, +5 dgr	GW / opgw	2356	1319	20927	2356	1251	-20857
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	16206	8653	146073	16206	8274	-145756
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8485	145926	16206	8135	-145653
	380C1F3 / 380C2F3	16206	8277	145758	16206	7961	-145536
	150C1F1 / 150C2F1	4052	2163	36518	0	0	0
	150C1F2 / 150C2F2	4052	2121	36482	0	0	0
	150C1F3 / 150C2F3	4052	2069	36440	0	0	0

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype “W4S350(+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	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 “W4S350(+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 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 REV 007 - bijlage X en X2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W4S350(+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 W4S350(+5) zijn de bijlage X (berekening maststerkte) en bijlage X2 (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 55,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,930 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 27,5 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 007 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 13 november 2012.
Voor het masttype W4S350(+5) zijn de bijlage X (berekening maststerkte) en bijlage X2 (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 “W4S350(+5)”

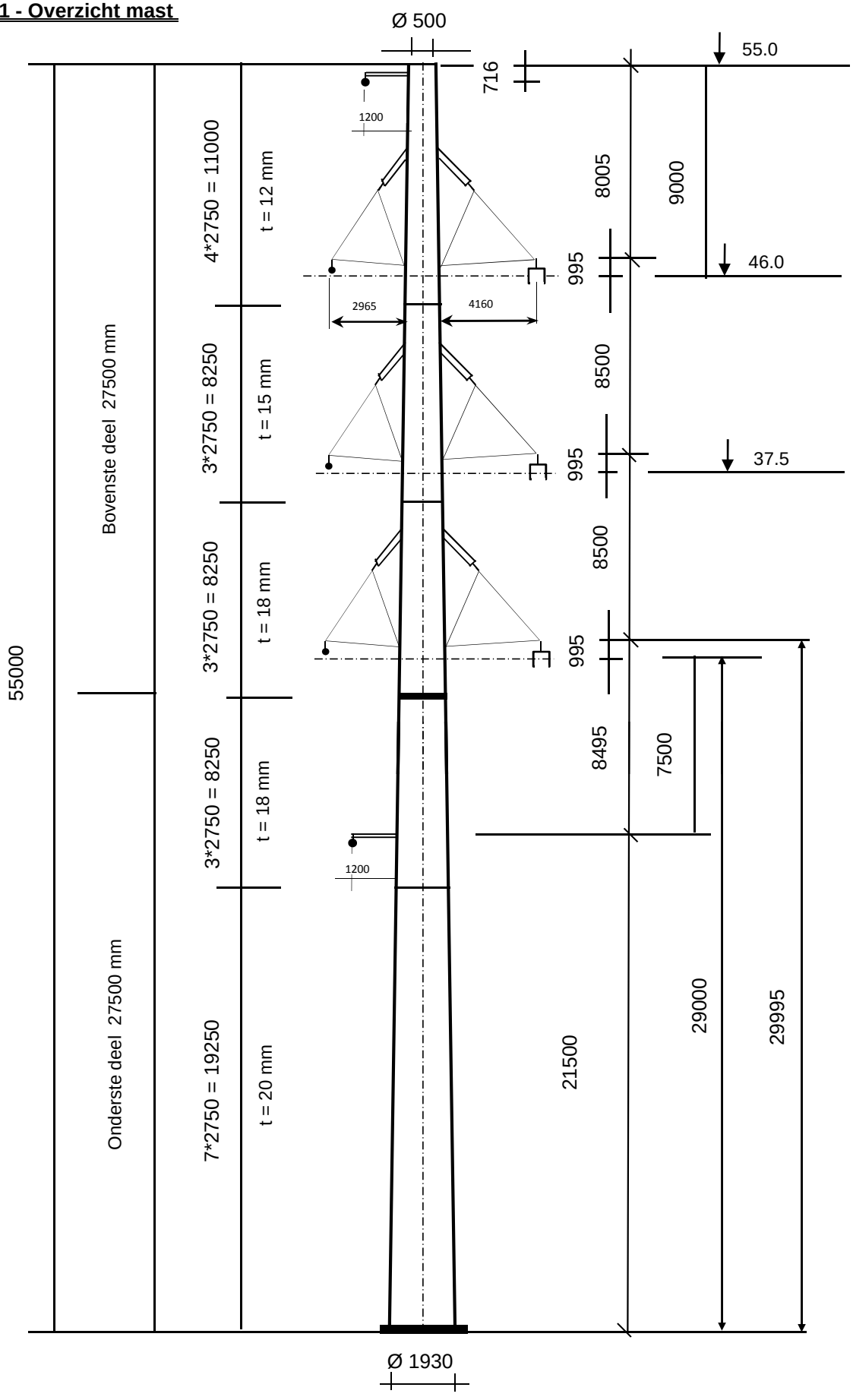
Berekening

W4S350+5

55,0 m - 1930 - 500

Tracé Vijfhuizen - Bleiswijk

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W4S350(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,215

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	54,64
2	2034	572	519	n.v.t.	2	1	53,27
3	2750	643	572	n.v.t.	2	1	50,88
4	2505	708	643	n.v.t.	2	1	48,25
5	245	715	708	n.v.t.	2	1	46,87
6	2750	786	715	n.v.t.	2	1	45,38
7	2750	858	786	n.v.t.	2	1	42,63
8	1375	893	858	n.v.t.	2	1	40,56
9	1375	929	893	n.v.t.	2	1	39,19
10	5	929	929	n.v.t.	2	1	38,50
11	2745	1001	929	n.v.t.	2	1	37,12
12	2750	1072	1001	n.v.t.	2	1	34,38
13	2750	1144	1072	n.v.t.	2	1	31,63
14	255	1150	1144	n.v.t.	2	1	30,12
15	2495	1215	1150	n.v.t.	2	1	28,75
16	1375	1251	1215	n.v.t.	2	1	26,81
17	1375	1287	1251	n.v.t.	2	1	25,44
18	2750	1358	1251	n.v.t.	2	1	23,38
19	500	1371	1358	n.v.t.	2	1	21,75
20	2250	1430	1371	n.v.t.	2	1	20,38
21	2750	1501	1430	n.v.t.	2	1	17,88
22	2750	1573	1501	n.v.t.	2	1	15,13
23	2750	1644	1573	n.v.t.	2	1	12,38
24	2750	1716	1644	n.v.t.	2	1	9,63
25	2750	1787	1716	n.v.t.	2	1	6,88
26	2750	1859	1787	n.v.t.	2	1	4,13
27	2750	1930	1859	n.v.t.	2	1	1,38
	55000				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	18748	147,17	5,80E+08	175,88	2,28E+06
2	545	12,0	20096	157,75	7,14E+08	188,51	2,62E+06
3	607	12,0	22440	176,16	9,94E+08	210,50	3,27E+06
4	676	12,0	25016	196,37	1,38E+09	234,64	4,08E+06
5	711	12,0	26364	206,95	1,61E+09	247,28	4,53E+06
6	750	12,0	27831	218,48	1,90E+09	261,05	5,06E+06
7	822	15,0	38017	298,44	3,09E+09	285,28	7,53E+06
8	875	15,0	40544	318,27	3,75E+09	304,23	8,57E+06
9	911	15,0	42229	331,50	4,24E+09	316,87	9,31E+06
10	929	15,0	43074	338,13	4,50E+09	323,21	9,69E+06
11	965	15,0	44759	351,36	5,05E+09	335,85	1,05E+07
12	1036	18,0	57581	452,01	7,47E+09	360,06	1,44E+07
13	1108	18,0	61624	483,75	9,15E+09	385,34	1,65E+07
14	1147	18,0	63833	501,09	1,02E+10	399,15	1,77E+07
15	1183	18,0	65855	516,96	1,12E+10	411,79	1,89E+07
16	1233	18,0	68700	539,29	1,27E+10	429,57	2,06E+07
17	1269	18,0	70721	555,16	1,38E+10	442,21	2,18E+07
18	1304	18,0	72743	571,03	1,50E+10	454,85	2,31E+07
19	1365	18,0	76143	597,72	1,73E+10	476,10	2,53E+07
20	1400	18,0	78164	613,59	1,87E+10	488,74	2,67E+07
21	1465	20,0	90808	712,84	2,37E+10	511,02	3,24E+07
22	1537	20,0	95300	748,11	2,74E+10	536,30	3,57E+07
23	1608	20,0	99793	783,37	3,15E+10	561,58	3,91E+07
24	1680	20,0	104285	818,64	3,59E+10	586,85	4,28E+07
25	1751	20,0	108778	853,90	4,08E+10	612,13	4,65E+07
26	1823	20,0	113270	889,17	4,60E+10	637,41	5,05E+07
27	1894	20,0	117763	924,44	5,17E+10	662,69	5,46E+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	55000	1 -- 2	1	716	1,87E+04	5,80E+08
2	54284	2 -- 3	2	2034	2,01E+04	7,14E+08
3	52250	3 -- 4	3	2750	2,24E+04	9,94E+08
4	49500	4 -- 5	4	2505	2,50E+04	1,38E+09
5	46995	5 -- 6	5	245	2,64E+04	1,61E+09
6	46750	6 -- 7	6	2750	2,78E+04	1,90E+09
7	44000	7 -- 8	7	2750	3,80E+04	3,09E+09
8	41250	8 -- 9	8	1375	4,05E+04	3,75E+09
9	39875	9 -- 10	9	1375	4,22E+04	4,24E+09
10	38500	10 -- 11	10	5	4,31E+04	4,50E+09
11	38495	11 -- 12	11	2745	4,48E+04	5,05E+09
12	35750	12 -- 13	12	2750	5,76E+04	7,47E+09
13	33000	13 -- 14	13	2750	6,16E+04	9,15E+09
14	30250	14 -- 15	14	255	6,38E+04	1,02E+10
15	29995	15 -- 16	15	2495	6,59E+04	1,12E+10
16	27500	16 -- 17	16	1375	6,87E+04	1,27E+10
17	26125	17 -- 18	17	1375	7,07E+04	1,38E+10
18	24750	18 -- 19	18	2750	7,27E+04	1,50E+10
19	22000	19 -- 20	19	500	7,61E+04	1,73E+10
20	21500	20 -- 21	20	2250	7,82E+04	1,87E+10
21	19250	21 -- 22	21	2750	9,08E+04	2,37E+10
22	16500	22 -- 23	22	2750	9,53E+04	2,74E+10
23	13750	23 -- 24	23	2750	9,98E+04	3,15E+10
24	11000	24 -- 25	24	2750	1,04E+05	3,59E+10
25	8250	25 -- 26	25	2750	1,09E+05	4,08E+10
26	5500	26 -- 27	26	2750	1,13E+05	4,60E+10
27	2750	27 -- 28	27	2750	1,18E+05	5,17E+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	54,64	0,21	1,17	31,71	0,18	1413
2	53,27	0,21	1,17	31,57	0,18	1404
3	50,88	0,21	1,16	31,31	0,18	1387
4	48,25	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
5	46,87	0,21	1,14	30,85	0,18	1358
6	45,38	0,21	1,14	30,66	0,18	1346
7	42,63	0,21	1,12	30,31	0,19	1324
8	40,56	0,21	1,11	30,03	0,19	1306
9	39,19	0,21	1,10	29,83	0,19	1294
10	38,50	0,21	1,10	29,73	0,19	1288
11	37,12	0,21	1,09	29,53	0,19	1275
12	34,38	0,21	1,08	29,09	0,19	1249
13	31,63	0,21	1,06	28,62	0,20	1220
14	30,12	0,21	1,05	28,35	0,20	1203
15	28,75	0,21	1,04	28,08	0,20	1187
16	26,81	0,21	1,03	27,69	0,20	1164
17	25,44	0,21	1,01	27,39	0,21	1146
18	23,38	0,21	1,00	26,91	0,21	1118
19	21,75	0,21	0,98	26,51	0,21	1095
20	20,38	0,21	0,97	26,14	0,22	1073
21	17,88	0,21	0,94	25,40	0,22	1031
22	15,13	0,21	0,91	24,45	0,23	978
23	12,38	0,21	0,86	23,32	0,24	917
24	9,63	0,21	0,81	21,90	0,26	841
25	6,88	0,21	0,74	20,00	0,28	744
26	4,13	0,21	0,63	17,11	0,33	606
27	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 travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1161	400	0,40	0,00	3,78E-02	1245,05
2	2 -- 3	3514	3247	4,81	0,70	3,77E-02	1218,02
3	3 -- 4	5257		8,32	14,05	3,77E-02	1141,30
4	4 -- 5	5295		13,58	44,17	3,73E-02	1038,16
5	5 -- 6	544	31067	49,94	84,81	3,67E-02	945,36
6	6 -- 7	6421		50,48	97,11	3,67E-02	936,37
7	7 -- 8	8619		56,91	244,77	3,55E-02	836,89
8	8 -- 9	4582		65,52	413,12	3,41E-02	740,99
9	9 -- 10	4764		70,11	506,36	3,33E-02	694,61
10	10 -- 11	18		74,87	606,03	3,25E-02	649,36
11	11 -- 12	10057	31066	105,95	606,41	3,25E-02	649,20
12	12 -- 13	12843		116,01	911,06	3,05E-02	562,61
13	13 -- 14	13716		128,85	1247,75	2,86E-02	481,20
14	14 -- 15	1316		142,57	1620,95	2,66E-02	405,21
15	15 -- 16	13272	31064	174,95	1657,48	2,64E-02	398,46
16	16 -- 17	7622	4795	193,02	2110,53	2,44E-02	335,07
17	17 -- 18	7840		200,64	2381,17	2,32E-02	302,35
18	18 -- 19	16116		208,48	2662,44	2,20E-02	271,25
19	19 -- 20	3064		224,59	3257,91	1,94E-02	214,13
20	20 -- 21	14143	6732	234,39	3370,98	1,90E-02	204,53
21	21 -- 22	20016		248,53	3914,26	1,69E-02	164,11
22	22 -- 23	20985		268,55	4625,25	1,45E-02	120,79
23	23 -- 24	21955		289,53	5392,61	1,21E-02	84,02
24	24 -- 25	22925		311,49	6219,02	9,73E-03	53,85
25	25 -- 26	23895		334,41	7107,14	7,31E-03	30,34
26	26 -- 27	24865		358,31	8059,63	4,87E-03	13,53
27	27 -- 28	25835		383,17	9079,17	2,44E-03	3,41
28			10457	419,47	10168,42	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	116,1	40,0	1,245	1891,39	238,115
2	2 -- 3	351,4	324,7	1,218	7945,52	970,623
3	3 -- 4	525,7		1,141	5619,67	624,252
4	4 -- 5	529,5		1,038	5151,51	520,801
5	5 -- 6	54,4	3106,7	0,945	29313,83	2824,660
6	6 -- 7	642,1		0,936	5584,52	504,729
7	7 -- 8	861,9		0,837	6671,03	536,497
8	8 -- 9	458,2		0,741	3226,81	236,106
9	9 -- 10	476,4		0,695	3140,73	215,140
10	10 -- 11	1,8		0,649	11,25	0,744
11	11 -- 12	1005,7	3106,6	0,649	25762,33	1678,508
12	12 -- 13	1284,3		0,563	6575,34	349,817
13	13 -- 14	1371,6		0,481	5963,32	269,416
14	14 -- 15	131,6		0,405	518,78	21,250
15	15 -- 16	1327,2	3106,4	0,398	16917,97	671,746
16	16 -- 17	762,2	479,5	0,335	3959,11	131,254
17	17 -- 18	784,0		0,302	2205,71	64,485
18	18 -- 19	1611,6		0,271	3836,84	94,920
19	19 -- 20	306,4		0,214	629,11	13,424
20	20 -- 21	1414,3	673,2	0,205	3908,00	76,208
21	21 -- 22	2001,6		0,164	2797,05	40,616
22	22 -- 23	2098,5		0,121	2108,19	22,007
23	23 -- 24	2195,5		0,084	1484,67	10,432
24	24 -- 25	2292,5		0,054	946,71	4,062
25	25 -- 26	2389,5		0,030	514,17	1,150
26	26 -- 27	2486,5		0,014	206,58	0,178
27	27 -- 28	2583,5		0,003	43,23	0,008
28			1045,7	0,000	0,00	0,000
				Som	146933	10121

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

$n_{1,x}$	=	0,61	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	671	0,989	0,716	0,70	470,39	0,71
2 -- 3	173	0,947	2,034	1,83	315,44	1,93
3 -- 4	191	0,875	2,750	2,11	402,71	2,41
4 -- 5	1452	0,797	2,505	1,59	2307,24	2,00
5 -- 6	222	0,756	0,245	0,14	31,05	0,19
6 -- 7	233	0,712	2,750	1,39	325,60	1,96
7 -- 8	313	0,634	2,750	1,10	346,09	1,74
8 -- 9	333	0,577	1,375	0,46	152,31	0,79
9 -- 10	346	0,540	1,375	0,40	138,79	0,74
10 -- 11	621669	0,521	0,005	0,00	845,33	0,00
11 -- 12	366	0,487	2,745	0,65	238,17	1,34
12 -- 13	467	0,419	2,750	0,48	225,67	1,15
13 -- 14	499	0,356	2,750	0,35	173,80	0,98
14 -- 15	12698	0,323	0,255	0,03	337,29	0,08
15 -- 16	724	0,295	2,495	0,22	156,79	0,73
16 -- 17	554	0,256	1,375	0,09	49,94	0,35
17 -- 18	570	0,230	1,375	0,07	41,60	0,32
18 -- 19	586	0,195	2,750	0,10	61,23	0,54
19 -- 20	1959	0,168	0,500	0,01	27,69	0,08
20 -- 21	629	0,148	2,250	0,05	31,00	0,33
21 -- 22	728	0,114	2,750	0,04	26,20	0,31
22 -- 23	763	0,082	2,750	0,02	14,20	0,23
23 -- 24	798	0,055	2,750	0,01	6,73	0,15
24 -- 25	834	0,034	2,750	0,00	2,62	0,09
25 -- 26	869	0,018	2,750	0,00	0,74	0,05
26 -- 27	904	0,007	2,750	0,00	0,12	0,02
27 -- 28	1320	0,001	2,750	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,84	6728,74	19,22

m_e = 6728,7 / 11,8 = 568,1 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,61	Hz
b =	1,22	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,59	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	103,71	

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

B^2 = 0,56

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,076	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,088	
$v_m(z_s)$ =	28,86	m/s
$v_m(z)$ =	31,75	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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,98	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,29	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	13,29	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,21	
R^2 =	0,98	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,48	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,55

$c_s c_d$ = 1,15

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	47,5	1,61E+06	0,80	0,82	0,66
2	47,4	1,72E+06	0,80	0,82	0,66
3	47,1	1,91E+06	0,80	0,82	0,66
4	46,8	2,11E+06	0,80	0,82	0,66
5	46,6	2,21E+06	0,80	0,82	0,66
6	46,4	2,32E+06	0,80	0,82	0,66
7	46,0	2,52E+06	0,79	0,82	0,66
8	45,7	2,67E+06	0,79	0,82	0,65
9	45,5	2,76E+06	0,79	0,82	0,65
10	45,4	2,81E+06	0,79	0,82	0,65
11	45,2	2,91E+06	0,79	0,82	0,65
12	44,7	3,09E+06	0,79	0,82	0,65
13	44,2	3,26E+06	0,79	0,82	0,65
14	43,9	3,35E+06	0,79	0,82	0,65
15	43,6	3,44E+06	0,79	0,82	0,65
16	43,2	3,55E+06	0,79	0,82	0,65
17	42,8	3,62E+06	0,79	0,82	0,65
18	42,3	3,68E+06	0,79	0,82	0,65
19	41,8	3,81E+06	0,79	0,82	0,65
20	41,4	3,87E+06	0,79	0,82	0,65
21	40,6	3,97E+06	0,78	0,82	0,65
22	39,6	4,05E+06	0,78	0,82	0,64
23	38,3	4,11E+06	0,78	0,82	0,64
24	36,7	4,11E+06	0,78	0,82	0,64
25	34,5	4,03E+06	0,77	0,82	0,64
26	31,1	3,78E+06	0,77	0,82	0,63
27	30,9	3,91E+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	54,284	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 007 (13 - 11 - 2012) Appendix - X en X2		
1e traverse - 380C1F1	46,995	1			
1e traverse - 150C1F1	46,995	1			
2e traverse - 380C1F2	38,495	1			
2e traverse - 150C1F2	38,495	1			
3e traverse - 380C1F3	29,995	1			
3e traverse - 150C1F3	29,995	1			
Passieve run	21,500	1			
				Σ Gew (kg) =	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	54,284	1,459
1e traverse - 380C1F1	46,995	4,514
1e traverse - 150C1F1	46,995	3,319
2e traverse - 380C1F2	38,495	4,625
2e traverse - 150C1F2	38,495	3,430
3e traverse - 380C1F3	29,995	4,735
3e traverse - 150C1F3	29,995	3,540
Passieve run	21,500	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	54,284	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	46,995	1			
1e traverse - 150C1F1	46,995	1			
2e traverse - 380C1F2	38,495	1			
2e traverse - 150C1F2	38,495	1			
3e traverse - 380C1F3	29,995	1			
3e traverse - 150C1F3	29,995	1			
Passieve run	21,500	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	1054	107	1161	0,241	0,086	530	0,740
2	3209	305	3514	0,731	0,244	1572	0,773
3	4844	413	5257	1,099	0,330	2277	0,828
4	4919	376	5295	1,112	0,301	2220	0,886
5	507	37	544	0,114	0,029	224	0,916
6	6008	413	6421	1,354	0,330	2604	0,947
7	8207	413	8619	1,481	0,330	2754	1,001
8	4376	206	4582	0,788	0,165	1430	1,040
9	4558	206	4764	0,819	0,165	1464	1,064
10	17	1	18	0,003	0,001	5	1,076
11	9645	412	10057	1,730	0,329	3018	1,099
12	12430	413	12843	1,859	0,330	3141	1,142
13	13303	413	13716	1,985	0,330	3244	1,180
14	1278	38	1316	0,190	0,031	306	1,198
15	12898	374	13272	1,920	0,299	3027	1,213
16	7415	206	7622	1,102	0,165	1694	1,232
17	7633	206	7840	1,133	0,165	1709	1,243
18	15703	413	16116	2,327	0,330	3414	1,241
19	2989	75	3064	0,442	0,060	631	1,263
20	13806	338	14143	2,040	0,270	2849	1,266
21	19603	413	20016	2,604	0,330	3476	1,264
22	20573	413	20985	2,725	0,330	3435	1,249
23	21543	413	21955	2,844	0,330	3343	1,216
24	22513	413	22925	2,961	0,330	3180	1,157
25	23482	413	23895	3,072	0,330	2909	1,058
26	24452	413	24865	3,171	0,330	2438	0,886
27	25422	413	25835	3,293	0,330	2489	0,905
	292388	8250	300638	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	59383

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	1946	480	480	480	480
2	2 -- 3	2073	3898	3892	16172	5398
3	3 -- 4	2294				
4	4 -- 5	2536				
5	5 -- 6	2663	37296	37251	64239	44785
6	6 -- 7	2802				
7	7 -- 8	3761				
8	8 -- 9	3999				
9	9 -- 10	4158				
10	10 -- 11	4238				
11	11 -- 12	4396	37293	37251	64237	44785
12	12 -- 13	5604				
13	13 -- 14	5985				
14	14 -- 15	6193				
15	15 -- 16	6384	37290	37250	64235	44785
16	16 -- 17	6651	5754	5754	5754	5754
17	17 -- 18	6842				
18	18 -- 19	7032				
19	19 -- 20	7353				
20	20 -- 21	7543	8081	8073	32668	11084
21	21 -- 22	8734				
22	22 -- 23	9157				
23	23 -- 24	9580				
24	24 -- 25	10004				
25	25 -- 26	10427				
26	26 -- 27	10850				
27	27 -- 28	11273				
28			12548	12548	12548	12548

KEMA rapport - bijlage X - 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 2280 / 1540 , t = 60 mm ; G = 1046 kg
Flenzen op 27,5m : 2 * rond 1215 / 910 , t = 60 mm ; G = 480 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	740				
2	2 -- 3	773	9265	3127	11119	3213
3	3 -- 4	828				
4	4 -- 5	886				
5	5 -- 6	916	67361	26448	48570	25565
6	6 -- 7	947				
7	7 -- 8	1001				
8	8 -- 9	1040				
9	9 -- 10	1064				
10	10 -- 11	1076				
11	11 -- 12	1099	63143	25703	46419	24832
12	12 -- 13	1142				
13	13 -- 14	1180				
14	14 -- 15	1198				
15	15 -- 16	1213	57886	24779	43752	23921
16	16 -- 17	1232				
17	17 -- 18	1243				
18	18 -- 19	1241				
19	19 -- 20	1263				
20	20 -- 21	1266	13402	5402	17574	5624
21	21 -- 22	1264				
22	22 -- 23	1249				
23	23 -- 24	1216				
24	24 -- 25	1157				
25	25 -- 26	1058				
26	26 -- 27	886				
27	27 -- 28	905				
28						

KEMA rapport - bijlage X2 - 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	1184				
2	2 -- 3	1237	13402	4085	15763	4279
3	3 -- 4	1325				
4	4 -- 5	1418				
5	5 -- 6	1465	96551	33530	66824	33219
6	6 -- 7	1515				
7	7 -- 8	1602				
8	8 -- 9	1664				
9	9 -- 10	1703				
10	10 -- 11	1722				
11	11 -- 12	1759	90275	32398	63594	32110
12	12 -- 13	1827				
13	13 -- 14	1888				
14	14 -- 15	1917				
15	15 -- 16	1941	82434	30994	59586	30733
16	16 -- 17	1971				
17	17 -- 18	1989				
18	18 -- 19	1986				
19	19 -- 20	2021				
20	20 -- 21	2026	19163	6842	24542	7308
21	21 -- 22	2023				
22	22 -- 23	1998				
23	23 -- 24	1945				
24	24 -- 25	1850				
25	25 -- 26	1693				
26	26 -- 27	1418				
27	27 -- 28	1448				
28						

KEMA rapport - bijlage X - 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	530		0	0,00E+00	6,58E-03	208
2	2 -- 3	1572		530	2,12E+05	6,58E-03	203
3	3 -- 4	2277		2102	3,00E+06	6,57E-03	190
4	4 -- 5	2220		4379	1,21E+07	6,47E-03	172
5	5 -- 6	224		6599	2,67E+07	6,31E-03	156
6	6 -- 7	2604		6824	2,84E+07	6,29E-03	154
7	7 -- 8	2754		9427	5,17E+07	6,02E-03	137
8	8 -- 9	1430		12181	8,24E+07	5,75E-03	121
9	9 -- 10	1464		13610	1,01E+08	5,59E-03	113
10	10 -- 11	5		15074	1,21E+08	5,42E-03	106
11	11 -- 12	3018		15079	1,21E+08	5,42E-03	106
12	12 -- 13	3141		18097	1,68E+08	5,04E-03	91
13	13 -- 14	3244		21238	2,24E+08	4,70E-03	78
14	14 -- 15	306		24482	2,89E+08	4,34E-03	65
15	15 -- 16	3027		24788	2,95E+08	4,30E-03	64
16	16 -- 17	1694		27815	3,63E+08	3,96E-03	54
17	17 -- 18	1709		29509	4,03E+08	3,76E-03	49
18	18 -- 19	3414		31219	4,46E+08	3,56E-03	43
19	19 -- 20	631		34632	5,38E+08	3,13E-03	34
20	20 -- 21	2849		35264	5,56E+08	3,06E-03	33
21	21 -- 22	3476		38112	6,40E+08	2,71E-03	26
22	22 -- 23	3435		41589	7,52E+08	2,33E-03	19
23	23 -- 24	3343		45024	8,73E+08	1,94E-03	13
24	24 -- 25	3180		48366	1,00E+09	1,55E-03	9
25	25 -- 26	2909		51547	1,14E+09	1,16E-03	5
26	26 -- 27	2438		54456	1,29E+09	7,73E-04	2
27	27 -- 28	2489		56893	1,44E+09	3,85E-04	1
28				59383	1,60E+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	4,03E-02	1267
2	2 -- 3		9265	9265	1,35E+05	4,03E-02	1238
3	3 -- 4			9265	1,96E+07	4,02E-02	1156
4	4 -- 5			9265	4,66E+07	3,97E-02	1046
5	5 -- 6		67361	76626	7,46E+07	3,92E-02	947
6	6 -- 7			76626	9,38E+07	3,92E-02	937
7	7 -- 8			76626	3,10E+08	3,78E-02	831
8	8 -- 9			76626	5,28E+08	3,60E-02	729
9	9 -- 10			76626	6,36E+08	3,50E-02	680
10	10 -- 11			76626	7,45E+08	3,40E-02	633
11	11 -- 12		63143	139769	7,46E+08	3,40E-02	633
12	12 -- 13			139769	1,14E+09	3,15E-02	543
13	13 -- 14			139769	1,53E+09	2,92E-02	459
14	14 -- 15			139769	1,93E+09	2,67E-02	382
15	15 -- 16		57886	197655	1,97E+09	2,65E-02	375
16	16 -- 17			197655	2,47E+09	2,41E-02	312
17	17 -- 18			197655	2,75E+09	2,28E-02	280
18	18 -- 19			197655	3,03E+09	2,14E-02	249
19	19 -- 20			197655	3,58E+09	1,86E-02	194
20	20 -- 21		13402	211057	3,68E+09	1,81E-02	185
21	21 -- 22			211057	4,17E+09	1,58E-02	147
22	22 -- 23			211057	4,76E+09	1,33E-02	107
23	23 -- 24			211057	5,35E+09	1,09E-02	73
24	24 -- 25			211057	5,94E+09	8,59E-03	46
25	25 -- 26			211057	6,52E+09	6,32E-03	26
26	26 -- 27			211057	7,11E+09	4,13E-03	11
27	27 -- 28			211057	7,69E+09	2,02E-03	3
28	28 -- 29			211057	8,28E+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	1,58E-02	501
2	2 -- 3		3127	3127	5,29E+04	1,58E-02	490
3	3 -- 4			3127	6,67E+06	1,57E-02	458
4	4 -- 5			3127	1,58E+07	1,56E-02	415
5	5 -- 6		26448	29575	2,56E+07	1,54E-02	376
6	6 -- 7			29575	3,30E+07	1,54E-02	372
7	7 -- 8			29575	1,17E+08	1,49E-02	330
8	8 -- 9			29575	2,01E+08	1,42E-02	290
9	9 -- 10			29575	2,43E+08	1,38E-02	271
10	10 -- 11			29575	2,85E+08	1,34E-02	252
11	11 -- 12		25703	55279	2,85E+08	1,34E-02	252
12	12 -- 13			55279	4,41E+08	1,25E-02	216
13	13 -- 14			55279	5,97E+08	1,16E-02	183
14	14 -- 15			55279	7,53E+08	1,06E-02	153
15	15 -- 16		24779	80057	7,68E+08	1,05E-02	150
16	16 -- 17			80057	9,72E+08	9,63E-03	125
17	17 -- 18			80057	1,08E+09	9,09E-03	112
18	18 -- 19			80057	1,20E+09	8,56E-03	100
19	19 -- 20			80057	1,42E+09	7,42E-03	78
20	20 -- 21		5402	85459	1,46E+09	7,22E-03	74
21	21 -- 22			85459	1,66E+09	6,32E-03	59
22	22 -- 23			85459	1,90E+09	5,34E-03	43
23	23 -- 24			85459	2,14E+09	4,38E-03	29
24	24 -- 25			85459	2,38E+09	3,44E-03	19
25	25 -- 26			85459	2,61E+09	2,53E-03	10
26	26 -- 27			85459	2,85E+09	1,66E-03	5
27	27 -- 28			85459	3,09E+09	8,11E-04	1
28				85459	3,32E+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	3,23E-02	995
2	2 -- 3		11119	11119	1,08E+05	3,23E-02	972
3	3 -- 4			11119	2,33E+07	3,22E-02	906
4	4 -- 5			11119	5,50E+07	3,17E-02	818
5	5 -- 6		48570	59689	8,67E+07	3,11E-02	740
6	6 -- 7			59689	1,02E+08	3,10E-02	732
7	7 -- 8			59689	2,70E+08	2,97E-02	648
8	8 -- 9			59689	4,40E+08	2,82E-02	568
9	9 -- 10			59689	5,24E+08	2,74E-02	530
10	10 -- 11			59689	6,09E+08	2,65E-02	493
11	11 -- 12		46419	106109	6,09E+08	2,65E-02	493
12	12 -- 13			106109	9,09E+08	2,46E-02	423
13	13 -- 14			106109	1,21E+09	2,27E-02	357
14	14 -- 15			106109	1,51E+09	2,08E-02	297
15	15 -- 16		43752	149860	1,54E+09	2,06E-02	292
16	16 -- 17			149860	1,92E+09	1,88E-02	243
17	17 -- 18			149860	2,13E+09	1,77E-02	218
18	18 -- 19			149860	2,34E+09	1,67E-02	194
19	19 -- 20			149860	2,76E+09	1,44E-02	151
20	20 -- 21		17574	167435	2,84E+09	1,41E-02	144
21	21 -- 22			167435	3,22E+09	1,23E-02	115
22	22 -- 23			167435	3,69E+09	1,04E-02	83
23	23 -- 24			167435	4,16E+09	8,54E-03	57
24	24 -- 25			167435	4,63E+09	6,71E-03	36
25	25 -- 26			167435	5,09E+09	4,94E-03	20
26	26 -- 27			167435	5,56E+09	3,23E-03	9
27	27 -- 28			167435	6,02E+09	1,58E-03	2
28				167435	6,48E+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	1,54E-02	488
2	2 -- 3		3213	3213	5,16E+04	1,54E-02	477
3	3 -- 4			3213	6,84E+06	1,53E-02	445
4	4 -- 5			3213	1,62E+07	1,52E-02	403
5	5 -- 6		25565	28777	2,61E+07	1,50E-02	366
6	6 -- 7			28777	3,33E+07	1,50E-02	362
7	7 -- 8			28777	1,15E+08	1,45E-02	321
8	8 -- 9			28777	1,96E+08	1,38E-02	282
9	9 -- 10			28777	2,37E+08	1,35E-02	263
10	10 -- 11			28777	2,78E+08	1,31E-02	245
11	11 -- 12		24832	53609	2,78E+08	1,31E-02	245
12	12 -- 13			53609	4,29E+08	1,22E-02	210
13	13 -- 14			53609	5,81E+08	1,13E-02	178
14	14 -- 15			53609	7,32E+08	1,03E-02	148
15	15 -- 16		23921	77530	7,47E+08	1,02E-02	146
16	16 -- 17			77530	9,45E+08	9,35E-03	121
17	17 -- 18			77530	1,05E+09	8,83E-03	109
18	18 -- 19			77530	1,16E+09	8,31E-03	97
19	19 -- 20			77530	1,38E+09	7,21E-03	76
20	20 -- 21		5624	83154	1,42E+09	7,01E-03	72
21	21 -- 22			83154	1,61E+09	6,14E-03	57
22	22 -- 23			83154	1,84E+09	5,19E-03	42
23	23 -- 24			83154	2,08E+09	4,26E-03	29
24	24 -- 25			83154	2,31E+09	3,34E-03	18
25	25 -- 26			83154	2,54E+09	2,46E-03	10
26	26 -- 27			83154	2,77E+09	1,61E-03	4
27	27 -- 28			83154	3,00E+09	7,89E-04	1
28				83154	3,23E+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	3,91E-03	97
2	2 -- 3				4,74E+06	3,91E-03	94
3	3 -- 4				4,74E+06	3,98E-03	86
4	4 -- 5				4,74E+06	4,04E-03	75
5	5 -- 6				8,68E+07	4,08E-03	65
6	6 -- 7				8,68E+07	4,02E-03	64
7	7 -- 8				8,68E+07	3,42E-03	53
8	8 -- 9				8,68E+07	3,05E-03	44
9	9 -- 10				8,68E+07	2,90E-03	40
10	10 -- 11				8,68E+07	2,76E-03	36
11	11 -- 12				1,80E+08	2,76E-03	36
12	12 -- 13				1,80E+08	2,30E-03	30
13	13 -- 14				1,80E+08	1,98E-03	24
14	14 -- 15				1,80E+08	1,72E-03	19
15	15 -- 16				2,76E+08	1,70E-03	18
16	16 -- 17				2,76E+08	1,41E-03	14
17	17 -- 18				2,76E+08	1,26E-03	12
18	18 -- 19				2,76E+08	1,13E-03	11
19	19 -- 20				2,76E+08	8,93E-04	8
20	20 -- 21				2,63E+08	8,54E-04	8
21	21 -- 22				2,63E+08	7,03E-04	6
22	22 -- 23				2,63E+08	5,58E-04	4
23	23 -- 24				2,63E+08	4,32E-04	3
24	24 -- 25				2,63E+08	3,22E-04	2
25	25 -- 26				2,63E+08	2,26E-04	1
26	26 -- 27				2,63E+08	1,42E-04	0
27	27 -- 28				2,63E+08	6,67E-05	0
28					2,63E+08	0,00E+00	0

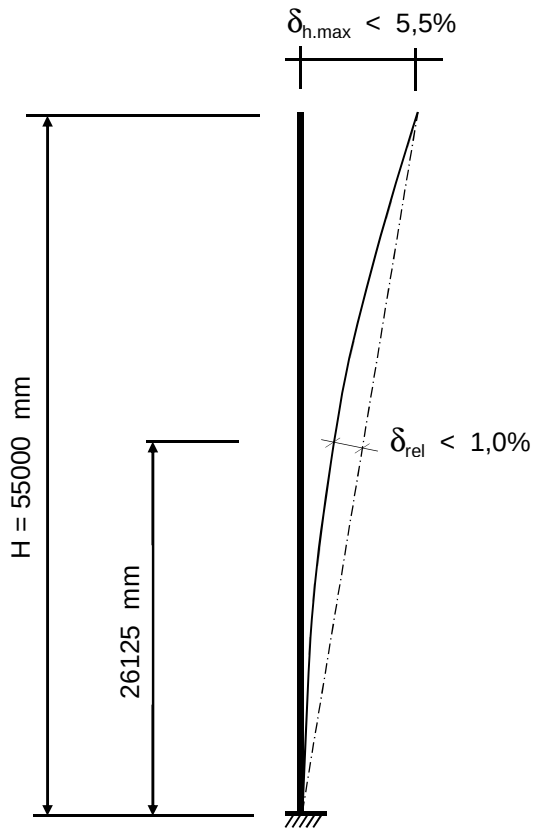
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	5,1E-02	1571
2	2 -- 3	5,1E-02	1534
3	3 -- 4	5,1E-02	1431
4	4 -- 5	5,0E-02	1292
5	5 -- 6	5,0E-02	1167
6	6 -- 7	4,9E-02	1155
7	7 -- 8	4,7E-02	1021
8	8 -- 9	4,5E-02	895
9	9 -- 10	4,4E-02	834
10	10 -- 11	4,2E-02	775
11	11 -- 12	4,2E-02	775
12	12 -- 13	3,9E-02	663
13	13 -- 14	3,6E-02	560
14	14 -- 15	3,3E-02	466
15	15 -- 16	3,3E-02	457
16	16 -- 17	3,0E-02	380
17	17 -- 18	2,8E-02	340
18	18 -- 19	2,6E-02	303
19	19 -- 20	2,3E-02	236
20	20 -- 21	2,2E-02	225
21	21 -- 22	1,9E-02	179
22	22 -- 23	1,6E-02	130
23	23 -- 24	1,3E-02	89
24	24 -- 25	1,0E-02	56
25	25 -- 26	7,7E-03	31
26	26 -- 27	5,0E-03	14
27	27 -- 28	2,5E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1571 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 2,86 % 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 = 26125 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 340 mm
α = 1,64 graden

δ_{rel} = 405 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 0,74 % 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	795	480	0	0,00E+00	1,03E-02	324
2	2 -- 3	2358	5771	848	3,04E+05	1,03E-02	317
3	3 -- 4	3416	9988	3363	4,59E+06	1,02E-02	296
4	4 -- 5	3330	16296	7007	1,88E+07	1,01E-02	268
5	5 -- 6	336	59946	10559	4,08E+07	9,84E-03	243
6	6 -- 7	3905	60598	10918	4,35E+07	9,81E-03	241
7	7 -- 8	4130	68303	15083	7,92E+07	9,39E-03	214
8	8 -- 9	2145	78646	19489	1,27E+08	8,96E-03	189
9	9 -- 10	2195	84145	21777	1,55E+08	8,71E-03	177
10	10 -- 11	8	89863	24118	1,87E+08	8,45E-03	165
11	11 -- 12	4527	127177	24127	1,87E+08	8,45E-03	165
12	12 -- 13	4711	139245	28955	2,60E+08	7,87E-03	143
13	13 -- 14	4867	154656	33980	3,46E+08	7,34E-03	122
14	14 -- 15	458	171115	39172	4,47E+08	6,78E-03	102
15	15 -- 16	4541	209984	39660	4,57E+08	6,72E-03	100
16	16 -- 17	2541	231665	44504	5,62E+08	6,18E-03	84
17	17 -- 18	2564	240811	47215	6,25E+08	5,88E-03	76
18	18 -- 19	5121	250219	49950	6,92E+08	5,57E-03	68
19	19 -- 20	947	269558	55412	8,37E+08	4,90E-03	54
20	20 -- 21	4273	281315	56422	8,65E+08	4,78E-03	51
21	21 -- 22	5215	298287	60980	9,97E+08	4,25E-03	41
22	22 -- 23	5152	322306	66542	1,17E+09	3,65E-03	30
23	23 -- 24	5014	347488	72038	1,36E+09	3,05E-03	21
24	24 -- 25	4771	373835	77386	1,57E+09	2,44E-03	13
25	25 -- 26	4364	401345	82474	1,79E+09	1,83E-03	8
26	26 -- 27	3656	430019	87129	2,02E+09	1,22E-03	3
27	27 -- 28	3734	459856	91029	2,27E+09	6,06E-04	1
28			503406	95012	2,52E+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	5,63E-02	1770
2	2 -- 3		13402	13402	0,00E+00	5,63E-02	1730
3	3 -- 4			13402	2,73E+07	5,61E-02	1616
4	4 -- 5			13402	6,41E+07	5,55E-02	1462
5	5 -- 6		96551	109953	9,77E+07	5,48E-02	1324
6	6 -- 7			109953	1,25E+08	5,47E-02	1311
7	7 -- 8			109953	4,27E+08	5,28E-02	1162
8	8 -- 9			109953	7,29E+08	5,03E-02	1020
9	9 -- 10			109953	8,81E+08	4,89E-02	952
10	10 -- 11			109953	1,03E+09	4,75E-02	886
11	11 -- 12		90275	200228	1,03E+09	4,75E-02	885
12	12 -- 13			200228	1,58E+09	4,41E-02	759
13	13 -- 14			200228	2,13E+09	4,08E-02	642
14	14 -- 15			200228	2,68E+09	3,74E-02	535
15	15 -- 16		82434	282661	2,73E+09	3,70E-02	525
16	16 -- 17			282661	3,44E+09	3,38E-02	437
17	17 -- 18			282661	3,83E+09	3,19E-02	392
18	18 -- 19			282661	4,22E+09	3,00E-02	349
19	19 -- 20			282661	4,99E+09	2,60E-02	272
20	20 -- 21		19163	301825	5,14E+09	2,53E-02	259
21	21 -- 22			301825	5,81E+09	2,21E-02	206
22	22 -- 23			301825	6,64E+09	1,87E-02	149
23	23 -- 24			301825	7,47E+09	1,53E-02	103
24	24 -- 25			301825	8,30E+09	1,20E-02	65
25	25 -- 26			301825	9,13E+09	8,86E-03	36
26	26 -- 27			301825	9,96E+09	5,79E-03	16
27	27 -- 28			301825	1,08E+10	2,84E-03	4
28				301825	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	1,95E-02	620
2	2 -- 3		4085	4085	0,00E+00	1,95E-02	606
3	3 -- 4			4085	8,31E+06	1,95E-02	566
4	4 -- 5			4085	1,95E+07	1,93E-02	513
5	5 -- 6		33530	37614	2,98E+07	1,91E-02	465
6	6 -- 7			37614	3,90E+07	1,90E-02	460
7	7 -- 8			37614	1,42E+08	1,84E-02	409
8	8 -- 9			37614	2,46E+08	1,76E-02	359
9	9 -- 10			37614	2,98E+08	1,71E-02	335
10	10 -- 11			37614	3,49E+08	1,66E-02	312
11	11 -- 12		32398	70012	3,49E+08	1,66E-02	312
12	12 -- 13			70012	5,42E+08	1,55E-02	268
13	13 -- 14			70012	7,34E+08	1,43E-02	227
14	14 -- 15			70012	9,27E+08	1,31E-02	189
15	15 -- 16		30994	101006	9,45E+08	1,30E-02	185
16	16 -- 17			101006	1,20E+09	1,19E-02	154
17	17 -- 18			101006	1,34E+09	1,12E-02	138
18	18 -- 19			101006	1,47E+09	1,06E-02	123
19	19 -- 20			101006	1,75E+09	9,17E-03	96
20	20 -- 21		6842	107848	1,80E+09	8,93E-03	92
21	21 -- 22			107848	2,05E+09	7,82E-03	73
22	22 -- 23			107848	2,34E+09	6,61E-03	53
23	23 -- 24			107848	2,64E+09	5,42E-03	36
24	24 -- 25			107848	2,94E+09	4,26E-03	23
25	25 -- 26			107848	3,23E+09	3,14E-03	13
26	26 -- 27			107848	3,53E+09	2,05E-03	6
27	27 -- 28			107848	3,82E+09	1,01E-03	1
28				107848	4,12E+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	4,36E-02	1339
2	2 -- 3		15763	15763	0,00E+00	4,36E-02	1308
3	3 -- 4			15763	3,21E+07	4,33E-02	1220
4	4 -- 5			15763	7,54E+07	4,26E-02	1101
5	5 -- 6		66824	82587	1,15E+08	4,18E-02	995
6	6 -- 7			82587	1,35E+08	4,17E-02	985
7	7 -- 8			82587	3,62E+08	4,00E-02	872
8	8 -- 9			82587	5,89E+08	3,80E-02	765
9	9 -- 10			82587	7,03E+08	3,69E-02	714
10	10 -- 11			82587	8,16E+08	3,57E-02	664
11	11 -- 12		63594	146181	8,17E+08	3,57E-02	663
12	12 -- 13			146181	1,22E+09	3,30E-02	569
13	13 -- 14			146181	1,62E+09	3,06E-02	481
14	14 -- 15			146181	2,02E+09	2,80E-02	401
15	15 -- 16		59586	205767	2,06E+09	2,77E-02	394
16	16 -- 17			205767	2,57E+09	2,52E-02	327
17	17 -- 18			205767	2,86E+09	2,38E-02	294
18	18 -- 19			205767	3,14E+09	2,24E-02	262
19	19 -- 20			205767	3,70E+09	1,94E-02	204
20	20 -- 21		24542	230308	3,81E+09	1,89E-02	195
21	21 -- 22			230308	4,33E+09	1,66E-02	155
22	22 -- 23			230308	4,96E+09	1,40E-02	112
23	23 -- 24			230308	5,59E+09	1,15E-02	77
24	24 -- 25			230308	6,23E+09	9,05E-03	49
25	25 -- 26			230308	6,86E+09	6,67E-03	27
26	26 -- 27			230308	7,49E+09	4,36E-03	12
27	27 -- 28			230308	8,13E+09	2,14E-03	3
28				230308	8,76E+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	1,95E-02	618
2	2 -- 3		4279	4279	0,00E+00	1,95E-02	604
3	3 -- 4			4279	8,70E+06	1,94E-02	564
4	4 -- 5			4279	2,05E+07	1,92E-02	511
5	5 -- 6		33219	37498	3,12E+07	1,90E-02	463
6	6 -- 7			37498	4,04E+07	1,90E-02	459
7	7 -- 8			37498	1,43E+08	1,84E-02	407
8	8 -- 9			37498	2,47E+08	1,75E-02	358
9	9 -- 10			37498	2,98E+08	1,71E-02	334
10	10 -- 11			37498	3,50E+08	1,66E-02	311
11	11 -- 12		32110	69608	3,50E+08	1,65E-02	311
12	12 -- 13			69608	5,41E+08	1,54E-02	267
13	13 -- 14			69608	7,32E+08	1,43E-02	226
14	14 -- 15			69608	9,24E+08	1,31E-02	188
15	15 -- 16		30733	100340	9,42E+08	1,30E-02	185
16	16 -- 17			100340	1,19E+09	1,18E-02	154
17	17 -- 18			100340	1,33E+09	1,12E-02	138
18	18 -- 19			100340	1,47E+09	1,05E-02	123
19	19 -- 20			100340	1,74E+09	9,14E-03	96
20	20 -- 21		7308	107648	1,79E+09	8,89E-03	91
21	21 -- 22			107648	2,04E+09	7,79E-03	73
22	22 -- 23			107648	2,33E+09	6,59E-03	53
23	23 -- 24			107648	2,63E+09	5,40E-03	36
24	24 -- 25			107648	2,92E+09	4,25E-03	23
25	25 -- 26			107648	3,22E+09	3,13E-03	13
26	26 -- 27			107648	3,52E+09	2,05E-03	6
27	27 -- 28			107648	3,81E+09	1,00E-03	1
28				107648	4,11E+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	4,70E-03	116
2	2 -- 3				5,69E+06	4,70E-03	113
3	3 -- 4				5,69E+06	4,77E-03	103
4	4 -- 5				5,69E+06	4,85E-03	90
5	5 -- 6				1,04E+08	4,90E-03	77
6	6 -- 7				1,04E+08	4,82E-03	76
7	7 -- 8				1,04E+08	4,10E-03	64
8	8 -- 9				1,04E+08	3,66E-03	53
9	9 -- 10				1,04E+08	3,48E-03	48
10	10 -- 11				1,04E+08	3,32E-03	44
11	11 -- 12				2,17E+08	3,32E-03	44
12	12 -- 13				2,17E+08	2,76E-03	35
13	13 -- 14				2,17E+08	2,38E-03	28
14	14 -- 15				2,17E+08	2,07E-03	22
15	15 -- 16				3,31E+08	2,04E-03	22
16	16 -- 17				3,31E+08	1,69E-03	17
17	17 -- 18				3,31E+08	1,52E-03	15
18	18 -- 19				3,31E+08	1,36E-03	13
19	19 -- 20				3,31E+08	1,07E-03	10
20	20 -- 21				3,16E+08	1,03E-03	9
21	21 -- 22				3,16E+08	8,44E-04	7
22	22 -- 23				3,16E+08	6,70E-04	5
23	23 -- 24				3,16E+08	5,19E-04	3
24	24 -- 25				3,16E+08	3,87E-04	2
25	25 -- 26				3,16E+08	2,72E-04	1
26	26 -- 27				3,16E+08	1,70E-04	0
27	27 -- 28				3,16E+08	8,01E-05	0
28					3,16E+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	18,05	16,00	23,51
3	3 -- 4	22,26	16,77	26,16
4	4 -- 5	28,57	20,41	77,27
5	5 -- 6	99,16	120,51	292,12
6	6 -- 7	99,82	120,87	313,10
7	7 -- 8	107,52	125,04	610,47
8	8 -- 9	117,86	129,44	960,38
9	9 -- 10	123,36	131,73	1139,93
10	10 -- 11	129,08	134,07	1322,67
11	11 -- 12	193,34	224,35	1435,73
12	12 -- 13	205,41	229,18	2058,21
13	13 -- 14	220,82	234,21	2695,38
14	14 -- 15	237,28	239,40	3346,59
15	15 -- 16	303,09	322,32	3522,55
16	16 -- 17	324,77	327,17	4332,79
17	17 -- 18	333,92	329,88	4784,50
18	18 -- 19	343,32	332,61	5239,96
19	19 -- 20	362,66	338,07	6162,15
20	20 -- 21	399,01	358,25	6316,21
21	21 -- 22	415,98	362,80	7127,39
22	22 -- 23	440,00	368,37	8132,75
23	23 -- 24	465,18	373,86	9153,32
24	24 -- 25	491,53	379,21	10188,79
25	25 -- 26	519,04	384,30	11238,62
26	26 -- 27	547,71	388,95	12301,84
27	27 -- 28	577,55	392,85	13376,83
28		621,10	396,84	14462,66

)** - 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 / 786	23,51	18,05	36	24,2	839,3	0,03
2	500 / 786	26,16	22,26	103	29,1	1025,8	0,03
3	500 / 786	77,27	28,57	139	84,2	1307,8	0,07
4	500 / 786	292,12	99,16	125	311,5	1594,4	0,21
5	500 / 786	313,10	99,82	12	333,6	1623,9	0,22
6	500 / 786	610,47	107,52	133	645,4	1974,3	0,34
7	786 / 1001	960,38	117,86	127	1010,2	2917,6	0,35
8	786 / 1001	1139,93	123,36	61	1197,3	3172,6	0,39
9	786 / 1001	1322,67	129,08	59	1387,6	3438,3	0,41
10	786 / 1001	1435,73	193,34	0	1500,7	3439,3	0,45
11	786 / 1001	2058,21	205,41	111	2146,1	4001,9	0,55
12	1001 / 1430	2695,38	220,82	103	2806,0	5483,3	0,52
13	1001 / 1430	3346,59	237,28	95	3479,6	6259,0	0,57
14	1001 / 1430	3522,55	303,09	8	3658,1	6333,5	0,59
15	1001 / 1430	4332,79	324,77	77	4493,5	7085,9	0,65
16	1001 / 1430	4784,50	333,92	39	4958,4	7518,6	0,67
17	1001 / 1430	5239,96	343,32	37	5426,6	7964,2	0,69
18	1001 / 1430	6162,15	362,66	67	6373,1	8893,7	0,73
19	1001 / 1430	6316,21	399,01	11	6531,6	9068,3	0,73
20	1001 / 1430	7127,39	415,98	46	7362,1	9874,6	0,76
21	1430/ 1930	8132,75	440,00	49	8389,0	12070,1	0,71
22	1430/ 1930	9153,32	465,18	41	9428,5	13271,6	0,72
23	1430/ 1930	10188,79	491,53	33	10480,0	14530,2	0,73
24	1430/ 1930	11238,62	519,04	25	11542,9	15845,7	0,74
25	1430/ 1930	12301,84	547,71	18	12615,7	17218,2	0,75
26	1430/ 1930	13376,83	577,55	10	13696,7	18647,8	0,75
27	1430/ 1930	14462,66	621,10	3	14784,7	20134,4	0,75

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	12,0	43,22	0,81	355	355
572	12,0	47,63	0,81	355	355
643	12,0	53,58	0,81	355	355
708	12,0	59,01	0,81	355	355
715	12,0	59,54	0,81	355	355
786	12,0	65,50	0,81	333	355
858	15,0	57,17	0,81	355	355
893	15,0	59,55	0,81	355	355
929	15,0	61,93	0,81	346	355
929	15,0	61,94	0,81	346	355
1001	15,0	66,70	0,81	328	355
1072	18,0	59,56	0,81	355	355
1144	18,0	63,53	0,81	340	355
1150	18,0	63,90	0,81	338	355
1215	18,0	67,50	0,81	326	355
1251	18,0	69,49	0,81	320	355
1287	18,0	71,47	0,81	314	355
1358	18,0	75,44	0,81	303	355
1371	18,0	76,17	0,81	301	355
1430	18,0	79,42	0,81	293	355
1501	20,0	75,05	0,81	304	355
1573	20,0	78,63	0,81	295	355
1644	20,0	82,20	0,81	287	355
1716	20,0	85,78	0,81	279	355
1787	20,0	89,35	0,81	272	355
1859	20,0	92,93	0,81	266	355
1930	20,0	96,50	0,81	260	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 / 786	10,61	0,96	355	355	0,03
2	500 / 786	11,11	1,11	355	355	0,03
3	500 / 786	25,71	1,27	355	355	0,08
4	500 / 786	76,38	3,96	355	355	0,23
5	500 / 786	73,61	3,79	355	355	0,22
6	500 / 786	127,65	3,86	355	333	0,37
7	786 / 1001	134,15	3,10	355	355	0,39
8	786 / 1001	139,64	3,04	355	355	0,40
9	786 / 1001	149,09	3,06	355	346	0,43
10	786 / 1001	154,92	4,49	355	346	0,45
11	786 / 1001	205,06	4,59	355	328	0,59
12	1001 / 1430	194,76	3,83	355	355	0,56
13	1001 / 1430	210,63	3,85	355	340	0,60
14	1001 / 1430	206,26	4,75	355	338	0,60
15	1001 / 1430	237,93	4,93	355	326	0,69
16	1001 / 1430	241,11	4,86	355	320	0,69
17	1001 / 1430	248,90	4,85	355	314	0,72
18	1001 / 1430	276,19	4,99	355	303	0,79
19	1001 / 1430	258,19	5,24	355	301	0,74
20	1001 / 1430	276,07	5,32	355	293	0,80
21	1430/ 1930	259,17	4,85	355	304	0,75
22	1430/ 1930	264,31	4,88	355	295	0,76
23	1430/ 1930	267,78	4,93	355	287	0,77
24	1430/ 1930	269,93	4,98	355	279	0,78
25	1430/ 1930	271,02	5,04	355	272	0,78
26	1430/ 1930	271,25	5,10	355	266	0,78
27	1430/ 1930	270,77	5,27	355	260	0,78

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

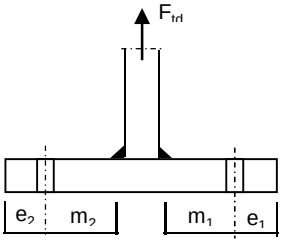
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc.} / 2)^2$

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

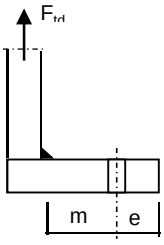
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

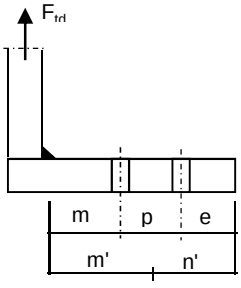
Flenzen en voetplaat:



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		2120,00					
st.c binnenkant		1700,00					
1910	48	618,07	8,27	28	M 48 - 8,8	848,4	0,73
flenzen op 27,50 m hoogte.							
st.c buitenkant		1030,00					
1030,00	24	687,57	13,63	16	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							
2120,00	1700,00	88,2	80,0	80,0			222,5
2120,00	1700,00	88,2	80,0	80,0			277,5
flenzen op 27,50 m hoogte.							
1030,00	1030,0	67,7	60,0	60,0			134,8
1030,00	1030,0	67,7	60,0	60,0			134,8

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							
60	6,71E+07	3042,34	1604,74	1696,90	1604,74	1236,13	0,77
60	8,37E+07	3793,98	1801,83	1696,90	1696,90	1236,13	0,73
flenzen op 27,50 m hoogte.							
60	4,07E+07	1200,68	816,56	2121,12	816,56	687,57	0,84
60	4,07E+07	1200,68	816,56	2121,12	816,56	687,57	0,84
	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	0,61	1,215	0,18	4,09

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	1245	1,000		1,000			
2	1218	0,978	1 -- 2	0,989	116	365	671,5
3	1141	0,917	2 -- 3	0,947	351		172,8
4	1038	0,834	3 -- 4	0,875	526		191,2
5	945	0,759	4 -- 5	0,797	529	3107	1451,6
6	936	0,752	5 -- 6	0,756	54		222,0
7	837	0,672	6 -- 7	0,712	642		233,5
8	741	0,595	7 -- 8	0,634	862		313,4
9	695	0,558	8 -- 9	0,577	458		333,3
10	649	0,522	9 -- 10	0,540	476		346,5
11	649	0,521	10 -- 11	0,521	2	3107	621668,7
12	563	0,452	11 -- 12	0,487	1006		366,4
13	481	0,386	12 -- 13	0,419	1284		467,0
14	405	0,325	13 -- 14	0,356	1372		498,7
15	398	0,320	14 -- 15	0,323	132	3106	12697,9
16	335	0,269	15 -- 16	0,295	1327	480	724,1
17	302	0,243	16 -- 17	0,256	762		554,3
18	271	0,218	17 -- 18	0,230	784		570,2
19	214	0,172	18 -- 19	0,195	1612		586,0
20	205	0,164	19 -- 20	0,168	306	673	1959,1
21	164	0,132	20 -- 21	0,148	1414		628,6
22	121	0,097	21 -- 22	0,114	2002		727,8
23	84	0,067	22 -- 23	0,082	2099		763,1
24	54	0,043	23 -- 24	0,055	2196		798,4
25	30	0,024	24 -- 25	0,034	2293		833,6
26	14	0,011	25 -- 26	0,018	2389		868,9
27	3	0,003	26 -- 27	0,007	2486		904,2
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	2583	1046	1319,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	671	0,989	0,716	0,70	470,39	0,71
2 -- 3	173	0,947	2,034	1,83	315,44	1,93
3 -- 4	191	0,875	2,750	2,11	402,71	2,41
4 -- 5	1452	0,797	2,505	1,59	2307,24	2,00
5 -- 6	222	0,756	0,245	0,14	31,05	0,19
6 -- 7	233	0,712	2,750	1,39	325,60	1,96
7 -- 8	313	0,634	2,750	1,10	346,09	1,74
8 -- 9	333	0,577	1,375	0,46	152,31	0,79
9 -- 10	346	0,540	1,375	0,40	138,79	0,74
10 -- 11	621669	0,521	0,005	0,00	845,33	0,00
11 -- 12	366	0,487	2,745	0,65	238,17	1,34
12 -- 13	467	0,419	2,750	0,48	225,67	1,15
13 -- 14	499	0,356	2,750	0,35	173,80	0,98
14 -- 15	12698	0,323	0,255	0,03	337,29	0,08
15 -- 16	724	0,295	2,495	0,22	156,79	0,73
16 -- 17	554	0,256	1,375	0,09	49,94	0,35
17 -- 18	570	0,230	1,375	0,07	41,60	0,32
18 -- 19	586	0,195	2,750	0,10	61,23	0,54
19 -- 20	1959	0,168	0,500	0,01	27,69	0,08
20 -- 21	629	0,148	2,250	0,05	31,00	0,33
21 -- 22	728	0,114	2,750	0,04	26,20	0,31
22 -- 23	763	0,082	2,750	0,02	14,20	0,23
23 -- 24	798	0,055	2,750	0,01	6,73	0,15
24 -- 25	834	0,034	2,750	0,00	2,62	0,09
25 -- 26	869	0,018	2,750	0,00	0,74	0,05
26 -- 27	904	0,007	2,750	0,00	0,12	0,02
27 -- 28	1320	0,001	2,750	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,84	6728,74	19,22

m_e = 6728,7 / 11,8 = 568,1 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 /1930	568,1	0,030	1,25	1,215	18,5

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 = 18,5

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 = 19,22 / (4 * π * 11,84) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,215 * 4,09 / $15*10^{-6}$ = 3,3E+05

C_{lat} = 0,60

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 = 7,29 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,47 / 19,22 = 0,34

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,054 * 0,129 * 0,34 * 0,602111 = 0,044

$y_{F;max}$ = 1,215 * 0,044 = 0,053 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		72919	72919	0,00E+00	4,8E-02	1000
2	2 -- 3			72919	5,22E+07	4,8E-02	966
3	3 -- 4			72919	2,01E+08	4,6E-02	870
4	4 -- 5			72919	4,01E+08	4,2E-02	748
5	5 -- 6			72919	5,84E+08	3,8E-02	648
6	6 -- 7			72919	6,02E+08	3,7E-02	638
7	7 -- 8			72919	8,02E+08	3,3E-02	542
8	8 -- 9			72919	1,00E+09	2,9E-02	457
9	9 -- 10			72919	1,10E+09	2,7E-02	419
10	10 -- 11			72919	1,20E+09	2,5E-02	383
11	11 -- 12			72919	1,20E+09	2,5E-02	383
12	12 -- 13			72919	1,40E+09	2,2E-02	318
13	13 -- 14			72919	1,60E+09	1,9E-02	262
14	14 -- 15			72919	1,80E+09	1,7E-02	213
15	15 -- 16			72919	1,82E+09	1,6E-02	209
16	16 -- 17			72919	2,01E+09	1,4E-02	170
17	17 -- 18			72919	2,11E+09	1,3E-02	151
18	18 -- 19			72919	2,21E+09	1,2E-02	133
19	19 -- 20			72919	2,41E+09	1,0E-02	102
20	20 -- 21			72919	2,44E+09	1,0E-02	97
21	21 -- 22			72919	2,61E+09	8,6E-03	76
22	22 -- 23			72919	2,81E+09	7,1E-03	55
23	23 -- 24			72919	3,01E+09	5,7E-03	37
24	24 -- 25			72919	3,21E+09	4,4E-03	23
25	25 -- 26			72919	3,41E+09	3,2E-03	13
26	26 -- 27			72919	3,61E+09	2,0E-03	6
27	27 -- 28			72919	3,81E+09	9,9E-04	1
28	28 -- 29			72919	4,01E+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	12,0	2364316	22	0,0531	2,3
2	572	12,0	2889714	69	0,0531	7,4
3	643	12,0	3683878	109	0,0531	11,6
4	708	12,0	4491157	130	0,0531	13,8
5	715	12,0	4574405	132	0,0531	14,0
6	786	12,0	5561294	144	0,0531	15,3
7	858	15,0	8218535	122	0,0531	13,0
8	893	15,0	8936949	123	0,0531	13,1
9	929	15,0	9685476	124	0,0531	13,2
10	929	15,0	9688253	124	0,0531	13,2
11	1001	15,0	11272871	125	0,0531	13,2
12	1072	18,0	15446002	104	0,0531	11,0
13	1144	18,0	17630872	102	0,0531	10,9
14	1150	18,0	17840792	102	0,0531	10,9
15	1215	18,0	19960286	100	0,0531	10,7
16	1251	18,0	21179197	99	0,0531	10,6
17	1287	18,0	22434245	98	0,0531	10,4
18	1358	18,0	25052748	96	0,0531	10,2
19	1371	18,0	25544369	96	0,0531	10,2
20	1430	18,0	27815796	94	0,0531	10,0
21	1501	20,0	34000363	83	0,0531	8,8
22	1573	20,0	37384891	80	0,0531	8,5
23	1644	20,0	40930024	78	0,0531	8,3
24	1716	20,0	44635763	76	0,0531	8,1
25	1787	20,0	48502107	74	0,0531	7,9
26	1859	20,0	52529057	73	0,0531	7,7
27	1930	20,0	56716613	71	0,0531	7,5

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,61 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 4,09 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 = 51,355 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,16

$V_m(z)$ = 31,4 m/s

V_o = 31,4 * 20 / 100 = 6,27 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,61 * [4,09 / 6,27]^2 * \exp[-(4,09 / 6,27)^2]$ = 1,62E+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.

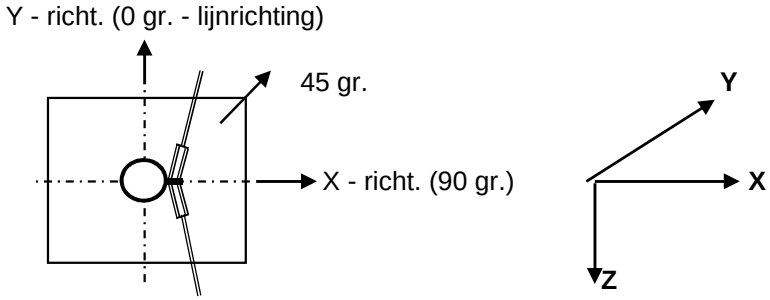
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$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	8,85	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
4	Lasnaad	13,88	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
5							
6	Lasnaad	16,77	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
7	Lasnaad	18,39	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
8	Lasnaad	15,55	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
9							
10	Lasnaad	15,84	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
11							
12	Lasnaad	15,87	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
13	Lasnaad	13,24	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
14	Lasnaad	13,05	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
15							
16	flenzen	12,81	35	19,25	1,000E+10	1,62E+08	0,02
17							
18	Lasnaad	12,54	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
19	Lasnaad	12,25	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
20							
21	Lasnaad	11,95	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
22	Lasnaad	10,53	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
23	Lasnaad	10,26	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
24	Lasnaad	9,99	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
25	Lasnaad	9,74	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
26	Lasnaad	9,49	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
27	Lasnaad	9,25	45	24,75	1,000E+10	1,62E+08	0,02
28	voetplaat	9,01	35	19,25	1,000E+10	1,62E+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			380			
2 - Windbelasting mast	95				2522	
3 - Belasting geval 1a	302		124		11941	
4 - Belasting geval 1b	108		124		4437	
5 - Belasting geval 3	230		242		9255	
6 - Belasting geval 4	108		151		4485	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	397		**503**		**14463**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	126		503		4910	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	257		621		9964	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	125		530		4957	

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	9963	kNm	14463	kNm	14463	kNm
Dwarskracht	270	kN	397	kN	397	kN
Verticale kracht	419	kN	503	kN	378	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		2120,00					
st.c binnenkant		1700,00					
1910	48	618,07	8,27	28	M 48 - 8,8	848,45	0,73
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2120,00					
st.c binnenkant		1700,00					
1910	48	425,96	5,63	28	M 48 - 8,8	848,45	0,50

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 618,1 kN

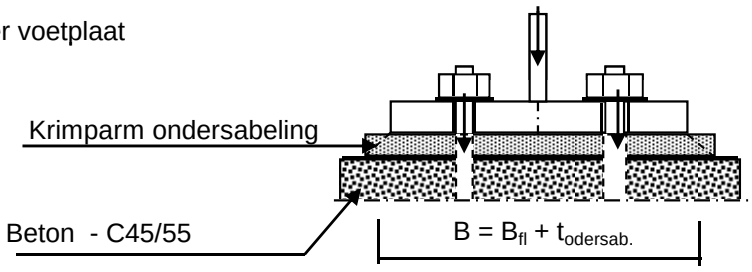
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 426,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 641,5 + 1,00 * 426,0 = 1067,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

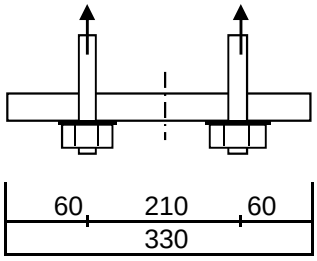
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	370,0	mm	D =	1910	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	48	
B =	410,0	mm			

A_{voetpl} = 410 * 2*π*D / n = 102508 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

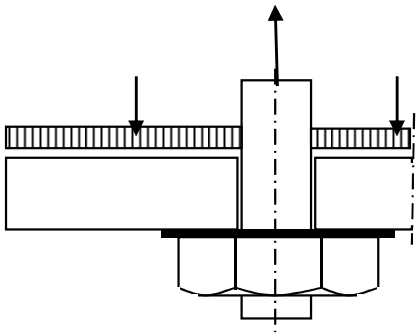


D = 1910 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 330 * $2*\pi*D / n$ = 82506 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 15,0 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 60 mm
L_{veld} = 210 mm

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

$M_{Ed;st}$ = 26968 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1573 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 55622 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 55622 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1573 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} = 55622 / 108718,8 = 0,51 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 181,6 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1573 / 7174 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 44,9 N/mm^2

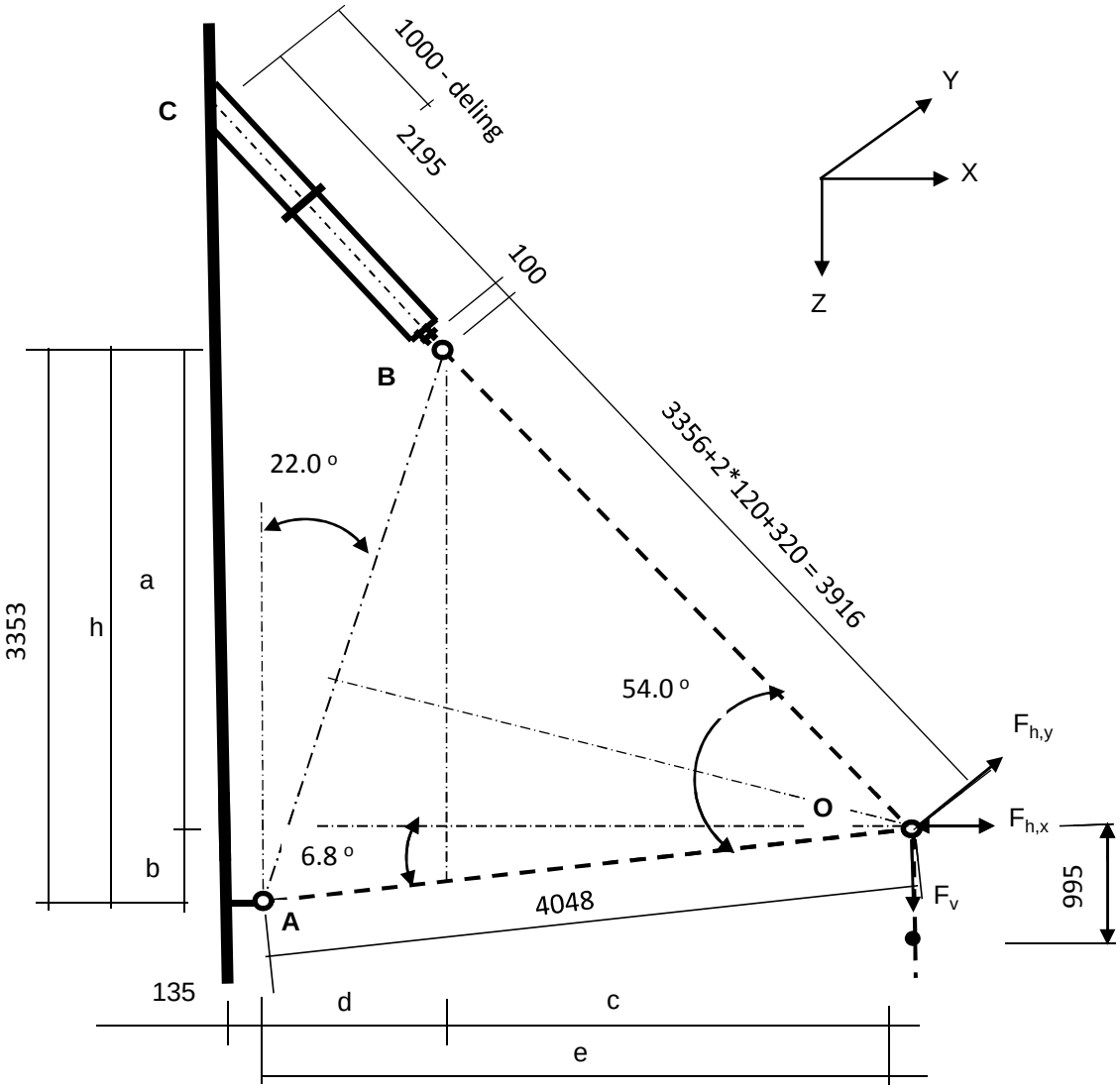
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (181,6^2 + 3*44,9^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 198 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 X
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))	38620	254001	14918	38620	-254001	14918
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	26730	260100	25695	26730	-260100	25695
BG 1a - (+wind (45 gr))	20409	179249	14910	23295	-190286	14912
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	17505	239944	25692	18951	-242320	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))	29837	±	77241	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	51391	±	53459	0
BG 1a - (wind (45 gr))	29822	±	43703	-11036
BG 3 - (wind (45) + ijs)	51384	±	36457	-2376

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))	44,7	0,00	-5,3	32,6	0,00	35,2
BG 1a - (-wind (90 gr))	-94,4	0,00	11,3	17,2	0,00	18,6
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,3	0,00	-0,6	48,2	0,00	52,0
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-91,0	0,00	10,9	37,5	0,00	40,5
BG 1a - (+wind (45 gr))	14,5	-9,46	-1,7	29,2	-1,58	31,5
BG 1a - (-wind (45 gr))	-64,2	-9,46	7,7	20,5	-1,58	22,2
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-10,0	-2,04	1,2	46,5	-0,34	50,2
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-75,7	-2,04	9,0	39,2	-0,34	42,4

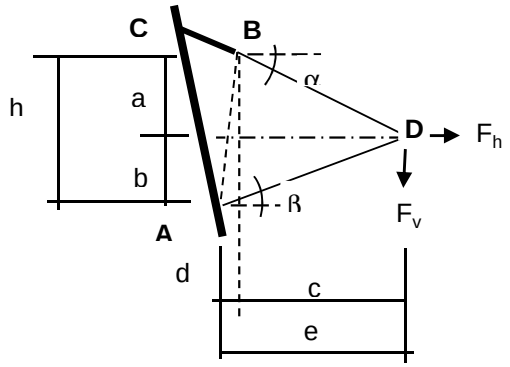
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

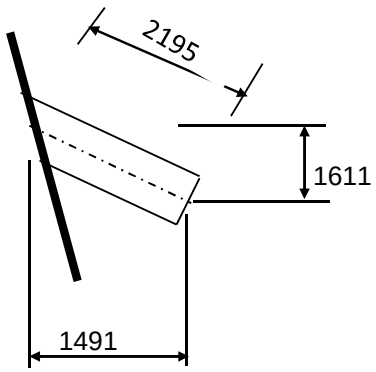
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	32,56	0,00	35,16	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	17,20	0,00	18,58	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	48,17	0,00	52,02	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	37,54	0,00	40,54	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	29,22	-1,58	31,55	0,00	-2,35
BG 1a - (-wind (45 gr))	20,52	-1,58	22,16	0,00	-2,35
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	46,48	-0,34	50,19	0,00	-0,51
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	39,23	-0,34	42,36	0,00	-0,51

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	24864	60000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



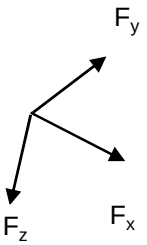


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

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	86,46	20,15	127,25

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} = { $48{,}2^2$ + $52{,}0^2$ }^{0,5} = 70,90 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 70,90 / 2894 = 0,02 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 5,8 N/mm^2

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	2,35	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	2,6	N/mm^2
N_{Ed} =	43,00	kN ;	σ_N =	3,5	N/mm^2
			σ_{max} =	6,1	N/mm^2

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	24,25	/	2894	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		2,0	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	20,15	/	217	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		22,0	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	127,25	/	217	=	0,59	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		138,8	N/mm^2
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	86,46	/	251	=	0,35	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		47,2	N/mm^2

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 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

$\sigma_{b,max} = \{ 22,0^2 + 140,8^2 \}^{0,5} = 142,5$ 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} = 165 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))

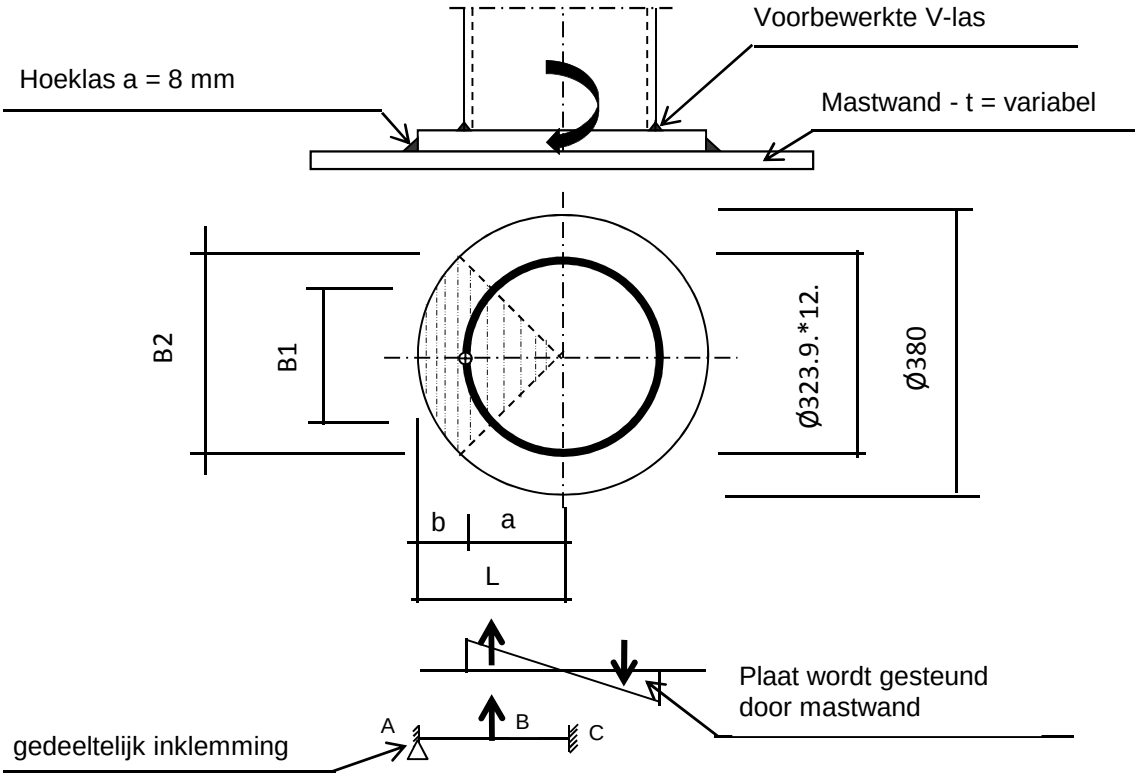
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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} = 128,8 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 366,7 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) = 8,03 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 286,1 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 7,47 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,21 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 345,1 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 7,5 * 32,0% = 2,39 kNm

$M_{B;Ed}$ = 8,0 * 68,0% + 2,2 * 32,0% = 6,16 kNm

$R_{A;Ed}$ = 286,1 * 68,0% + 345,1 * 32,0% = 305,0 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

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 2,39 / 11,04 = 0,22 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 51,3 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 6,16 / 9,41 = 0,66 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 155,1 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 305,0 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 40,9 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 48,0 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 175,9 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 113,3 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 90,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 113,3 + 90,3 = 203,6 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 113,3 - 90,3 = 23,0 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 207,5 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})=$ 207,5 / 302,2 = 0,69 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 203,6 / 244,8 = 0,83 < 1,0 -- Voldoet

9.1.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 51,552 m hoogte (380 kV op 46,0m)

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	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

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 24,6

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 25,42 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 37,86 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,031

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 372,1 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

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,15 / 372,1 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 135,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 127,25 / 135,7 = 0,94 < 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

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 127,25 / 135,7 = 0,94 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 43,05 m hoogte (380 kv op 37,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	15,0	37494	S355	355	7322524
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

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 27,0

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 112,69 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 728,98 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,29 of n_p = -0,272

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 398,6 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 677,1 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,15 / 398,6 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 146,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 127,25 / 146,8 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 920,6 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 127,25 / 146,8 = 0,87 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 34,55 m hoogte (380 kV op 29,0m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 213,11 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2332,73 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,47 of n_p = -0,450

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 414,3 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 812,5 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 20,15 / 414,3 = 0,05 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 166,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 127,25 / 166,7 = 0,76 < 1,0 -- Voldoet

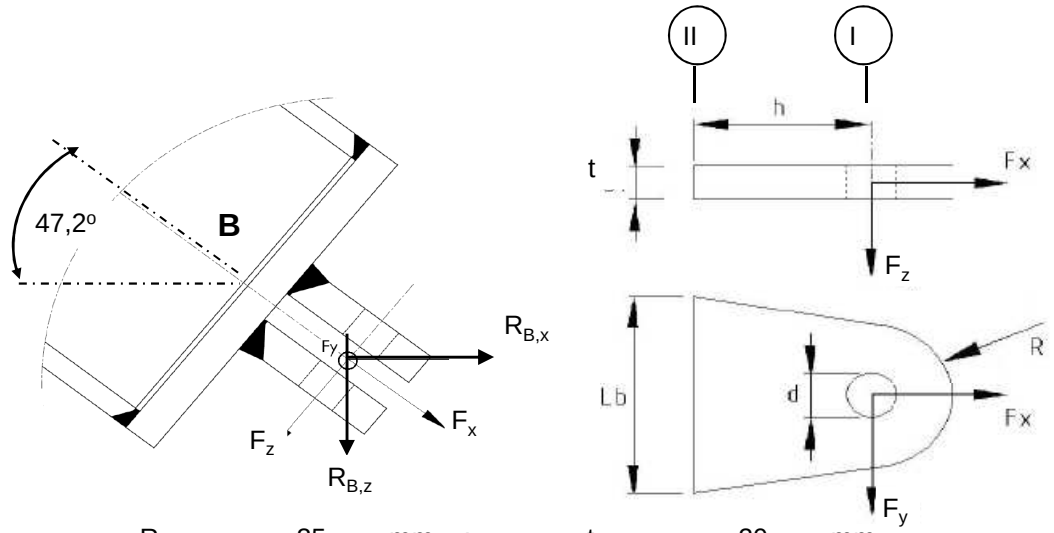
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 1104,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 127,25 / 166,7 = 0,76 < 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))	32,56	0,00	35,16	47,93	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	17,20	0,00	18,58	25,32	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	48,17	0,00	52,02	70,90	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	37,54	0,00	40,54	55,25	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	29,22	-1,58	31,55	43,00	-1,58	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	20,52	-1,58	22,16	30,21	-1,58	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	46,48	-0,34	50,19	68,40	-0,34	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	39,23	-0,34	42,36	57,73	-0,34	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))

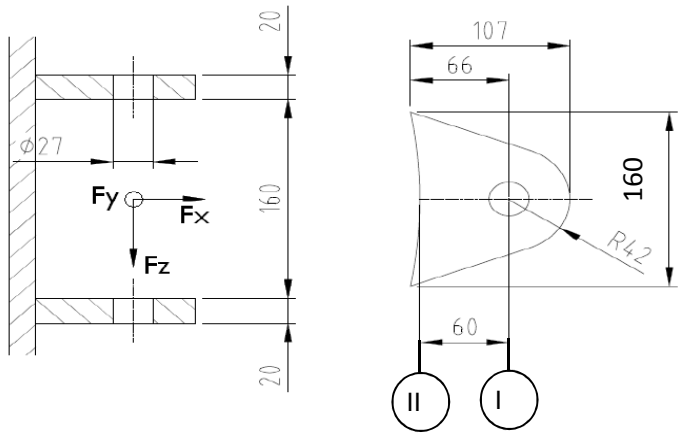
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en 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 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))	44,68	0,00	-5,33	44,68	0,00	5,33
BG 1a - (-wind (90 gr))	-94,44	0,00	11,26	94,44	0,00	11,26
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	5,29	0,00	-0,63	5,29	0,00	0,63
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-91,00	0,00	10,85	91,00	0,00	10,85
BG 1a - (+wind (45 gr))	14,49	-9,46	-1,73	14,49	9,46	1,73
BG 1a - (-wind (45 gr))	-64,23	-9,46	7,66	64,23	9,46	7,66
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	-10,02	-2,04	1,19	10,02	2,04	1,19
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-75,68	-2,04	9,02	75,68	2,04	9,02
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} = 47,2 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} =	47,22	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,676	kNm
$V_{z,Ed}$ =	11,26	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	47,22	/	757	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		14,8	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,68	/	2,5	=	0,27	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		63,3	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	11,26	/	437	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		3,5	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 78,1 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} = 23,6 + 29,0 = 52,6 kN

σ_1 =					46,5	N/mm^2
τ_1 =					46,5	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$	=			92,9	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	92,9	/	302,2	=	0,31	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	46,5	/	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 = 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
24,25	57,97	9,18	47,07	10,97	69,28

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5}$ = 70,1 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

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc}$ = 37,5 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n$ = 93,0 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ = 92,95 / 203 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ = 37,51 / 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*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

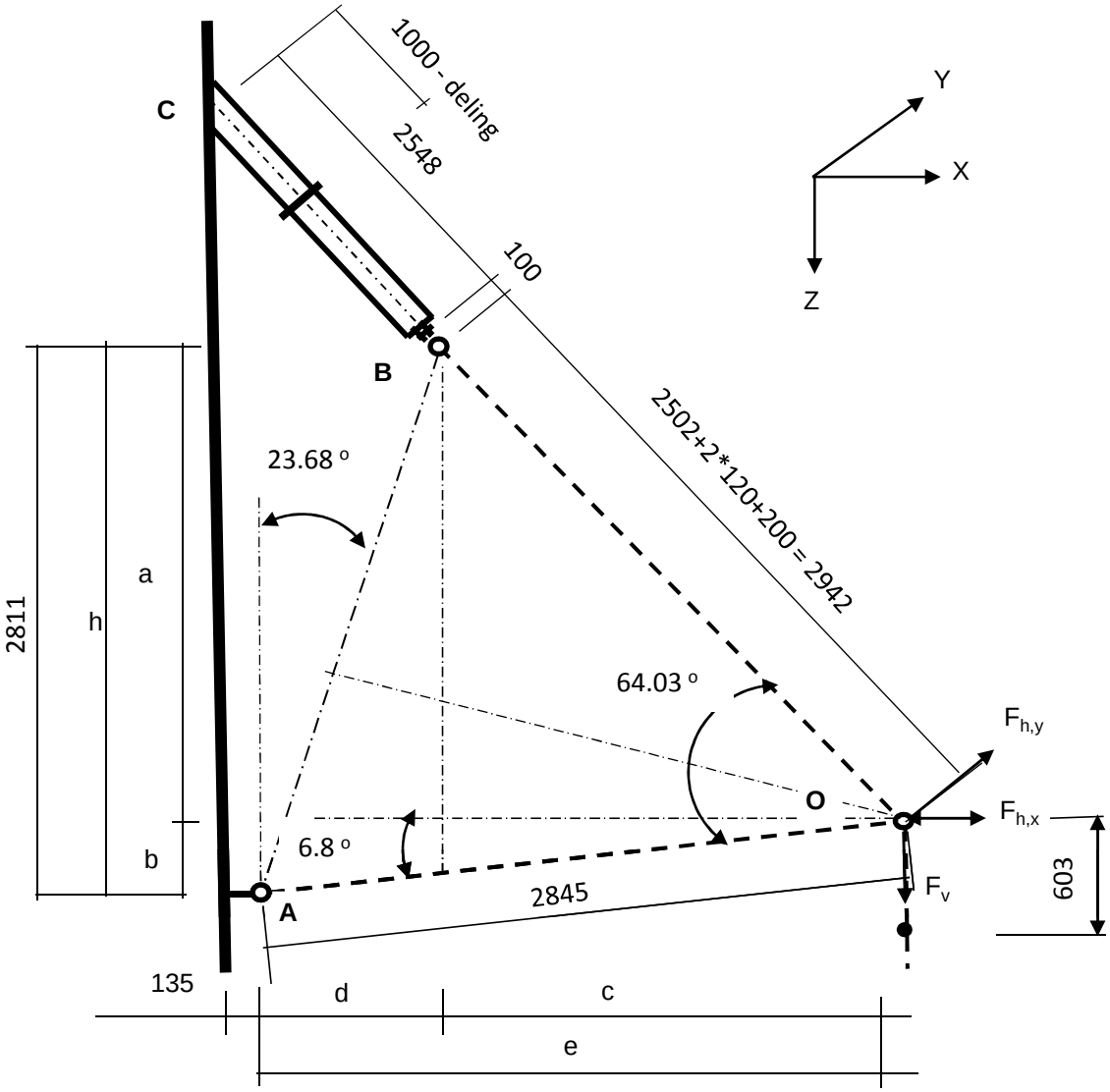
Bezwijkvorm 1 : $F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m$ = 264,6 kN
Bezwijkvorm 2 : $F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n)$ = 169,4 kN
Bezwijkvorm 3 : $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b}$ = 203,3 kN

$F_{t,Rd,min}$ = 169,4 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min}$ = 0,55 < 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 X
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		
	$F_{h,x}$ N	$F_{h,y}$ N	F_v N	$F_{h,x}$ N	$F_{h,y}$ N	F_v N
BG 1a - (+wind (90 gr))	9655	63500	3730	9655	-63500	3730
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	6682	65025	6424	6682	-65025	6424
BG 1a - (+wind (45 gr))	5102	44812	3728	5824	-47571	3728
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4376	59986	6423	4738	-60580	6423

$F_{h,x}$ = 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))	7459	±	19310	0
BG 3 - (wind (90) + ijs)	12848	±	13365	0
BG 1a - (wind (45 gr))	7456	±	10926	-2759
BG 3 - (wind (45) + ijs)	12846	±	9114	-594

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))	13,5	0,00	-1,6	5,8	0,00	9,1
BG 1a - (-wind (90 gr))	-22,4	0,00	2,7	3,1	0,00	4,8
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,7	0,00	-0,6	8,6	0,00	13,4
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-20,1	0,00	2,4	6,7	0,00	10,5
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,7	-2,43	-0,7	5,2	-0,33	8,1
BG 1a - (-wind (45 gr))	-14,6	-2,43	1,7	3,7	-0,33	5,7
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	0,8	-0,52	-0,1	8,3	-0,07	12,9
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-16,1	-0,52	1,9	7,0	-0,07	10,9

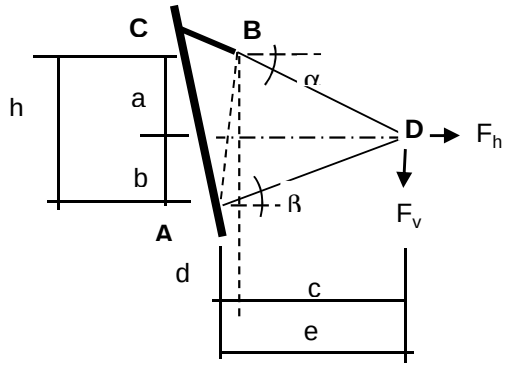
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

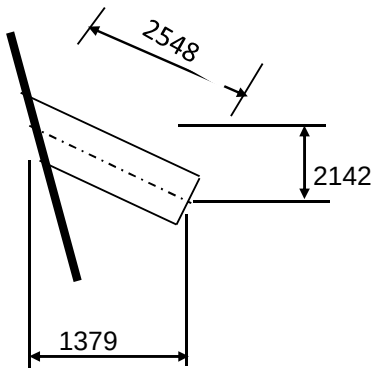
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	5,84	0,00	9,07	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,08	0,00	4,79	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8,63	0,00	13,41	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	6,73	0,00	10,45	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,24	-0,33	8,13	0,00	-0,46
BG 1a - (-wind (45 gr))	3,68	-0,33	5,71	0,00	-0,46
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8,33	-0,07	12,94	0,00	-0,10
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	7,03	-0,07	10,92	0,00	-0,10

B - Belastinggeval bundelbreuk

	F_v (N)	F_h (N))*
BG 1a / 1,2	6216	24000

)* - Zie rapoportage Kema 18 maart 2011



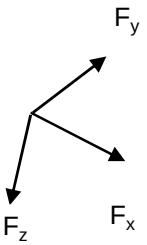


a =	1626	mm	b =	1443	mm
h =	3069	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

Belasting geval bundelbreuk

$F_{h,Ed}$ =	24,00	kN	$F_{v,Ed}$ =	6,22	kN		
$R_{H,A,Ed}$ =	5,18	kN		$R_{V,A,Ed}$ =	2,01	kN	
$R_{H,B,Ed}$ =	18,82	kN		$R_{V,B,Ed}$ =	8,23	kN	

Ter plaatse van aansluiting isolator aan de steunarm (punt B)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^o * \cos 47{,}2^o - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^o * \sin 47{,}2^o$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * \cos 16{,}3^o * \sin 47{,}2^o - R_{V,B,Ed} * \sin 16{,}3^o * \cos 47{,}2^o$ =

$F_{y,Ed}$ =	18,82	kN
$F_{z,Ed}$ =	1,30	kN
$F_{x,Ed}$ =	8,12	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
8,12	18,82	1,30	25,95	3,31	47,95

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} = { $8{,}6^2$ + $13{,}4^2$ }^{0,5} = 15,95 kN

N_{Ed} / N_{Rd} = 15,95 / 1555 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

σ_N = 2,4 N/mm²

BG 1a - (+wind (45 gr))

$M_{y,Ed}$ =	0,46	kNm ;	$\sigma_{b,y}$ =	1,4	N/mm²
N_{Ed} =	9,67	kN ;	σ_N =	1,5	N/mm²
			σ_{max} =	2,9	N/mm²

Belasting geval bundelbreuk

N_{Ed} / N_{Rd} =	8,12	/	1555	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		1,2	N/mm²
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	3,31	/	78	=	0,04	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		10,1	N/mm²
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	47,95	/	78	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		146,0	N/mm²
$M_{x,Ed} / M_{x,Rd}$ =	25,95	/	90	=	0,29	< 1,0 -- Voldoet
			τ_w =		39,5	N/mm²

$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ = 18,82 / 449 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

τ_y = 5,7 N/mm^2

$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ = 1,30 / 449 = 0,00 < 1,0 -- Voldoet

τ_z = 0,4 N/mm^2

Maximale buigspanning

$\sigma_{b,max} = \{ 10,1^2 + 147,2^2 \}^{0,5} = 147,5$ 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} = 163 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))

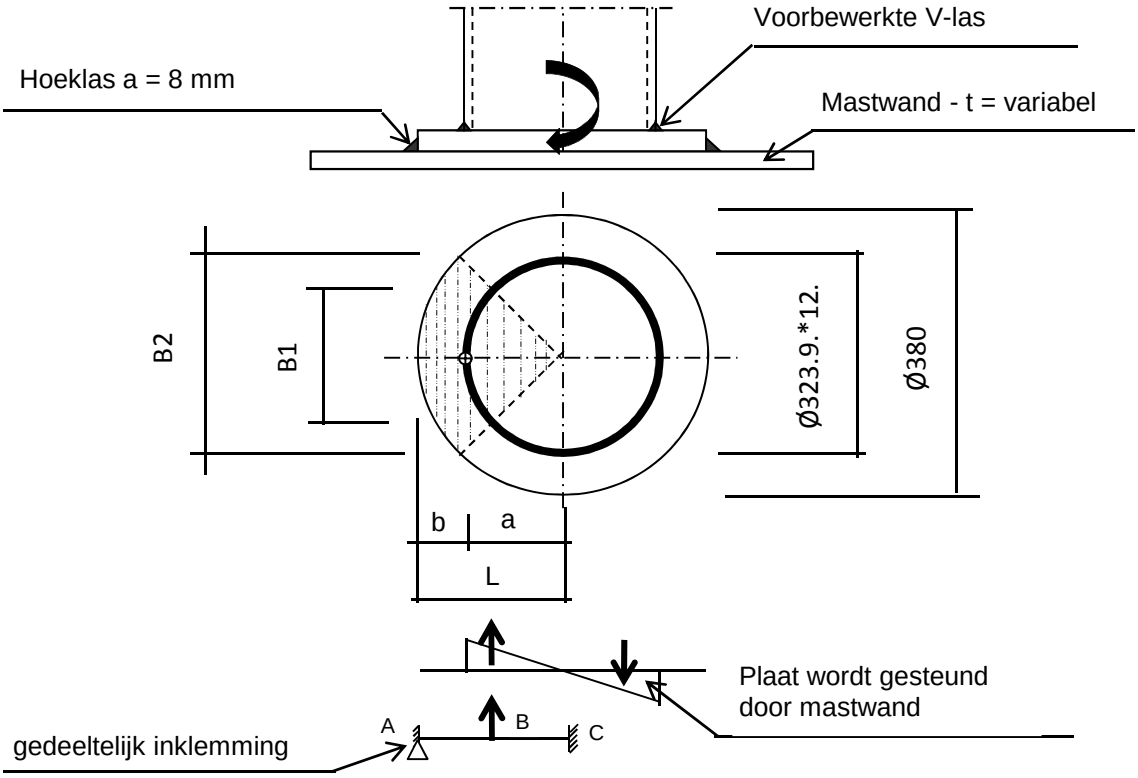
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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} = 48,1 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^o))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 205,1 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) = 5,02 kNm

$R_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L) = 124,1 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed}$ = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) = 4,43 kNm

$M_{B;Ed}$ = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) = 2,39 kNm

$R_{A;Ed}$ = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) = 168,4 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 68,0% + 4,4 * 32,0% = 1,42 kNm

$M_{B;Ed}$ = 5,0 * 68,0% + 2,4 * 32,0% = 4,18 kNm

$R_{A;Ed}$ = 124,1 * 68,0% + 168,4 * 32,0% = 138,3 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

$M_{A,Ed}$ / $M_{A,Rd}$ = 1,42 / 8,71 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,A}$ = 38,5 N/mm^2

$M_{B,Ed}$ / $M_{B,Rd}$ = 4,18 / 6,36 = 0,66 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_{b,B}$ = 155,4 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

V_{Ed} = 138,3 kN

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B2 = 23,5 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

τ = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * Boog B1 = 32,1 N/mm^2

$\sigma_{vlg,max}$ = $\{\sigma_b^2 + 3*\tau^2\}^{0,5}$ = 165,1 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 85,0 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 51,9 N/mm^2

$\sigma_{1,max} =$ 85,0 + 51,9 = 136,9 N/mm^2

$\tau_{1,max} =$ 85,0 - 51,9 = 33,1 N/mm^2

$\tau_2 = 0$

$\sigma_{Ed} = \{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5} =$ 148,4 N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) =$ 148,4 / 302,2 = 0,49 < 1,0 -- Voldoet

$\sigma_1 \leq 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$ 136,9 / 244,8 = 0,56 < 1,0 -- Voldoet

9.2.2 - Controle capaciteit van de aansluiting - uithouder V-brace aan mast

A - Aansluiting op 51,55 m hoogte (150 kV op 46,0m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 25,42 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 37,86 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,04 of n_p = -0,031

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 231,9 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 337,6 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,31 / 231,9 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 87,1 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 47,95 / 87,1 = 0,55 < 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

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 47,95 / 87,1 = 0,55 < 1,0 -- Voldoet

B - Aansluiting op 43,05 m hoogte (150 kV op 37,5m)

Momentcapaciteit in het vlak

buis	d_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	811	15,0	37494	S355	355	7322524
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

$\gamma = d_0 / 2{*}t_0$ = 27,0

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 112,69 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 728,98 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,29 of n_p = -0,272

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 248,5 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 422,0 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,31 / 248,5 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 102,7 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 47,95 / 102,7 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 573,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 47,95 / 102,7 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet

C - Aansluiting op 34,55 m hoogte (150 kV op 29,0m)

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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 213,11 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 2332,73 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,47 of n_p = -0,450

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

$M_{ip,1,Rd}$ = 258,2 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 506,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 3,31 / 258,2 = 0,01 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 120,8 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 47,95 / 120,8 = 0,40 < 1,0 -- Voldoet

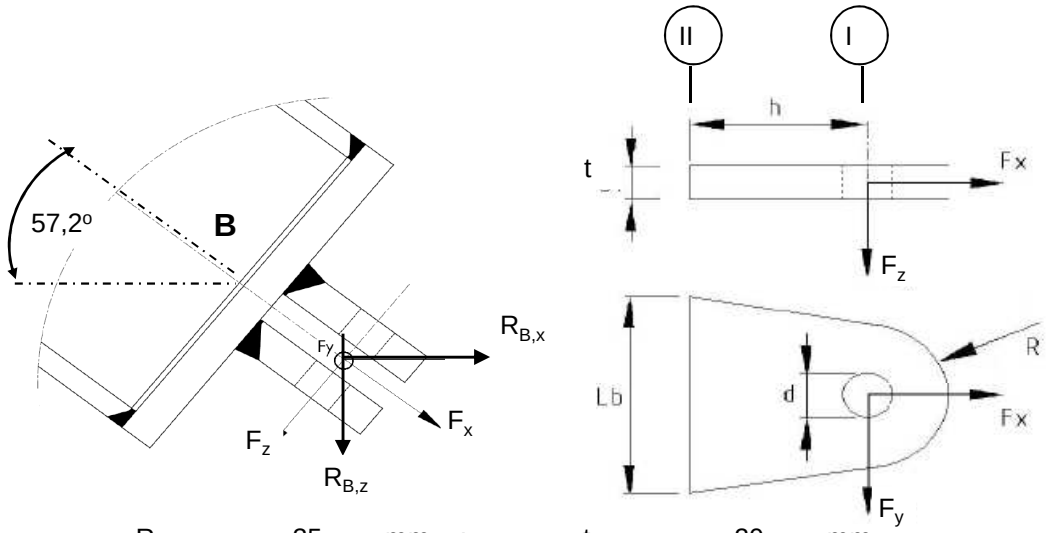
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 688,5 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 47,95 / 120,8 = 0,40 < 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))	5,84	0,00	9,07	10,78	0,00	0,000
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,08	0,00	4,79	5,70	0,00	0,000
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	8,63	0,00	13,41	15,95	0,00	0,000
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	6,73	0,00	10,45	12,43	0,00	0,000
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,24	-0,33	8,13	9,67	-0,33	0,000
BG 1a - (-wind (45 gr))	3,68	-0,33	5,71	6,80	-0,33	0,000
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8,33	-0,07	12,94	15,39	-0,07	0,000
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	7,03	-0,07	10,92	12,99	-0,07	0,000
BG bundelbreuk	0,00	18,82	8,23	8,12	18,82	1,300

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = $0,5 * (F_{y,Ed}^2 + F_{x,Ed}^2)^{0,5}$ = 8,0 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 =	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} =	4,06	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,052	kNm
$V_{z,Ed}$ =	1,30	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,376	kNm
$V_{y,Ed}$ =	9,41	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	4,06	/	947	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			σ_N =		1,0	N/mm^2	
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,38	/	32	=	0,01	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		2,8	N/mm^2	
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,05	/	3,2	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		3,9	N/mm^2	
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	1,30	/	547	=	0,00	< 1,0	-- Voldoet
			τ_y =		0,3	N/mm^2	
$V_{z,Ed} / V_{z,Rd}$ =	9,41	/	547	=	0,02	< 1,0	-- Voldoet
			τ_z =		2,4	N/mm^2	

$\sigma_{b,max}$ = 7,7 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))

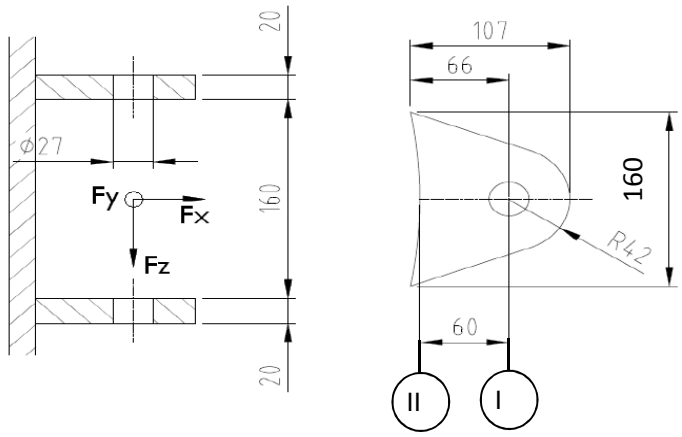
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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))	13,47	0,00	-1,61	13,47	0,00	1,61
BG 1a - (-wind (90 gr))	-22,39	0,00	2,67	22,39	0,00	2,67
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	4,73	0,00	-0,56	4,73	0,00	0,56
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	-20,09	0,00	2,40	20,09	0,00	2,40
BG 1a - (+wind (45 gr))	5,69	-2,43	-0,68	5,69	2,43	0,68
BG 1a - (-wind (45 gr))	-14,60	-2,43	1,74	14,60	2,43	1,74
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	0,78	-0,52	-0,09	0,78	0,52	0,09
BG 3 - (-wind (45) + ijs)	-16,14	-0,52	1,93	16,14	0,52	1,93
BG bundelbreuk	0,00	5,18	2,01	0,00	5,18	2,01

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

$F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{x,Ed}^2$)^{0,5} = 11,2 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 =	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} =	11,20	kN	$M_{z,Ed} = V_{z,Ed} * h$ =	0,160	kNm
$V_{z,Ed}$ =	2,67	kN	$M_{y,Ed} = V_{y,Ed} * h$ =	0,000	kNm
$V_{y,Ed}$ =	0,00	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	11,20	/	757	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,5	N/mm^2
$M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ =	0,16	/	2,5	=	0,06	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,z}$ =		15,0	N/mm^2
$V_{y,Ed} / V_{y,Rd}$ =	2,67	/	437	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			τ_y =		0,8	N/mm^2

$\sigma_{max} = \sigma_{b,z} + \sigma_N$ = 18,5 N/mm^2 < 236 MPa -- Voldoet

vergelijkingsspanning :

$$\sigma_{vlg} = (\sigma^2_{b,max} + 3*\tau^2_y)^{0,5}$$

σ_{vlg} = 19 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} = 5,6 + 6,9 = 12,5 kN

σ_1 =					11,0	N/mm^2
τ_1 =					11,0	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =				22,0	N/mm^2

$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	22,0	/	302,2	=	0,07	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	11,0	/	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
8,12	18,82	1,30	15,77	2,01	29,13

$M_{Ed} = (M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 29,2 kNm

$V_{Ed} = (V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2)^{0,5} =$ 18,9 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

$F_{v,Ed} = V_{Ed} / n + 2 * M_{x,Ed} / n * d_{stc} =$ 21,3 kN

$F_{t,Ed} = M_{Ed} * a / I_p + N_{Ed} / n =$ 68,5 kN

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} =$ 68,48 / 203 = 0,34 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$ 21,27 / 136 = 0,16 < 1,0 -- Voldoet

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4.F_{t,Rd} =$ 0,40 < 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

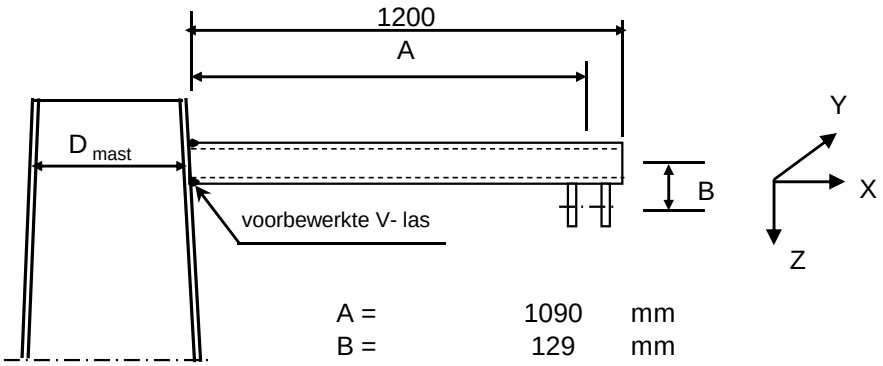
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3593633 Nmm

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

$F_{t,Ed} / F_{t,Rd,min} =$ 0,42 < 1,0 -- Voldoet

9.3 - Berekening draagarm bliksemdraad



A =	1090	mm
B =	129	mm
D_{mast} =	506	mm
t_{mast} =	12	mm
Hoogte:	54,784	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 X

	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))	6701	40953	1949	6701	-40953	1949
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	7881	64888	8086	7881	-64888	8086
BG 1a - (+wind (45 gr))	3408	26625	1948	3935	-28880	1948
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	4908	59540	8084	5376	-60173	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))	13,40	0,00	3,90	0,00	5,98	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	15,76	0,00	16,17	0,00	25,60	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,34	2,25	3,90	0,29	4,33	2,46
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,28	0,63	16,17	0,08	17,62	0,69

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	25,60	/	36	=	0,70	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		166,0	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	15,76	/	953	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,9	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} = 166,0 + 3,9 = 170,0 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} = 171 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	12,0	18609	S355	355	2243234
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 18,05 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 23,51 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

$M_{ip,1,Rd}$ = 42,1 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 25,60 / 42,1 = 0,61 < 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

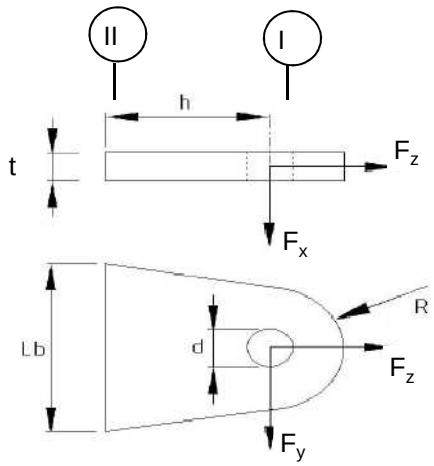
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 46,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,46 / 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))	13,40	0,00	3,90
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	15,76	0,00	16,17
BG 1a - (+wind (45 gr))	7,34	2,25	3,90
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	10,28	0,63	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 0 gr. + ijs)

N_{Ed} =	8,09	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{x,Ed}$ * h =	0,615	kNm
$V_{x,Ed}$ =	7,88	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	8,09	/	568	=	0,01	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		3,4	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,61	/	1,9	=	0,32	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		76,8	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	7,88	/	328	/	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			τ_x =		3,3	N/mm^2

vergelijkingsspanning :

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

σ_{vlg} = 80 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

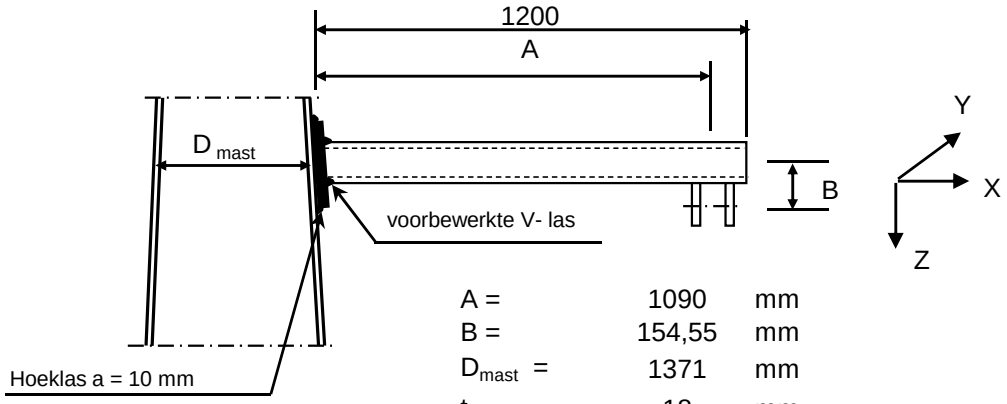
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 4,0 + 26,3 = 30,4 kN

σ_1 =					35,8	N/mm^2
τ_1 =					35,8	N/mm^2
τ_2 = 0						
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =				71,6	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$=	71,6	/	302,2	=	0,24	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	35,8	/	244,8	=	0,15	< 1,0 -- Voldoet

9.4 - Berekening draagarm "Passieve Loop geleider"



A =	1090	mm
B =	154,55	mm
D_{mast} =	1371	mm
t_{mast} =	18	mm
Hoogte:	21,5	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 X

	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))	9582	65850	4041	9582	-65850	4041
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	12271	123507	16334	12271	-123507	16334
BG 1a - (+wind (45 gr))	5137	47437	4039	5838	-50085	4039
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	8310	118298	16332	8936	-118889	16332

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))	19,16	0,00	8,08	0,00	11,77	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	24,54	0,00	32,67	0,00	39,40	0,00
BG 1a - (+wind (45 gr))	10,97	2,65	8,08	0,41	10,50	2,89
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	17,25	0,59	32,66	0,09	38,27	0,64

$M_{x,Ed} = F_{y,Ed} * B$

$M_{y,Ed} = F_{z,Ed} * A \pm F_{x,Ed} * B$; $M_{y,Ed,max} = F_{z,Ed} * A + F_{x,Ed} * B$;

$M_{z,Ed} = F_{y,Ed} * A$

Maatgevend belastinggeval : BG 3 - (wind 90 gr + ijs)

$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	39,40	/	64	=	0,62	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		145,8	N/mm^2
N_{Ed} / N_{Rd} =	24,54	/	1256	=	0,02	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		4,6	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} = 145,8 + 4,6 = 150,5 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} = 152 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))

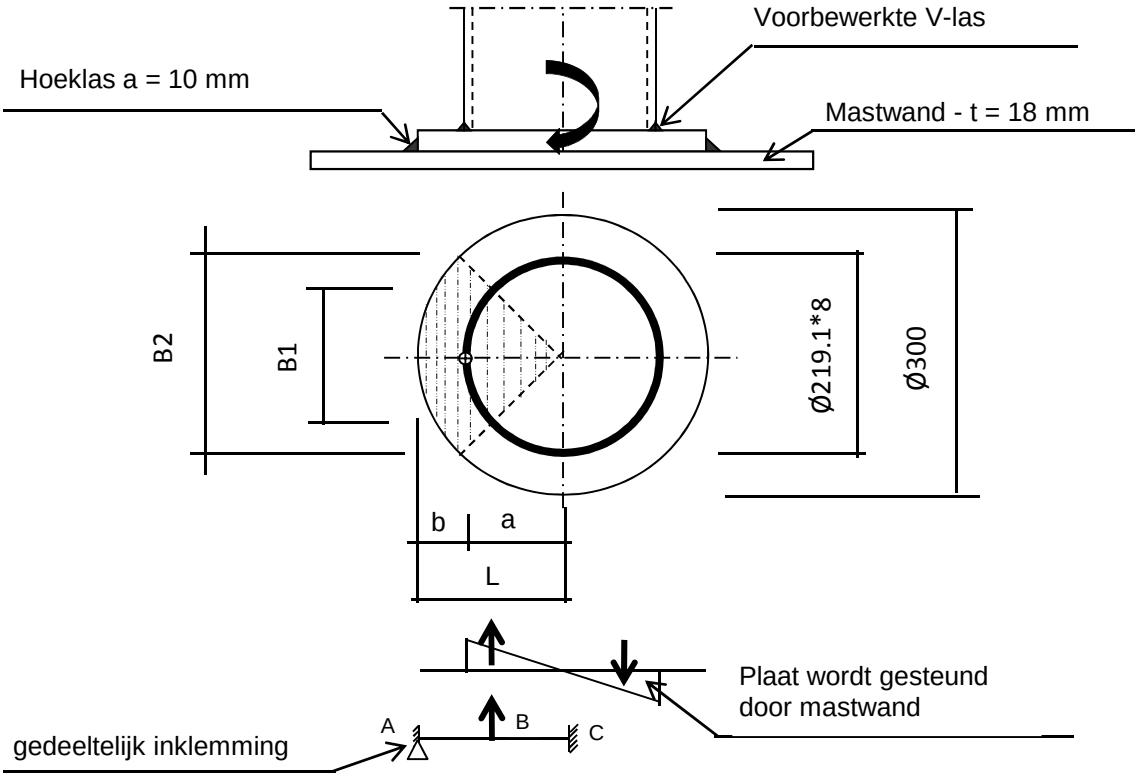
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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} = 39,4 kNm

$F_{Ed} = [((M_{Ed} * R_{buis} / I) * (1+\cos 45^{o}))/2] * (A_{buis} / 4)$

F_{Ed} = 165,1 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} = 50,0%
Percentage vrij oplegging = 50,0%

Volledig opleggingg:

$M_{A;Ed}$ = 0 0,00 kNm
$M_{B;Ed} = (F_{Ed} * b/2)*(2 - 3*b/L + b^3/L^3)$ = 4,04 kNm
$R_{A;Ed} = (F_{Ed} * a^2 / 2.L^3)* (b + 2.L)$ = 99,9 kN

Volledig inklemming:

$M_{A;Ed} = (F_{Ed} * b * a^2 / L^2) =$ 3,56 kNm
$M_{B;Ed} = (2 * F_{Ed} * a^2 * b^2 / L^3) =$ 1,92 kNm
$R_{A;Ed} = F_{Ed} * (a / L)^2 * (1 + 2* b / L) =$ 135,6 kN

Gedeeltelijk inklemming:

$M_{A;Ed}$ = 0,0 * 50,0% + 3,6 * 50,0% = 1,78 kNm
$M_{B;Ed}$ = 4,0 * 50,0% + 1,9 * 50,0% = 2,98 kNm
$R_{A;Ed}$ = 99,9 * 50,0% + 135,6 * 50,0% = 117,8 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

$M_{A,Ed} / M_{A,Rd}$ = 1,78 / 5,58 = 0,32 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,A} =$ 75,6 N/mm^2
$M_{B,Ed} / M_{B,Rd}$ = 2,98 / 4,07 = 0,73 < 1,0 -- Voldoet
$\sigma_{b,B} =$ 173,3 N/mm^2

Ter plaatse van buiten ring:

$V_{Ed} =$ 117,8 kN

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B2} =$ 25,0 N/mm^2

Ter plaatse van binnen ring :

$\tau = V_{Ed} * 1000 / t_{pl} * \text{Boog B1} =$ 34,2 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:

$\sigma_1 = \tau_1 = \sigma_b * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 106,9 N/mm^2

t.g.v schuifspanning:

$\sigma_1 = \tau_1 = \pm \tau * t / (1 * a * 2^{0,5}) =$ 35,3 N/mm^2

$\sigma_{1,max}$ =	106,9	+	35,3	=		142,3	N/mm^2
$\tau_{1,max}$ =	106,9	-	35,3	=		71,6	N/mm^2
$\tau_2 = 0$							
σ_{Ed} =	$\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$			=		188,7	N/mm^2
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	188,7	/	302,2	=		0,62	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	142,3	/	244,8	=		0,58	< 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	18,0	76510	S355	355	25544369
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

$\gamma = d_0 / 2*t_0$ = 38,1

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 399,01 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 6316,21 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,71 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 = 0,63

$M_{ip,1,Rd}$ = 95,7 kNm

Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{ip,1,Rd}$ = 221,4 kNm

$M_{y,Ed} / M_{ip,1,Rd}$ = 39,40 / 95,7 = 0,41 < 1,0 -- Voldoet

Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 47,9 kNm

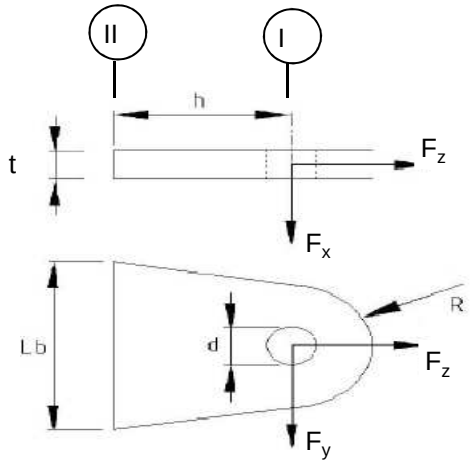
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2*t_0$:

$M_{ip,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d^2_1 / 3^{0,5})*((1+ 3*\sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 221,4 kNm

$M_{z,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,89 / 47,9 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

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))	19,16	0,00	8,08
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	24,54	0,00	32,67
BG 1a - (+wind (45 gr))	10,97	2,65	8,08
BG 3 - (+wind (45) + ijs)	17,25	0,59	32,66

Doorsnede I ; ter hoogte van het gat

Per clip: $F_{Ed;max}$ = 0,5 * ($F_{y,Ed}^2$ + $F_{z,Ed}^2$)^{0,5} = 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} =	16,33	kN	$M_{y,Ed}$ = $V_{z,Ed}$ * h =	0,761	kNm
$V_{z,Ed}$ =	12,27	kN			

N_{Ed} / N_{Rd} =	16,33	/	568	=	0,03	< 1,0 -- Voldoet
			σ_N =		6,8	N/mm^2
$M_{y,Ed} / M_{y,Rd}$ =	0,76	/	1,9	=	0,40	< 1,0 -- Voldoet
			$\sigma_{b,y}$ =		95,1	N/mm^2
$V_{x,Ed} / V_{x,Rd}$ =	12,27	/	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} = 102 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

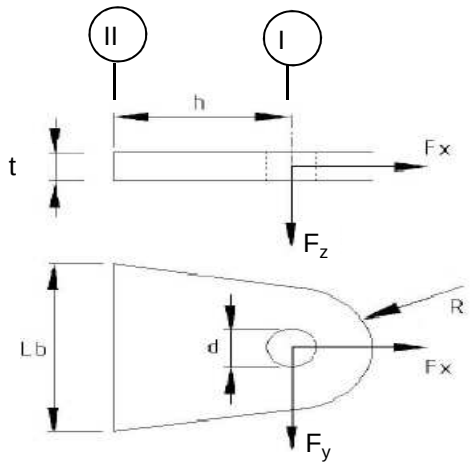
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

F_{las} = 8,2 + 32,6 = 40,8 kN

σ_1 =	48,1	N/mm^2	
τ_1 =	48,1	N/mm^2	
τ_2 = 0			
σ_{Ed} = $\{\sigma_1^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2)\}^{0,5}$ =	96,1	N/mm^2	
$\sigma_{Ed} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 96,1 / 302,2 =	0,32	< 1,0 -- Voldoet	
$\sigma_1 \leq 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$ 48,1 / 244,8 =	0,20	< 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	1917,0	20,0	119192	S355	355	55943293
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 621,1 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 14462,7 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,74 of $n_p =$ -0,714

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 293,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 42,43 / 293,6 = 0,14 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 32,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 2,33 / 32,3 = 0,07 < 1,0 -- Voldoet

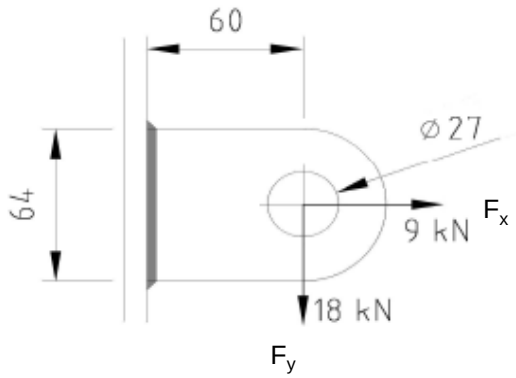
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

9.6 - 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 27,987 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	1124,3	18,0	62562	S355	355	17031148
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 324,8 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 4332,8 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,73 of $n_p =$ -0,702

$k_p = 1{,}0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 241,2 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 241,2 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 15,4 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 15,4 = 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 44,987 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	682,3	12,0	25271	S355	355	4161906
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 107,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 610,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,43 of $n_p =$ -0,401

$k_p = 1{,}0$, 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,82

$N_{1,Rd} =$ 142,7 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 9,00 / 142,7 = 0,06 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 9,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,08 / 9,1 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

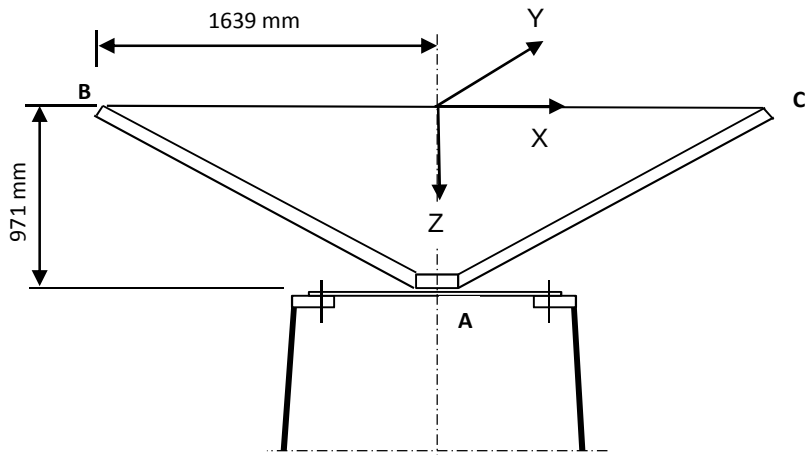
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

9.7 - Ondersteuning hijsbalk op de top van de mast



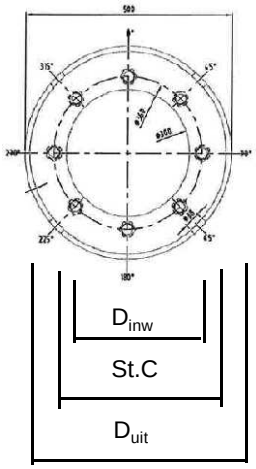
Buis rond 500 * 12

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/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

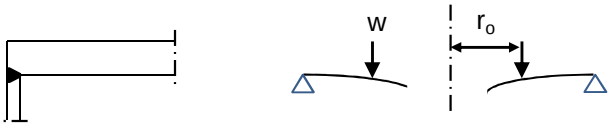
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

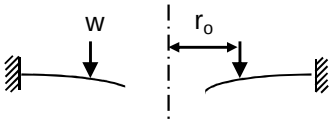
maatgevend belastinggeval : BG2.

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)

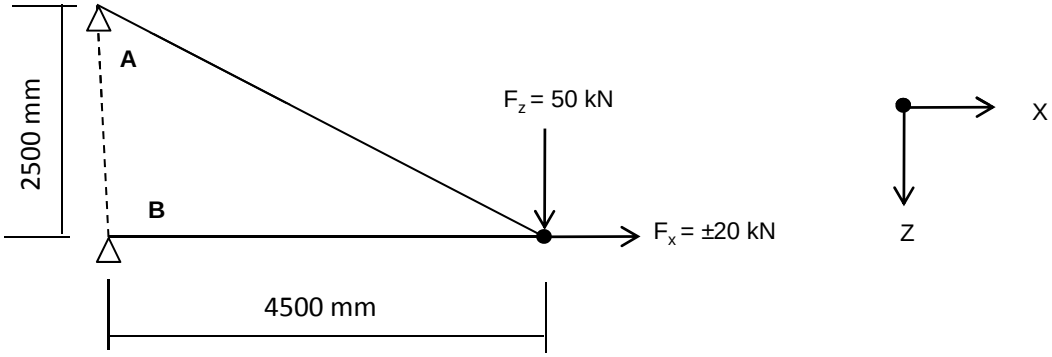
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

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

Lassen : Rondom voorbewerkte V- las met volledige doorsnede doorlassen

9.8 - Berekening clips voor 4,5m hijsbalk

Hijsbalk 4,5m op 54,335 / 51,835

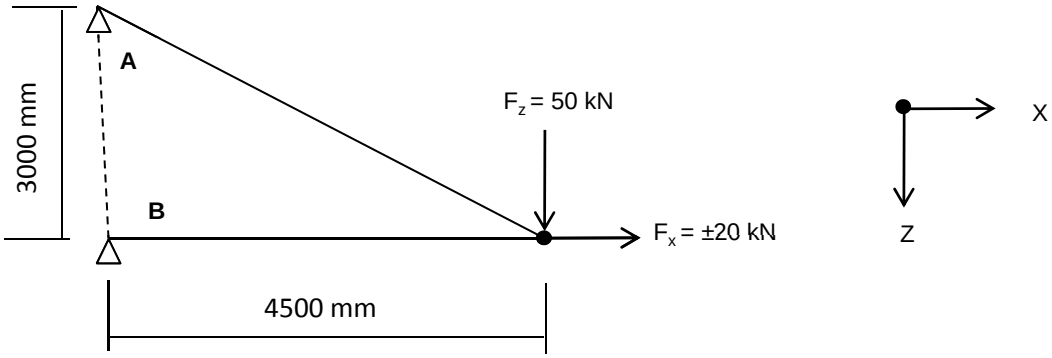


$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	70,00 kN

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 46,335 / 43,335 en 37,835 / 34,835



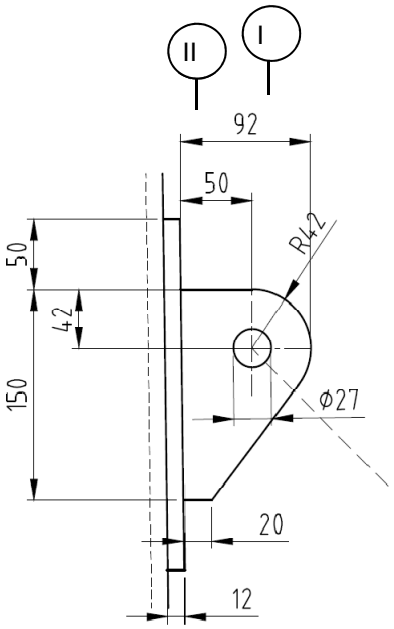
$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	55,00 kN

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 54,335m



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

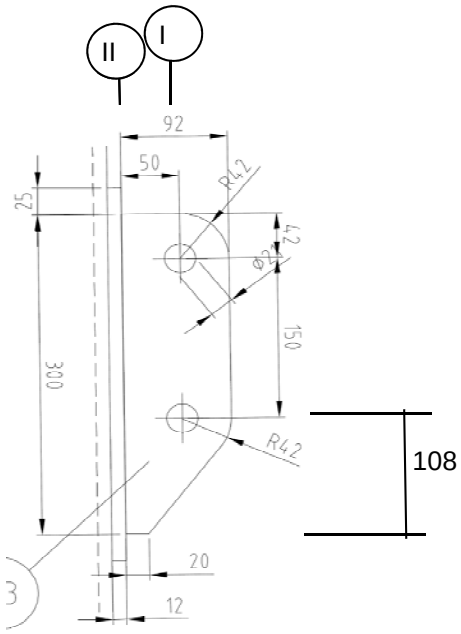
a = 5 mm t = 20 mm

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 46,335m en 37,835m



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 ; +54,335 / 51,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	517	12,0	19049	S355	355	2351820
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 22,3 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 26,2 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

$N_{1,Rd} =$ 180,8 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 90,00 / 180,8 = 0,50 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 27,1 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,47 / 27,1 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 90,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,470 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 2059 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 3279 N/mm' ---> voldoet

Clip hijsbalk 4,5m - plaats van de aansluiting ; +41,335 / 33,335

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	725	12,0	26890	S355	355	4717161
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 107,5 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 610,5 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,38 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,84

$N_{1,Rd} =$ 158,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 158,9 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 47,7 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 47,7 = 0,12 < 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 ; +33,835 / 31,835

buis/plaat	d_i / h_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	946	15,0	43886	S355	355	10058295
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 205,4 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 2058,2 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,59 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 $k_p \leq 1$

$k_p =$ 0,72

$N_{1,Rd} =$ 206,6 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 75,00 / 206,6 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 62,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 5,65 / 62,0 = 0,09 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

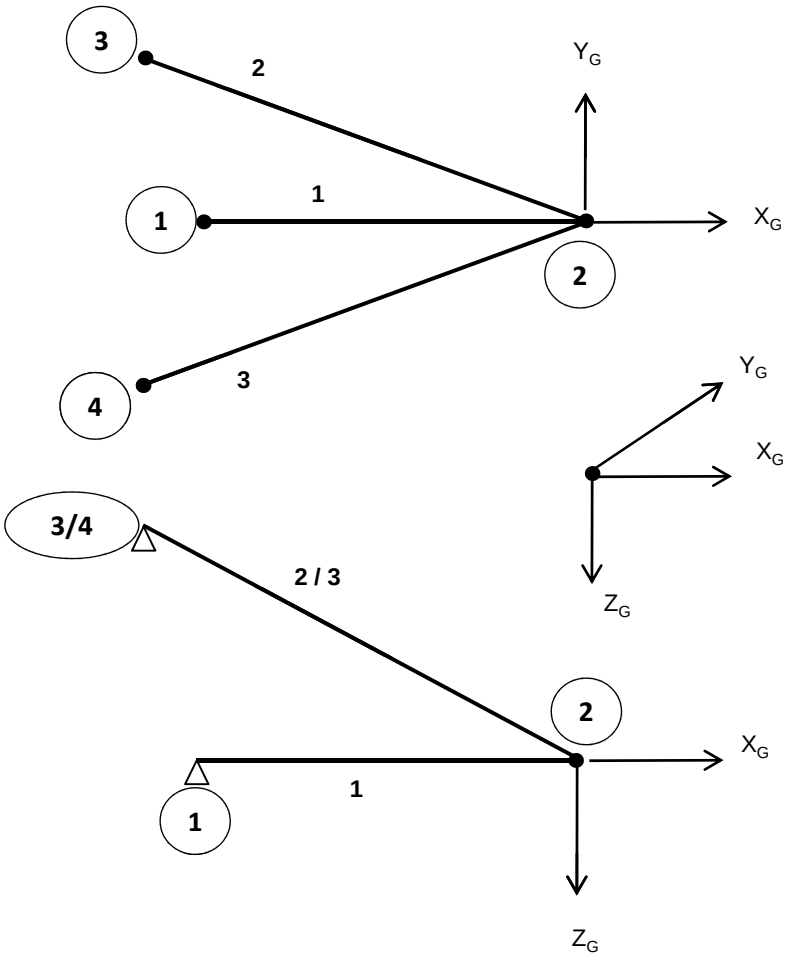
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 627 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4099 N/mm' ---> voldoet

9.9 - 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.)

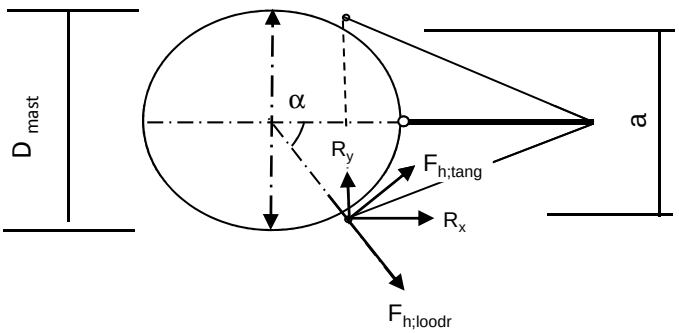
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

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	46330	725	12	55,18	0,00	-0,20
3	47487	695	12	50,84	-11,50	34,00
4	47487	695	12	-126,02	-28,50	-84,87
1	37830	946	15	55,18	0,00	-0,20
3	38987	916	15	50,84	-11,50	34,00
4	38987	916	15	-126,02	-28,50	-84,87
1	29330	1167	18	55,18	0,00	-0,20
3	30487	1137	18	50,84	-11,50	34,00
4	30487	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	46330	725		0,00	55,18	0,00	0,20
3	47487	695	704	62,3	33,83	39,65	34,00
4	47487	695	704	62,3	33,41	124,81	84,87
1	37830	946		0,00	55,18	0,00	0,20
3	38987	916	854	57,2	37,23	36,48	34,00
4	38987	916	854	57,2	44,38	121,34	84,87
1	29330	1167		0,00	55,18	0,00	0,20
3	30487	1137	960	50,9	41,00	32,19	34,00
4	30487	1137	960	50,9	57,39	115,75	84,87

Beasting per clip :

Clip type 9,3 - 46,330 en 37,830m hoogte
Clip type 16,3 - 29,330 m hoogte

$F_{h,loodr,Ed}$ = 55,18 kN
$F_{z,Ed}$ = 0,20 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 47,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 16,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 62,40 kN

Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 38,987m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 22,19 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 60,67 kN

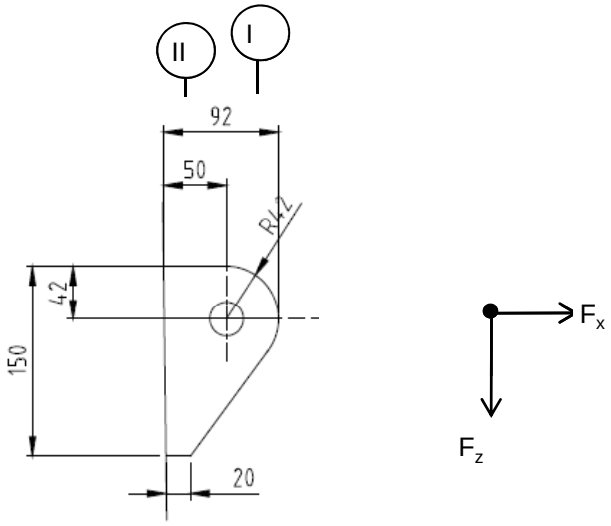
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 30,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 28,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 57,88 kN

Clip type 16,1 - onderste ribbe- 47,487m, 38,987m en 30,487m hoogte;per cilp

Belasting als de bovenste clip + $F_{z,Ed}$ = 84,87 kN

9.9.1 - Berekening clip type 9,3 - 46,330 en 37,830m hoogte

en clip type16,3 op 29,330m 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 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

9.9.2 - Controle capaciteit van de aansluiting clip 9,3 / 16,3

Clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +29,330 (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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed} =$ 313,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed} =$ 3736,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

$n_p =$ 0,59 of $n_p =$ -0,559

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd} =$ 285,4 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd} =$ 55,18 / 285,4 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd} =$ 42,8 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd} =$ 1,83 / 42,8 = 0,04 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

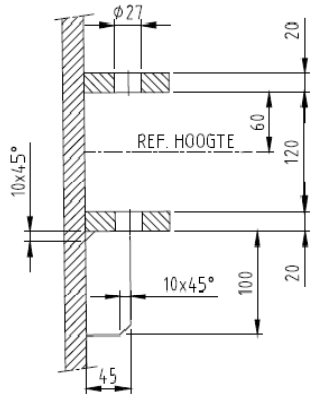
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

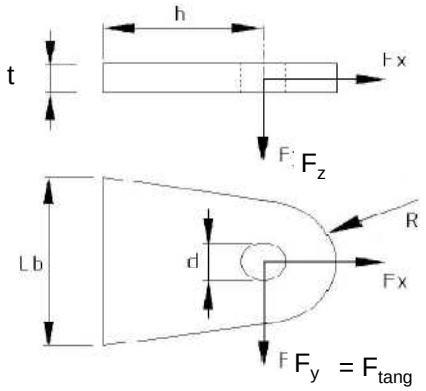
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 4919 N/mm' ---> voldoet

9.9.3 - Berekening clip type 16,3 - bovenste ribbe - op 47,487m, 38,987 en 30,487 m hoogte.

A - Bovenste ribbe - op 47,487m, 38,987 en 30,487 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

	47,487m kN	38,987m kN	30,487m 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 47,487m hoogte

N_{Ed} =	16,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,81	kNm
$V_{y,Ed}$ =	62,40	kN			

Clip op 38,987m hoogte

N_{Ed} =	22,19	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,73	kNm
$V_{y,Ed}$ =	60,67	kN			

Clip op 30,487m hoogte

N_{Ed} =	28,70	kN	$M_{z,Ed}$ = $V_{y,Ed}$ * h =	2,60	kNm
$V_{y,Ed}$ =	57,88	kN			

	47,487m hoogte spanning in N/mm^2	38,987m hoogte spanning in N/mm^2	30,487m 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

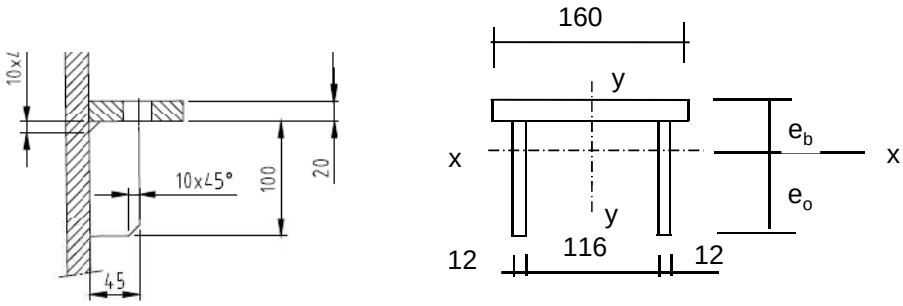
a = 5 mm t = 20 mm

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 47,487m, 38,987 en 30,487 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 ;

	47,487m kN	38,987m kN	30,487m 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 47,487m 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 38,987m 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 30,487m 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			

	47,487m hoogte spanning in N/mm^2	38,987m hoogte spanning in N/mm^2	30,487m 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 ; +47,487m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	695	12,0	25761	S355	355	4326292
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 63,9 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 118,4 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,08 of n_p = -0,070

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 159,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 16,70 / 159,5 = 0,10 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 11,2 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,81 / 11,2 = 0,25 < 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'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 3279 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +38,987m hoogte

buis/plaat	d_i / b_i (mm)	t_i (mm)	A (mm^2)	kwaliteit	f_y	W_b (mm^3)
0	916	15,0	42475	S355	355	9416917
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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 126,2 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 1256,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,38 of n_p = -0,368

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 199,9 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 22,19 / 199,9 = 0,11 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 14,0 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,73 / 14,0 = 0,20 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 22,19 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,73 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 994,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4099 N/mm' ---> voldoet

Bovenste clip hijsbalk 1,5m - plaats van de aansluiting ; +30,487m 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

$n_p = \{N_{0,Ed} / (A_0 * f_{y,0})\} + \{M_{0,Ed} / (W_0 * f_{y,0})\}$

$N_{0,Ed}$ = 229,0 kN drukkracht
$M_{0,Ed}$ = 3283,9 kNm
} t.g.v. max. belasting

n_p = 0,54 of n_p = -0,520

$k_p = 1,0$, 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

$N_{1,Rd}$ = 247,5 kN

$N_{1,Ed} / N_{1,Rd}$ = 28,70 / 247,5 = 0,12 < 1,0 -- Voldoet

$M_{op,i,Rd}$ = 17,3 kNm

$M_{1,Ed} / M_{op,1,Rd}$ = 2,60 / 17,3 = 0,15 < 1,0 -- Voldoet

Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

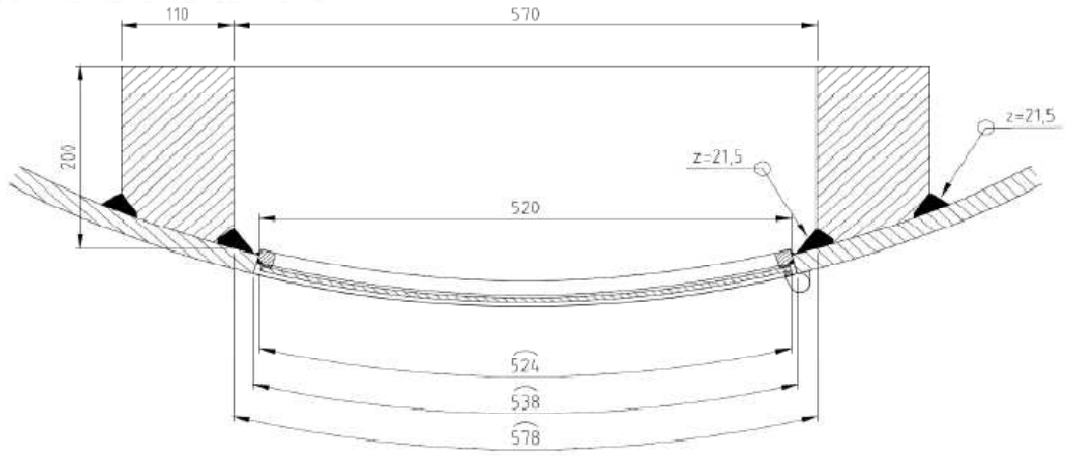
$N_{1,Ed}$ = 28,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,60 kNm

$\sigma_{max.}t_i$ = 1002,3 N/mm'

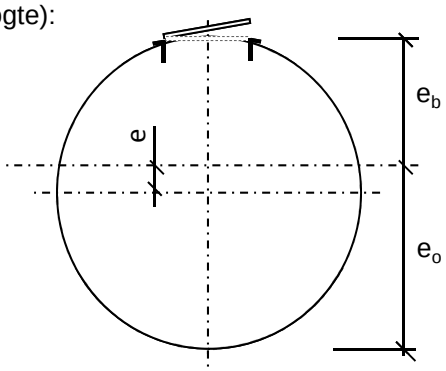
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

9.10 - Berekening versterking deur

Geometrie versterking deur



Doorsnede ter hoogte van de hart opening (1,225m hoogte):



Buisdiameter : 1898 mm
dikte t ; 20 mm

A_{buis} = 118008 mm^2
$A_{versterking}$ = 39231 mm^2
$A_{verlies}$ = 10424 mm^2

A_{tot} = 146815 mm^2

e = 140,9 mm
e_b = 808,2 mm ; e_o = 1089,9 mm

I_{tot} = 6,37E+10 mm^4
W_{min} = 5,85E+07 mm^3
W_{max} = 7,89E+07 mm^3

Krachten: Maximale krachten t.p.v. mastvoet - knoop 28 (inclusief 2^e orde effect)

M_{Ed} = 14785 kNm ; N_{Ed} = 621 kN

σ_N = N_{Ed} / A_{tot} = 4,2 N/mm^2
σ_b = M_{Ed} / W_{min} = 252,8 N/mm^2

σ_{max} = 4,2 + 252,8 = 257,1 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 007 - bijlage X en X2

W4S350+5 TOWER APPENDIX: X

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	4038	1753	39867	4038	1753	-39867
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1947	849	19242	1947	849	-19242
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14907	6456	146657	14907	6456	-146657
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	6452	146657	14907	6452	-146657
	380C1F3 / 380C2F3	14907	6447	146657	14907	6447	-146657
	150C1F1 / 150C2F1	3727	1614	36664	3727	1614	-36664
	150C1F2 / 150C2F2	3727	1613	36664	3727	1613	-36664
	150C1F3 / 150C2F3	3727	1612	36664	3727	1612	-36664
1b	Comp. gl	4036	2011	46005	4036	2011	-46005
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	984	22489	1946	984	-22489
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	7606	173967	14900	7606	-173967
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	7605	173967	14900	7605	-173967
	380C1F3 / 380C2F3	14900	7604	173967	14900	7604	-173967
	150C1F1 / 150C2F1	3725	1902	43492	3725	1902	-43492
	150C1F2 / 150C2F2	3725	1901	43492	3725	1901	-43492
	150C1F3 / 150C2F3	3725	1901	43492	3725	1901	-43492
3	Comp. gl	16332	5119	116934	16332	5119	-116934
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8083	2543	58024	8083	2543	-58024
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25691	10256	234233	25691	10256	-234233
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	10254	234233	25691	10254	-234233
	380C1F3 / 380C2F3	25691	10251	234234	25691	10251	-234234
	150C1F1 / 150C2F1	6423	2564	58558	6423	2564	-58558
	150C1F2 / 150C2F2	6423	2563	58558	6423	2563	-58558
	150C1F3 / 150C2F3	6423	2563	58558	6423	2563	-58558
4	Comp. gl	5542	2269	51910	5542	2269	-51910
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	1108	25331	2699	1108	-25331
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17913	7550	172686	17913	7550	-172686
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	7549	172686	17913	7549	-172686
	380C1F3 / 380C2F3	17913	7548	172686	17913	7548	-172686
	150C1F1 / 150C2F1	4478	1888	43171	4478	1888	-43171
	150C1F2 / 150C2F2	4478	1887	43171	4478	1887	-43171
	150C1F3 / 150C2F3	4478	1887	43171	4478	1887	-43171
6	Comp. gl	4543	1908	43709	4543	1908	-43709
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	2190	922	21111	2190	922	-21111
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
	380C1F2 / 380C2F2	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
	380C1F3 / 380C2F3	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
	150C1F1 / 150C2F1	4193	1751	40110	4193	1751	-40110
	150C1F2 / 150C2F2	4193	1751	40110	4193	1751	-40110
	150C1F3 / 150C2F3	4193	1751	40110	4193	1751	-40110
1a	Comp. gl	4039	5137	47437	4039	5838	-50085
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1948	3408	26625	1948	3935	-28880
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14910	20409	179249	14912	23295	-190286
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	19297	175192	14911	21954	-185079
	380C1F3 / 380C2F3	14910	17917	170351	14910	20288	-178803
	150C1F1 / 150C2F1	3728	5102	44812	3728	5824	-47571
	150C1F2 / 150C2F2	3728	4824	43798	3728	5488	-46270
	150C1F3 / 150C2F3	3727	4479	42588	3728	5072	-44701

1b	Comp. gl	4036	2636	46348	4036	2760	-46495
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	1448	22881	1946	1541	-23046
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	10176	175480	14900	10685	-176129
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	9980	175258	14900	10449	-175814
	380C1F3 / 380C2F3	14900	9735	175005	14900	10155	-175455
	150C1F1 / 150C2F1	3725	2544	43870	3725	2671	-44032
	150C1F2 / 150C2F2	3725	2495	43814	3725	2612	-43954
	150C1F3 / 150C2F3	3725	2434	43751	3725	2539	-43864
3	Comp. gl	16332	8310	118298	16332	8936	-118889
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8084	4908	59540	8084	5376	-60173
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25692	17505	239944	25692	18951	-242320
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	16947	239124	25692	18280	-241173
	380C1F3 / 380C2F3	25691	16254	238184	25692	17445	-239853
	150C1F1 / 150C2F1	6423	4376	59986	6423	4738	-60580
	150C1F2 / 150C2F2	6423	4237	59781	6423	4570	-60293
	150C1F3 / 150C2F3	6423	4063	59546	6423	4361	-59963
4	Comp. gl	5542	2889	52122	5542	3010	-52216
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	1566	25575	2699	1656	-25680
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17914	10106	173831	17914	10608	-174331
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	9911	173661	17914	10375	-174089
	380C1F3 / 380C2F3	17913	9669	173467	17913	10085	-173812
	150C1F1 / 150C2F1	4478	2526	43458	4478	2652	-43583
	150C1F2 / 150C2F2	4478	2478	43415	4478	2594	-43522
	150C1F3 / 150C2F3	4478	2417	43367	4478	2521	-43453
1a	Comp. gl	4041	9582	65850	4041	9582	-65850
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1949	6701	40953	1949	6701	-40953
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14918	38620	254001	14918	38620	-254001
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14917	36110	243370	14917	36110	-243370
	380C1F3 / 380C2F3	14916	32973	230109	14916	32973	-230109
	150C1F1 / 150C2F1	3730	9655	63500	3730	9655	-63500
	150C1F2 / 150C2F2	3729	9027	60843	3729	9027	-60843
	150C1F3 / 150C2F3	3729	8243	57527	3729	8243	-57527
1b	Comp. gl	4037	3421	47664	4037	3421	-47664
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	2042	24302	1946	2042	-24302
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	13412	181227	14900	13412	-181227
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	12959	180210	14900	12959	-180210
	380C1F3 / 380C2F3	14900	12397	179037	14900	12397	-179037
	150C1F1 / 150C2F1	3725	3353	45307	3725	3353	-45307
	150C1F2 / 150C2F2	3725	3240	45053	3725	3240	-45053
	150C1F3 / 150C2F3	3725	3099	44759	3725	3099	-44759
3	Comp. gl	16334	12271	123507	16334	12271	-123507
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8086	7881	64888	8086	7881	-64888
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25695	26730	260100	25695	26730	-260100
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25695	25438	256666	25695	25438	-256666
	380C1F3 / 380C2F3	25694	23834	252638	25694	23834	-252638
	150C1F1 / 150C2F1	6424	6682	65025	6424	6682	-65025
	150C1F2 / 150C2F2	6424	6359	64167	6424	6359	-64167
	150C1F3 / 150C2F3	6424	5959	63160	6424	5959	-63160
4	Comp. gl	5542	3654	52977	5542	3654	-52977
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	2139	26509	2699	2139	-26509
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17914	13288	178309	17914	13288	-178309
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	12844	177509	17914	12844	-177509
	380C1F3 / 380C2F3	17914	12293	176590	17914	12293	-176590
	150C1F1 / 150C2F1	4479	3322	44577	4479	3322	-44577
	150C1F2 / 150C2F2	4478	3211	44377	4478	3211	-44377
	150C1F3 / 150C2F3	4478	3073	44148	4478	3073	-44148
1a	Comp. gl	4039	5838	50085	4039	5137	-47437
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1948	3935	28880	1948	3408	-26625
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14912	23295	190286	14910	20409	-179249

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14911	21954	185079	14910	19297	-175192
	380C1F3 / 380C2F3	14910	20288	178803	14910	17917	-170351
	150C1F1 / 150C2F1	3728	5824	47571	3728	5102	-44812
	150C1F2 / 150C2F2	3728	5488	46270	3728	4824	-43798
	150C1F3 / 150C2F3	3728	5072	44701	3727	4479	-42588
1b	Comp. gl	4036	2760	46495	4036	2636	-46348
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1946	1541	23046	1946	1448	-22881
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	14900	10685	176129	14900	10176	-175480
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	10449	175814	14900	9980	-175258
	380C1F3 / 380C2F3	14900	10155	175455	14900	9735	-175005
	150C1F1 / 150C2F1	3725	2671	44032	3725	2544	-43870
	150C1F2 / 150C2F2	3725	2612	43954	3725	2495	-43814
	150C1F3 / 150C2F3	3725	2539	43864	3725	2434	-43751
3	Comp. gl	16332	8936	118889	16332	8310	-118298
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	8084	5376	60173	8084	4908	-59540
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	25692	18951	242320	25692	17505	-239944
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	18280	241173	25692	16947	-239124
	380C1F3 / 380C2F3	25692	17445	239853	25691	16254	-238184
	150C1F1 / 150C2F1	6423	4738	60580	6423	4376	-59986
	150C1F2 / 150C2F2	6423	4570	60293	6423	4237	-59781
	150C1F3 / 150C2F3	6423	4361	59963	6423	4063	-59546
4	Comp. gl	5542	3010	52216	5542	2889	-52122
Construction/maintenanc	GW / opgw	2699	1656	25680	2699	1566	-25575
Permanent loads yg= 1.2	380C1F1 / 380C2F1	17914	10608	174331	17914	10106	-173831
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	10375	174089	17913	9911	-173661
	380C1F3 / 380C2F3	17913	10085	173812	17913	9669	-173467
	150C1F1 / 150C2F1	4478	2652	43583	4478	2526	-43458
	150C1F2 / 150C2F2	4478	2594	43522	4478	2478	-43415
	150C1F3 / 150C2F3	4478	2521	43453	4478	2417	-43367
1a	Comp. gl	3028	1398	31734	3028	1398	-31734
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	677	15289	1460	677	-15289
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11178	5178	117394	11178	5178	-117394
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5174	117394	11178	5174	-117394
	380C1F3 / 380C2F3	11178	5169	117394	11178	5169	-117394
	150C1F1 / 150C2F1	2794	1294	29348	2794	1294	-29348
	150C1F2 / 150C2F2	2794	1294	29348	2794	1294	-29348
	150C1F3 / 150C2F3	2794	1292	29348	2794	1292	-29348
1b	Comp. gl	3027	1642	37544	3027	1642	-37544
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	803	18356	1459	803	-18356
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	6290	143818	11172	6290	-143818
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	6289	143818	11172	6289	-143818
	380C1F3 / 380C2F3	11172	6288	143818	11172	6288	-143818
	150C1F1 / 150C2F1	2793	1572	35955	2793	1572	-35955
	150C1F2 / 150C2F2	2793	1572	35955	2793	1572	-35955
	150C1F3 / 150C2F3	2793	1572	35955	2793	1572	-35955
3	Comp. gl	15319	4894	111800	15319	4894	-111800
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7595	2435	55540	7595	2435	-55540
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21959	9184	209683	21959	9184	-209683
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	9182	209683	21959	9182	-209683
	380C1F3 / 380C2F3	21959	9179	209683	21959	9179	-209683
	150C1F1 / 150C2F1	5490	2296	52421	5490	2296	-52421
	150C1F2 / 150C2F2	5490	2296	52421	5490	2296	-52421
	150C1F3 / 150C2F3	5490	2295	52421	5490	2295	-52421
4	Comp. gl	4531	1947	44539	4531	1947	-44539
Construction/maintenanc	GW / opgw	2211	952	21752	2211	952	-21752
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	6343	145028	14184	6343	-145028
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	6342	145028	14184	6342	-145028
	380C1F3 / 380C2F3	14184	6341	145028	14184	6341	-145028
	150C1F1 / 150C2F1	3546	1586	36257	3546	1586	-36257

	150C1F2 / 150C2F2	3546	1585	36257	3546	1585	-36257
	150C1F3 / 150C2F3	3546	1585	36257	3546	1585	-36257
6	Comp. gl	3028	1386	31734	3028	1386	-31734
Permanent, +10 dgr	GW / opgw	1460	668	15289	1460	668	-15289
Permanent loads yg= 1.3	380C1F1 / 380C2F1	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
	380C1F2 / 380C2F2	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
	380C1F3 / 380C2F3	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
	150C1F1 / 150C2F1	2794	1281	29349	2794	1281	-29349
	150C1F2 / 150C2F2	2794	1281	29349	2794	1281	-29349
	150C1F3 / 150C2F3	2794	1281	29349	2794	1281	-29349
1a	Comp. gl	3029	4890	41795	3029	5616	-45018
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1460	3318	24569	1461	3858	-27115
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11181	19578	160262	11182	22558	-173450
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	18427	155295	11182	21175	-167281
	380C1F3 / 380C2F3	11180	16995	149269	11181	19453	-159719
	150C1F1 / 150C2F1	2795	4895	40065	2796	5639	-43363
	150C1F2 / 150C2F2	2795	4607	38824	2795	5294	-41820
	150C1F3 / 150C2F3	2795	4249	37317	2795	4863	-39930
1b	Comp. gl	3027	2274	38055	3027	2401	-38271
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	1275	18932	1459	1371	-19168
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11172	8892	146072	11173	9413	-147018
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8691	145747	11172	9171	-146560
	380C1F3 / 380C2F3	11172	8441	145375	11172	8870	-146036
	150C1F1 / 150C2F1	2793	2223	36518	2793	2353	-36754
	150C1F2 / 150C2F2	2793	2173	36437	2793	2293	-36640
	150C1F3 / 150C2F3	2793	2110	36344	2793	2218	-36509
3	Comp. gl	15319	8091	113295	15320	8720	-113938
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7596	4805	57189	7596	5275	-57873
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21960	16490	216724	21961	17958	-219604
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	15925	215724	21960	17276	-218216
	380C1F3 / 380C2F3	21960	15222	214575	21960	16429	-216612
	150C1F1 / 150C2F1	5490	4123	54181	5490	4490	-54901
	150C1F2 / 150C2F2	5490	3981	53931	5490	4319	-54554
	150C1F3 / 150C2F3	5490	3806	53644	5490	4107	-54153
4	Comp. gl	4531	2570	44823	4531	2692	-44946
Construction/maintenanc	GW / opgw	2211	1413	22073	2211	1504	-22209
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	8917	146617	14184	9427	-147297
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8720	146385	14184	9190	-146968
	380C1F3 / 380C2F3	14184	8475	146119	14184	8896	-146591
	150C1F1 / 150C2F1	3546	2229	36654	3546	2357	-36824
	150C1F2 / 150C2F2	3546	2180	36596	3546	2298	-36742
	150C1F3 / 150C2F3	3546	2119	36530	3546	2224	-36648
1a	Comp. gl	3030	9450	62841	3030	9450	-62841
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1462	6661	40028	1462	6661	-40028
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11188	38199	244390	11188	38199	-244390
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11187	35653	232941	11187	35653	-232941
	380C1F3 / 380C2F3	11186	32465	218496	11186	32465	-218496
	150C1F1 / 150C2F1	2797	9550	61098	2797	9550	-61098
	150C1F2 / 150C2F2	2797	8913	58235	2797	8913	-58235
	150C1F3 / 150C2F3	2797	8116	54624	2797	8116	-54624
1b	Comp. gl	3027	3084	39939	3027	3084	-39939
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	1893	20896	1459	1893	-20896
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	12233	154250	11173	12233	-154250
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	11763	152832	11173	11763	-152832
	380C1F3 / 380C2F3	11173	11180	151182	11173	11180	-151182
	150C1F1 / 150C2F1	2793	3058	38562	2793	3058	-38562
	150C1F2 / 150C2F2	2793	2941	38208	2793	2941	-38208
	150C1F3 / 150C2F3	2793	2795	37795	2793	2795	-37795
3	Comp. gl	15321	12070	118931	15321	12070	-118931

Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7598	7795	62915	7598	7795	-62915
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21964	25877	240631	21964	25877	-240631
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	24561	236632	21963	24561	-236632
	380C1F3 / 380C2F3	21963	22927	231907	21963	22927	-231907
	150C1F1 / 150C2F1	5491	6469	60158	5491	6469	-60158
	150C1F2 / 150C2F2	5491	6140	59158	5491	6140	-59158
	150C1F3 / 150C2F3	5491	5732	57977	5491	5732	-57977
4	Comp. gl	4531	3346	45932	4531	3346	-45932
Construction/maintenanc	GW / opgw	2212	1997	23263	2212	1997	-23263
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	12165	152621	14184	12165	-152621
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	11710	151562	14184	11710	-151562
	380C1F3 / 380C2F3	14184	11146	150338	14184	11146	-150338
	150C1F1 / 150C2F1	3546	3041	38155	3546	3041	-38155
	150C1F2 / 150C2F2	3546	2928	37890	3546	2928	-37890
	150C1F3 / 150C2F3	3546	2787	37584	3546	2787	-37584
1a	Comp. gl	3029	5616	45018	3029	4890	-41795
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1461	3858	27115	1460	3318	-24569
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11182	22558	173450	11181	19578	-160262
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11182	21175	167281	11181	18427	-155295
	380C1F3 / 380C2F3	11181	19453	159719	11180	16995	-149269
	150C1F1 / 150C2F1	2796	5639	43363	2795	4895	-40065
	150C1F2 / 150C2F2	2795	5294	41820	2795	4607	-38824
	150C1F3 / 150C2F3	2795	4863	39930	2795	4249	-37317
1b	Comp. gl	3027	2401	38271	3027	2274	-38055
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1459	1371	19168	1459	1275	-18932
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	11173	9413	147018	11172	8892	-146072
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	9171	146560	11172	8691	-145747
	380C1F3 / 380C2F3	11172	8870	146036	11172	8441	-145375
	150C1F1 / 150C2F1	2793	2353	36754	2793	2223	-36518
	150C1F2 / 150C2F2	2793	2293	36640	2793	2173	-36437
	150C1F3 / 150C2F3	2793	2218	36509	2793	2110	-36344
3	Comp. gl	15320	8720	113938	15319	8091	-113295
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	7596	5275	57873	7596	4805	-57189
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	21961	17958	219604	21960	16490	-216724
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	17276	218216	21960	15925	-215724
	380C1F3 / 380C2F3	21960	16429	216612	21960	15222	-214575
	150C1F1 / 150C2F1	5490	4490	54901	5490	4123	-54181
	150C1F2 / 150C2F2	5490	4319	54554	5490	3981	-53931
	150C1F3 / 150C2F3	5490	4107	54153	5490	3806	-53644
4	Comp. gl	4531	2692	44946	4531	2570	-44823
Construction/maintenanc	GW / opgw	2211	1504	22209	2211	1413	-22073
Permanent loads yg= 0.9	380C1F1 / 380C2F1	14184	9427	147297	14184	8917	-146617
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	9190	146968	14184	8720	-146385
	380C1F3 / 380C2F3	14184	8896	146591	14184	8475	-146119
	150C1F1 / 150C2F1	3546	2357	36824	3546	2229	-36654
	150C1F2 / 150C2F2	3546	2298	36742	3546	2180	-36596
	150C1F3 / 150C2F3	3546	2224	36648	3546	2119	-36530

W4S350+5 TOWER

APPENDIX: X2

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	3365	1516	34520	3365	1516	-34520
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1622	733	16643	1622	733	-16643
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12421	5599	127433	12421	5599	-127433
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	5596	127433	12421	5596	-127433
	380C1F3 / 380C2F3	12421	5593	127433	12421	5593	-127433
	150C1F1 / 150C2F1	3105	1400	31858	3105	1400	-31858
	150C1F2 / 150C2F2	3105	1399	31858	3105	1399	-31858
	150C1F3 / 150C2F3	3105	1398	31858	3105	1398	-31858
1b	Comp. gl	3363	1768	40455	3363	1768	-40455
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	865	19778	1621	865	-19778
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	6739	154195	12415	6739	-154195
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	6739	154195	12415	6739	-154195
	380C1F3 / 380C2F3	12415	6738	154195	12415	6738	-154195
	150C1F1 / 150C2F1	3104	1685	38549	3104	1685	-38549
	150C1F2 / 150C2F2	3104	1685	38549	3104	1685	-38549
	150C1F3 / 150C2F3	3104	1685	38549	3104	1685	-38549
3	Comp. gl	11555	4010	91636	11555	4010	-91636
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	1989	45404	5711	1989	-45404
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	8468	193497	19607	8468	-193497
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	8466	193497	19607	8466	-193497
	380C1F3 / 380C2F3	19607	8465	193497	19607	8465	-193497
	150C1F1 / 150C2F1	4902	2117	48374	4902	2117	-48374
	150C1F2 / 150C2F2	4902	2117	48374	4902	2117	-48374
	150C1F3 / 150C2F3	4902	2116	48374	4902	2116	-48374
4	Comp. gl	4367	1892	43294	4367	1892	-43294
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	922	21080	2123	922	-21080
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	6420	146877	14424	6420	-146877
Wind angle: 0 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	6419	146877	14424	6419	-146877
	380C1F3 / 380C2F3	14424	6419	146877	14424	6419	-146877
	150C1F1 / 150C2F1	3606	1605	36719	3606	1605	-36719
	150C1F2 / 150C2F2	3606	1605	36719	3606	1605	-36719
	150C1F3 / 150C2F3	3606	1605	36719	3606	1605	-36719
1a	Comp. gl	3365	3745	38984	3365	4208	-40636
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	2421	21165	1623	2772	-22659
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12422	14799	146872	12423	16707	-153880
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12422	14066	144342	12423	15820	-150552
	380C1F3 / 380C2F3	12422	13157	141360	12422	14720	-146593
	150C1F1 / 150C2F1	3106	3700	36718	3106	4177	-38470
	150C1F2 / 150C2F2	3106	3516	36086	3106	3955	-37638
	150C1F3 / 150C2F3	3105	3289	35340	3106	3680	-36648

1b	Comp. gl	3363	2183	40647	3363	2265	-40730
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	1172	19999	1621	1234	-20094
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	8446	155044	12415	8782	-155413
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8316	154919	12415	8626	-155234
	380C1F3 / 380C2F3	12415	8154	154775	12415	8432	-155030
	150C1F1 / 150C2F1	3104	2111	38761	3104	2195	-38853
	150C1F2 / 150C2F2	3104	2079	38730	3104	2156	-38809
	150C1F3 / 150C2F3	3104	2038	38694	3104	2108	-38758
3	Comp. gl	11555	6138	92602	11555	6557	-93020
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	3567	46479	5711	3880	-46929
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	13292	197142	19607	14253	-198672
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	12921	196615	19607	13807	-197932
	380C1F3 / 380C2F3	19607	12460	196012	19607	13252	-197083
	150C1F1 / 150C2F1	4902	3323	49286	4902	3563	-49668
	150C1F2 / 150C2F2	4902	3230	49154	4902	3452	-49483
	150C1F3 / 150C2F3	4902	3115	49003	4902	3313	-49271
4	Comp. gl	4367	2304	43421	4367	2385	-43478
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	1226	21227	2123	1286	-21291
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	8119	147547	14424	8452	-147841
Wind angle: 45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	7990	147446	14424	8298	-147698
	380C1F3 / 380C2F3	14424	7830	147332	14424	8105	-147535
	150C1F1 / 150C2F1	3606	2030	36887	3606	2113	-36960
	150C1F2 / 150C2F2	3606	1998	36862	3606	2074	-36925
	150C1F3 / 150C2F3	3606	1957	36833	3606	2026	-36884
1a	Comp. gl	3366	6701	51103	3366	6701	-51103
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	4633	31118	1623	4633	-31118
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12427	26944	196932	12427	26944	-196932
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12426	25257	189518	12426	25257	-189518
	380C1F3 / 380C2F3	12425	23154	180377	12425	23154	-180377
	150C1F1 / 150C2F1	3107	6736	49233	3107	6736	-49233
	150C1F2 / 150C2F2	3107	6314	47379	3107	6314	-47379
	150C1F3 / 150C2F3	3106	5789	45094	3106	5789	-45094
1b	Comp. gl	3363	2701	41400	3363	2701	-41400
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	1563	20828	1621	1563	-20828
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	10579	158350	12415	10579	-158350
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	10281	157759	12415	10281	-157759
	380C1F3 / 380C2F3	12415	9911	157081	12415	9911	-157081
	150C1F1 / 150C2F1	3104	2645	39587	3104	2645	-39587
	150C1F2 / 150C2F2	3104	2570	39440	3104	2570	-39440
	150C1F3 / 150C2F3	3104	2478	39270	3104	2478	-39270
3	Comp. gl	11556	8787	96299	11556	8787	-96299
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5712	5560	50305	5712	5560	-50305
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19609	19428	210321	19609	19428	-210321
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19609	18568	208046	19609	18568	-208046
	380C1F3 / 380C2F3	19608	17501	205392	19608	17501	-205392
	150C1F1 / 150C2F1	4902	4857	52580	4902	4857	-52580
	150C1F2 / 150C2F2	4902	4642	52011	4902	4642	-52011
	150C1F3 / 150C2F3	4902	4375	51348	4902	4375	-51348
4	Comp. gl	4367	2812	43941	4367	2812	-43941
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	1606	21801	2123	1606	-21801
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14425	10226	150212	14425	10226	-150212
Wind angle: 90 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14425	9933	149733	14425	9933	-149733
	380C1F3 / 380C2F3	14424	9568	149183	14424	9568	-149183
	150C1F1 / 150C2F1	3606	2556	37553	3606	2556	-37553
	150C1F2 / 150C2F2	3606	2483	37433	3606	2483	-37433
	150C1F3 / 150C2F3	3606	2392	37296	3606	2392	-37296
1a	Comp. gl	3365	4208	40636	3365	3745	-38984
Wind, 10 dgr	GW / opgw	1623	2772	22659	1623	2421	-21165
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12423	16707	153880	12422	14799	-146872

Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12423	15820	150552	12422	14066	-144342
	380C1F3 / 380C2F3	12422	14720	146593	12422	13157	-141360
	150C1F1 / 150C2F1	3106	4177	38470	3106	3700	-36718
	150C1F2 / 150C2F2	3106	3955	37638	3106	3516	-36086
	150C1F3 / 150C2F3	3106	3680	36648	3105	3289	-35340
1b	Comp. gl	3363	2265	40730	3363	2183	-40647
Wind, -20 dgr	GW / opgw	1621	1234	20094	1621	1172	-19999
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	12415	8782	155413	12415	8446	-155044
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8626	155234	12415	8316	-154919
	380C1F3 / 380C2F3	12415	8432	155030	12415	8154	-154775
	150C1F1 / 150C2F1	3104	2195	38853	3104	2111	-38761
	150C1F2 / 150C2F2	3104	2156	38809	3104	2079	-38730
	150C1F3 / 150C2F3	3104	2108	38758	3104	2038	-38694
3	Comp. gl	11555	6557	93020	11555	6138	-92602
Wind+ice, -5 dgr	GW / opgw	5711	3880	46929	5711	3567	-46479
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	19607	14253	198672	19607	13292	-197142
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	13807	197932	19607	12921	-196615
0	380C1F3 / 380C2F3	19607	13252	197083	19607	12460	-196012
	150C1F1 / 150C2F1	4902	3563	49668	4902	3323	-49286
	150C1F2 / 150C2F2	4902	3452	49483	4902	3230	-49154
	150C1F3 / 150C2F3	4902	3313	49271	4902	3115	-49003
4	Comp. gl	4367	2385	43478	4367	2304	-43421
Construction/maintenanc	GW / opgw	2123	1286	21291	2123	1226	-21227
Permanent loads yg= 1.0	380C1F1 / 380C2F1	14424	8452	147841	14424	8119	-147547
Wind angle: -45 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	8298	147698	14424	7990	-147446
	380C1F3 / 380C2F3	14424	8105	147535	14424	7830	-147332
	150C1F1 / 150C2F1	3606	2113	36960	3606	2030	-36887
	150C1F2 / 150C2F2	3606	2074	36925	3606	1998	-36862
	150C1F3 / 150C2F3	3606	2026	36884	3606	1957	-36833

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)"

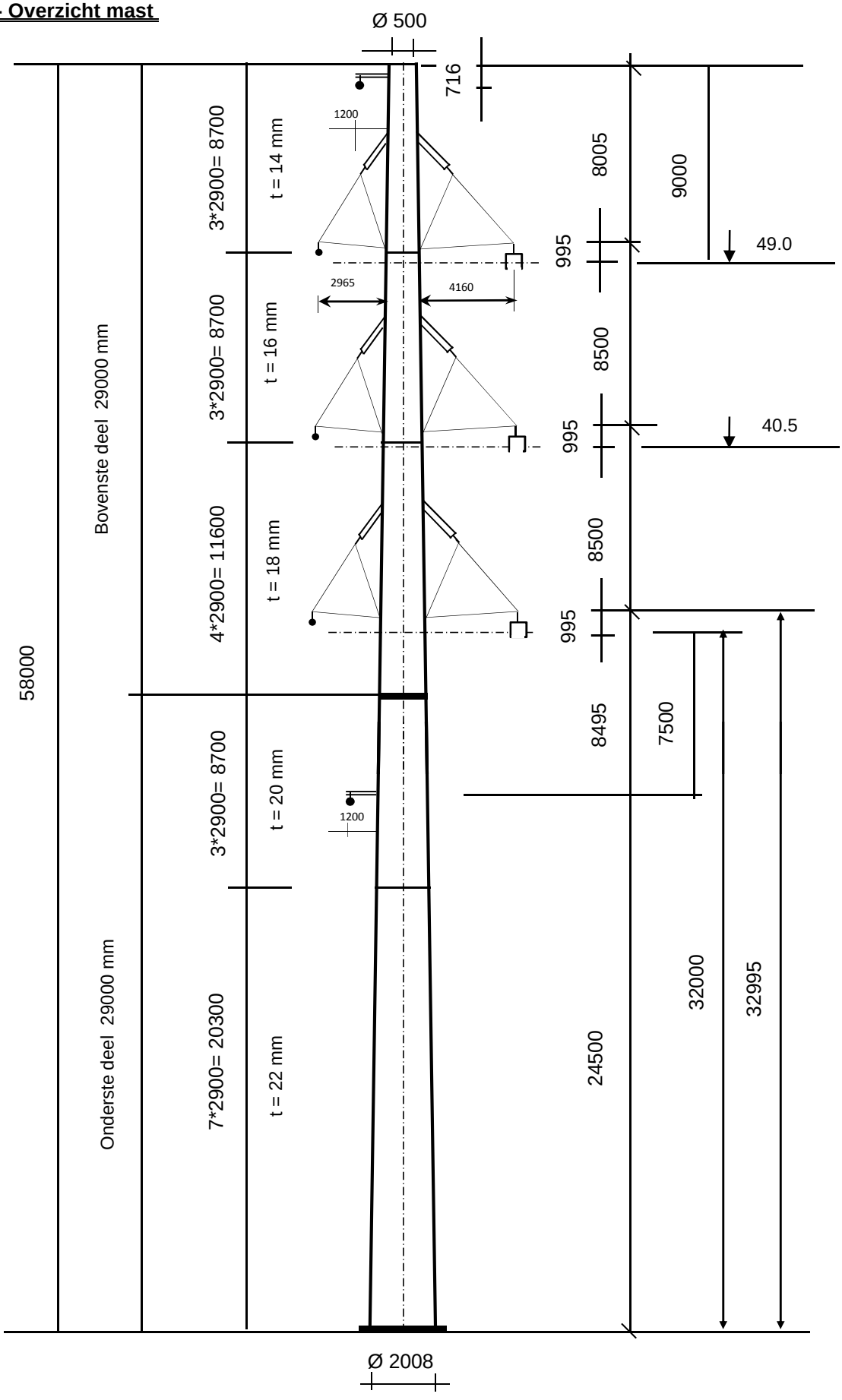
Berekening

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

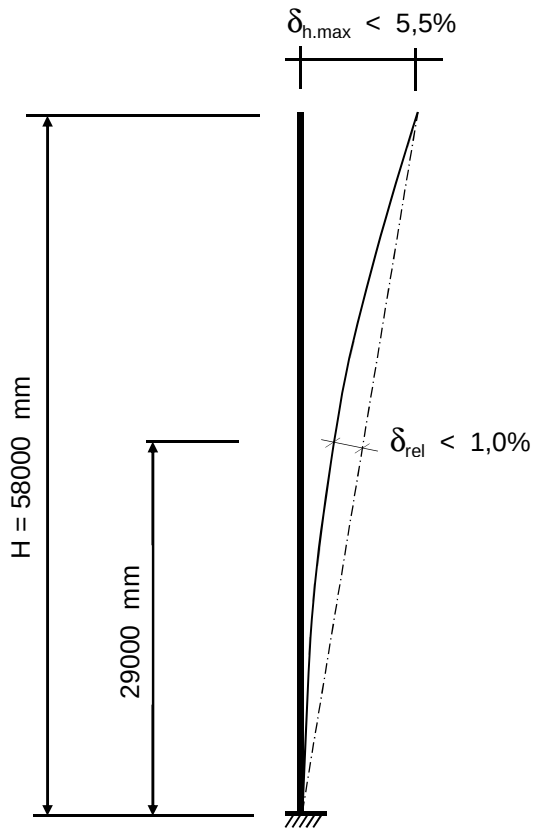
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

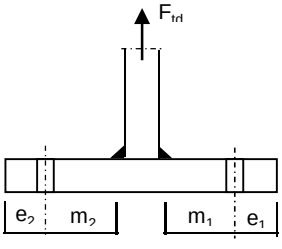
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

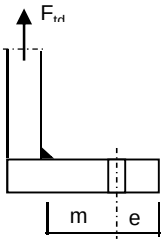
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

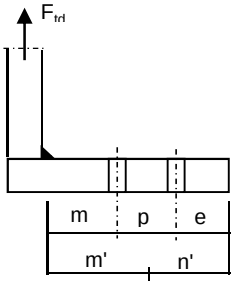
Flenzen en voetplaat:



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		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	519	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.

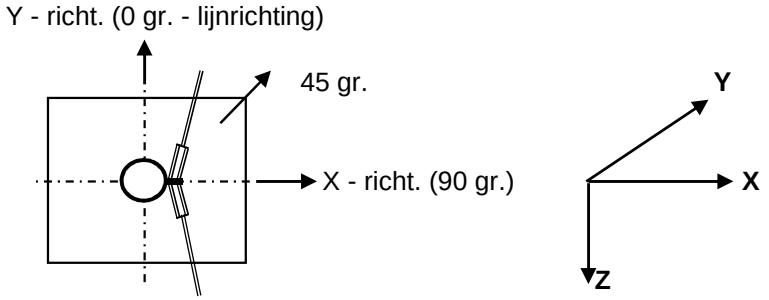
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

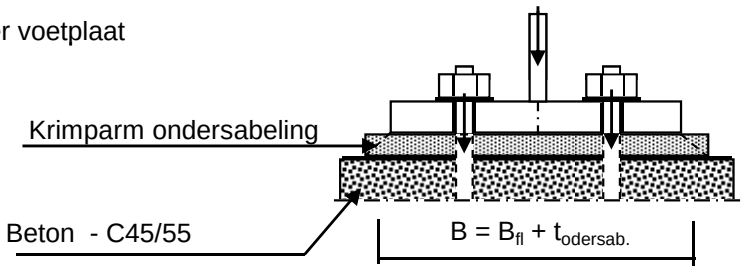
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 391,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 587,0 + 1,00 * 391,3 = 978,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

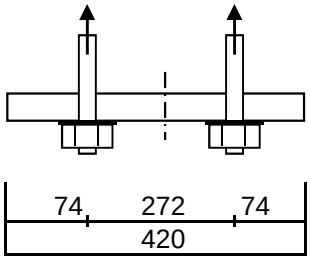
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

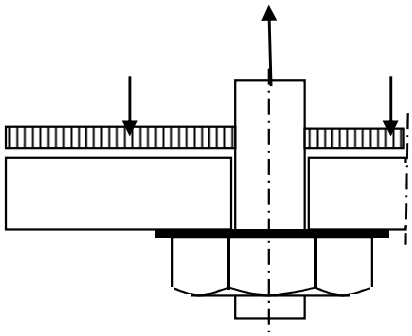


D = 1986 mm
n = 64

$A_{stortring}$ = 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

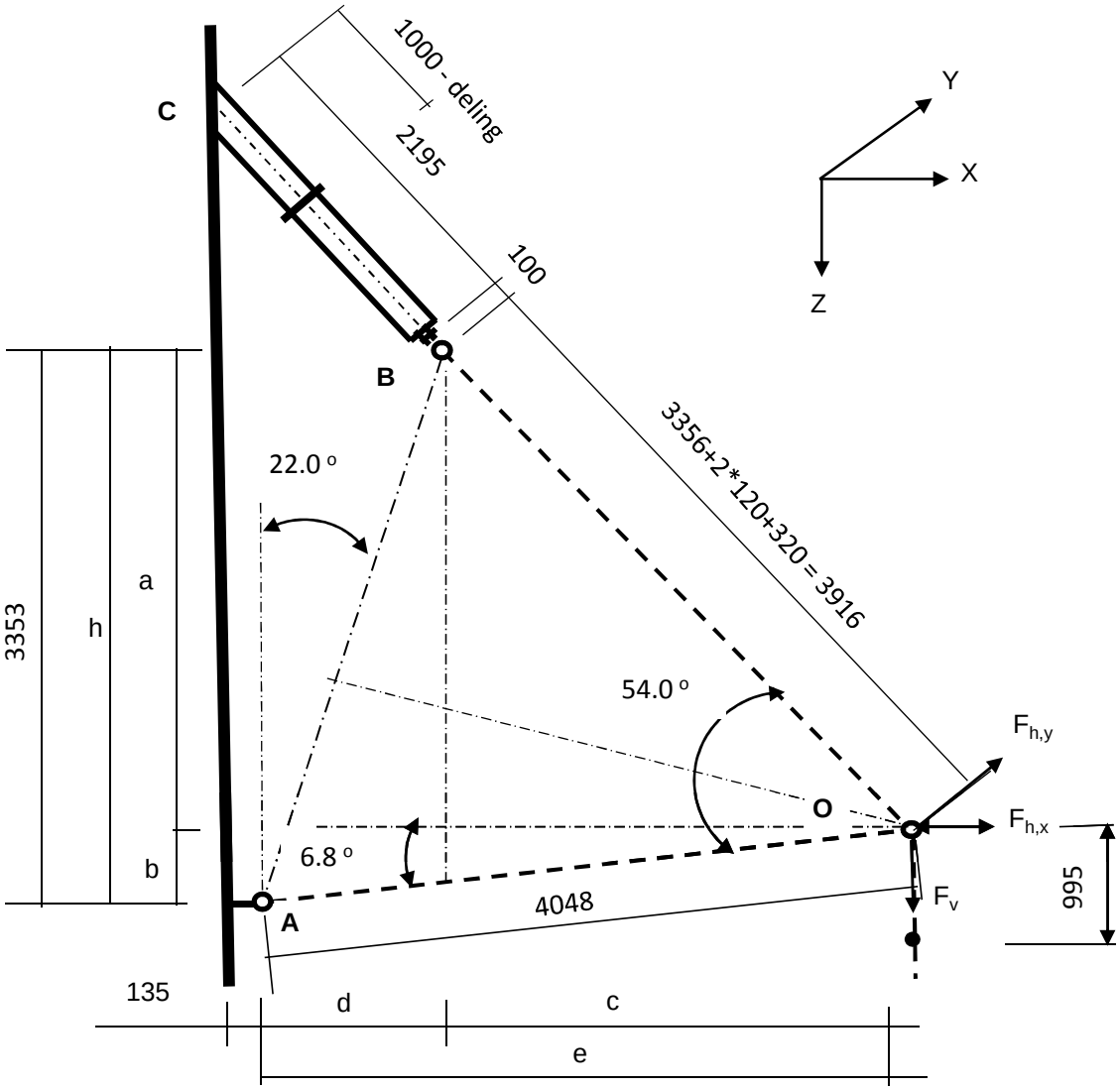
vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (293,7^2 + 3*53,7^2)^{0,5}$
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

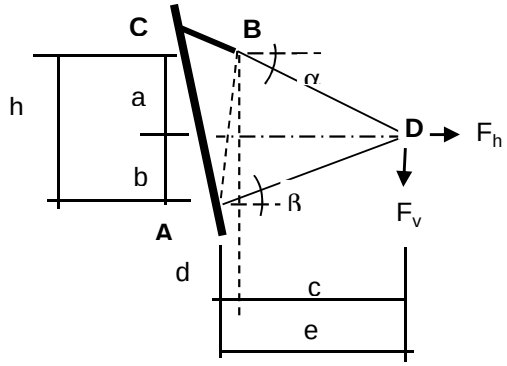
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

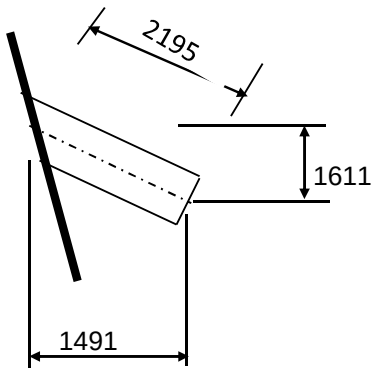
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	38,95	0,00	42,06	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	20,54	0,00	22,18	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	59,51	0,00	64,27	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	46,83	0,00	50,57	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (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



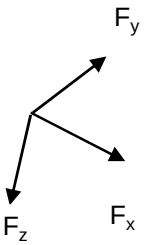


a =	1663	mm	b =	1954	mm
h =	3617	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

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)



$F_{y,Ed} = R_{H,B,Ed}$ =

$F_{z,Ed} = R_{V,B,Ed} * Cos16,3^o * Cos47,2^o - R_{V,B,Ed} * Sin16,3^o * Sin47,2^o$ =

$F_{x,Ed} = R_{V,B,Ed} * Cos16,3^o * Sin47,2^o - R_{V,B,Ed} * Sin16,3^o * Cos47,2^o$ =

$F_{y,Ed}$ =	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))

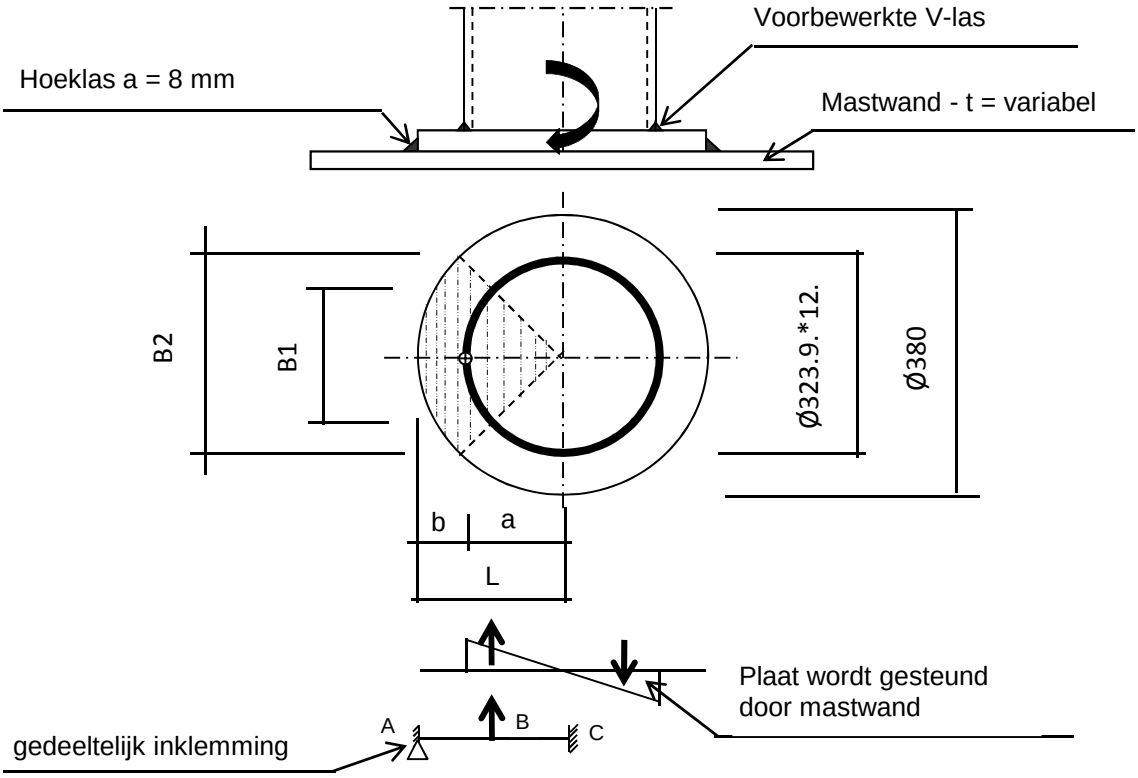
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

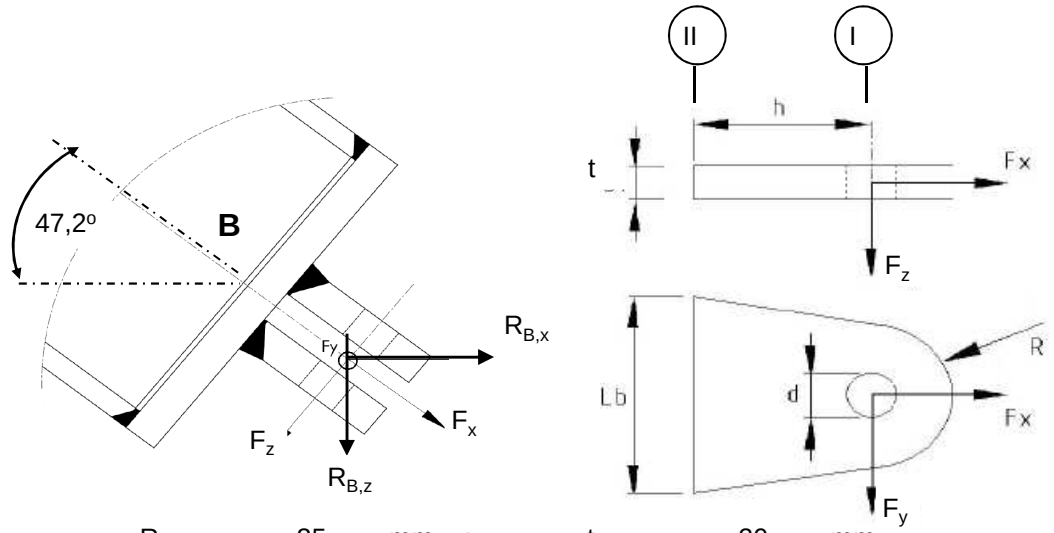
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))

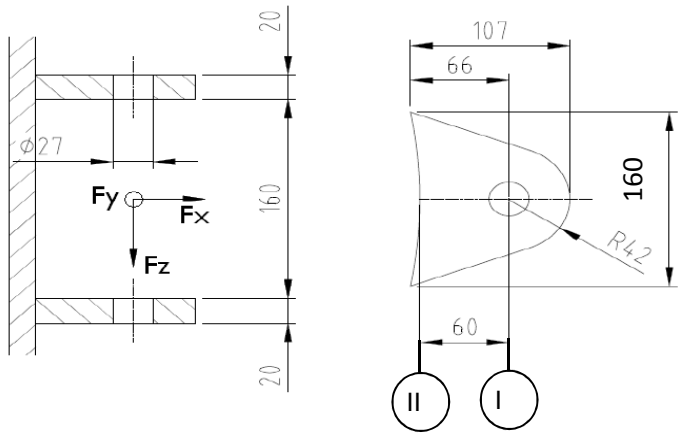
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 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

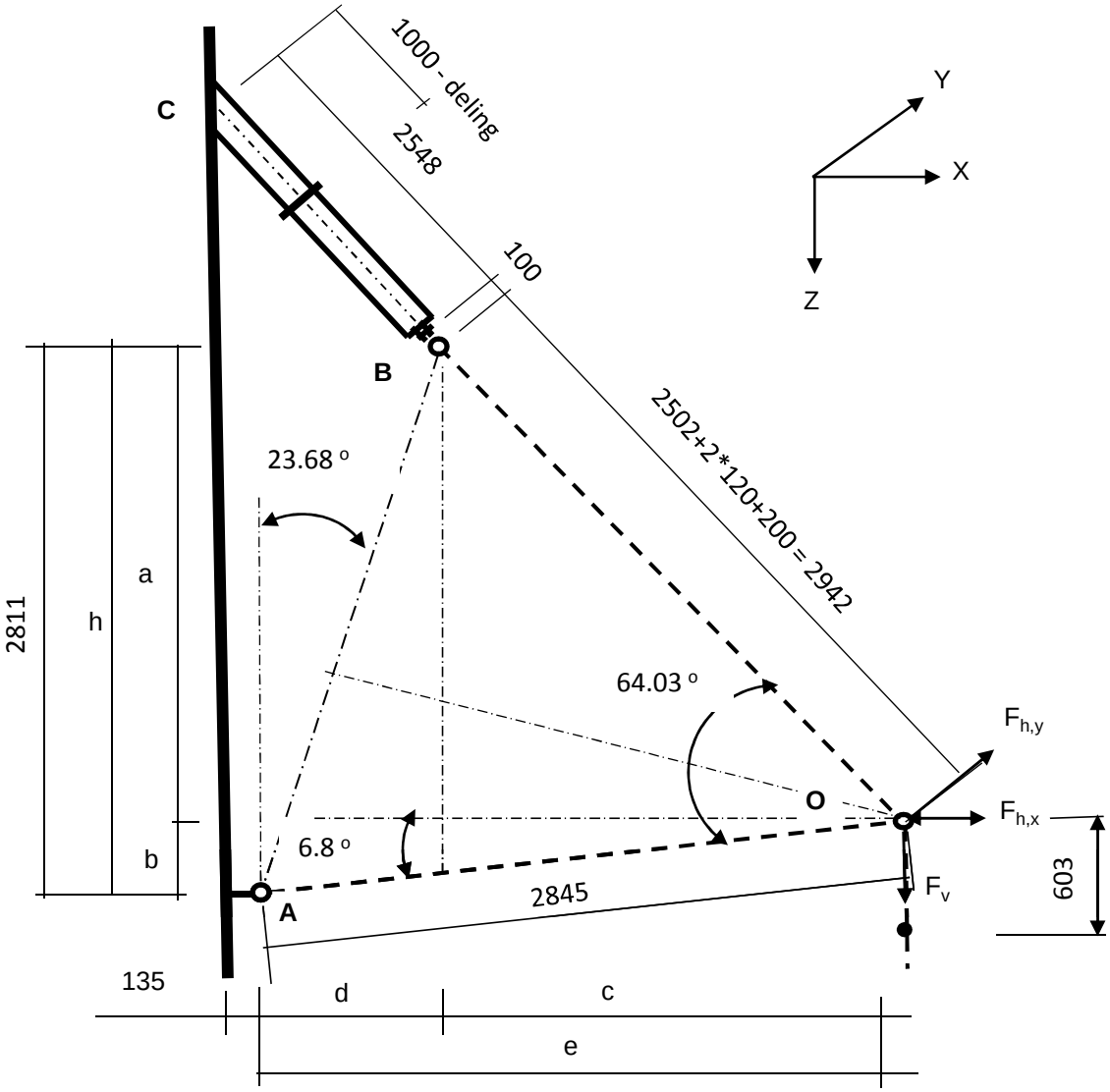
Bezwijkvorm 1 :	$F_{t,Rd} = 2 * M_{pl} / m =$	264,6	kN
Bezwijkvorm 2 :	$F_{t,Rd} = (M_{pl} + n * F_{t,Rd,b}) / (m + n) =$	169,4	kN
Bezwijkvorm 3 :	$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,b} =$	203,3	kN

$F_{t,Rd,min} =$ 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

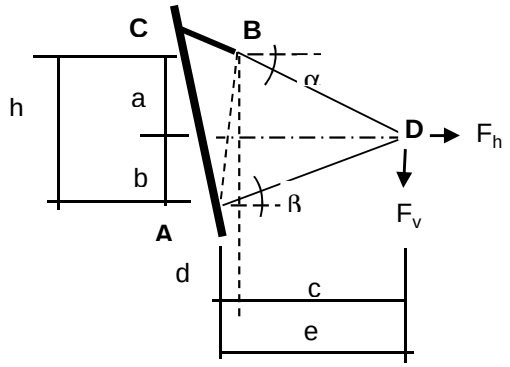
Ter plaatse van aansluiting buis aan mast (punt C)

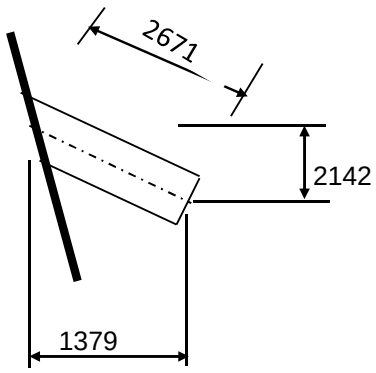
	$R_{x,C,Ed}$ kN	$R_{y,C,Ed}$ kN	$R_{z,C}$,Ed kN	$M_{y;C,Ed}$ kNm	$M_{z,C,Ed}$ kNm
BG 1a - (+wind (90 gr))	6,98	0,00	10,84	0,00	0,00
BG 1a - (-wind (90 gr))	3,68	0,00	5,72	0,00	0,00
BG 3 - (+wind (90) + ijs)	10,67	0,00	16,57	0,00	0,00
BG 3 - (-wind (90) + ijs)	8,39	0,00	13,04	0,00	0,00
BG 1a - (+wind (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



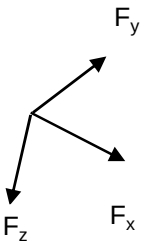


a =	1626	mm	b =	1443	mm
h =	3069	mm	c =	3719	mm
d =	0	mm	e =	3719	mm

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))

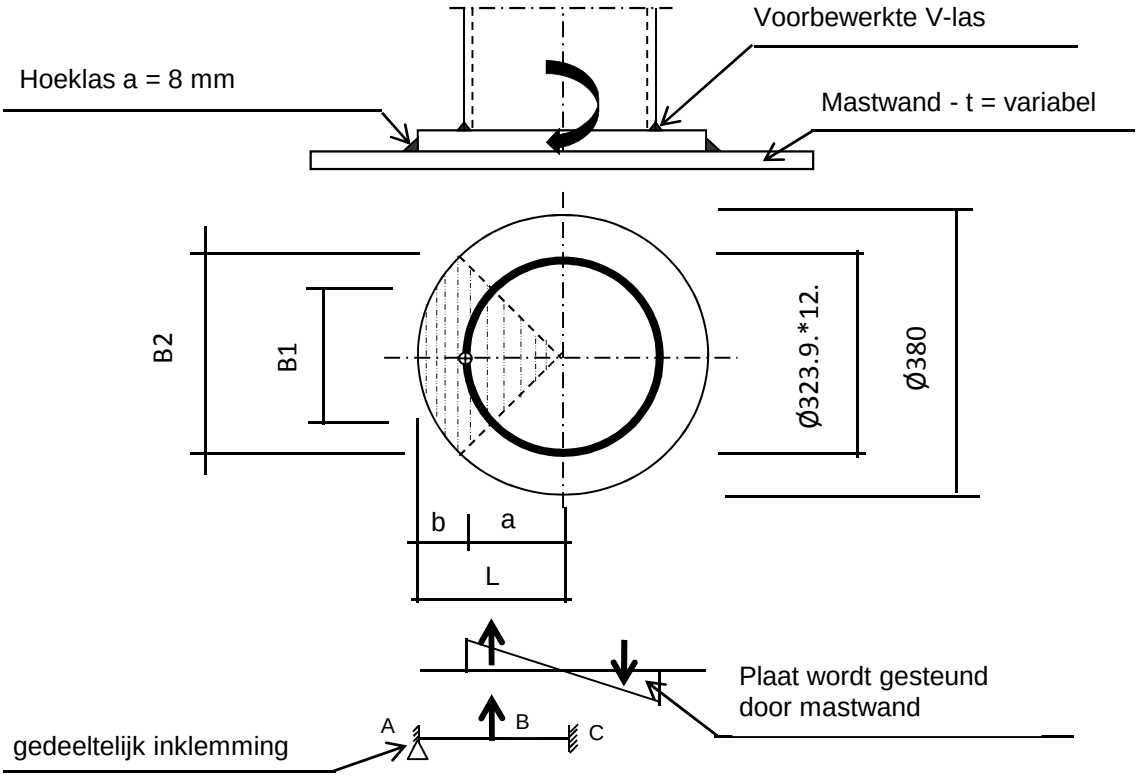
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

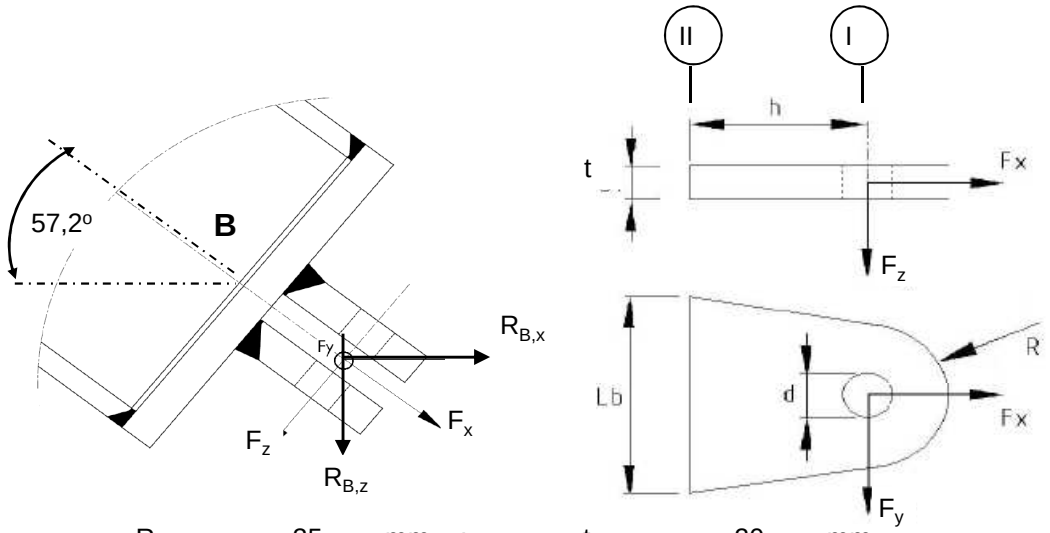
Pons controle ; Voor $d_1 \leq d_0 - 2{*}t_0$:

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t_0 * d_{21} / 3^{0,5})*((3+ \sin\theta_1)/ 4*\sin^2\theta_1)\} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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))

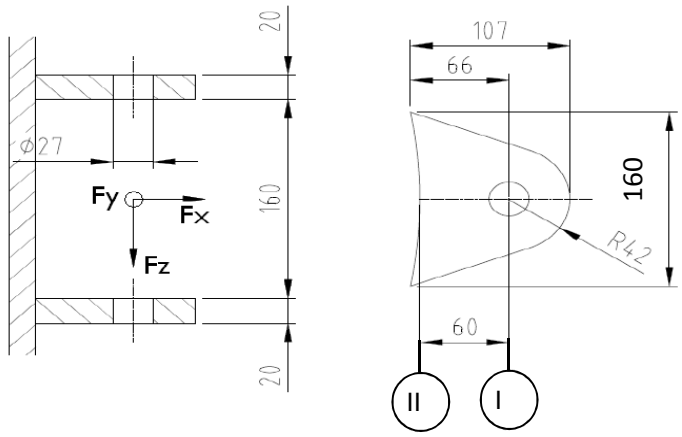
$\gamma_M = 1,25$; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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 :

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ 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} = 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

$\sigma_{Ed} \le f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ =	26,4	/	302,2	=	0,09	< 1,0 -- Voldoet
$\sigma_1 \le 0,9 * f_u / \gamma_{M2}$	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

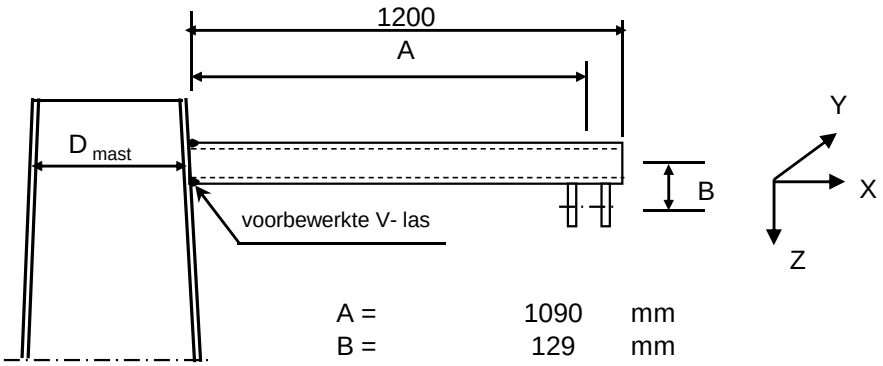
$M_{pl} = (1/4) * L_{eff} * t_{fl}^2 * f_y =$ 3593633 Nmm

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

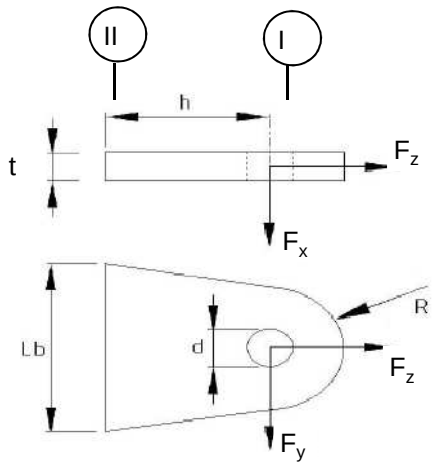
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2{,}7 / (1 - 0{,}81{*}\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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

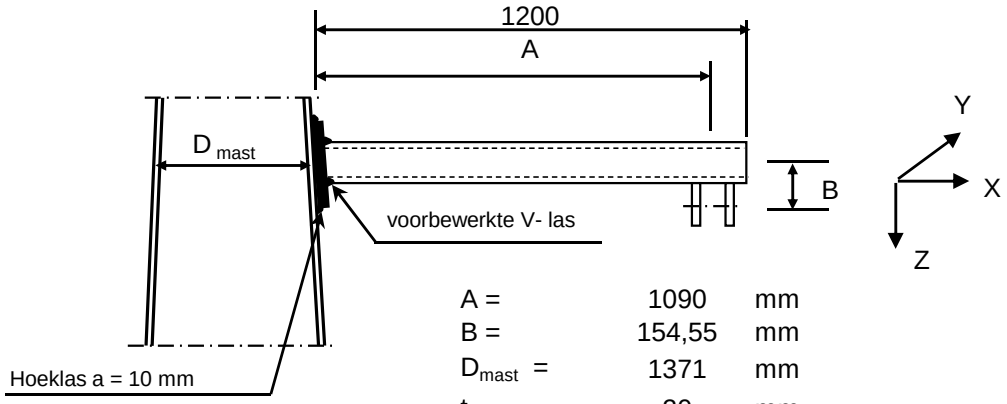
a = 5 mm

$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

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))

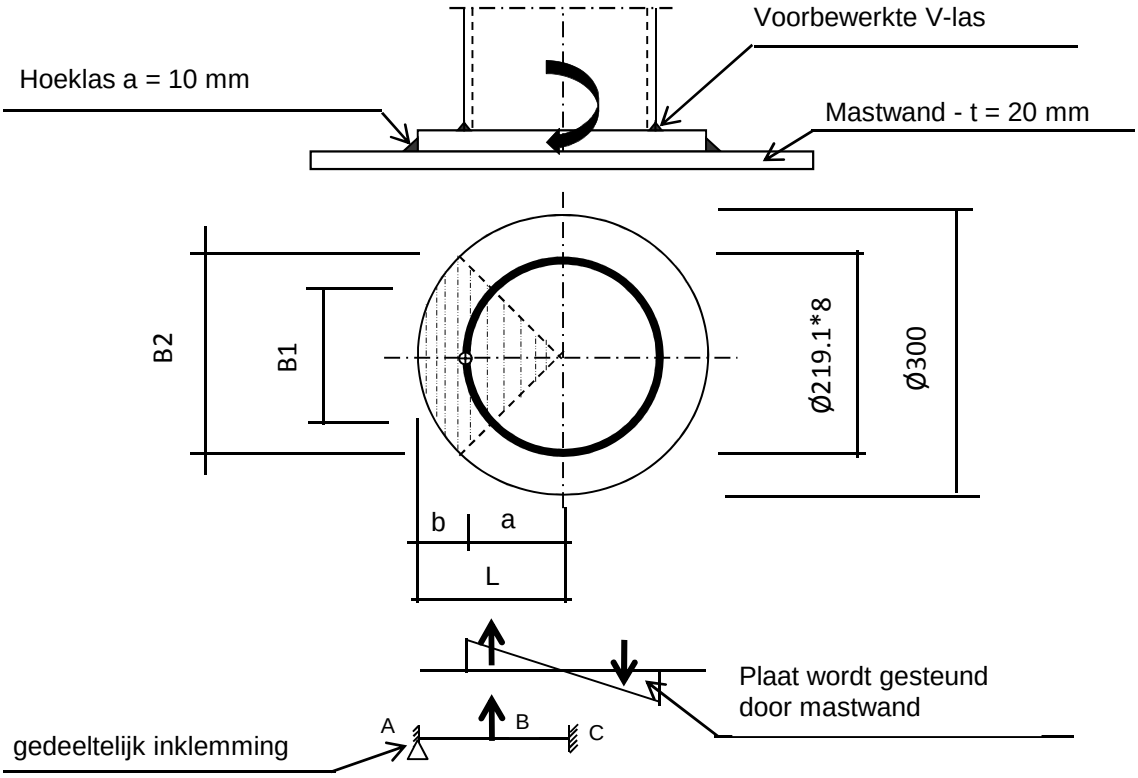
γ_M = 1,25 ; $\gamma_{m;extra}$ = 1,5 (extra materiaalfactor)

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

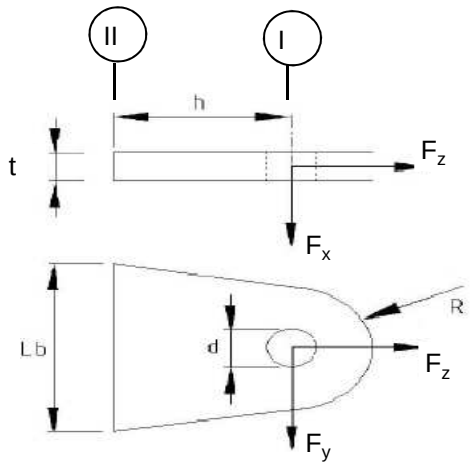
Momentcapaciteit uit het vlak

$M_{op,1,Rd} = \{(f_{y0} * t^2_0 * d_1 / \sin\theta_1) * (2,7 / (1 - 0,81*\beta)) * k_p \} / \gamma_{M5}$

$M_{op,1,Rd}$ = 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

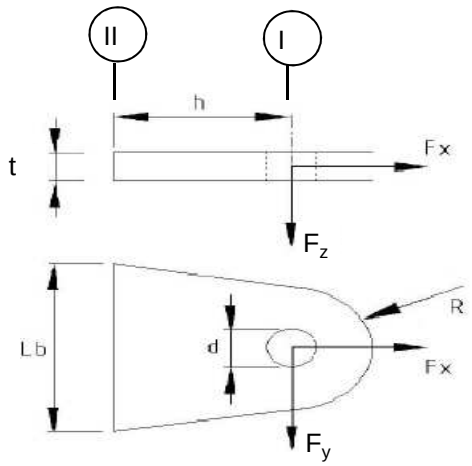
$F_{las} = N_{Ed} / 2 + M_{y,Ed} / (t + 2*a / 3)$

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

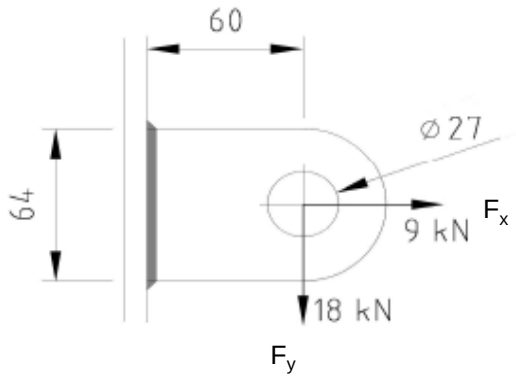
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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

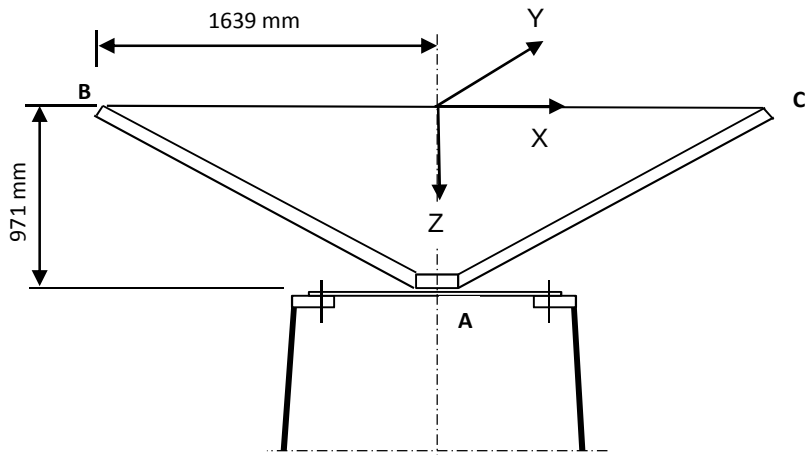
Pons controle

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed} =$ 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



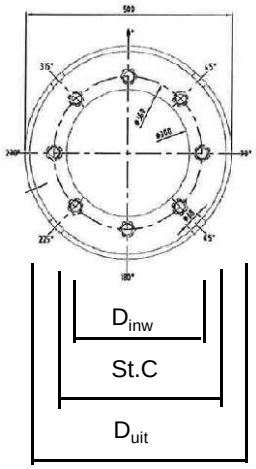
Buis rond 500 * 14

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

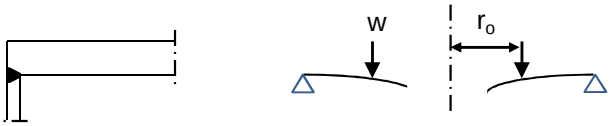
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	
$F_{t,Ed}$ - kN	31,7	95,5	0,0	75,3	
$F_{v,Ed}$ - kN	3,8	1,9	34,1	17,1	
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,23	0,71	0,00	0,56	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,04	0,02	0,38	0,19	< 1 ; voldoet
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 * F_{t,Rd}$ =	0,21	0,52	0,38	0,59	< 1 ; voldoet

Controle ring :

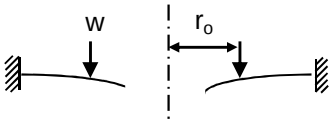
maatgevend belastinggeval : BG2.

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)

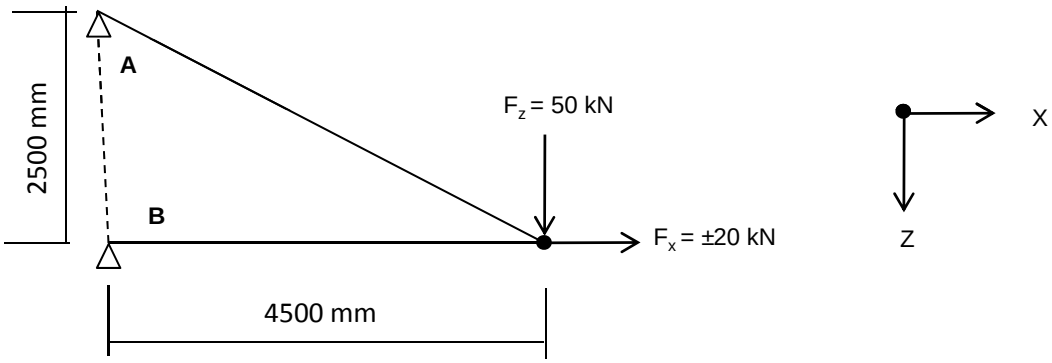
Materiaal S 355 ----> f_u = 510 N/mm^2 en β_w = 0,9

$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ = 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

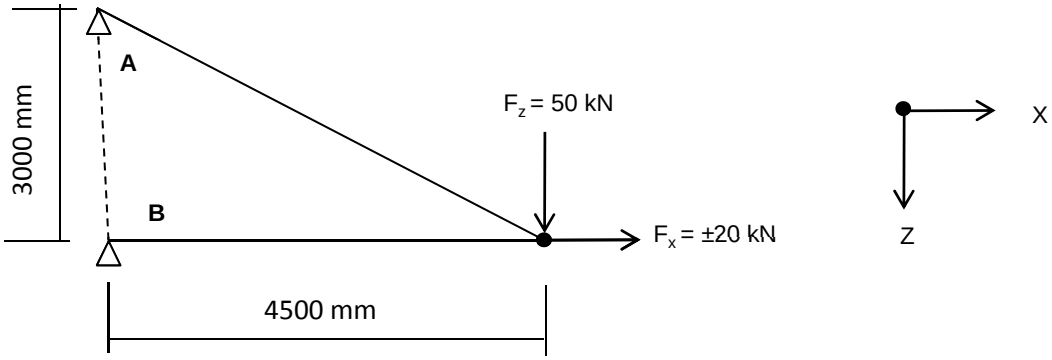


$R_{z,Ed,A}$	=	-50	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-90,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	70,00 kN

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



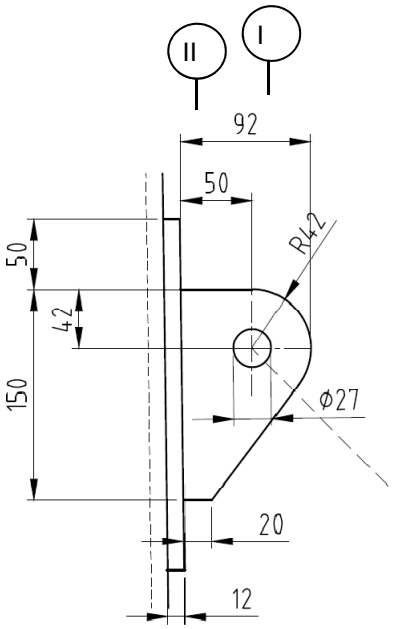
$R_{z,Ed,A}$	=	-50,00	kN	$R_{z,Ed,B}$	=	0,00 kN
$R_{x,Ed,A}$	=	-75,00	kN	$R_{x,Ed,B}$	=	55,00 kN

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

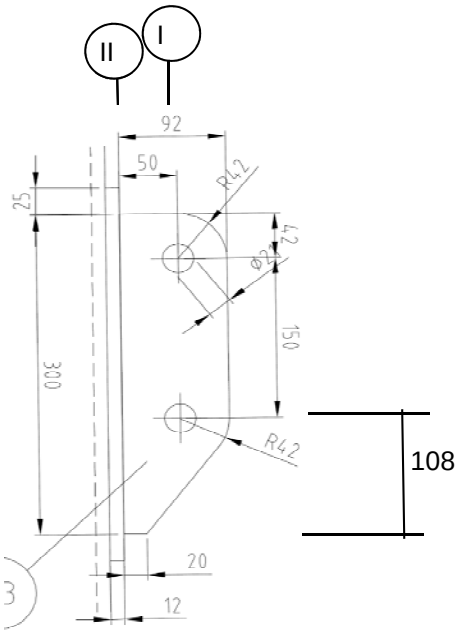
a = 5 mm t = 20 mm

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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

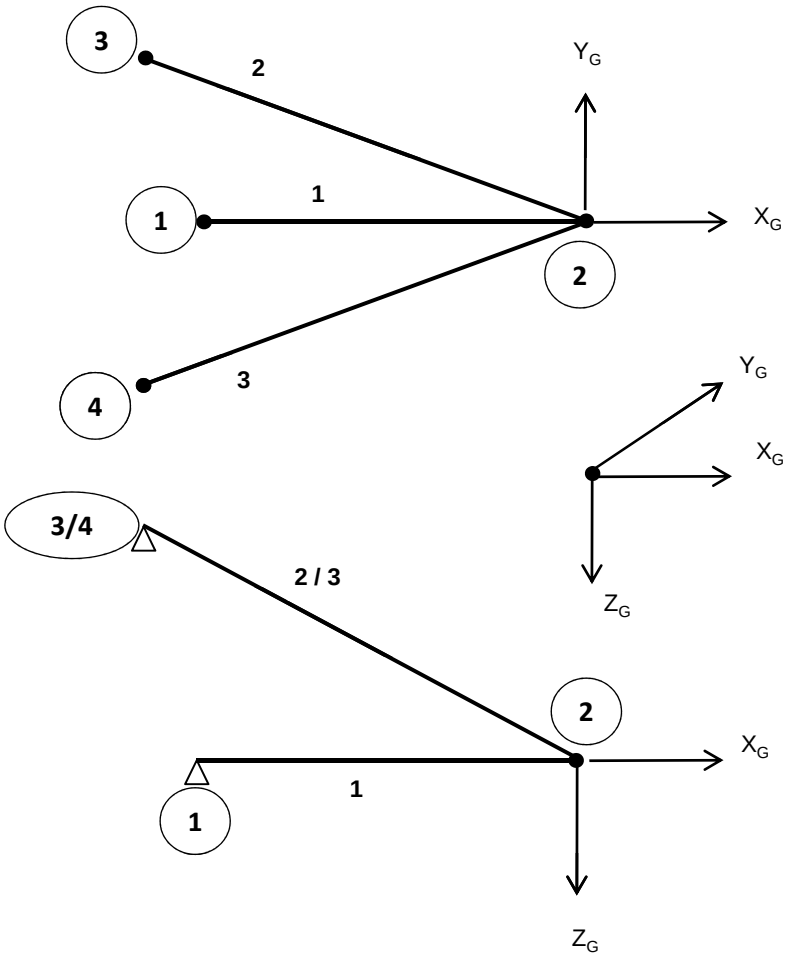
$N_{1,Ed} =$ 75,00 kN ; $M_{1,Ed} =$ 5,65 kNm

$\sigma_{max.}t_i =$ 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.)

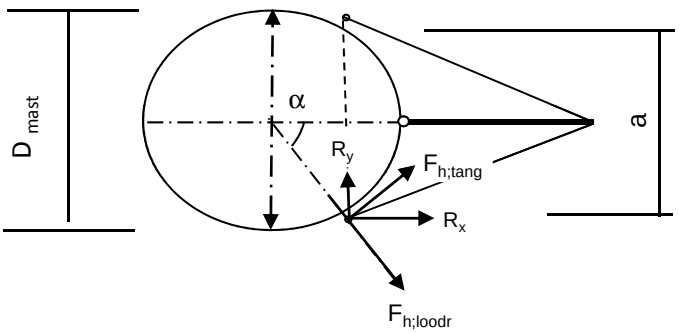
STAAF	B.C.	KNOOP	Nx	Dy	Dz	Mx	My	Mz
1	1	1	55.18	-0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
		2	-55.18	0.00	-0.19	0.00	-0.00	-0.00
2	1	2	62.42	-0.00	-0.14	-0.00	0.00	-0.00
		3	-62.23	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00
3	1	2	-154.40	-0.00	-0.14	-0.00	-0.00	-0.00
		4	154.59	0.00	-0.14	-0.00	-0.00	0.00

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

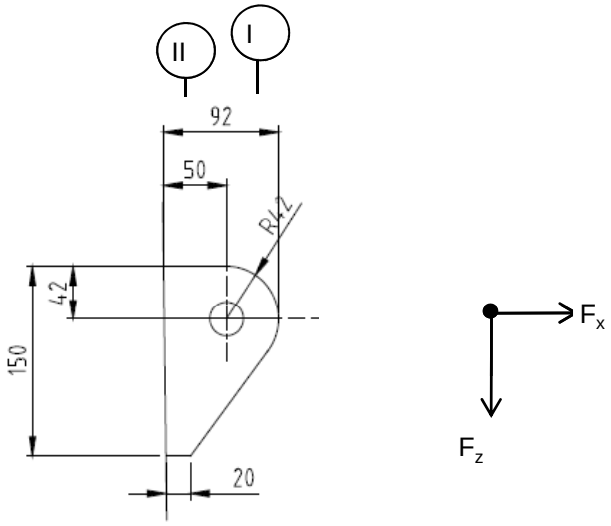
Clip type 16,1 - bovenste ribbe- 33,487m hoogte;per cilp
$F_{h,loodr,Ed}$ = 28,70 kN
$F_{h,tang,Ed}$ = 57,88 kN

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 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

9.9.2 - 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

$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

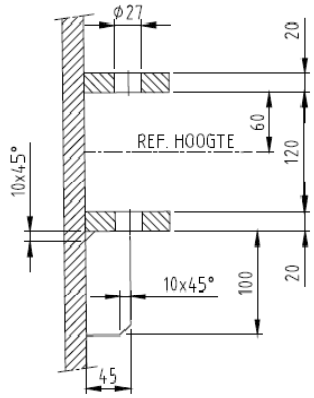
$N_{1,Ed} =$ 55,18 kN ; $M_{1,Ed} =$ 1,831 kNm

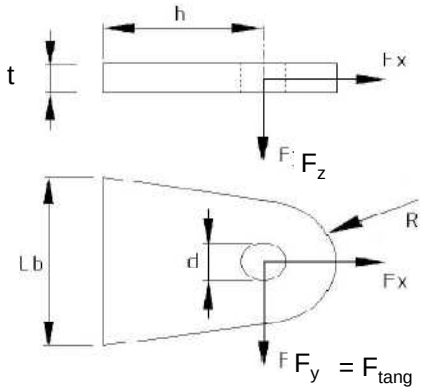
$\sigma_{max.}t_i =$ 856 N/mm'

$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5} =$ 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

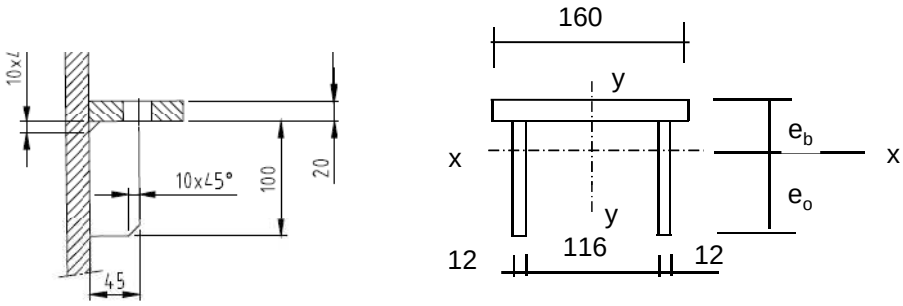
a = 5 mm t = 20 mm

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

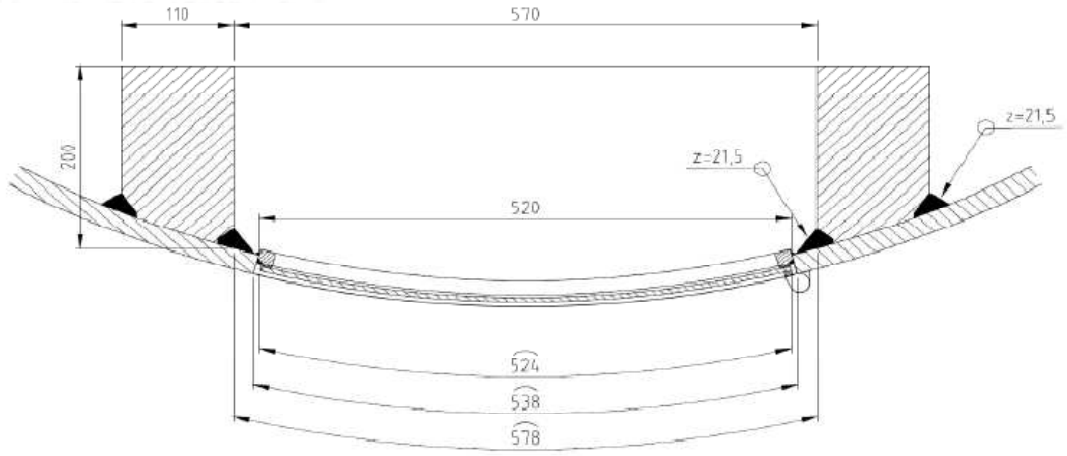
$\sigma_{max.}t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) * t_i \leq \{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$

$N_{1,Ed}$ = 28,70 kN ; $M_{1,Ed}$ = 2,60 kNm

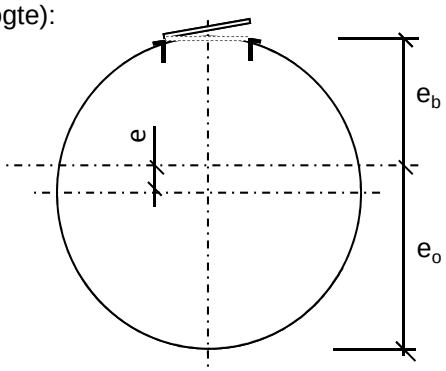
$\sigma_{max.}t_i$ = 1002,3 N/mm'
$\{(f_{y,0} / 3^{0,5}) * 2 * t_0 \} / \gamma_{M5}$ = 4919 N/mm' ---> voldoet

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