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

DATUM	17 september 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.400024427 HRL-WV lijn BV
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	0263731555
E-MAIL	**Sara.Zehenpfenning@tennet.eu**
AANTAL BIJLAGEN	15

BETREFT Aanvraag watervergunning - Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte heer van Urk,

Hierbij ontvangt u een aanvraag voor watervergunning in het kader van artikel 6.5 Waterwet ten behoeve van de realisatie van het project Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen). Om de aanleg van het project Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk – Vijfhuizen) mogelijk te maken, is het noodzakelijk om binnen het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland de volgende activiteiten uitte voeren:

Aanleggen van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding (33 masten en een opstijgpunt)
Verwijderen van het bestaande 150 kV tracé Velsen - Vijfhuizen (36 masten en een opstijgpunt)
Aanleggen en verwijderen tijdelijke noodlijnen
Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken
Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen

Een aantal van de hoogspanningsmasten wordt in, op of nabij primaire of regionale waterkeringen gerealiseerd. Daarnaast worden enkele masten gedeeltelijk in of nabij een oppervlaktewaterlichaam gerealiseerd en is het noodzakelijk oppervlaktewaterlichamen (tijdelijk) gedeeltelijk te dempen. Tevens wordt met de fundatie van de masten verhard oppervlak aangebracht. Daarnaast zal ten behoeve van de oprichting van de masten water worden onttrokken (bouwputbemaling). Nagenoeg tegelijkertijd met de oprichting van de nieuwe hoogspanningsverbinding R380 kV zal het bestaande 150 kV tracé Velsen - Vijfhuizen worden verwijderd. De sloop van deze masten en het oprichten van tijdelijke noodmasten maken tevens onderdeel uit van deze aanvraag om watervergunning. Tot slot worden Zijkanaal Ben C met de masten (masten 11 en 12 respectievelijk masten 17 en 18) bovengronds gekruist.

Deze aanvraag betreft een samenstel van handelingen ten aanzien waarvan meer dan één bestuursorgaan bevoegd is. Op grond van artikel 6.17 lid 1 Waterwet wordt in principe op de aanvraag beslist door het hoogste gezag, zijnde Rijkswaterstaat. In het onderhavige geval is gebruik gemaakt van de mogelijkheid op grond van artikel 6.17 lid 2 Waterwet en is door de betrokken bestuursorganen bepaald dat Hoogheemraadschap Rijnland bevoegd is op de aanvraag te beslissen. Rijkswaterstaat heeft voor het onderdeel kruising met de Zijkanalen B en G een adviserende functie.

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 6.5 Waterwet is op grond van artikel20c Elektriciteitswet j° artikel 2 lid 1 onder a Uitvoeringsbesluit rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten de rijkscoördinalieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing (artikel 3.35). Hierbij is de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie de aangewezen minister voor de coördinatie.

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

1. Ingevolge de rijkscoördinatieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan:
   Minister van economische Zaken, Landbouw en Innovatie
   p/a Bureau Energieprojecten
   t.a.v. dhr. M.G. Bernardina
   Postbus 93144
   2509 AG Den Haag
   o.v.v. (Randstad 380 kV)

TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.

2. In reactie op deze kopie van de aanvraag zal de minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerp besluit gereed te hebben.

3. Het ontwerpbesluit en later ook het besluit, stuurt u niet aan TenneT maar aan de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

De volgende documenten maken onderdeel uit van deze aanvraag:

O Aanvraagformulier watervergunning

01 Algemene gegevens project Randstad 380 kV - Noordring
01-4a - Tracékaart Randstad 380 kV Noordring
01-4b - Tekening masten binnen beheergebied HH Rijnland
01-4c – Kadastrale kaarten

01-4d – Planning Randstad 380kV
01-4e -Interferentie onderzoek + Oplegnotitie

A3 Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken
A3 - 1a - Constructietekeningen en berekeningen masten
A3 - 1b - Lengteprofielen
A3 – 11 – Tekeningen en berekeningen masttundaties t.o.v. waterkering
A3 - 16a - Tekeningen werkterreinen masten, sloop 150 kV en noodlijnen
A3 - 16b - Tekeningen en berekeningen masttundaties
A3 – 16c - Tekeningen te slopen 150 kV tracé Velsen - Vijfhuizen
A3 - 16d - Tekeningen noodlijnen
A3 - 16e - Werkplan jukken

A4 Water in de bodem brengen of eraan onttrekken
A4 - 1 Bemalingsplan Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk-Vijfhuizen)

Een volledig overzicht van de vergunningsgegevens vindt u ook op het bijgevoegde vrijgaveblad.

U ontvangt de complete aanvraag inclusief bijlagen in 4-voud.

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 de heer M.C. Bernardina van Bureau Energieprojecten, telefoon 070 379 6530.

Hoogachtend,
TenneT TSO BV.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Hoogheemraadschap van Rijnland
T.a.v. dhr. T van Urk
Postbus 156
2300 AD LEIDEN

DATUM	**7 november 2012**
ONZE REFERENTIE	000.007.400051360
BEHANDELD DOOR	**Sara Zehenpfenning**
TEL.EFOON DIRECT	0263731555
E-MAIL	**Sara.Zehenpfenning@tennet.eu**
AANTAL BIJLAGEN	1 (in 4-voud)

BETREFT Wijziging aanvraag watervergunning - Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk- Vijfhuizen)

Geachte heer van Urk,

Op 17 september 2012 heeft u een aanvraag watervergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding, het verwijderen van het bestaande 150 kV tracé, het aanleggen en verwijderen van tijdelijke noodlijnen, het aanleggen en verwijderen van tijdelijke jukken en het aanleggen en verwijderen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen.

Hierbij ontvangt u een aangepaste versie van tekening 20-RHL-V. Het werkterrein bij de te verwijderen 150kV mast 19 moet worden uitgebreid ten behoeve van een opstelplaats voor de lieren voor de geleidermontage.

Wij verzoeken u de eerder ontvangen tekening 20-RHL-V van bijlage A3-16a, d.d. 20-08-2012 te vervangen door bijgaande tekening, d.d. 07-11-2012.

Wij verwachten u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isido ermans
Projectmanager Randstad 380

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Hoogheemraadschap van Rijnland
T.a.v. dhr. T. van Urk
Postbus 156
2300 AD LEIDEN

DATUM	30 mei 2013
UW REFERENTIE	V55389
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0159023
BEHANDELD DOOR	Sara Zehenpfenning
TELEFOON DIRECT	026 373 15 55
E-MAIL	Sara.Zehenpfenning@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	13 (in 4-voud)

BETREFT Wijziging aanvraag watervergunning - Randstad 380 kV Noordring (Beverwijk - Vijfhuizen)

Geachte heer van Urk,

Op 17 september heeft u een aanvraag watervergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding, het verwijderen van het bestaande 150 kV tracé, het aanleggen en verwijderen van tijdelijke noodlijnen, het aanleggen en verwijderen van tijdelijke jukken en het aanleggen en verwijderen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen. Op 7 november 2012 hebben we een aanvulling op de aanvraag ingediend. Op 12 april 2013 is het ontwerpbesluit watervergunning door Bureau Energieprojecten ter inzage gelegd conform de rijkscoördinatieregeling.

Bijgaand ontvangt u nogmaals een verzoek om wijziging. Het betreft de volgende 2 aspecten.

A. Wijziging van een aantal werkterreinen en werkwegen
B. Intrekken tijdelijke noodmasten N3-N7

Ad A

Naar aanleiding van contact met diverse belanghebbende en grondeigenaren zijn wij voornemens een aantal van de tijdelijke werkwegen en werkterreinen anders te situeren. Hiermee kan de kruising van enkele watergangen worden voorkomen of verminderd en dit is in het belang van de betrokken grondeigenaren. De wijzingen betreffen de werkterreinen en werkwegen van de nieuw te bouwen wintrackmasten 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 33, 37 en de bestaande vakwerkmasten 21.2, 22.2, 23.2, 27.2 en 34.2.
Wij verzoeken u dan ook de betreffende tekeningen van bijlage A3-16a te vervangen door bijgevoegde tekeningen:

Mastnr. Tracé kaart	Mastnr. overige kaarten	Tek nr.	Toelichting wijziging
15	15	15-RVS-V versie 9.2 30-5-2013	Het werkterrein wordt naar het noorden verschoven en gekanteld, waardoor een groter deel van het bos behouden kan worden. Ook is een opstelplaats voor de lier t.b.v. de geleidermontage

SE1001DD UN1008

			toegevoegd.
16	16	16-RVS-V versie 9.2 30-5-2013	De werkweg tussen mast 15 en 16 komt te vervallen. De gewijzigde werkweg C, kruist de bestaande watergang d.m.v. een brugconstructie. Het werkterrein is naar het zuiden verschoven zodat het fietspad niet verplaatst hoeft te worden.
17	17	17-RVS-V versie 9.3 06-06-2013	Het werkterrein is verplaatst richting de dijk, waardoor minder slootomlegging noodzakelijk is. Ook kunnen daarmee de bomen aan de noordoostzijde van de green van golfbaan gespaard worden.
18	18	18-RHL-V versie 9 19-4-2013	Werkweg C komt te vervallen, werkweg B wordt definitief. Werkweg B kruist de bestaande watergang d.m.v. een duiker.
20	20	20-RHL-V Versie 9 19-4-2013	De opstelruimte t.b.v. de geleidermontage is verschoven omdat deze in het water was gesitueerd.
21	21	21-RHL-V Versie 9 19-4-2013	De werkweg wordt verplaatst van de westzijde van het werkterrein, naar de oostzijde van het werkterrein. De duikers komen daardoor op een andere locatie te liggen.
22	22	22-RHL-V Versie 9 19-4-2013	Het werkterrein wordt gekanteld, waardoor minder slootomlegging noodzakelijk is.
23 V21.2	23	23-RHL-V Versie 9 19-4-2013	Het werkterrein van zowel vakwerkmast 21.2 als wintrackmast 23 wordt gekanteld, waardoor minder slootomlegging noodzakelijk is.
V22.2	-	23a-RHL-V Versie 9.2 30-5-2013	De aansluiting van de werkweg op de Inlaagpolder is gewijzigd. Het werkterrein is enkele meters verschoven en verkleind.
24 V23.2	24	24-RHL-V Versie 9 19-4-2013	Het werkterrein wintrackmast 24 wordt gekanteld, waardoor minder slootomlegging noodzakelijk is. Het werkterrein van vakwerkmast 23.2 wordt ingekort. Hierdoor kan worden volstaan met een duiker.
26	**25**	25-RHL-V Versie 9.2 30-5-2013	Het werkterrein wordt ingekort. Tevens wordt een damwand geplaatst, waardoor de doorgaande watergang met een beperkte slootbreedte van 3 meter kan worden behouden. Omlegging van de watergang is hierdoor niet noodzakelijk.
29 V27.2	**28**	28-RHL-V Versie 9 19-4-2013	Het werkterrein van zowel vakwerkmast 27.2 als wintrackmast 29 wordt gekanteld, waardoor minder slootomlegging noodzakelijk is.
30	**29**	29-RHL-V Versie 9.2 30-5-2013	Het werkterrein van de bestaande vakwerkmast wordt ingekort, waardoor minder slootomlegging noodzakelijk is.

GE1001DD UN1008

33	**32**	32-RHL-V Versie 9.2 30-5-2013	De werkterreinen van de vakwerkmast 30.2 en de tijdelijke noodmast ingekort en aangepast waardoor kortere duikers kunnen worden geplaatst.
37 V34.2	**36**	36-RHM-V Versie 9 19-4-2013	De werkweg van vakwerkmast 34.2 is gewijzigd.

U ontvangt de gewijzigde tekeningen in 4-voud.

Ad B

Daarnaast is het gebleken dat de tijdelijke noodmasten N3 t/m N7 zich direct op of nabij een watertransportleiding bevinden. Om die reden kunnen de betreffende tijdelijke noodmasten niet op de voorziene wijze gerealiseerd worden. Derhalve trekken wij hierbij de aanvraag in voor zover het de tijdelijke noodmasten N3 t/m N7 betreft. Voor het overige willen wij de aanvraag handhaven

Wij verzoeken u om het vorengaande mee te nemen in de vaststelling van het definitieve besluit.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

3E1001DD UN1008

j

HRL-WV lijn BV

Aanvraag watervergunning
Randstad 380kV Noordring
Beverwijk Vijfhuizen

Aanvraag
Watervergunning

Versie 2.2

1 oktober 2010

Rijkswaterstaat
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

ip

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Introductie

Inleiding

Met dit formulier kunt u een watervergunning of wijziging daarvan aanvragen.

Belangrijk! Raadpleeg altijd eerst de gemeente waar uw voorgenomen activiteiten plaatsvinden of de bevoegde instantie en hoor of een vergunning nodig is. Vaak volstaat alleen een melding.

De watervergunning

De watervergunning dekt alle activiteiten in het watersysteem. U hebt een watervergunning nodig als u in, op, boven, over of onder een oppervlaktewaterlichaam (watergang, vijver, rivier, kanaal, meer of zee) of waterkering activiteiten wilt ondernemen, of als u grondwater wilt onnrekken of water wilt infiltreren in de bodem.

De aanvraag

U dient de aanvraag om een (wijziging van de) watervergunning in bij de gemeente of rechtstreeks bij de bevoegde instantie. De bevoegde instantie beoordeelt of de gevraagde vergunning kan worden verleend.

Bevoegde instantie

Dit kan zijn: een waterschap (regionaal watersysteem), Rijkswaterstaat (hoofdwatersysteem), de provincie (grote grondwateronnrekkingen/infiltraties) of de Inspectie Verkeer en Waterstaat (eigen werken RWS) en is alhankelijk van de voorgenomen activiteiten en de locatie. Neem bij twijfel hierover contact op met uw gemeente of de bevoegde instantie (zie de bijlage voor contactgegevens).

Vooroverleg

Vooroverleg met de bevoegde instantie maakt de beoordeling van uw aanvraag makkelijker. Neem daarom vroegtijdig contact op met de bevoegde instantie. U hoort waarvoor u precies een watervergunning nodig heeft en welke voorwaarden gelden.

Behandelkosten

Provincies of walerschappen kunnen kosten in rekening brengen voor de behandeling van uw aanvraag.

Zo werkt het

- Voer bij voorkeur vooroverleg met de bevoegde instantie
- Vul het formulier in voor zover nodig
- Voeg de gevraagde bijlagen toe, elk voorzien van een nummer
- Onderteken het formulier
- Verstuur de aanvraag inclusief bijlagen in viervoud naar de gemeente of naar de bevoegde instantie
- Afhankelijk van de procedure ontvangt u binnen acht weken of zes maanden bericht over toewijzing of afwijzing van uw aanvraag en de mogelijkheid om in beroep te gaan. Als de procedure langer duurt, ontvangt u daarover apart bericht.

Digitale aanvraag

Naar verwachting kunt u vanaf het midden van 201 1 via Omgevingsloket online digitaal een aanvraag indienen. Tot die tijd is alleen dit fonnulier geldig.

01. Algemene gegevens

Inleiding

Vul dit onderdeel van de aanvraag altijd in. Als bij de vraag een toelichting (i) of een bijlage (!) hoort. dan is dit aangegeven. Toelichtingen (i) staan op een apart toelichtingenblad.

> *Vul liter de gegevens in van degene op wiens naam de vergunning moel komen: organisatie/bedrijf of particltller*

1 Gegevens van de aanvrager

Organisatielbedrijf: TenneT TSO BV

Naam en voorletter(s): I.F.M. Hennans - Projectmanager Randstad 380 kV

Adres:

Postcode: Postbus 718

Woonplaats: 6800 AS Arnhem

Telefoonnummer: 026-373 1555

E-mailadres:

2 Gegevens van de contactpersoon of adviseur van de aanvrager

Naam en voorleuer(s): S. Zehenpfenning

Functie: Juridisch adviseur vergunningen

Telefoonnummer: 026-373 1555

E-mailadres:

> *Stuur een mach/lging mei de aanvraag mee*

3 Gegevens van de gemachtigde (dient de aanvraag namens de aanvrager in)

Naam en voorlener(s):

Adres:

Postcode:

Woonplaats:

Telefoonnummer:

E-mailadres:

! *Bijlage*

> *Vul in voor zover mogelijk*

4 Locatie van de activiteiten

CD

Adres: Zie bijlage 01-4d

Postcode en plaats:

Kadastrale gegevens

Gemeente: Zie bijlage 01-4c sectie: nununcr(s):

Gemeente: sectie: nummer(s):

Aanvraag

Watervergunning
01 . **Algemene gegevens**
Mmisterie van Verkeer en Waterstaat

Overige locatiegegevens

Naam oppervlakte-waterlichaam: NVT

XIV-coördinaten:

Kilometrering: Zijde *(N/ZJOlWlLilRe):*

5 Periode van de activiteiten

> *Ga =o nodIg verder op een aparte bi/lage*

5a Wat is de geplande begin- en einddatum van de voorgenomen activiteiten?

Activiteit:

Begindatum: ddlmmlliü: **Einddatum: ddlmmlliü:**

Activiteit:

Begindatum: dd/mm/jjjj: **Einddatum: ddlmm/liü:**

Activiteit:

Begindatum: ddlmm/liü: **Einddatum: ddlmmliiü:**

Geefzo nodig een toelichting

Zie bijlage Ol - 4d

6 Activiteiten

> *Geef een korte omschrijving*

6& Omschrijf de aard van de activiteiten

Aanleggen van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding (33 masten en een opstijgpunt)
Verwijderen van het bestaande 150 kV tracé Velsen - Vijfhuizen (36 masten en een opstijgpunt)
Aanleggen en verwijderen tijdelijke noodlijnen
Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken
Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen

6b OmschrijF de reden / hel doel van de activiteiten

Zie boven

Aanvraag

Watervergunning
OI. Algemene gegevens
Minislerie \'011 Verkeer en Walerslaai

7 Type aanvraag

7a Gaat het om een nieuwe aanvraag of om een wijziging van een vergunning?

- Nieuwe aanvraag

O Aanvraag voor wijziging van een bestaande vergunning, namelijk:

Vergunningnummerlkenmerk: _____ Datum: _____

Verleend doorlbevoegd gezag: _____

Overzicht bijlagen bij blad 01

> *Voorzie de bljloge van het juiste nummer*

Vraag	Benodigde bijlage	Toelichting	Nummer
4	Situatietekening, kaart of folo	Gebruik een situatietekening, kaan, foto of andcr geschikt middel om de precieze locatie van de activiteiten len opzichte van de omgeving aan te geven, Tekening en kaart zijn voorzien van cen noordpijl De schaal van de kaart is I:I0.000. maar na overleg met de bevoegde instantie mag u c\'entueel een andere schaal gebruiken.	O1-4
5a	Begin- en einddatum activiteiten	Vervolg van de bij vraag 5a vermelde datums,	01-5a

02. Activiteitenkeuze en ondertekening

Inleiding

Vul dit onderdeel van de aanvraag altijd in. Ga daarna door naar de keuzebladen die voor u van toepassing zijn. Ten slotte ondertekent en verstuurt u de aanvraag, inclusief bijlagen. Het is mogelijk dat u naast de watervergunning. ook andere vergunningen nOdig hebt afmeldingen moet doen. Lees hier meer over in de toelichting. Raadpleeg bij twijfel uw gemeente of de bevoegde instantie. Toelichting (i) staat op een apart toelichtingenblad.

1 Keuze van activiteiten

> ij kunt meerdere onderdelen aankruisen

Ja Kruis aan wat van toepassing is op uw aanvraag

	Activiteit	Toelichting	Keuzeblad
O	Stoffen in een oppervlaktewaterlichaam brengen	U will bijvoorbeeld afvalwater in een oppervlaktcwaterlichaam lozen of rechtstreeks (dus niet via de gemeentelijke riolering) afvoeren naar een rioolwaterzuiveringsinrichting.	AI
O	Stoffen in zee brengen	U wilt baggerspecie op een locatie builen de 12·mijlszone van de Noordzee storten.	A2
☒	Een waterstaatswerk of bcschermingszone gebruiken	U wilt werkzaamheden verrichten in, op, boven, over ofonder ccn waterstaatswerk of de aangrenzende beschcnningszonc Een waterstaatswerk is een oppcrvlaktewatcrliehaam. bergingsgebied, waterkering of ondersteunend kunstwerk (bijv. een sluÎs of stuw).	A3
☒	Water in de bodem brengen of eraan onttrekken	U wilt grondwater onttrekken of in samenhang daarmee water in de bodem brengen (infiltreren). Ook onttrekkingen in verband met bodcmenergies)'S1emen vallen in deze categorie	A4
O	Water in een oppervlaktewaterlichaam brengen of eraan onttrekken	U wilt grote hoeveelheden water in een oppervlaktewaterlichaam lozen of daaraan grote hoeveelheden onttrekken.	A5

2 Ondertekening

2a Onderteken deze aanvraag als u alle van toepassing zijnde vragen hebt beantwoord

Ik verklaar dit formulier en de bijlagen naar waarheid te hebben ingevuld

Datum: 17-09-2012

Plaats: Arnhem

Handtekening aanvrager:

> A/leen als u gemachtigd bent

Handtekening gemachtigde:

Aantal bijgevoegde bijlagen:

3 Aanvraag versturen

> Zie de bijlage voor COf/lactgegevens van bevoegde instanties

Ja Stuur alle ingevulde onderdelen van de aanvraag inclusief de bijlagen in viervoud (tenzij de bevoegde instantie anders aangeeft) naar de gemeente waar de activiteiten worden uitgevoerd of rechtstreeks naar de bevoegde instantie

> Maak een kopie voor eIgen gebruik

Uitzondering:
Als u activiteiten in de Noordzee wilt verrichten, stuurt u de aanvraag nict naar de gemeente, maar altijd rechtstreeks naar Rijkswaterstaat (zie de bijlage voor contactgegevens)

A3. Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Inleiding

Vul dit onderdeel in als u activiteiten wilt uitvoeren in, op, boven, over of onder een waterstaatwerk of bijbehorende beschermingszone, of als u vaste substanties of voorwerpen wilt storten, plaatsen, neerleggen ofjuist wilt laten staan of laten liggen bij het waterstaatwerk of de beschermingszone. Een waterstaatswerk is: een oppervlaktewaterlichaam (zoals een watergang, vijver, rivier, kanaal, meer of zee), een bergingsgebied. een waterkering of een ondersteunend kunstwerk (zoals een sluis, stuw of brug).

Let op! Raadpleeg uw waterbeheerder vooraf of u een watervergunning nodig hebt of dat u alleen een melding hoeft te doen.

Als bij de vraag een toelichting (i) of een bijlage (!) hoort, dan is dit aangegeven. Toelichtingen (i) staan op een apart toelichtingenblad.

1 Gebruik

> *Krms aan wal van toepassing is en ga verder bij de voor u relevante vra(a)g(en)*

1a Op welke wijze wilt u gebruikmaken van het waterstaatwerk? Meerdere opties zijn mogelijk

	Activiteiten	Vraag
☒	Dempen van een oppervlaktewaterlichaam	2
0	Graven van een oppcrvlaktewalerlichaam	3
0	Ontwikkelen of inrichten van natuur	4
0	Aanleggcn, wijzigen of verwijderen van een brug	5
0	Aanleggen, wijzigen of verwijderen van een dam (met of zonder duiker)	6
0	Beschoeien (oeververdediging)	7
0	Aanbrengen van beplanting in of nabij een oppervlaktewaterlichaam	8
0	Overige activiteiten in of nabij oppervlaktewaterlichamen	9
0	Oprichten van bouwwerken. niet zijnde gebouwen. in de Noordzee	JO
☒	Activiteiten in, op ofnabij walerkeringen	11
0	Aanleggen van kabels afleidingen	12
0	Innemen van een ligplaats	13
0	Bouwen. wijzigen of verwijderen van ccn steiger of vlonder	14
0	Wijzigen van het waterpeil	15
☒	Aanbrengen van verhard oppervlak (waaronder dakoppervlak)	16
0	Activiteiten in een waterbodem	17

! *Bijlage*

1b Voeg als bijlage loe: een construclietekening van de voorgenomen activiteiten

Aanvraag

Watervergunning
A3. Waterstaatswerk of beschenningszone gebruiken
Ministerie I'an Verkeer en WatersJaat

2 Dempen van een oppervlaktewaterlichaam

2a Kruis aan wat van toepassing is op de aanvraag

O Geheel dempen van een oppervlaktewaterlichaam
• Dempen van een deel van een oppervlaktewaterlichaam
O Versmallen van een oppervlaktcwaterlichaam

2b Geef aan **wat** de lengte is van het te dempen oppervlaktewaterlichaam in meters

Zie bijlage A3-16a m

2c Geef aan wal de omvang is van de demping in vierkante en kubieke meters

Zie bijlage AJ-16a m

m³

2d Omschrijf hieronder de toe te passen materialen voor de demping

Zie bijlage A3-16a

11 Activiteiten in, op of nabij waterkeringen

Ila Kruis aan wat van toepassing is op de aanvraag

O Oprichten van een gebouw, zoals een woning, bedrijfspand, strandpaviljoen of strandhuisje
O Aanbrengen van een waterinlaat- ofwateruitlaatconstructie
O Plaatsen van een windturbine(park)
O Aanleggen van een oprit of grondlichaam
O Aanbrengen vaReen baggerdepot of gronddepot
O Ontgraven van grond
O Beweiden met vee, namelijk:

soort vee: aantal te beweiden stuks vee:

O Organiseren van een wedstrijd ofevenement, namelijk in de periode:

van (ddlmmfliii): tol (ddlmmlfuj):

O Aanbrengen van beplanting/bomen, namelijk:

soort:

O Verwijderen van beplantinglbomen, namelijk:

soort :

O Uitvoeren van boringen ofsonderingen
O Oprichten van zandbanketten op het strand ten behoeve van niet-pennanente bebouwing
O Verplaatsen van zand op het strand (anders dan zandbanket)
• Andere werkzaamheden, namelijk:

Aanleggen van de nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding (33 masten en een opstijgpur
Verwijderen van het bestaande 150 kV tracé Velsen – Vijfhuizen (36 masten en een opsti
Aanleggen en verwijderen tijdelijke noodlijnen
Aanleggen en verwijderen tijdelijke jukken
Aanleggen en verwijderen werkterreinen en werkwegen

16

Aanbrengen van verhard oppervlak (waaronder dakoppervlak)

16a Kruis aan wat van toepassing is op de aanvraag

- Aanbrengen van verharding
- O Inrichten van een opslagdepot (bijvoorbeeld voor grond of grind)
- O Bouwen van dakoppervlak
- O Bouwen van kassen
- O Anders, namelijk:

16b Wat is het soort of type van de aan te brengen verharding?

Zie bijlagen A3 - 1a en A3 - 16b

16c Vermeld de oppervlakte van de aan te brengen verharding, dakoppervlak of kassen

40 m2 per mastlocatie m²

16d Omschrijf de wijze van afvoer van het hemelwater dat op de verharding valt

16e Omschrijf de compenserende of bergende maatregelen voor de aan te brengen verharding, dakoppervlak of kassen

Ter compensatie wordt waterberging gerealiseerd

Overzicht bijlagen bij blad A3

> *Voorzie elke bijlage van het juiste nummer*

Vraag	Benodigde bijlage	Toelichting	Nummer
1b	Constructietekening met berekeningen	Criteria: minimaal A4, goed leesbare gegevens, geen 'verkleinde' aanlevering' in verband met de schaalindeling, correcte schaalindeling en onderbouwende berekeningen.	A3-1b
4d	Profielschets	Profielschets van de oever.	A3-4d
4e	Vegetatiekaart	Een vegetatiekaart, schaal 1:5000, met weergave van de vegetatiesoorten en de contour waar de soort naar verwachting ontstaat, of wordt gepland. Geef op de kaart de ruwheidstypen in gesloten contouren en aangegeven door gekleurde vlakken weer. Geef ook de contouren, als van toepassing, van bebouwing weer op de kaart. Bebouwing wordt meegenomen in de bepaling van de weerslagland van de stroming.	A3-4e
10,	Beschrijving gevolgen rechtmatig gebruik	Beschrijving van de gevolgen van de voorgenomen activiteiten voor het rechtmatig gebruik van de Noordzee door derden	A3-10a
10b	Beschrijving	Beschrijving van de gevolgen van de voorgenomen activiteiten voor het milieu	A3-10b

Aanvraag

Watervergunning
A3. Waterstaatswerk of beschenningszone gebruiken
Ministerie van Verkeer en Waterstaal

	milieugevolgen		
I0c	Oprichlings- en inrichtingsplan	Omschrijving van de veiligheidswaarborgen, het onderhoud, de verlichtingsmaatregelen, maatregelen ler voorkoming en beperking van calarmteilen, en de wijze van verwijdering van de installalie.	A3-IOc
lIJd	Beschrijving nut en noodzaak	Beschrijving van het nut en de noodzaak van hel oprichten van het werk of de inslallatle in de EEZ.	AJ-IOd
IIb	Tekeningen	Tekening met een dwarsdoorsnede van hel werk ten opzichte van de waterkering met maatvocnngen en een tekening met de dwarsdoorsnede van de hUidige situatie (ten opzichte) van de waterkering.	A3-lIb
IIb	Berekeningen	Berekeningen op basis van gegevens verkregen uit grondonderzoek confonn nonnering TAWIENW door een op dil vakgebied ter zake kundige. De berekeningen lonen ten minste aan dat: door de activiteiten de stabiliteil van de waterkering of kade niet afneemt, • door de activiteiten de waterkering of kade niet zodanig waterdoorlalend wordt dat risico's ontstaan in de vonn van piping en kwel. • door eventuele bemaling tijdens de activileiten geen schade wordt veroorzaakt aan de (grondlagen in de) waterkering of kade en naaslgelegen ondervelden.	AJ-lIb2
IIb	Werkplan	Plan van aanpak	A3-11b3
IIb	Boorplan	Boorplan Îs nodig als de waterkering of de bijbehorende beschermingszone wordt gekruist door een horizonlaai gestuurde (HDD-)boring. Het boorplan bevat een beschrijving van de horizontaal gestuurde boring.	A3-11b4
I2c	Tracé-tekening van de kabel of leiding	De ligging van de kabel of leiding, in een gangbare, goed leesbare schaal, met daarop de leidinggegevens en eventueel bijkomende werken. Als detailtekening op de tracé-lekening zelf of apart aangeven: kruisingen met oppervlal:tewaterlichamen in doorsnede met opga\'e van maatvoeringen en de kabel- of leidinggege\'ens vermelding van de aanlegmelhode.	A3·12c
I2c	Berekening van de leiding en de effecten	Een berekening van de leiding en de effecten op de waterkering confonn de NEN 3650, 365 1·serie, NPR 3659.1996 als de kabel of leiding binnen de waterkering wordt gelegd.	AJ-12c2
I2c	Tekening kabel of leiding binnen waterkering	Doorsnede van de kabel enlof leiding ten opzichle van de waterkering met vermelding van evenluele boogstralen (bij kruisingen), gege\'ens van toegepaste materialen en hel te transponeren medium.	A3-12c3
I2c	Boorplan	Boorplan is nodig als een oppervlaktewaterlichaam, waterkering ofbijbehorende beschermingszone wordt gekruist door een horizomaal gestuurde (HDD.)boring. Het boorplan bevat een beschrijving van de horizontaal gestuurde boring.	A3·12c4
I2c	Werkplan	Plan van aanpak met omschrijving van de aanlegmethode als de kabel of leiding bmnen de waterkering wordt gelegd.	A3-12c5
15<1	Tekeningen	Een tekening met de begrenzing van het gebied waarop de peilwijziging van invloed is, plus detailtekeningen van alle toegepaste peilregulerende werken met vermelding van de gebruikte schaal en toegepaste materialen.	A3-15d
lsd	Rapport peilwijzigmg	Beschrijving van de noodzaak van de pcilwijziging, de gevolgen van de peilwijziging voor de waterhuishouding en voor eventuele derden.	A3·ISdl

A4. Water in de bodem brengen of eraan onttrekken

Inleiding

Vul dit onderdeel in als u grondwater wilt onttrekken, water wilt infiltreren of een bodemenergiesysteem wilt realiseren, waarbij grondwater wordt onttrokken of water in de bodem wordt gebracht. Raadpleeg uw waterschap vooraf of u een vergunning nodig hebt of dat u kunt volstaan met een melding. Raadpleeg echter de provincie in de volgende gevallen:

- Onurekkingen of infiltraties voor industriële toepassingen, als meer dan 150.000 m³/jaar wordt onttrokken
- Onttrekkingen of infiltraties voor de openbare drinkwatervoorziening
- Onttrekkingen of infiltraties voor een bodemenergiesysteem.

Jn deze gevallen is ontheffing van de vergunningplicht alleen mogelijk als de onttrekking niet meer dan 10 ml/uur bedraagt. Vul ook onderdeel AI van dit formulier in als bij het boren van onnrekkings- ofinfiltratieputten spuiwater ontstaat dat u in een oppervlaktewaterlichaam wilt lozen.

Als bij de vraag een toelichting (i) of een bijlage (!) hoort, dan is dit aangegeven. Toelichtingen (i) staan op een apart toelichtingenblad.

1 Onttrekkingen

1a Wat is het doel waarvoor het te onttrekken grondwater wordt gebruikt?

Provincie **bevoegd** gezag
O industriële toepassingen (>150.000 m³/jaar)
O openbare drinkwatervoorziening
O bodemenergiesysteem

Waterschap bevoegd gezag
O industriële toepassingen «150.000 mJ/jaar)
O drinkwater vee
• bronbemaling
O bodem- entof grondwatersanering
O beregening
O anders, namelijk:

Zie bijlage A4-1

1b Vul in de label de gegevens van de onttrekkingspulten in - zie Bemalingsplan

> *Ga bij meer putnummers verder op een aparte bijlage*

PulnUlllllcr	Onttrekkingsputten Nr			
Nieuw orbeslaand (nlb)				
Diameter filler(s) (m)				
Lengte filter(s) *(ro)*				
Bovenkant filter(s) l.o.v. NAP (m±NAP)				
Onderkattl filter(s) I.o.v. NAP (m±NAP)				
Bovenkant filter(s) t.o.v. maaiveld (m:tmv)				
Onderkant filter(s) I 0 v maaiveld (m±mv)				
Brulopompcapaciteil (ml/uur)				
Pompcapacilcil (m³/uur)				
RO-coördinaten *(X/Y)*·				

**plaatsaanduiding t.o.v .het Rijksdriehoeksnet*

> *Vul bij een tijdelijke onttrekking ook het totaal*

1c Geef de hoeveelheden water aan die u maximaal wilt onttrekken

Aanvraag

Watervergunning
A4. Water in de bodem brengen of eraan onttrekken
Ministerie van Verkeer en Waterslaai

in

	m^3 per uur
	m^3 per etmaal
	m^3 per maand
	m^3 per kwartaal
	m^3 per jaar
	m^3 totaal

! *Bijlage* Id Voeg als bijlage toe: een beschouwing van de (mogelijk) negatieve gevolgen van de onnrekking(en) en hun omvang

! *Bijlage* Ie Voeg als bijlage toe: een beschrijving van de maatregelen of voorzieningen die u treft om de (mogelijk) negatieve gevolgen van de onnrekking(en) Ie voorkomen of te beperken

1f Wat gebeurt mei het onttrokken grondwater, dat niet wordt verbruikt? Zie Bemalingsplan

O Lozen in cen oppervlaktcwalerlichaam
O Lozen via de gemeentelijke riolering
O Terugbrengen in de bodem/grondwater
O Anders. namelijk:

Overzicht bijlagen bij blad A4

> *Voorzie elke bijlage van het juiste nummer*

Vraag	Benodigde bijlage	Toelichting	Nummer
Ib	Tabel onttrekkingspullen	Gegevens van de onttrekklOgsputten.	A4-) b
I.	Beschouwing mei onderbouwend rapport	Beschouwing van de mogelijk (negatieve) gevolgen van de onttrekking(en) aan de hand van de criteria zoals genoemd in de toelichting.	A4·1d
Ie	Beschouwing mei onderbouwend rappon	Beschrijving van de voorgenomen maatregelen aan de hand van de criteria zoals genoemd in de toelichting.	A4-I e
2.	Tabel mfiltratîepunen	Gegevens van de infillraliepunen.	A4-2a
2.	Analyserapport	Rappon dat inzicht geeft in de samenstelling (relevante parameters) van het te infiltreren water.	A4-2d
2e	Beschouwing meI onderbouwend rapport	Beschouwing van de mogelijk (negatieve) gevolgen van de infillfalie(s) aan de hand van de criteria zoals genoemd in de toelichting.	A4-2e
2[	Beschouwing mei onderbouwend rapport	Beschrijving van de "oorgenomen maatregelen aan de hand van criteria zoals genoemd in de toelichting.	A4-2f
	Analyserapport	Rapport dal inzicht geeft in de samenstelling (relevante parameters) van het in de bodem Ie brengen waler.	A4-3e
3[	Beschouwmg mei onderbouwend rapport	Beschouwing van de mogelijk (negatieve) gevolgen van het bodenlenergiesYSleem aan de hand van de entena zoals genoemd in de loelichltng.	A4-3f

Aanvraag

Waten'ergunning
Toelichtingen
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

VRIJGAVEBLAD VERGUNNINGSGEGEVENS

DATUM 17 september 2012
REFERENTIE 000.007.400024427 HRL-WV lijn BV

ONDERWERP Aanvraag HRL-WV lijn BV

Hoogheemraadschap van **Rijnland**
Waterwet – watervergunning

Bijlage	Naam – kenmerk - revisiedatum	Gezien engineer	Paraaf voor vrijgave
01-4a	Tracékaart 380 kV Noordring Beverwijk-Vijfhuizen kenmerk: R380 10 0963 d.d. 10-8-2012	J. Verduijn	I.F.M. Hermans
01-4b	Tekening masten binnen beheergebied HH Rijnland kenmerk: R380 10 0967 blad 1, 2 en 3 van 3 d.d. 4-08-2012	J. Verduijn	G. Volman
01-4c	Kadastrale kaarten kenmerk: R380 10 1228 blad 3 *tlm* 11 van 11 d.d. 29-08-2012	J. Verduij	G. Volman
01-4d	Planning Randstad 380kV kenmerk : Overall Planning Noordring d.d. 31-7-2012	J. Verduijn	G. Volman
01-4e	Beïnvloedingsberekeningen Randstad380: Noordring kenmerk: EN-RT-110008901 d.d. 1-4-2011 Opleg notitie kenmerk: 000.007.400039762 d.d. 4-9-2012	J. Verduijn	G. Volman
A3 -1a	Constructietekeningen en berekeningen masten Mastenlijst 380 kV verbinding Beverwijk-Vijfhuizen kenmerk: 00.007.400036353 d.d. 4-9-2012	J. Verduijn	G. Volman

	Statische onlwerpberekening Masttype 'W2E350(+0), W2E350(+5), W2H400(+5), W2S400(+5), W2S350(+17), W2H350(+0), W2S350(+5), W2H350(+5), W2H300(+10), W2S300(+5), W2H300(+5), W2S300(+10)" kenmerk: -- d.d. 30-7-2012 Constructietekeningen masten: kenmerk: *MS20120025/01*, *MS20120025/02*, *MS20120025/04*, *MS20120025/06*, *MS20120025/07*, *MS20120025/08*, *MS20120025/09*, *MS20120025/10*, *MS20120025/11*, *MS20120025/12*, *MS20120025/13, MS20120025/14,* dd. 3-9-2012		
A3 -1b	Lengteprofielen kenmerk: 30813059-50-001 VKT 4.0 blad 2l1m 4 van 4 d.d. 10-8-2012	J Verduïn	G. Volman
A3 -11	Tekeningen en berekeningen maslfundaties t.o.v. waterkering kenmerk: *DT356-2/zutd/002* d.d. 8-11-2011	J. Verduijn	G. Volman
A3 -16a	Tekeningen werkterreinen masten, sloop 150 kV en noodlijnen kenmerk: 6-RVS-V, 6a-RVS-V, 6b-RVS-V, 6c-RVS-V, 6d-RVS-V, 7-RVS-V, 7a-RVS-V, 7b-RVS-V, 8-RVS-V, 8a-RVS-V, 9-RVS-V, 9a-RVS-V, 10-RVS-V, 11-RVS-V, 12-RVS-V, 13-RVS-V, 14-RVS-V, 15-RVS-V, 15a-RVS-V, 16-RVS-V, 17-RVS-V,18-RHL-V, 19-RHL-V, 20-RHL-V, 21-RHL-V, 22-RHL-V, 23-RHL-V, 23a-RHL-V, 24-RHL-V, 25-RHL-V, 26-RHL-V, 27-RHL-V, 28-RHL-V, 29-RHL-V, 30-RHL-V, 31-RHL-V, 32-RHL-V, 33-RHL-V, 34-RHL-V, 35-RHL-V, 36-RHM-V, 37-RHM-V, 38-RHM-V d.d. 20-8-2012	J. Verduijn	G. Volman

	kenmerk: 000.007.40 0024427 d.d. 6-9-2012 kenmerk: 160380-P1 d.d. 25-7-2012		
A3 -16b	Tekeningen en berekeningen mastfundalies Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk-Vijfhuizen) Fundatie Wintrackmasten. Principeberekening R38.5N poer Kenmerk: 2410010-BER-DO-KW-001 d.d. 20-8-2012 Situatietekening fundatie Wintrackmasten Randstad 380 Noord kenmerk: T-VO-KW-0-001 d.d. 30-8-2012 Principe constructietekening mastfundatie 380 kV poer R38.5 kenmerk: T-VO-KW-V-004 d.d. 20-8-2012 Constructietekening funderingspoer C.14.7, C11 ,5, R30.1, R33.7 en C9.0 kenmerk: T-VO-KW-0-001 ; T-VO-KW-0-002; T-VO-KW-0-003; T-VO-KW-0-005; T-VO-KW-0-006; T-VO-KW-0-007 d.d. 20-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
A3 – 16c	Tekeningen te slopen 150 kV tracé Velsen - Vijfhuizen Gemeente Velsen - blad 1 *tlm 6* Gemeente Haarlemmerliede c.a. - blad 1 *tlm 3* Gemeente Haarlemmermeer - blad 1 van 10 kenmerk: R380 10 0973 d.d. 29-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
A3 - 16d	Tekeningen noodlijnen kenmerk: R380 10 0974 d.d. 29-8-2012 kenmerk: 1315-VELSEN-VIJFHUIZEN NOODLIJNEN CONCEPT 16 d.d. 16-8-2012	J. Verduijn	G. Volman

A3 - 16e	Functionele eisen ten behoeve van wegkruisingen R380 noord noord kenmerk:74100606-ETD/POL 11-2336 d.d. 4-10-2011	J. Verduijn	G. Volman
A4 - 1	Bemalingsplan Randstad 380 kV Noordring-Noord kenmerk: 241001 Og-RAP-AL-WT-5.0 d.d 20-8-2012 Tennet Noordring Uitgangspunten en resultaten Opbarstberekeningen Kenmerk: 241001 0-MEM-GEOT-003 d.d. 22-8-2012	J. Verduijn	G. Volman

TenneT
Toking power further

Bijlage 01-4a

HRL-WV lijn BV

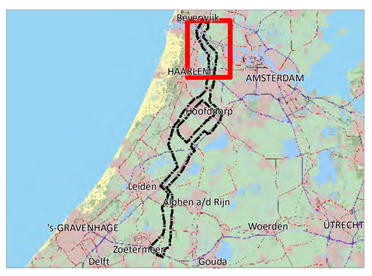
Tracékaart
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk - Vijfhuizen

Randstad 380 kV

VKT 4.0 Noordring Beverwijk-Vijfhuizen

Legenda

- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Station Beverwijk
- Station Vijfhuizen
- PKB Corridor



Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	01-09-2010	Formaat	A0
Revisiedatum	10-08-2012	Schaal	1:11.000
Kenmerk	R380 10 0963	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120807_vergunningen_VKT40\p_r380_overz_vkt40_noord_a0s.mxd

0 250 500 750 1.000 meter

N

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

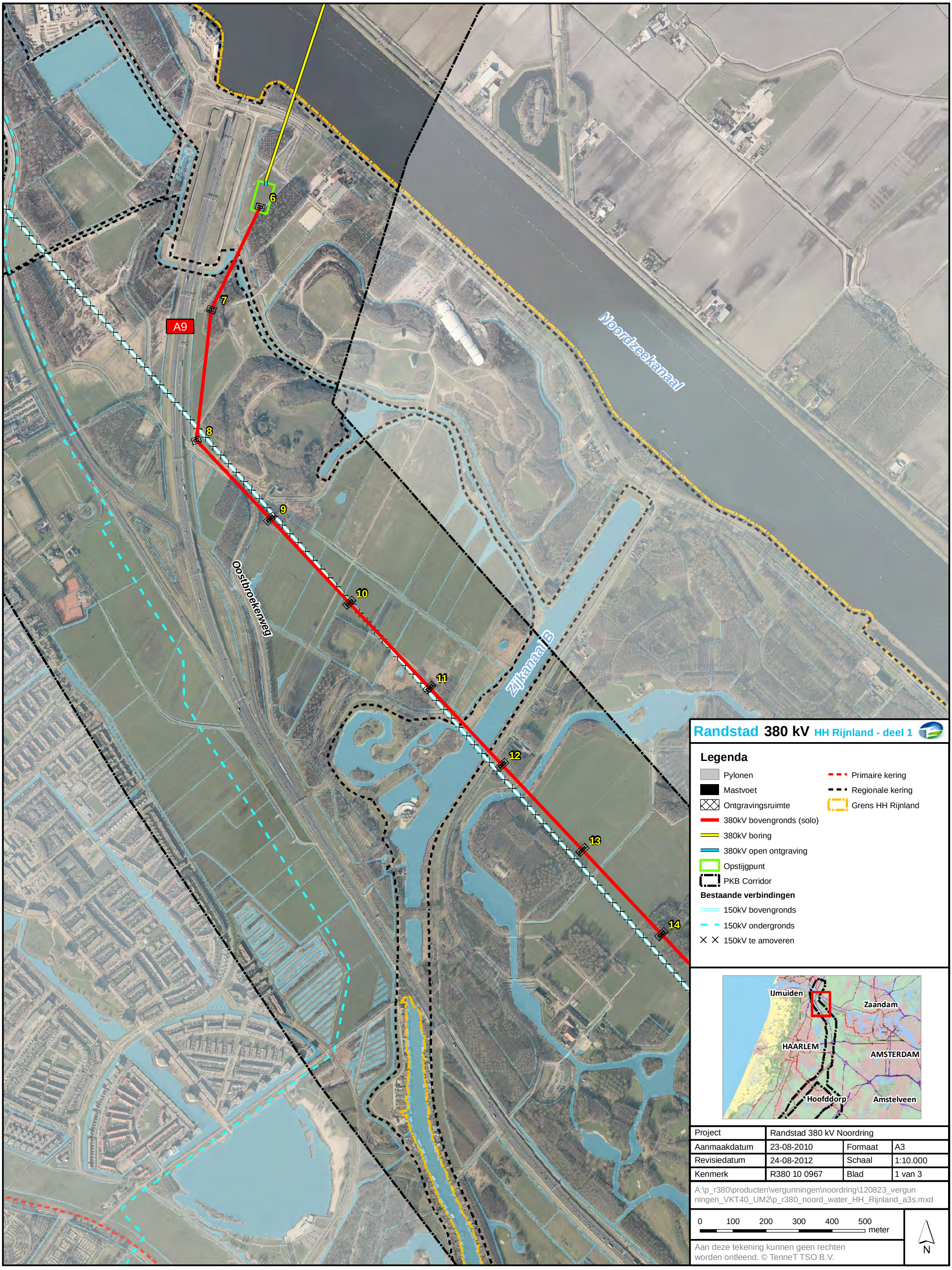
TenneT
Toking power turther

Bijlage 01-4b

HRL-WV lijn BV

Tekening masten binnen
beheergebied **HH** Rijnland

Randstad 380 kV HH Rijnland - deel 1



Randstad 380 kV HH Rijnland - deel 1

Legenda

- Pylonen
- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- PKB Corridor

Bestaande verbindingen

- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- 150kV te amoveren

- Primaire kering
- Regionale kering
- Grens HH Rijnland

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	23-08-2010	Formaat	A3
Revisiedatum	24-08-2012	Schaal	1:10.000
Kenmerk	R380 10 0967	Blad	1 van 3

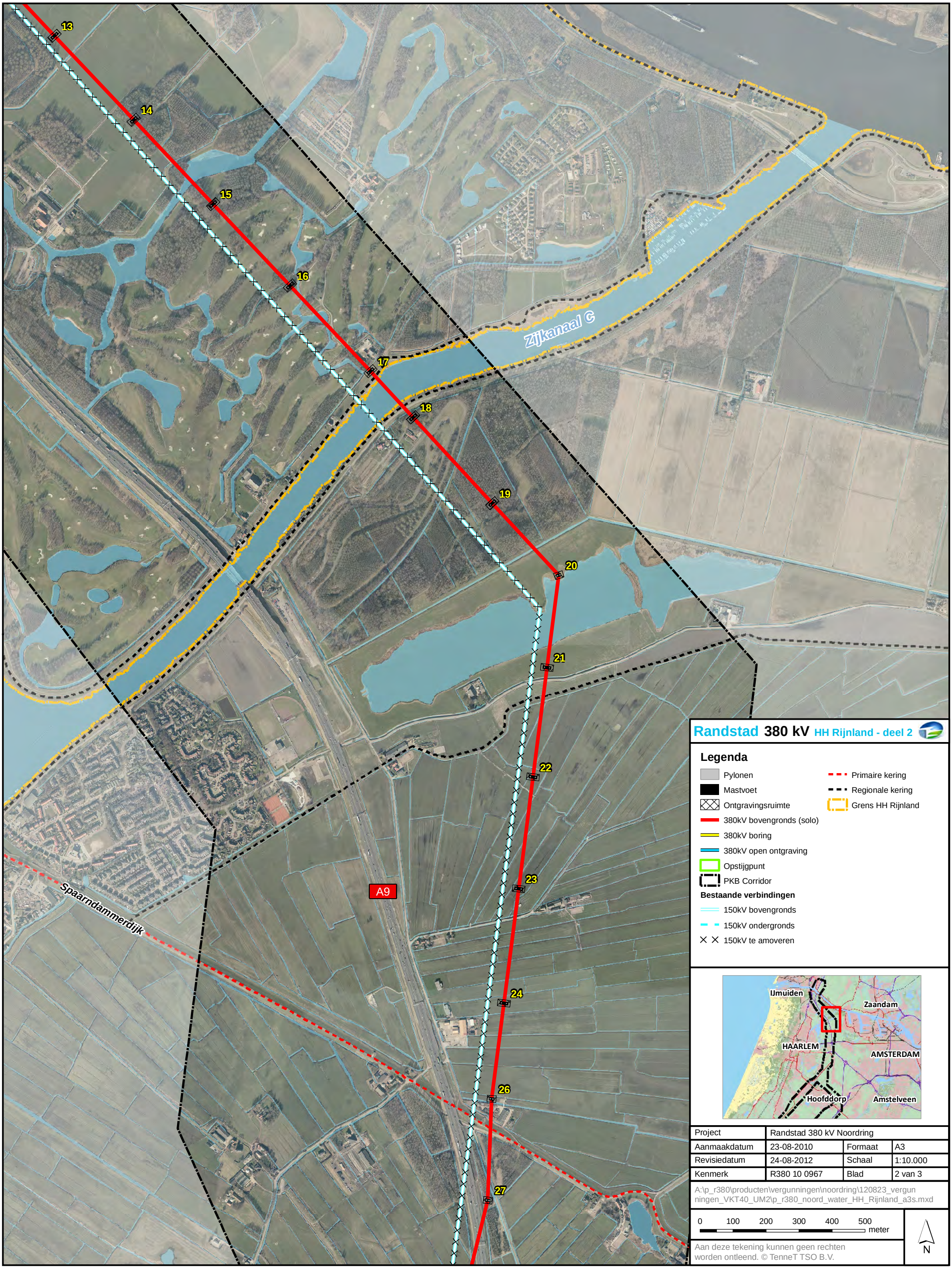
A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noord_water_HH_Rijnland_a3s.mxd

0 100 200 300 400 500 meter

N

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

Randstad 380 kV HH Rijnland - deel 2



Randstad 380 kV HH Rijnland - deel 2

Legenda

- Pylonen
- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- PKB Corridor
- Primaire kering
- Regionale kering
- Grens HH Rijnland

Bestaande verbindingen

- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- 150kV te amoveren

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	23-08-2010	Formaat	A3
Revisiedatum	24-08-2012	Schaal	1:10.000
Kenmerk	R380 10 0967	Blad	2 van 3

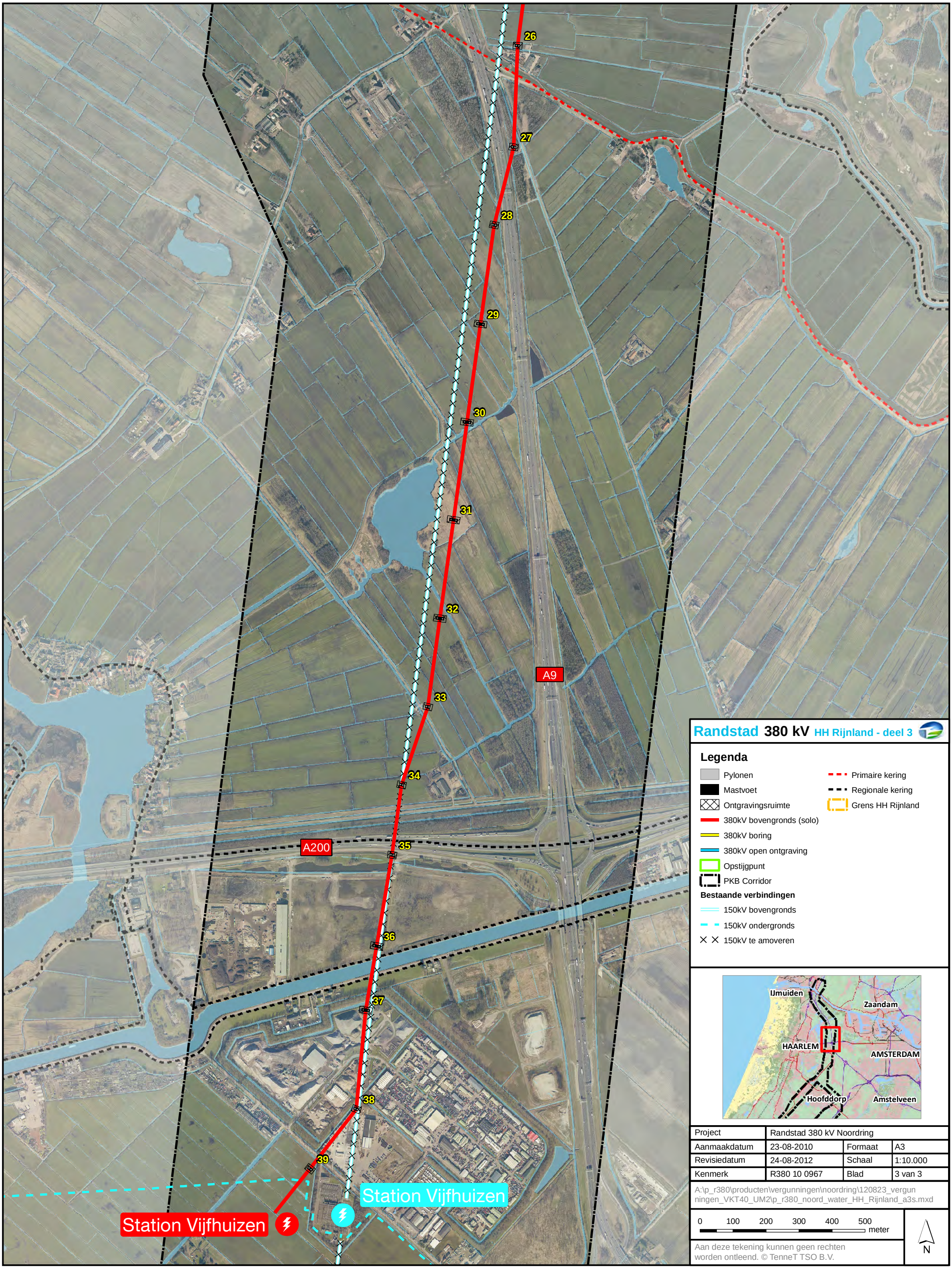
A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noord_water_HH_Rijnland_a3s.mxd

0 100 200 300 400 500 meter

N

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

Randstad 380 kV HH Rijnland - deel 3



Randstad 380 kV HH Rijnland - deel 3

Legenda

- Pylonen
- Mastvoet
- Ontgravingsruimte
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- PKB Corridor
- Primaire kering
- Regionale kering
- Grens HH Rijnland

Bestaande verbindingen

- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds
- 150kV te amoveren

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	23-08-2010	Formaat	A3
Revisiedatum	24-08-2012	Schaal	1:10.000
Kenmerk	R380 10 0967	Blad	3 van 3

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noord_water_HH_Rijnland_a3s.mxd

0 100 200 300 400 500 meter

N

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

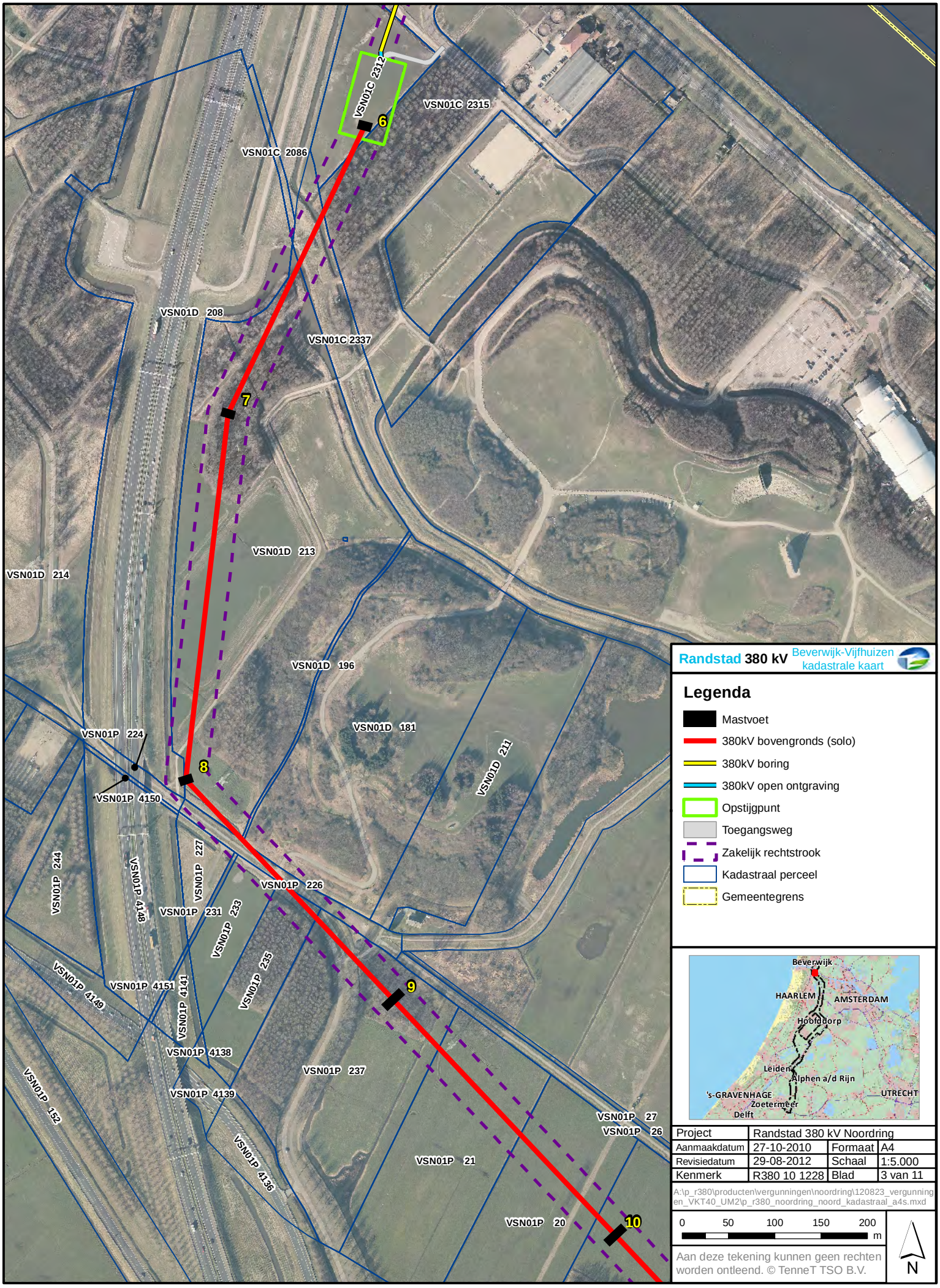
Bijlage 01-4c

HRL-WV lijn BV

Kadastrale kaarten

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	3 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

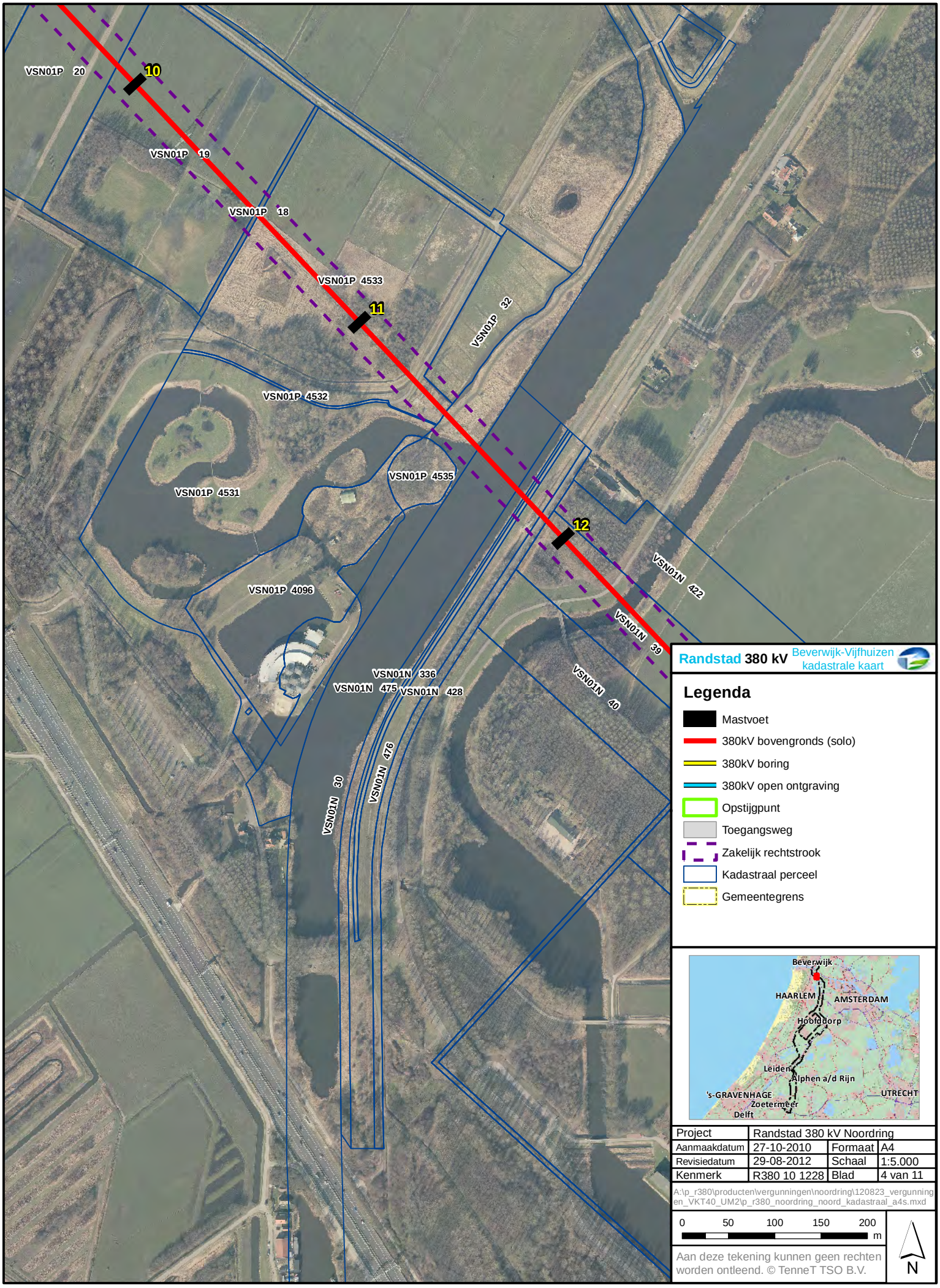
0 50 100 150 200 m

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

N

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	4 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

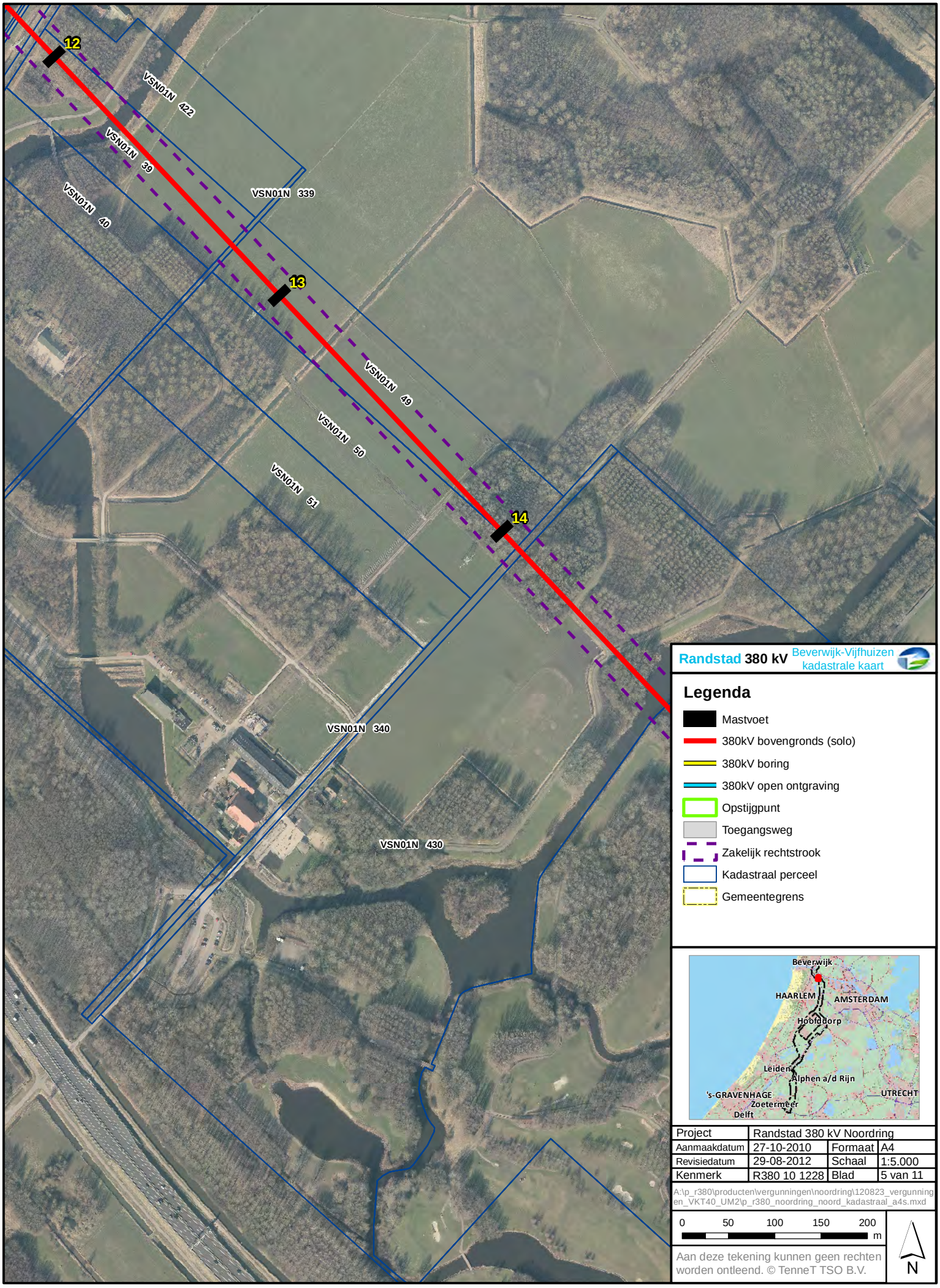
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	5 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

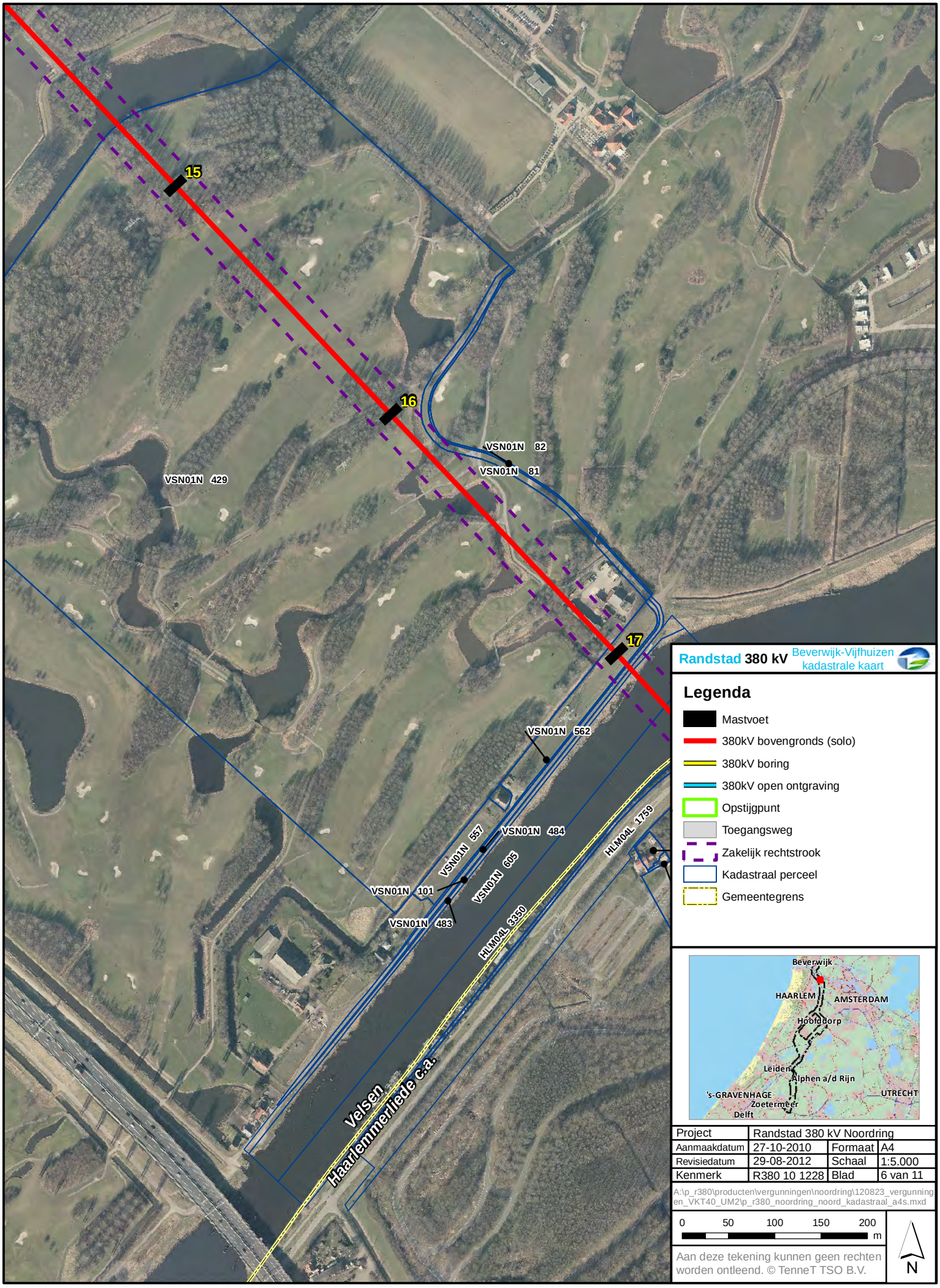
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	6 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

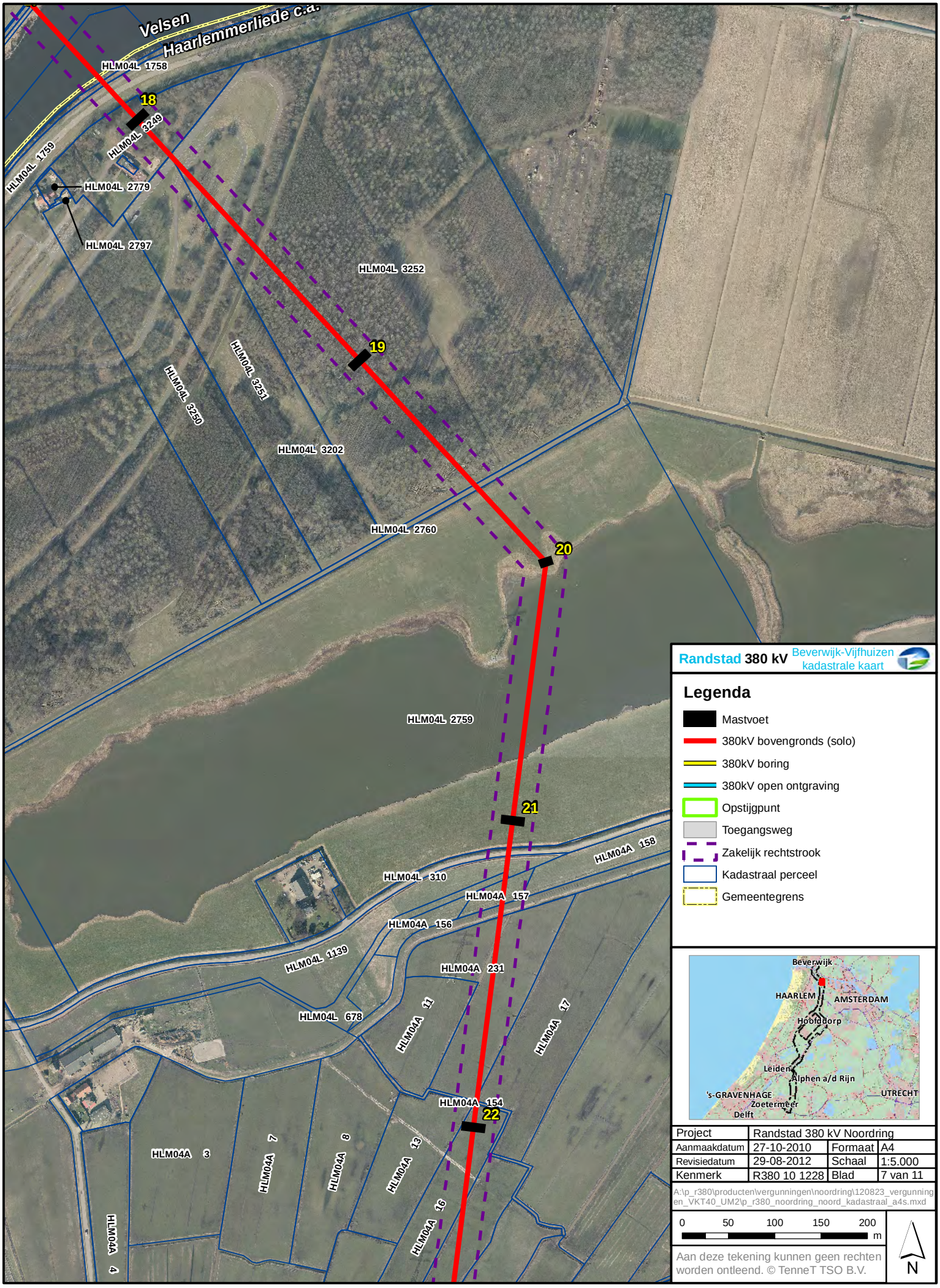
0 50 100 150 200 m

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

N

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	7 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

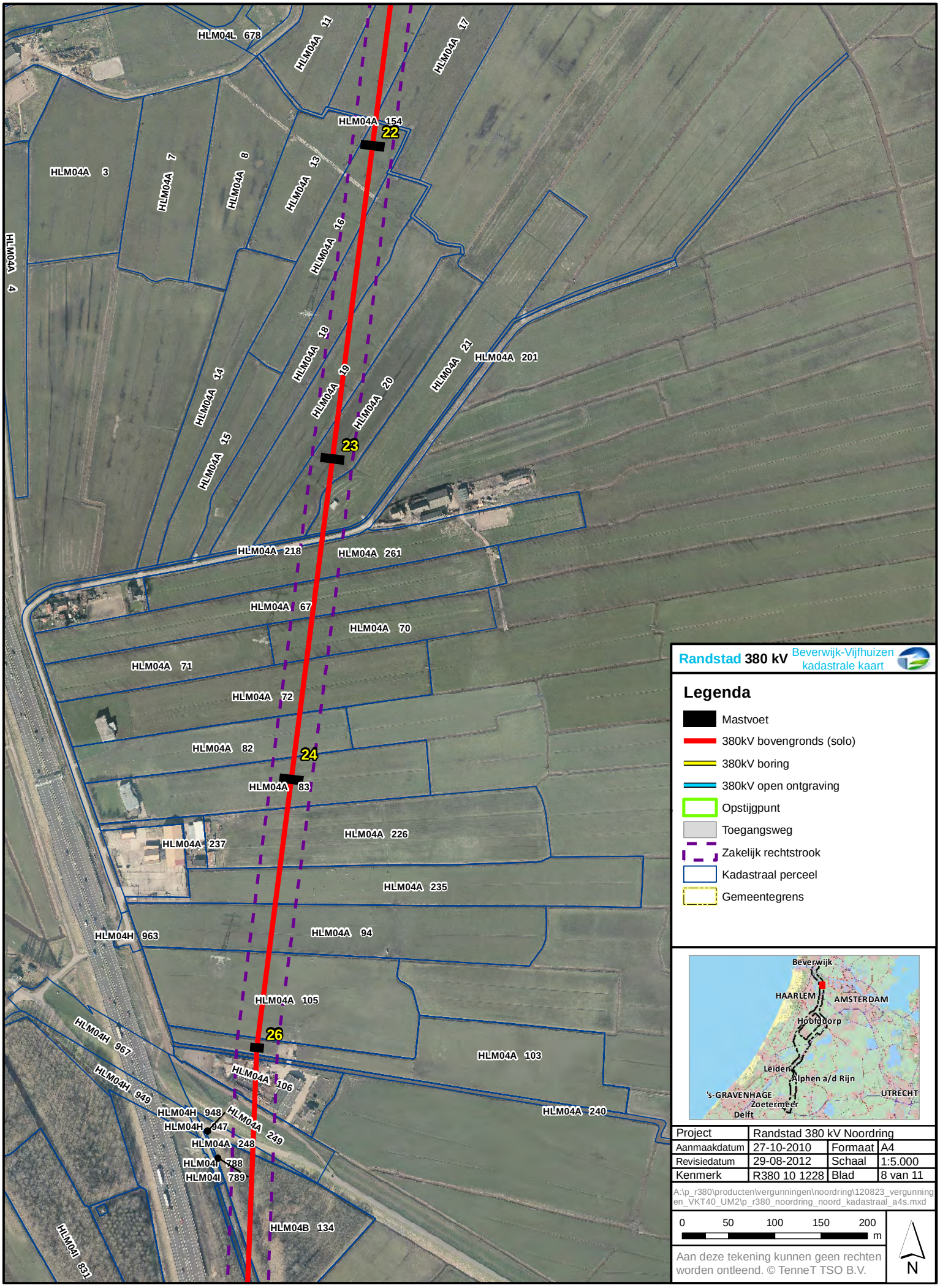
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	8 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

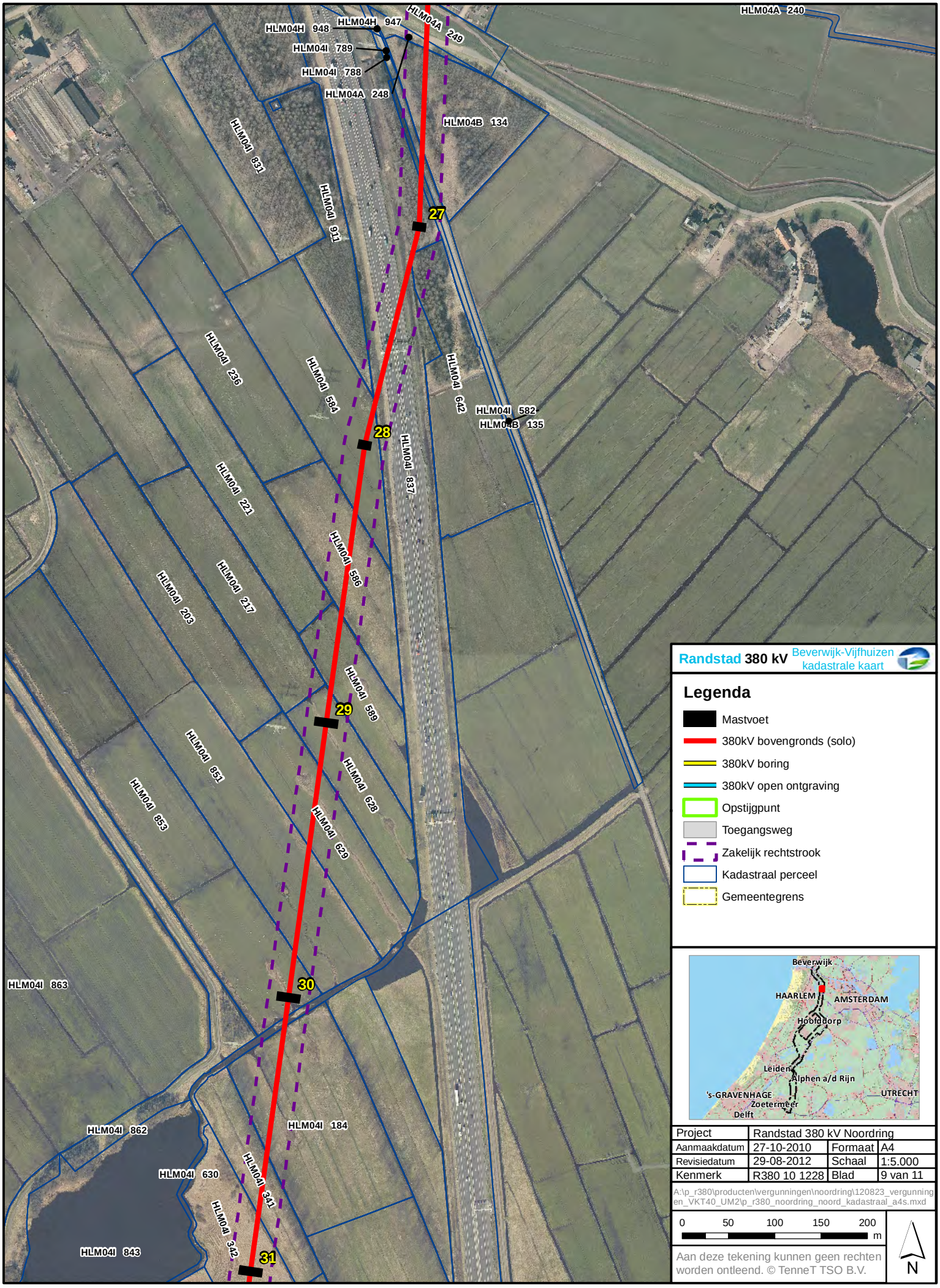
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	9 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

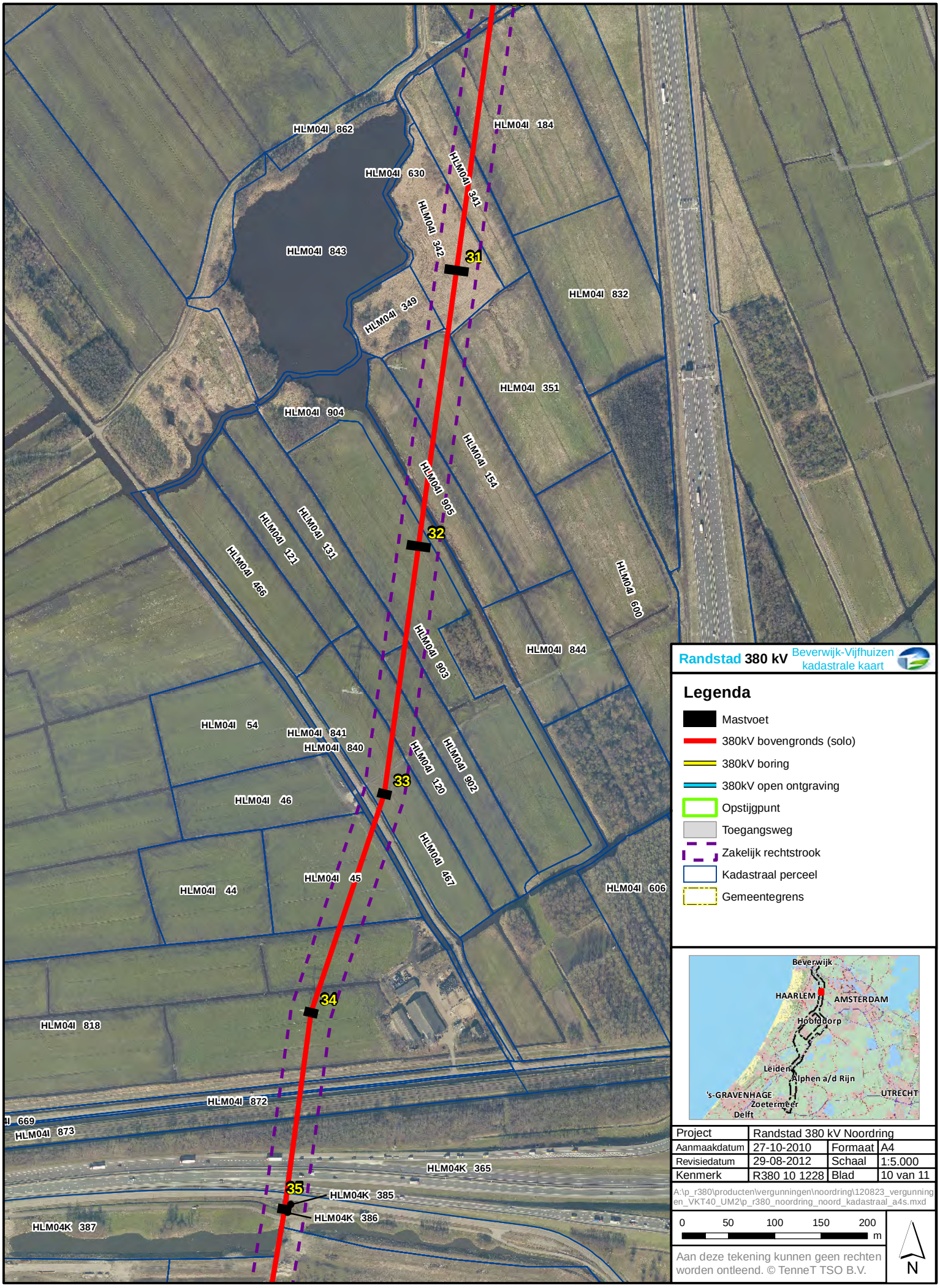
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	10 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

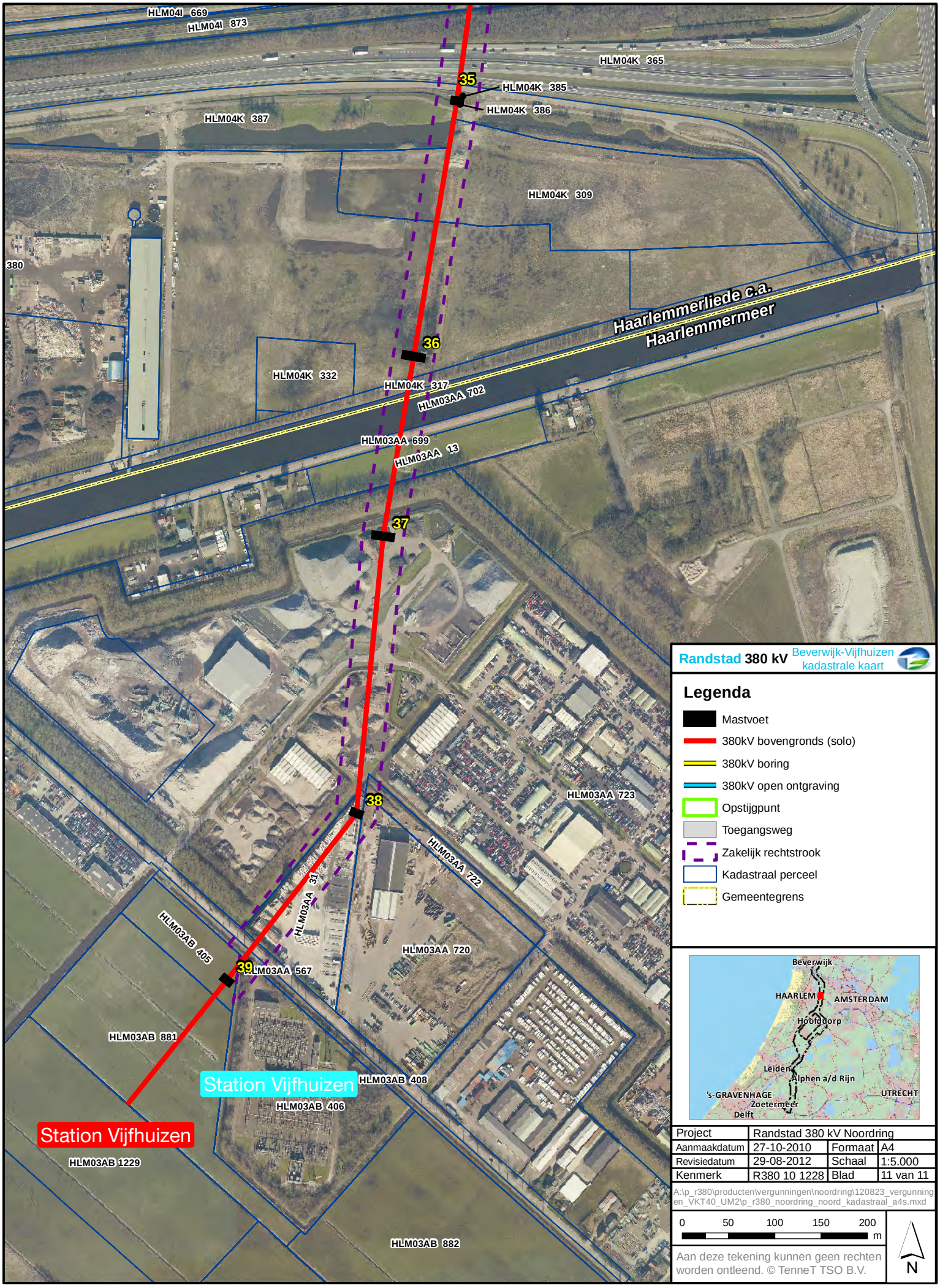
0 50 100 150 200 m

N

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

Randstad 380kV

Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen kadastrale kaart

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- 380kV boring
- 380kV open ontgraving
- Opstijgpunt
- Toegangsweg
- Zakelijk rechtstrook
- Kadastraal perceel
- Gemeentegrens

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	27-10-2010	Formaat	A4
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 1228	Blad	11 van 11

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noord_kadastraal_a4s.mxd

0 50 100 150 200 m

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

N

TenneT
Toking power further

Bijlage 01-4d

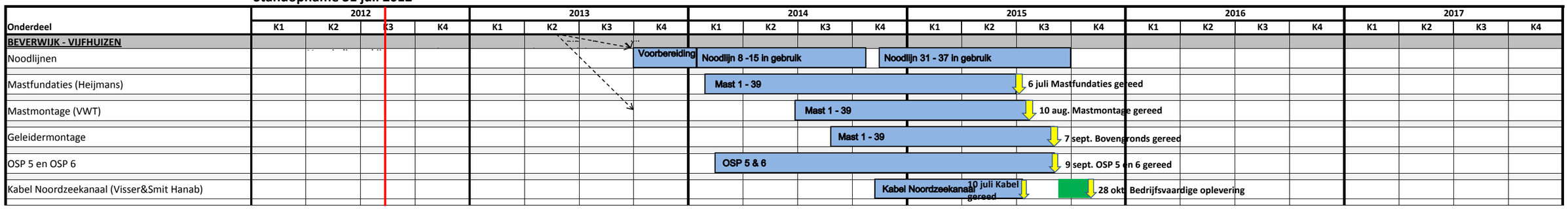
HRL-WV lijn BV

Planning Randstad 380 kV

Randstad380 Kabel voor de toekomst

Overall Planning Noordring
Standopname 31 juli 2012

TenneT Taking power further



Bijlage 01-4e

HRL-WV lijn BV

Interferentie onderzoek + oplegnotitie

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Hoogheemraadschap van Rijnland
T.a.v. dhr. T. van Urk
Archimedesweg 1
Postbus 156
2300 AD LEIDEN

DATUM 4 september 2012
UW REFERENTIE
ONZE REFERENTIE 000.007.400039762
BEHANDELD DOOR John Verduijn
TELEFOON DIRECT 0263731703
E-MAIL John.Verduijn@tennet.eu

Geachte heer Van Urk,

Om in de Randstad voldoende capaciteit te kunnen bieden voor elektriciteitstransport in de toekomst realiseert TenneT een nieuwe 380kV-hoogspanningsverbinding. De hoogspanningsverbinding bestaat uit twee van elkaar te onderscheiden verbindingen, te weten de verbinding tussen Wateringen en Bleiswijk (Zoetermeer) (Randstad380 Zuidring) en de verbinding tussen Bleiswijk en Beverwijk (Randstad380 Noordring). De verbinding zal deels bovengronds en deels ondergronds worden aangelegd en is geschikt voor het transport van hoge vermogens.

Conform NEN-EN 50341-3 moet onder meer de beïnvloeding op nabijgelegen metalen buisleidingen en kabels worden gecontroleerd aan de hand van de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 2760. Deze richtlijn geeft de maximale afstanden waarbinnen rekening gehouden moet worden met mogelijk ontoelaatbare beïnvloeding. Deze afstanden zijn algemeen geldend voor alle typen hoogspanningsverbindingen en kunnen worden beschouwd als *worst case* afstanden. MottlMovares heeft in opdracht van TenneT een inventarisatie uitgevoerd van metalen buisleidingen en kabels in dit gebied. Ook heeft MotllMovares de beïnvloeding door de hierboven beschreven nieuwe 380kV-verbinding op al bestaande metalen buisleidingen en kabels op hoofdlijnen onderzocht.

Uit het door Motl-Movares uitgevoerde onderzoek is gebleken binnen het beïnvloedingsgebied van de nieuwe hoogspanningsverbinding metalen buisleidingen of kabels van het Hoogheemraadschap van Rijnland aanwezig zijn.

De optredende beïnvloeding op deze buisleidingen of kabels is op basis van *worst case* aannames door MottlMovares beoordeeld. Uit deze beoordeling blijkt dat geen van de buisleidingen of kabels van het Hoogheemraadschap ontoelaatbaar kunnen worden beïnvloed door de nieuwe hoogspanningsverbindingen.

In de nabijheid van de nieuwe hoogspanningsverbinding zijn voorts nog enkele bovengrondse installaties (gemalen) van het Hoogheemraadschap aanwezig. Deze installaties bevinden zich allen buiten de ZRO-strook van de hoogspanningslijn en op grond van de afstanden tot de nieuwe verbinding en de afmetingen van deze installaties wordt ook bij deze installaties geen ontoelaatbare beïnvloeding verwacht.

Na de beoordeling van Molt | Movares zijn nog enkele eigenschappen van de nieuwe hoogspannings-verbinding aangepast. Deze wijzigingen betreffen in hoofdzaak het verhogen van masten en het verlagen van de transportcapaciteit van de hoogspanningslijn van maximaal 4000 A per circuit tot maximaal 3000 A per circuit. Deze aanpassingen hebben een gunstig effect voor de elektrische beïnvloeding van de hoogspanningsverbinding op de omgeving. Geconcludeerd wordt dat er uiteindelijk geen sprake zal zijn van ontoelaatbare beïnvloeding van de nieuwe hoogspanningsverbinding op installaties van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

John Verduijn
Lead engineer Randstad 380 Noordring

Mott | Movares

Beïnvloedingsberekeningen Randstad380: Noordring

Fase 1

TenneT TSO BV
Bram van Boxmeer

V.o.f. Mott Movares
Rianne Tichelaar

Utrecht, 1 april 2011
EN-RT-110008901 - Versie 0.3

Inhoudsopgave

1 Inleiding 3
2 Aanpak en Uitgangspunten 4
2.1 Hoogfrequente beïnvloeding 4
2.1.1 Vraagstelling 4
2.1.2 Aanpak 4
2.2 Laagfrequente beïnvloeding 4
2.2.1 Uitgangspunten 5
2.2.2 Kabels en buisleidingen 5
2.2.3 Vangrails en hekwerken 6
3 Berekening en Analyse 7
3.1 Hoogfrequent 7
3.1.1 Analyse 7
3.1.2 Bronkant 7
3.1.2.1 Algemeen 7
3.1.2.2 Emissieniveaus TenneT 7
3.1.2.3 Het tracé 11
3.1.2.4 Potentiële slachtoffers 12
3.1.2.5 Compatibiliteit 14
3.2 Laagfrequent 19
3.2.1 Kabels en buisleidingen 19
3.2.2 Vangrails en hekwerken 21
3.2.3 Overige objecten 23
4 Conclusies en aanbevelingen 24
4.1 Hoogfrequent 24
4.2 Laagfrequent 25
5 Referenties 26
6 Bijlagen 27
Colofon 88

1 Inleiding

De landelijke netbeheerder TenneT is bezig het elektriciteitsnet in de Randstad uit te breiden met een 380kV-hoogspanningsverbinding. Het eerste deel daarvan, in Zuid-Holland, is onderweg en nu verschuift de focus van het project naar het volgende deel. Het gaat om een tracé met 175 hoogspanningsmasten dat grofweg loopt van Bleiswijk in Zuid-Holland tot aan Beverwijk in Noord-Holland.

De bebouwing in de Randstad is nogal dicht en de aanwezigheid van andere kabels, leidingen en objecten ter plaatse van het beoogde tracé is erg aannemelijk. Daarom is Mott|Movares gevraagd om uit te zoeken welke leidingeigenaren er allemaal zijn in dit gebied en welke beïnvloeding er te verwachten valt door de 380kV-hoogspanningsverbinding op de verschillende leidingen in de buurt. Als deze te verwachten beïnvloeding de norm overschrijdt dan dienen er maatregelen getroffen te worden om schade en ongelukken te voorkomen. Het project wordt in drie fasen uitgevoerd.

De eerste fase bestaat uit het in kaart brengen van de mogelijke slachtoffers die normoverschrijdend worden beïnvloed. In dit rapport is het onderzoek beschreven dat Mott|Movares in het kader van fase 1 heeft uitgevoerd naar de verwachte beïnvloeding op de verschillende leidingeigenaren ter hoogte van het nieuwe hoogspanningstracé. Hierbij is gekeken naar de kans en effecten van zowel hoog- als laagfrequente beïnvloeding en er is een aanbeveling gedaan over de kabels, leidingen en objecten die nader onderzoek behoeven in de volgende fase van het project.

2 Aanpak en Uitgangspunten

In dit hoofdstuk is de aanpak van het onderzoek beschreven en het is verdeeld over twee delen, te weten:

- de kans en effecten van hoogfrequente beïnvloeding
- de kans en effecten van laagfrequente beïnvloeding

2.1 Hoogfrequente beïnvloeding

Objecten onder (hoog)spanning kunnen afhankelijk van geometrie en spanning hoge elektrische velden genereren. In deze elektrische velden worden door processen op atomair niveau effecten opgewekt in een breed frequentiebereik (gloeiontladingen of corona genaamd). Laagfrequent (10Hz-16kHz) is er hoorbaar geluid, in een middenfrequentie gebied (10kHz - paar tientallen MHz) zijn er radiogolven en in een heel hoog frequentiebereik is er zichtbaar en ultraviolet licht (een paar 100 THz - PHz). Daarnaast zijn er ook nog ontladingen die door slecht mechanisch contact bij mechanische constructies (ophangpunten bij lijnisolatoren) kunnen ontstaan. Doch effecten hiervan zijn lokaal, kunnen door goed werkmanschap worden voorkomen en indien pas achteraf geconstateerd zo mogelijk te herstellen. Vonkvorming bestrijkt ten aanzien van radiogolven in het algemeen wel een breder frequentiegebied (ruwweg tot 1GHz).

2.1.1 Vraagstelling

Wat zijn mogelijke gevolgen van de geplande hoogspanningslijn op het gebied van de radiostoringen? In welk gebied kan ontoelaatbare beïnvloeding ontstaan?

2.1.2 Aanpak

Omdat de term “ontoelaatbaar” in de [projectspecificatie] niet verder is gedefinieerd (intuïtief voor laagfrequent wel te koppelen aan bijvoorbeeld aanraakspanningsnormen) nemen we hier aan dat voor de hoogfrequente beïnvloeding bij overlap van frequenties beïnvloeding mogelijk is en dat de combinatie van relevante signaalniveaus en eventuele modulatie (al of niet met fout correctie technieken) bepalen of die beïnvloeding waarschijnlijk of onwaarschijnlijk is. Bij waarschijnlijke beïnvloeding bepaald het karakter van de verstoring of dat die ontoelaatbaar of toelaatbaar wordt geacht. Voor ontoelaatbaar geldt dat alles wat doden of gewonden tot gevolg zou kunnen hebben als ontoelaatbaar wordt geacht. In deze zin wordt een kortdurende radioverstoring, die zou kunnen optreden als een ontvanger zich pal onder een hoogspanningsmast bevindt, niet als ontoelaatbaar beschouwd.

Om de vraag te kunnen beantwoorden moet worden gekeken naar enerzijds de bronkant; de corona op de lijn, wat is het vermogen dat in welk frequentiegebied wordt opgewekt en uitgestraald en anderzijds naar de slachtofferkant; welke systemen werken in het relevante frequentiegebied, wat is hun typische ontvangstsignaalniveau en waar bevinden zich deze systemen? Op basis van de combinatie van deze twee gegevens kan dan worden ingeschat of er compatibiliteit zal ontstaan of dat er mogelijk problemen kunnen ontstaan. In de volgende paragraven worden deze aspecten belicht. Zie voor de gehanteerde uitgangspunten en aannames Tabel 5 in de bijlagen.

2.2 Laagfrequente beïnvloeding

Voor de bepaling van de LF-beïnvloeding naar de omgeving nabij het hoogspanningstracé Randstad380 Noordring is gekeken naar de 50Hz-inkoppeling op kabels, buisleidingen, vangrail en andere objecten die parallel lopen met het tracé van de hoogspanningslijn. Op

deze objecten kunnen 50Hz-spanningen worden geïnduceerd. Deze spanningen zijn bepaald met het simulatieprogramma SimspoG.

2.2.1 Uitgangspunten

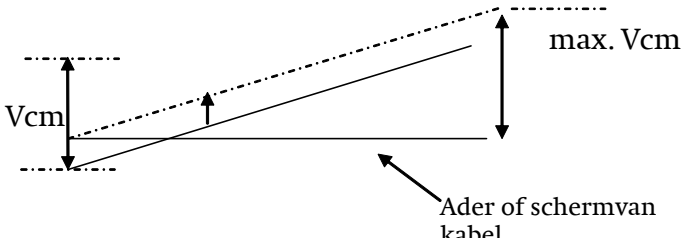
- De soortelijke weerstand van de bodem bedraagt 200 Ω.m;
- Het toegepaste simulatiemodel is SimspoG;
- Dit model is (voor 2-fasesystemen) gevalideerd aan de hand van ondermeer de metingen op de Betuweroute en de HSL-Zuid. Dit model, gebaseerd op Carson en Pollaczek, berekent de stroomverdeling tussen de diverse geleiders van de systemen en de bodem en de spanningen op en tussen die geleiders;
- De modelsectielengte bedraagt respectievelijk 200 m (kabels) en 20 m (vangrail);
- Spanningen op buisleiding worden beoordeeld conform NPR2760;
- Spanningen op hekwerken en vangrails worden beoordeeld conform NEN1041;
- Alleen 1-fase kortsluitberekeningen zijn uitgevoerd aangezien deze de *worst case* beïnvloeding oplevert en daarmee reeds in kaart brengt welke systemen/objecten hinder zouden kunnen ondervinden en welke worden meegenomen naar fase 2 van dit project;
- De 1-fase kortsluitstroom bedraagt 50 kA (*worst case* uitgangspunt);

Zie voor de overige uitgangspunten het uitgangspuntendocument ([UP]).

2.2.2 Kabels en buisleidingen

Om de *worst case* spanning[1] op kabels en buisleidingen te berekenen is in de modellering een geleider toegepast die een bepaald object in de nabijheid van het tracé representeert. Om de *worst case* spanning – dat wil zeggen de maximale spanning die zou kunnen voorkomen – te verkrijgen, is deze geleider aan één zijde geaard. Indien deze geleider een kabel met aan weerszijden een systeem zou representeren en zwevend zou zijn uitgevoerd, dan zal van de totale spanningsval over deze kabel, bij een symmetrische situatie, de helft op de uiteinden komen te staan. Echter, aangezien niet duidelijk is wat voor soort apparatuur verbonden is met deze kabels of leidingen (ten aanzien van het impedantiegedrag) zal niet de helft op de uiteinden komen te staan, maar maximaal de volle spanning. Zie onderstaande figuur voor een schematische weergave.

Figuur 2.1: Capacitieve verdeling spanning over ader of scherm



Voor een buisleiding die goed is geïsoleerd ten opzichte van de omgeving geldt dezelfde redenering. Indien deze isolatie minder goed is, dan zal in de praktijk de spanning op de uiteinden lager zijn. In de modellering is derhalve een geleider toegepast die aan één zijde is geaard om de maximale spanning zoals in de figuur is weergegeven te verkrijgen (de spanning Vcm behorende tot de stippellijn).

Om bij deze configuratie de maximum spanningen te verkrijgen, is de kortsluitpositie gevarieerd (de positie van de kortsluiting is verschoven langs het gehele tracé). De

[1] In fase 1 zijn er geen gegevens bekend van kabels, leidingen etc. in de nabijheid van de hoogspanningslijn. Details worden in fase 2 vastgelegd. Vandaar dat in fase 1 *worst case* spanningen zijn bepaald.

eenzijdig geaarde geleider is voor iedere kortsluitpositie op verschillende posities in het model gezet, zowel op verschillende afstand tot de hoogspanningsverbinding als op een verschillende positie langs het tracé, waarbij de geïnduceerde spanning is berekend.
In de modellering is uitgegaan van een geleider van 1 km (tussen het aardpunt en de positie van de kortsluiting). Bij een object langer dan een kilometer kan de spanning eenvoudig worden gecorrigeerd. Deze neemt immers rechtevenredig toe bij toenemende objectlengte.

2.2.3 Vangrails en hekwerken

Voor de bepaling van de maximale spanning op een vangrail of hekwerk geldt min of meer dezelfde redenering als hierboven. Gerekend is met een vangrail van 1 km die om de 2 meter met 100 Ohm is geaard (overeenkomstig met de afleidweerstand van een stalen staander of een kleine poer).

3 Berekening en Analyse

Dit hoofdstuk beschrijft de berekening en analyse gebruikmakend van de aanpak zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.

3.1 Hoogfrequent

3.1.1 Analyse

De analyse wordt gesplitst in 3 stappen: de bronkant, de potentiële slachtoffers en de compatibiliteit of niet-compatibiliteit daarmee, die in afzonderlijke paragraven worden gepresenteerd.

3.1.2 Bronkant

3.1.2.1 Algemeen

Eerst een aantal algemene opmerkingen.In de praktijk is eventuele interferentie op communicatiesystemen geconstateerd, met name bij systemen met AM-modulatie. De radiostoring door corona is van het weer afhankelijk; bij droog weer is het niveau het laagst, bij regenachtig weer neemt het emissieniveau ongeveer 20dB toe. In de praktijk wordt voor corona een frequentiegebied van 10kHz tot ongeveer 10MHz aangehouden. Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd door metingen zoals beschreven in [PTE], waar een scherpe daling vanaf 6MHz is geconstateerd bij een 500kV-lijn. In [CISPR18] wordt het gebied van 150kHz tot 300MHz in beschouwing genomen, waarbij nog onderscheid wordt gemaakt in het gebied van 150kHz tot 10MHz en 10MHz -300MHz. Voor frequenties boven ruwweg 300MHz kan worden gesteld dat de emissie van radiogolven zodanig is afgenomen dat daar geen interferenties worden verwacht en ook vanuit de praktijk niet bekend zijn. Voor het gebied 10MHz - 300MHz zijn de mechanismen nog niet volledig doorgrond.

Voor vonkvorming (niet-gloeiontladingen) loopt het spectrum wel verder door, ruwweg tot 1GHz. Doch effecten hiervan zijn lokaal, kunnen door goed werkmanschap worden voorkomen en indien pas achteraf geconstateerd of ontstaan zo mogelijk te herstellen tijdens lijnonderhoud. Afhankelijk van de afstand tussen een potentieel slachtoffer en een mogelijke vonklocatie (bijvoorbeeld bij een draadophangpunt of een vervuilde isolator) kunnen door niet-lineaire effecten in een ontvanger tijdelijke verstoringen optreden. Dit speelt met name bij heel gevoelige systemen. Dit effect is vergelijkbaar met in het donker kijken naar een zwak lichtverschijnsel en dan door een zoeklicht tijdelijk worden verblind. Aangezien een dergelijk fenomeen van diverse aspecten afhangt (gevoeligheid, bandbreedte, afstand, stoorniveau tijdens de vonk) is daar in zijn algemeenheid niets van te zeggen. Waarschijnlijk speelt het alleen als een dergelijke ontvanger zich heel dicht bij de lijn bevindt en dat is niet zo waarschijnlijk, maar we kunnen dit niet 100% uitsluiten.

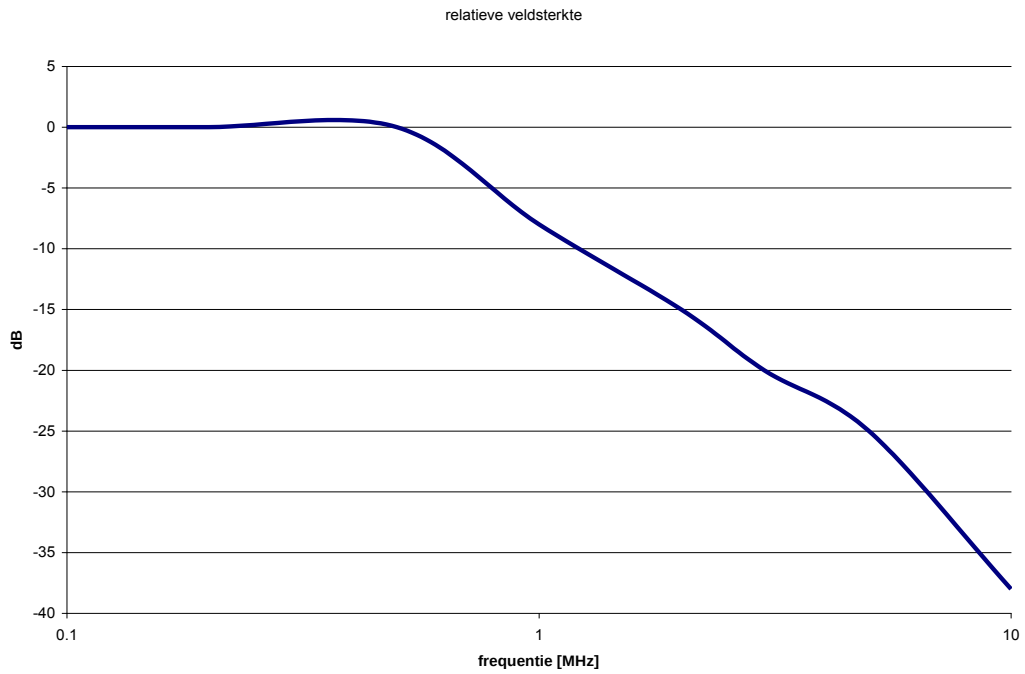
3.1.2.2 Emissieniveaus TenneT

Voor het emissieniveau van de 380kV-lijn is door TenneT geëist dat de emissie voldoet aan:
bij 0,5MHz, 6dB onder de curven in figuur B8 (lateraal omhullende) van [CISPR18]
in de band van 1-100MHz, minstens 10dB onder de curve van figuur B8 van [CISPR18]

Dit niveau is te meten op een referentieniveau van 2m boven de grond. Figuur B8 is van toepassing voor een horizontale geleiderconfiguratie, waarvan de minimale afstand 12m bedraagt en de gemiddelde afstand 16m, tussen geleider en de grond .
Aangezien het gebruikte mastbeeld verticaal is (behalve bij Schiphol) is de [CISPR18] curve niet zonder meer één op één te gebruiken. Voor de Schiphol-portalen lijkt de configuratie in

de CISPR berekening wel te passen. Verderop wordt een inschatting gegeven m.b.t. de verticale mast en emissieniveaus.
T.a.v. de invloed van de frequentie is in onderstaande grafiek weergegeven hoe de relatieve veldsterkte verloopt als functie van de frequentie. Deze curve geeft aan dat emissie met name is te verwachten in het frequentie gebied tot ongeveer 1MHz, daarboven neemt de emissie sterk af (40dB per decade).

Figuur 3.1: relatieve emissie als functie van de frequentie

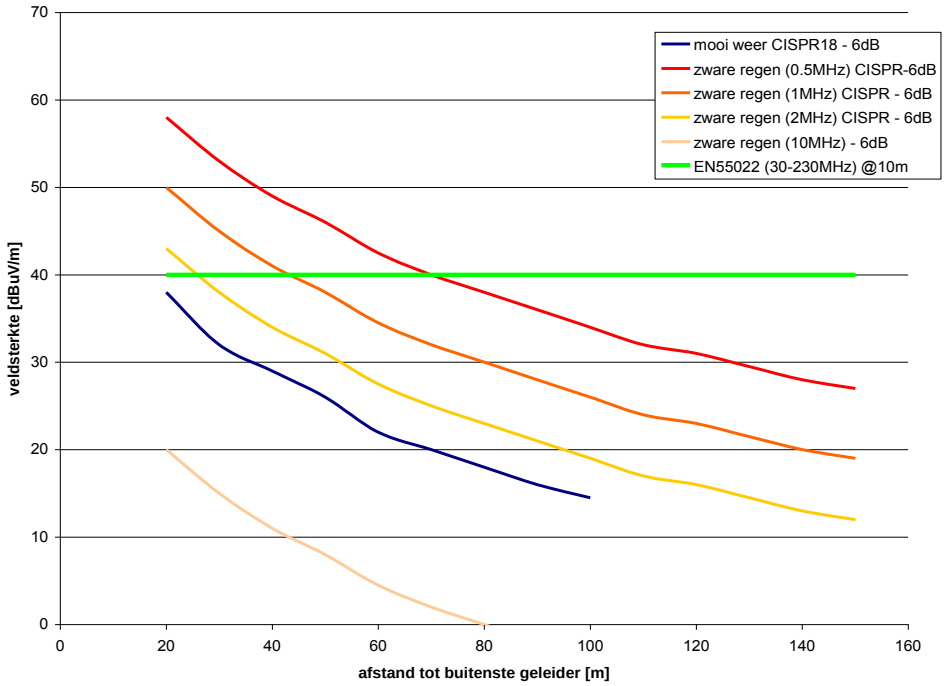


Bij metingen onder een 380kV-lijn in Saudi-Arabië, beschreven in [SA], zijn (voor droog weer) de waarden gevonden in de orde 40dBµV/m in het gebied tot 2MHz en dan afnemend tot 30dBµV/m bij 5MHz en tot 25dBµV/m bij 30MHz. Dit is een langzamere afname (orde 20dB per decade) dan in bovenstaande figuur op basis van [CISPR18]. Echter de meetopstandigheden zijn niet duidelijk omschreven in die publicatie en het gemeten resultaat is mogelijk ook een combinatie van corona en vonkvorming (in de woestijn vangen isolatoren meer vervuiling/zand en kunnen daardoor tot meer vonkvorming bijdragen). Desondanks blijft als trend duidelijk dat voor hogere frequenties de emissieniveaus sterk afnemen en dat onderbouwt ook de stelling van [CISPR18] dat boven 300MHz geen problemen te verwachten zijn.

Een 2^{e} grafiek geeft het verloop van de (absolute waarde van de) veldsterkte als functie van de horizontale afstand (voor de referentie frequentie van 0,5MHz). Voor de veldsterkte-afname voor hogere frequenties is voor de zware-regenlijn een aantal curven toegevoegd, gebaseerd op de frequentieafhankelijkheid zoals getoond in Figuur 3.1. Daarnaast is ter illustratie een emissielimiet toegevoegd uit [EN55022] die geldt voor computer- en telecomapparatuur opdat deze geen storingen veroorzaken op radio- en tv-signalen.

NB de weergegeven curven bevatten de getallen van [CISPR18], figuur B8 voor de horizontale geleiderconfiguratie, maar dan met de 6dB correctie zoals aangegeven door TenneT (uitgangspunt 1).

Figuur 3.2: veldsterkte als functie van de afstand

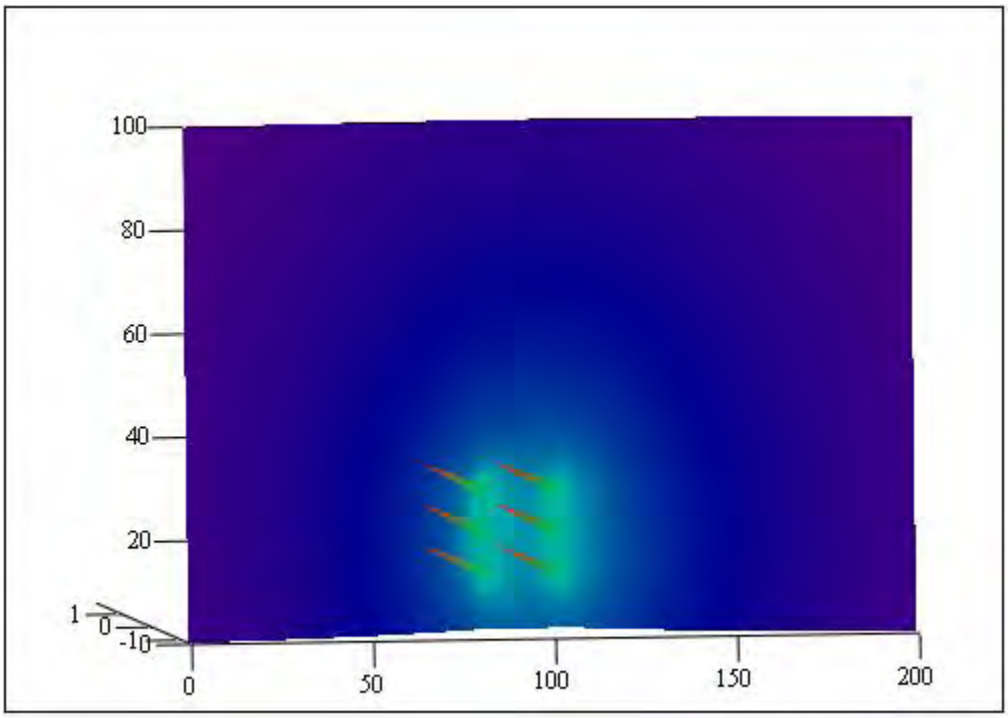


Hieruit valt op te maken dat voor frequenties boven de 10MHz het emissieniveau al ruim onder de 40dBµV/m valt, hetgeen volgens [EN55022] wordt toegepast (en dan gemeten op 10m afstand van apparatuur in een gebied van 30MHz – 230MHz). De algemene tendens is een afname die ongeveer omgekeerd evenredig is met de afstand. Voor afstanden in het zogenaamde verre veld (d.w.z. voor een systeem met masten, waarvan de typische afmetingen liggen in de orde van 10-30m voor frequenties boven 10MHz) hangt dit fysisch samen met vermindering van de energie per oppervlakte-eenheid bij een grotere straal, waarbij de energie dan evenredig is met $1/r^2$ en de daarbij behorende veldsterkte 1/r.
T.a.v. de statistiek van weersinvloeden kan nog worden opgemerkt dat de zware-regencurve in een tijdsdistributie volgens [CISPR18] overeenkomt met een 95%-niveau. Dit wil zeggen dat over een langere periode in 95% van de tijd de emissieniveaus lager zullen zijn dan deze curve. De maxima (die dan in 99.5% van de tijd niet zullen worden overschreden) liggen nog ongeveer 5-8dB hoger.

Bovenstaande figuur geeft aan dat de hogere emissiewaarden vooral in de zakelijk-rechtstrook zullen optreden (±22m van het hart van de lijn) en dan bij de lagere frequenties (0,5MHz). Let wel, de bovenstaande curven zijn gebaseerd op een horizontaal mastbeeld en de afstand geldt vanaf de buitenste geleider in die configuratie. Op basis van figuur 10 in [CISPR18] wordt verwacht dat een verticale ophanging van de geleiders niet zoveel impact heeft op het maximum van de emissie omdat de 2^e fase alweer 8m en de derde fase 16m hoger hangt dan de 1^e fase. Wel kan de hoogte (van de onderste geleider) nog enige invloed hebben, dat blijkt ook uit vergelijken van figuren B6 (bijna verticaal, minimum 18m, 345kV) met B7 (horizontaal, minimum 10m, 362kV). Strikt genomen niet helemaal te vergelijken omdat alle 3 parameters veranderen, doch de emissie in de mooi-weersituatie is ruim 20dB lager in het geval van de hogere, verticale ophanging, terwijl de spanning maar weinig lager is.
Voor de Randstad380-lijn wordt de minimum geleiderhoogte geschat op 11m (op basis van het laagste ophangpunt van 23m). Dat geeft voor de verticale Randstad380-mast derhalve geen ruimte voor reductie t.o.v. de in de [CISPR18] B8 grafiek gebruikte minimum hoogte van 12m.

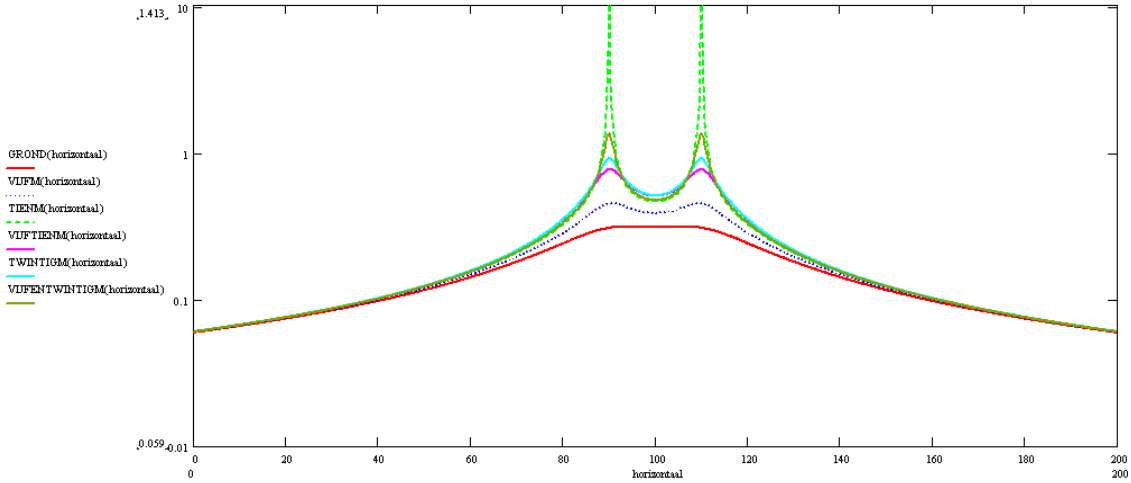
T.a.v. de impact van het verticale mastbeeld wordt de volgende beschouwing gegeven. De relatieve intensiteit van de veldsterkte ten gevolge van corona op de lijnen kan worden bepaald door aan te nemen dat de fasen van de signalen afkomstig van de 3 lijnen per mast (of 6 lijnen per 2 masten bij een dubbel circuit) gelijk zijn en dat de bijdragen derhalve lineair opgeteld kunnen worden in het punt van beschouwing.
Een dwarsdoorsnede met als 3e dimensie de intensiteit geeft een indruk van waar de 6 draden (van de 2 masten) zich bevinden. Rood betekent een hoge intensiteit en blauw een lage intensiteit.

Figuur 3.3: intensiteit, dwarsdoorsnede



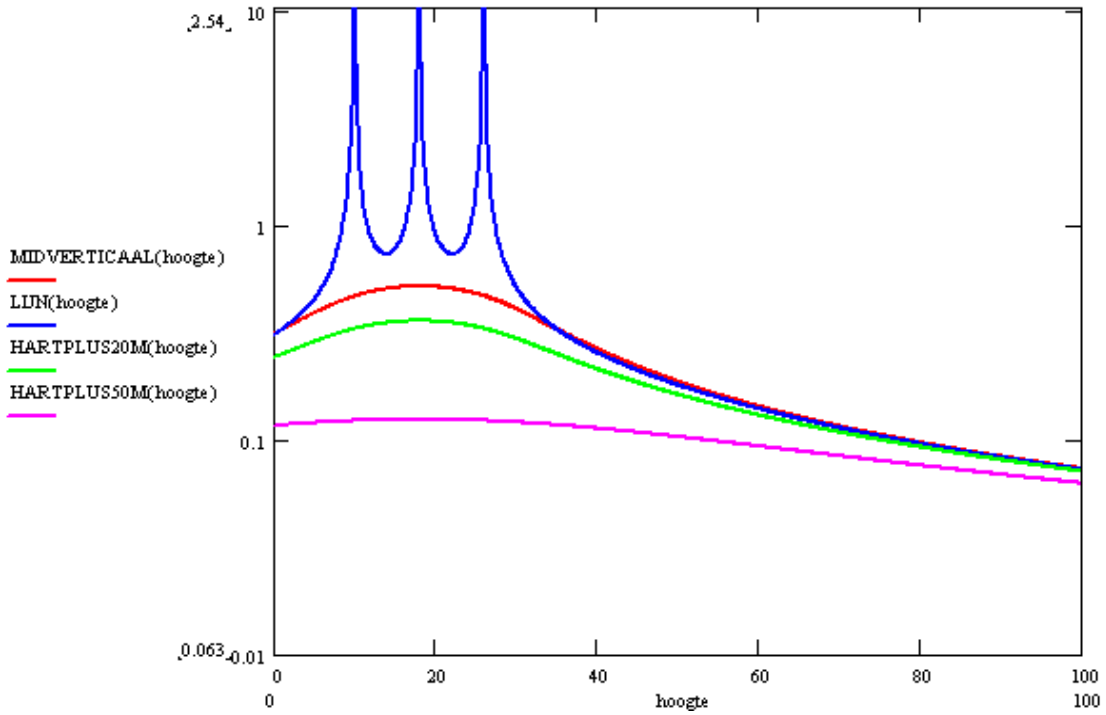
Een meer kwantitatieve indruk kan worden verkregen door een horizontale of een verticale doorsnede te geven met de intensiteit als variabele en bepaalde hoogte of horizontale posities als 2e parameter. Voor beide zijn in de volgende grafieken een aantal curven gegeven (uitgedrukt in een dimensieloze factor van de intensiteit).

Figuur 3.4: relatieve intensiteit horizontale doorsnede, met hoogte als parameter



Deze horizontale doorsneden komen qua vorm overeen met de curven uit [CISPR18], zij het dat hier maar twee maxima zijn (de horizontale masten in [CISPR18] kennen 3 draden en die resulteren in drie maxima).

Figuur 3.5: relatieve intensiteit verticale doorsnede, met horizontale afstand als parameter



In de verticale doorsnede “door de lijn” zijn duidelijk de 3 maxima te herkennen die overeenkomen met de hoogten van de 3 draden van één mast. In het midden van de twee masten en buiten de masten is het profiel meer geleidelijk. Wat blijkt uit vergelijken van de horizontale en verticale doorsneden is dat op een hoogte van 80m de intensiteit is afgenomen tot een waarde zoals die optreedt op ongeveer 40m afstand van hart mast (min of meer onafhankelijk van de hoogte).

Bovenstaande beschouwingen leiden tot de stelling dat, mits de lijn inderdaad voldoet aan de gestelde emissie-eisen, het niveau dichtbij de lijn in de orde van 40-60dBµV/m zal liggen voor 0,5MHz en vanaf 2MHz onder de 40dBµV/m zal blijven. Dichtbij betekent hier binnen 20-40m vanaf de draden in zowel horizontale als verticale richting.

3.1.2.3 Het tracé

Het tracé van deze lijn loopt van Bleiswijk naar Beverwijk en volgt ruwweg de route west van Moerkappelle, Hazerswoude, Leiderdorp, knikt dan haaks richting Kaag, langs Nieuw Vennep, om de Haarlemmermeer heen, dan ten westen van de Schiphol Polderbaan naar Spaarnwoude, een stukje (op afstand) parallel aan het Noordzeekanaal en ten slotte kruist dan met een haakse bocht het Noordzeekanaal (ter hoogte van de Wijkertunnel). Over dit traject zijn de volgende kenmerkende zaken in de bestaande omgeving aanwezig:

- Parallelloop met spoorlijnen,
- Parallelloop met snelwegen
- Passeren van Schiphol, met name de Polderbaan
- Landbouwgebied en kassenbouw
- Kruisingen/passeren van woongebieden
- Kruisingen van waterwegen

I.v.m. de diverse kruisingen is niet uit te sluiten dat de zakelijk-rechtstrook objecten bestrijkt uit de bovengenoemde kenmerkenlijst.

Op basis van een [lijnprojectie] op een Google Earth kaart is gekeken waar de lijn mogelijke objecten dichtbij kruist of passeert. Dichtbij betekent hier orde tientallen meters. De lijst met objecten waarbij de HS-lijn dichtbij kruist of passeert is weergegeven in Tabel 6. Tevens is het nationaal antenne register geraadpleegd ten aanzien van geregistreerde amateurzenders die in nabijheid van de lijn hun zendmasten hebben opgesteld. Dit speelt mogelijk een rol bij de typische frequenties die bij corona optreden (enkele tientallen kHz – 10MHz). Een bandbreedte van een paar honderd meter rondom de lijn is aangehouden voor deze eerste selectie van zendamateurs. De volgende objecten zijn geïdentificeerd als uitkomst van deze exercitie.

3.1.2.4 Potentiële slachtoffers

De volgende systemen zijn specifiek aangegeven als te beschouwen systemen in de [project specificatie]:

- GPS (satelliet navigatie systemen)
- C2000 (politie, brandweer, ambulances)
- Vliegtuig radar (Schiphol omgeving)

En verder worden behandeld systemen waarvan op basis van algemeen inzicht en de loop van het tracé verwacht wordt dat deze zich in de nabijheid van de lijn zouden kunnen bevinden:

- Luchtverkeersleiding Schiphol communicatie
- GSM mobiele telefonie
- UMTS mobiele telefonie
- Radarsystemen van politie (snelheidscontrole)
- Detectielussen in wegen (filewaarschuwingssysteem)
- Elektronica in voertuigen
- Marifonie, gebruikt door beroeps- en pleziervaart op waterwegen
- Radio-ontvangst (in auto's en gebouwen, niet via glasvezel of andere kabelsystemen)
- Televisieontvangst (in gebouwen, niet via glasvezel of andere kabelsystemen)

NB Het is mogelijk dat er op bepaalde locaties ook militaire of veiligheidsdiensten in de buurt van de lijn zend- & ontvangst- of andere type installaties hanteren die gebruik maken van de frequenties in de middengolf- of korte golfbanden. Verdere details zijn niet bekend. De verwachting is dat beïnvloeding mee zal vallen, maar zonder verdere details kan dat niet 100% worden bevestigd. Van de bovengenoemde systemen worden relevante kenmerken voor de beschouwing in dit rapport in Tabel 7 in de bijlagen weergegeven.

Er is geen harde richtlijn gevonden voor een minimum signaalniveau (in dBµV/m) dat nodig is om communicatie te realiseren. Doch auteur stelt in het algemeen dat typische veldsterkten voor te ontvangen signalen in de orde van 10-100dBµV/m zullen moeten liggen, op basis van (fysische) beperkingen zoals achtergrondruis, thermische ruis in ontvangers. Voor oproepsystemen (pagers) geldt dat deze over het algemeen het meest gevoelig zijn, typische waarden voor gevoeligheid zijn 8-10dBµV/m. Echter de frequentie van deze pager systemen ligt in het algemeen niet in het gebied waar de maxima ten gevolge van corona liggen.

Een paar voorbeelden waar wel getallen genoemd worden voor minimum veldsterkten benodigd voor ontvangst zijn de volgende:

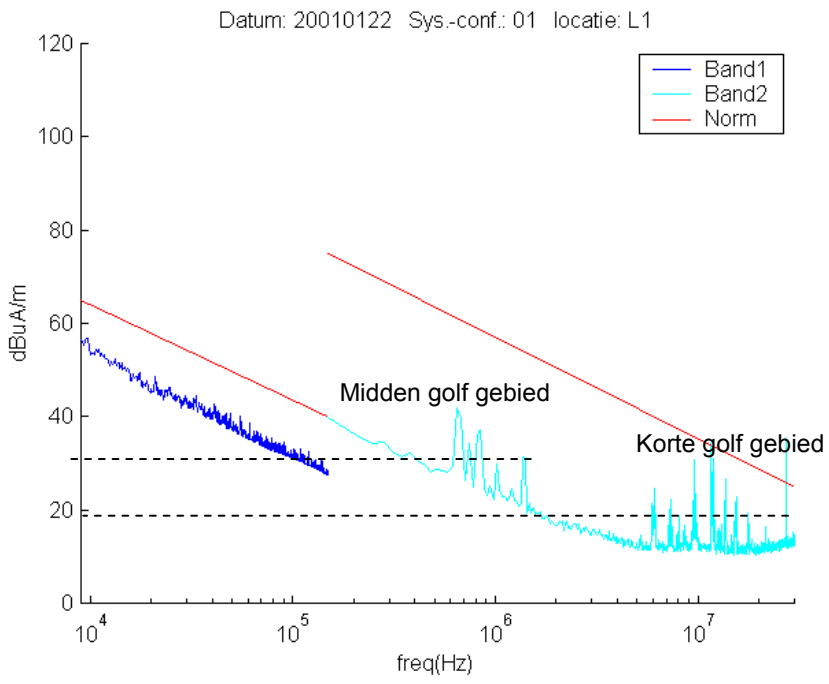
- Voor landmobiele frequentiebanden geeft [SCRT] voor frequenties tot 50MHz een minimum veldsterkte van 68dBµV/m;

- [ITU] geeft voor tv-signalen in de 40MHz band een signaalniveau bij de ontvanger van 46dBµV/m (gemeten op 10m hoogte);
- In de USA geven FCC-regels aan dat 40-60dBµV/m nodig is voor minimale (type NTSC) tv-ontvangst;
- Voor digitale televisie wordt een minimum van 28dBµV/m aangehouden voor het definiëren van ontvangstgebieden.

T.a.v. modulatie technieken geldt dat de lagere frequenties over het algemeen nog de oudere technieken betreffen, waarbij dan ook eenvoudige modulatie technieken (zoals Amplitude Modulatie, AM) in gebruik zijn. Voor AM geldt dat deze techniek wel gevoelig is voor ontladingen, d.w.z. dat bij vonkvorming communicatie kortdurend verstoord kan worden en bij corona een langdurigere verstoring aanwezig kan zijn, hetgeen meer hinderlijk zal zijn naarmate het corona emissieniveau hoger wordt.
Bij modernere systemen die nog wel gebruik maken van de lage frequenties zullen wel vaak meer resistente (digitale) modulatietechnieken (vaak ook met foutcorrectie) worden gebruikt.

Tabel 8 in de bijlagen toont de toepassingen in het frequentie gebied van 150kHz – 10MHz die zijn gevonden in het nationaal frequentieregister. Een groot deel van de toepassingen in Tabel 8 is voor maritiem/scheepvaart. We kunnen niet zonder meer uitsluiten dat die frequenties niet worden gebruikt daar waar de lijn een waterweg kruist of in geval van andere systemen een kruising of nabije passage over land. Ook voor de bovenstaande communicatie systemen zal in het algemeen gelden dat de ontvangstveldsterkte in de orde 10-100dBµV/m zal moeten liggen om te kunnen functioneren.
De meeste vaarwegen die gekruist worden zullen voornamelijk door pleziervaart worden gebruikt. Aangenomen is dat bij het Noordzeekanaal, waar wel veel beroepsvaart gebruik van maakt, een duiker of zinker wordt toegepast.

Figuur 3.6: meting veldsterkte locatie Maasvlakte



Ten aanzien van typische signalen in het middengolfgebied (rond 1MHz), waar omroepzenders (en ontvangers) gebruik van maken, en het korte golfgebied (rond 10MHz),

waar naast omroep ook radioamateurs gebruik van maken, wordt onderstaande figuur ter illustratie gepresenteerd. Deze is afkomstig van metingen op de [Maasvlakte], verricht in het kader van de verificatie van de Havenspoorlijn 25kV-tractie-emissie.

De hoogte van de radiosignalen ligt in de orde van 30dBµA/m (@1MHz) respectievelijk 18dBµA/m (@10MHz). Hier is de eenheid [A/m] gebruikt omdat normaal gesproken voor deze frequenties [A/m] wordt gebruikt en niet [V/m] zoals in CISPR is toegepast. Doch conversie is mogelijk omdat voor radiogolven geldt dat $E = H/Z_0$ (waarbij Z_0 de golf impedantie is). De conversie is dBµV/m = dBµA/m + 51.1. De boven aangegeven waarden worden daarmee 81dBµV/m (@1MHz) respectievelijk 69dBµV/m (@10MHz).

Het oplopen van de curven aan de linker kant heeft te maken met de gekozen meetbandbreedte. De sprong tussen band 1 en band 2 ook. Indien smalbandiger gemeten wordt zal dat niveau zakken, doch smalbandig meten vergt weer een langere meettijd. Om vergelijkingen tussen diverse metingen mogelijk te maken zijn de meetbandbreedten gestandaardiseerd. De gebruikte meetbandbreedte heeft impact op de hoogte van het meetresultaat, doch als de bandbreedte klein is t.o.v. de bandbreedte van de betreffende zender dan wordt goed gemeten. De ruisniveau's zichtbaar tussen die "zendpieken" kunnen niet worden geconverteerd omdat daar die randvoorwaarde niet opgaat.

De gevonden waarden 60-80dBµV/m zijn typische waarden die ook elders te verwachten zijn (tenzij de meetlocatie zich dichtbij de betreffende zenders bevindt). Deze waarden bevestigen ook de verwachte minimum benodigde veldsterkten voor communicatiedoeleinden. Deze orde van grootte kan worden gebruikt voor een beoordeling of bij overlap van frequentie-emissie waardoor een hoogspanningslijn mogelijk kan interfereren met een communicatie systeem, zonder alle specifieke details van het communicatiesysteem te hoeven kennen.

3.1.2.5 Compatibiliteit

Ten aanzien van compatibiliteit is in uitgangpunt 1.4 van [UP] gesteld dat apparatuur gebruikt in eventuele woon- of bedrijfsgebouwen in de nabijheid van de lijn voldoet aan eisen voor huishoudelijke apparatuur. Dit betekent dat voor radiofrequenties van 80MHz-1GHz een immuniteitsniveau van 3V/m (=130dBµV/m) geldt en voor via kabels ingekoppelde verstoringen tussen 150kHz en 80MHz een niveau van 3V geldt (zogenaamde conducted immunity).

Voor de radiostoring (80MHz-1GHz) is duidelijk dat deze niet door corona geproduceerd zal worden; zelfs niet tot op enkele meters afstand van de draden. Voor dit deel van de EMC-normen kan worden gesteld dat geen EMC-problemen te verwachten zijn.
Voor de via kabels ingekoppelde verstoringen geldt dat het niveau van 3V niet zonder meer te koppelen is aan een veldsterkte niveau (in V/m uitgedrukt). Hierdoor kan voor die frequenties (150kHz-80MHz) geen "harde" conclusie worden getrokken dat als iets aan de EMC-norm voldoet dat het dan niet door corona van een lijn verstoord kan worden. Wel kan worden gesteld dat de lengte van kabels gekoppeld aan eventuele elektronische systemen in woonhuizen en bedrijfsgebouwen in het algemeen beperkt zal zijn in lengte (typische afmetingen voor gebouwen, zullen liggen in de orde 10-100m). Hierdoor is koppeling naar deze kabels toe beperkt, ook als deze zich dichtbij een lijn bevinden. Het is daarmee niet te bewijzen, maar wel aannemelijk dat hierdoor geen EMC-problemen zullen ontstaan.

Een categorie die niet door EMC normen is afgedekt zijn systemen die gebruik maken van radiogolven. Voor radiosystemen zal in het algemeen geen immuniteitsniveau van 3V/m worden gehaald, omdat die systemen gebruik maken van radiogolven (en dus juist zwakkere

signalen gebruiken). Daarnaast kan het zo zijn dat radiosystemen frequenties benutten die buiten de EMC-normen vallen, maar wel door corona geproduceerd worden. Voor die systemen is op basis van alleen normering geen uitspraak te doen.
Voor een compatibiliteitsinschatting van deze systemen die gebruik maken van radiogolven wordt de verwachte emissie van de lijn, conform Figuur 3.2, tegen de eigenschappen uit Tabel 7 gelegd.

Een eerste beoordeling van frequentiebereik concludeert dat voor frequenties ver boven 300MHz geen beïnvloeding door corona zal plaatsvinden, gebaseerd op de lage emissie in combinatie met praktijkervaring. Als tweede argument voor de beoordeling gelden de signaalniveaus. Als de signaalniveaus van het potentiële slachtoffersysteem ver boven de emissie van de lijn ligt (en wel op de dichtstbij mogelijke locatie van dat slachtoffer) dan zal beïnvloeding ook onwaarschijnlijk zijn. Als derde wordt nog gekeken naar de modulatie. Als het verwachte emissieniveau in de buurt ligt van signaalniveau van het systeem en het systeem is gebaseerd op analoge modulatie (zoals AM, SSB) dan is beïnvloeding niet uit te sluiten. Voor moderne modulatietechnieken (QPSK en soortgelijke) geldt dat deze technieken niet gevoelig zijn voor de burst-achtige verstoring t.g.v. de coronaontlading en dat derhalve beïnvloeding niet verwacht wordt.

De resultaten van bovenstaande afwegingen staan in onderstaande tabel, waarbij de nummering van de systemen gelijk is gehouden aan Tabel 7. Als algemene opmerking kan hier nog worden toegevoegd dat storingen door het statistische breedbandige karakter van corona met name invloed heeft op communicatiesystemen met AM-modulatie. FM-radio bijvoorbeeld heeft weinig last van corona.

Tabel 1: compatibiliteit-beschouwing

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Overall
1	GPS	Ruime scheiding			Compatibel
2	C2000	Ruime scheiding			Compatibel
3	radar	Ruime scheiding			Compatibel
4A	Luchtverkeersleiding communicatie	Ruime scheiding		Deels AM modulatie	Compatibel voor FM. Voor AM systemen is beïnvloeding door vonkvorming niet uit te sluiten. Het gaat dan om kortstondige verstoring (waarschijnlijk als een kraak geluid hoorbaar). Zie NB 5.
4B	Portofoon verkeer Schiphol Airport (niet vliegtuig of navigatie)	Ruime scheiding			Compatibel
4C	Overigen (technische diensten, services, hotels)	Ruime scheiding			Compatibel
4D/E/F	Luchtvaartfrequenties	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 1	Waarschijnlijk AM	Voor ontvangers die zich onder of heel dichtbij de bundels bevinden is beïnvloeding niet uit te

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Overall
					sluiten. Zie NB 5.
5	GSM (GSM-R gebruikt binnen de spoorwegen, zit in ranges 876-880MHz en 921-925MHz)	Ruime scheiding			Compatibel
6	UMTS	Ruime scheiding			Compatibel
7	Politie radar voor snelheid	Ruime scheiding			Compatibel
8	Detectielussen (t.b.v. verkeersinstallaties)	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 2		Relevante data niet volledig bekend, derhalve is beïnvloeding niet met zekerheid uit te sluiten. Verwachting is echter dat corona geen impact zal hebben op die detectielussen en m.b.t. vonkvorming zal het systeem te traag zijn.
9	Moderne elektronica in auto's	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 3		In zijn algemeenheid is beïnvloeding niet uit te sluiten, doch kans wordt zeer klein geacht en i.v.m. passage tijdens kruising van de lijn ook maar erg kortstondig.
10	Marifonie	Ruime scheiding			Compatibel
11A	AM radio (inclusief de diverse maritieme frequenties conform Tabel 7)	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 4		Beïnvloeding is niet uit te sluiten voor ontvangst direct onder of nabij de mast. Zie NB 5.
11B	Korte golfradio / amateurzenders (inclusief de diverse maritieme frequenties conform Tabel 7)	Frequentie overlap mogelijk met corona	Zie NB 4		Beïnvloeding is niet uit te sluiten voor ontvangst direct onder of nabij de mast. Zie NB 5.
11C	FM radio	Ruime scheiding			Compatibel
12A/ B	TV (analoge tv na 2006 niet meer in gebruik)	Ruime scheiding			Compatibel met corona, verstoring door vonkvorming op het beeld signaal is niet uit te sluiten.
12C	TV (digitaal)	Ruime scheiding			Compatibel

NB 1
Geen specifieke data gevonden voor deze luchtvaartfrequenties. Algemeen verwachte ontvangst gevoeligheid voor communicatiesystemen in de orde 40-60dBµV/m is waarschijnlijk wel van toepassing. Deze wordt door de lijnemissie niet overschreven, maar hooguit benaderd direct onder of nabij de lijn en ook tot enige tientallen meters direct boven de lijn (doch daar geeft de [CISPR18] geen data voor en zijn inschattingen gemaakt zoals gepresenteerd in
Figuur 3.4 en Figuur 3.5). De Schiphol luchtvaartsystemen worden echter niet onder de lijn verwacht, hooguit passerende vliegtuigen over de lijn heen. De verwachting is echter dat onder normale omstandigheden (bij landen, maar zeker bij opstijgen) de vliegtuigen passeren op ruim 100m boven de lijn. Conform de inschatting van
Figuur 3.4 is dan het corona-emissieniveau alweer onder de 40-60dBµV/m, terwijl dichtbij Schiphol de eventuele luchtvaartzenders hun sterkste signalen zullen vertonen, juist vanwege de nabije afstand, zodat daar goede signaal/ruisniveau's aanwezig zullen zijn.

NB 2
Signaalniveaus van de detectielussen zijn voor dit rapport niet in detail uitgezocht, dit hangt af van aantal wikkelingen, de vorm van en stroom door de wikkelingen. Het zal echter een magnetisch veld zijn wat daar een rol speelt. Het systeem is gebaseerd op een impedantieverandering van de lus (door een hoeveelheid ijzer boven de lus te brengen), hierdoor verandert ook de resonantiefrequentie en dat wordt gemeten. Een eventuele emissie door corona, mocht de lijn pal boven zo'n detectielus hangen, zal de impedantie van die lus niet sterk veranderen en daarmee de resonantiefrequentie veranderen, derhalve wordt beïnvloeding onwaarschijnlijk geacht. Uitsluitsel ten aanzien van daadwerkelijke aanwezigheid van een lus pal onder de lijn kan alleen door inspectie ter plaatse.

NB 3
Zonder details van de systemen te kennen is niet in zijn algemeen uit te sluiten dat frequenties in het corona gebied ook door die systemen gebruikt worden. Echter elektronica moet voldoen aan de EMC-richtlijn. Daardoor wordt een zekere immuniteit gevraagd van producten voor externe velden. Voor illegale producten of producten die niet aan de EMC-richtlijn voldoen kan geen algemene uitspraak worden gedaan.
Voor het ontsteken van de brandstof in een benzinemotor wordt ook vonkvorming toegepast, dus voor auto's is er al een dergelijke stoorbron heel dichtbij, waartegen die elektronica ook bestand moet zijn. Dit aspect geldt uiteraard niet voor volledig elektrische auto's.
Daarnaast kan worden opgemerkt dat voorlopig nog veel auto's van staal worden geproduceerd waardoor de carrosserie een redelijke kooiconstructie vormt voor deze frequenties (0,5-5MHz). De kooiconstructie geldt ook voor landbouwwerktuigen die mogelijk opereren onder een lijn. Voor auto's onder de hoogspanningslijn geldt dat deze zich daar maar heel kort zullen bevinden (bij kruisingen), derhalve zullen eventuele verstoringen ook maar zeer kort duren. Dit laatste zou nog steeds kunnen betekenen dat een noodremming wordt veroorzaakt (in een volledig elektronisch bestuurde auto) met alle gevolgen van dien, doch juist voor deze besturingen zullen hoge immuniteitseisen van toepassing zijn vanwege de verkeersveiligheid.

NB 4
Corona kan het achtergrondruisniveau in deze communicatie-frequentiegebieden verhogen. Dit zal echter vooral direct onder en in nabijheid van de mast (en pal boven de draden) gelden.

Volgens het antenneregister zijn er wel zendamateurs geregistreerd in de nabijheid van de lijn. Aangezien deze soms frequentiebanden gebruiken die overlappen met de corona is het niet uitgesloten dat zij dan meer achtergrondruis ontvangen door corona. Een en ander hangt dan af van de precieze afstanden tot de lijn en de signaalniveaus en bandbreedten waarmee zij gewend zijn te werken. Mogelijke beïnvloeding op dit gebied is in het algemeen niet uit te sluiten maar valt volgens auteur niet onder de categorie “ontoelaatbaar” in de hier gehanteerde definitie.

NB 5
In het kader van de vraagstelling hangt de conclusie ten aanzien van beïnvloeding nog af van de definitie wat “ontoelaatbare beïnvloeding” wordt geacht. De door auteur gehanteerde betekenis van “met als direct gevolg doden of gewonden”, komt in de bovenstaande beschouwing niet voor. Indien (met name op AM-modulatie gebaseerde) communicatiesystemen gestoord worden door vonkvorming dan is dat hinderlijk; een bericht moet wellicht herhaald worden. T.a.v. de luchtvaart, waar nog zou kunnen spelen dat een verkeerd geïnterpreteerd bericht in een extreem geval wel tot doden of gewonden zou kunnen leiden, kan gesteld worden dat (ondanks dat het niet beschouwd is in [CISPR18]) ook aan de bovenkant van de lijn de veldsterkte t.g.v. emissie zal afnemen. De zone waarin verstoring van AM-gemoduleerde communicatiesystemen mogelijk is wordt dan ruwweg bepaald door de curve in Figuur 3.5. We zijn niet in detail bekend met passagehoogten van vliegtuigen, maar verwachten dat vliegtuigen ruim 100m boven de mastdraden zullen passeren en dat derhalve het coronaruisniveau tot onder het 40dBuV/m niveau gedaald zal zijn. Voor de meeste systemen zullen dan acceptabele signaal-ruisniveaus kunnen worden gerealiseerd.

3.2 Laagfrequent

Conform de methodiek besproken in paragraaf 2.2.2 en 2.2.3 zijn de geïnduceerde spanningen bepaald op de kabels en leidingen, hekwerken en vangrails in nabijheid van de hoogspanningslijn.

3.2.1 Kabels en buisleidingen

Aangezien niet bekend is wat exact de kortsluitstroom is als functie van de positie langs het tracé, is uitgegaan van de ontwerpstroom van 50kA conform het uitgangspuntendocument [UP]. De werkelijke kortsluitstromen zullen beduidend lager zijn, gebaseerd op ervaringen met andere hoogspanningslijnen. Tevens is niet bekend hoe groot de bijdrage in de totale kortsluitstroom is van elk van de drie voedingspunten (Beverwijk, Vijfhuizen en Bleiswijk) . Derhalve is de bijdrage van de drie voedingspunten bepaald aan de hand van de verhouding van de impedanties tussen de kortsluitlocatie en de locatie van de voedend punten. In de buurt van een voedingspunt zal dus vrijwel de gehele kortsluitstroom van 50kA door het voedende punt worden geleverd. Dit is een *worst case* aanname. Bij een sluiting dicht bij een station is de bijdrage van andere onderstations in de berekening erg klein. In de praktijk zal de bijdrage van het dichtstbijzijnde station niet zo dominant zijn, waardoor de geïnduceerde spanning op de parallelle geleider wat lager is.

De som van de bovenstaande stromen per configuratie is de totale kortsluitstroom van 50kA ter hoogte van de kortsluitlocatie. De voedingspunten zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: sectieverdeling voor simulatiemodel

Secties	Positie [km]	Onderstation
51	10,2	Beverwijk
110	22	Vijfhuizen
338	67,6	Bleiswijk

In Tabel 3 zijn enkele voorbeelden gegeven van de verdeling van de kortsluitstromen van de drie voedingspunten langs het tracé.

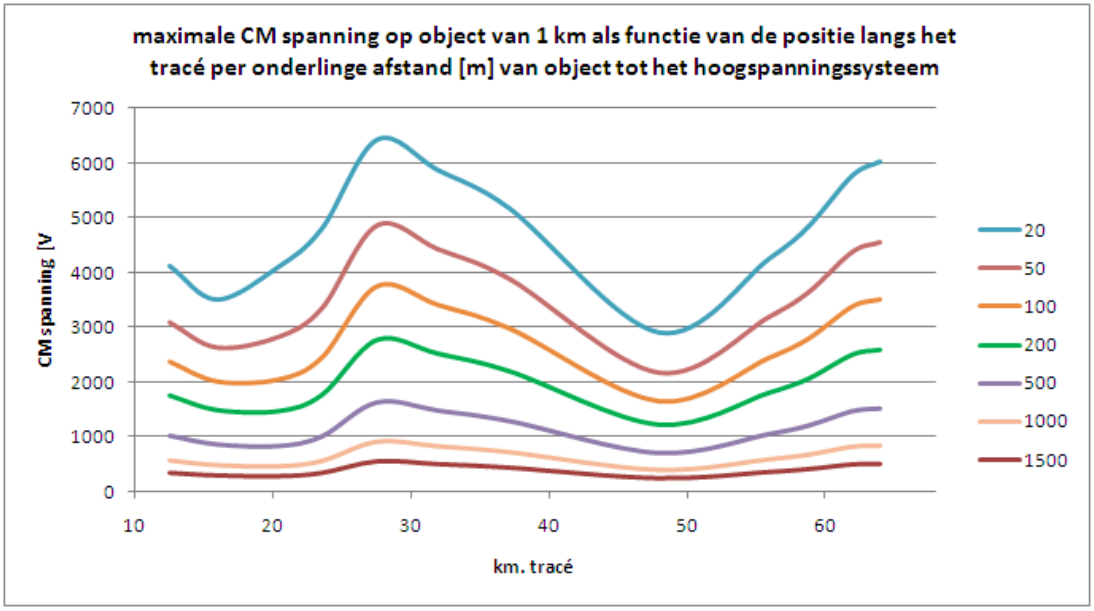
Tabel 3: verdeling kortsluitstromen in simulatiemodel

Config nr.	Positie Ik1	pos bron1 (Beverwijk)	Kabel	Stroom	pos bron2 (Vijfhuizen)	Kabel	Stroom	pos bron3 (Bleiswijk)	Kabel	Stroom
ns8	68	51	1	34066	110	1	13789	338	1	2145
ns14	80	51	1	24049	110	1	23248	338	1	2703
ns25	102	51	1	6587	110	1	41990	338	1	1423
ns32	118	51	1	5166	110	1	43261	338	1	1573
ns42	138	51	1	11008	110	1	34203	338	1	4788
ns53	160	51	1	13184	110	1	28742	338	1	8074
ns66	186	51	1	13645	110	1	24237	338	1	12118
ns67	240	51	1	11409	110	1	16587	338	1	22004
ns87	280	51	1	7942	110	1	10699	338	1	31359
ns94	294	51	1	6375	110	1	8419	338	1	35206
ns102	310	51	1	4331	110	1	5608	338	1	40061
ns107	320	51	1	2903	110	1	3718	338	1	43379

NB 1
De berekeningen zijn uitgevoerd met een simulatiepakket. In dit pakket wordt gerekend met “secties”. De sectielengte is 200m. Van elke sectie wordt de stroom en spanning per geleider bepaald. De kilometreringen, zoals hierboven van de stations weergegeven, worden omgerekend naar sectienummers. Vervolgens is naast het variëren van de geleider en de

kortsluitpositie de afstand tussen de hoogspanningslijnen en de geleider gevarieerd. In Figuur 3.7 is de maximale *common mode* spanning gegeven op een object van 1km als functie van de positie langs het tracé per onderlinge afstand [m] van object tot het hoogspanningssysteem.

NB 2
Aan elke doorgerekende configuratie – dus per positie van de kortsluitlocatie en de daarbij horende voedende kortsluitstromen – is een configuratienummer toegekend, bijvoorbeeld „ns8'. Begonnen is bij „ns1' waarbij de kortsluitlocatie nabij onderstation Beverwijk is geplaatst. In dat geval zal het grootste deel van de totale kortsluitstroom (rond de 34kA) door Beverwijk worden geleverd (vergelijkbaar met bijvoorbeeld „ns107' en volgend waarbij onderstation Bleiswijk het grootste aandeel levert aan de kortsluitstroom).



Figuur 3.7: Maximale *common mode* spanning op object van 1 km als functie van de positie langs het tracé per onderlinge afstand [m] van object tot het hoogspannings-systeem

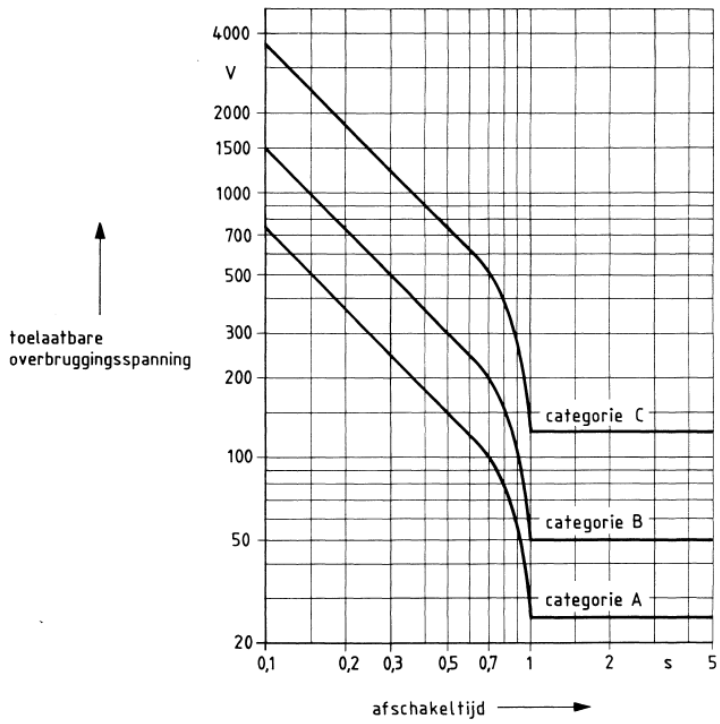
Deze maximaal berekende spanningen zijn zoals gezegd *worst case* spanningen om in fase 1 te bepalen welke objecten doorgaan naar fase 2. In fase 2 wordt in nader detail gekeken naar de objecten en een volgende schifting gemaakt aangezien wellicht tweezijdig geaarde kabels worden toegepast. Op kabels of andere objecten zoals buisleidingen die in de praktijk meer dan eenzijdig zijn geaard, zal de geïnduceerde spanning altijd kleiner zijn dan hierboven berekend.

Bij stukken kabels/buisleidingen die niet parallel liggen wordt een gemiddelde genomen. Haakse stukken worden niet meegenomen (de geïnduceerde spanning is hier immers nul Volt). De totale spanning over bijvoorbeeld een kabel van 5km is dan de som van alle delen kabel indien de kabel delen heeft die parallel met het tracé lopen en delen met bochten etc. De totale spanning is namelijk de kringintegraal Edl (som van alle stukken dl over de totale kabel of buislengte).

Deze spanningen worden vergeleken met Figuur 3.8 uit de NPR2760. Omdat nadere gegevens in fase 1 niet beschikbaar zijn, is aangenomen dat het Randstad380-tracé in categorie A valt, de meest ongunstige situatie. De bijbehorende afleidweerstand is 1 tot 2kΩ. Uit [UP] is bekend dat de afschakeltijd 0,1s bedraagt. Uit Figuur 3.8 blijkt dat bij deze parameters een maximale aanraakspanning van 750V is toegestaan. Daarom worden alle spanningen op kabels/buisleidingen getoetst aan een spanning van 750V. Als de

geïnduceerde spanning op een object deze waarde overschrijdt, gaat het object door naar fase 2.

Figuur 3.8: Toelaatbare aanraak-spanningen voor buisleidingen [NPR2760]



Categorie A: Zeer lage overbruggingsweerstand (1 kΩ < R_{ov} 2 kΩ)
Categorie B: Lage overbruggingsweerstand (2 kΩ < R_{ov} 5 kΩ)
Categorie C: Normale overbruggingsweerstand (R_{ov} > 5 kΩ)

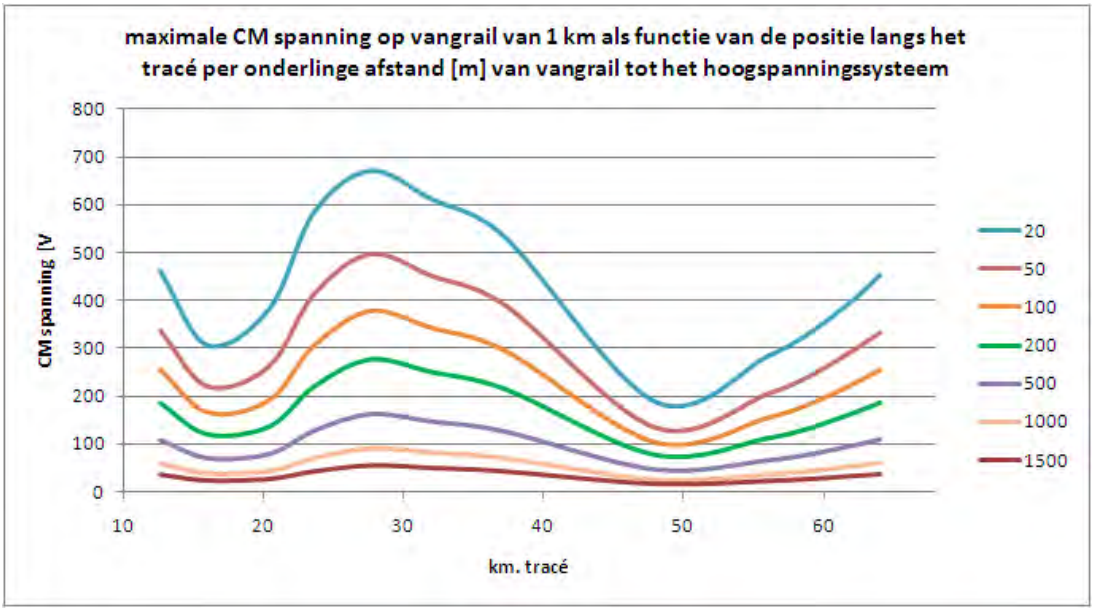
De KLIC-meldingen die gedaan zijn in een gebied van 2km rondom het beoogde tracé Noordring hebben 79 tekeningen opgeleverd met daarop objecten van een grote hoeveelheid leidingeigenaren. Van al deze leidingen, kabels en buizen is bepaald wat de afstand is tot het tracé en hoe lang de parallelloop is. Met behulp van de grafiek uit Figuur 3.7 is vervolgens berekend welke spanningen er worden geïnduceerd op genoemde leidingen. In Tabel 9 is de complete lijst met kabels en buisleidingen weergegeven met daarbij de geïnduceerde spanning bepaald conform de hierboven en de eerder in paragraaf 2.2.2 besproken methode. Uit deze lijst blijkt dat bij objecten van 48 verschillende kabel- en leidingeigenaren de spanning hoger wordt dan 750V.

3.2.2 Vangrails en hekwerken

Naast kabels en buisleidingen die op te vragen zijn bij KLIC bevinden zich andere stroomgeleidende objecten langs en rond het beoogde tracé Noordring, zoals vangrails en hekwerken. Met een extra simulatie is voor deze categorie objecten vastgesteld dat er geen problemen te verwachten zijn met de aanraakspanning.

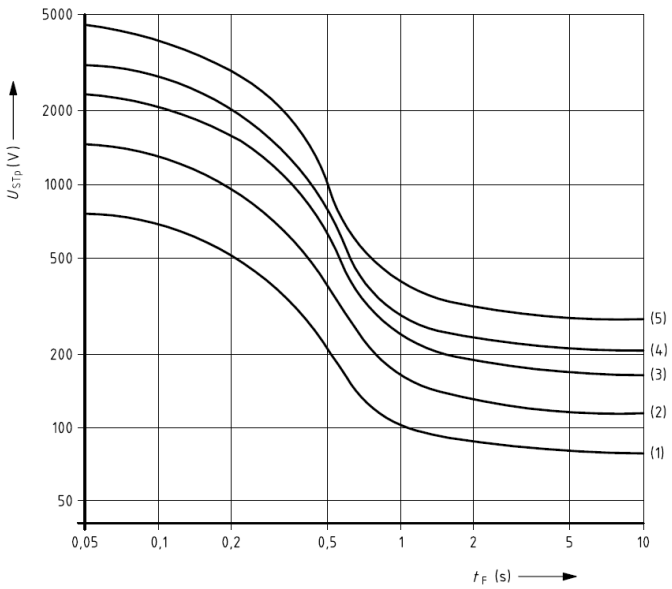
Zowel de kortsluitpositie als de positie van de vangrail/hekwerk is gevarieerd (e.e.a. conform de berekeningen zoals beschreven in de paragraven 2.2.2 en 2.2.3). In Figuur 3.9 is de maximale *common mode* spanning weergegeven op een vangrail van 1km als functie van de positie van de vangrail langs het tracé; dit is gesimuleerd voor verschillende afstanden [m] tot het hoogspanningssysteem.

Figuur 3.9: Maximale CM spanning op vangrail van 1 km als functie van de positie langs het tracé per onderlinge afstand [m]



De maximale spanning op een vangrail met een lengte van 1km bedraagt op 20m afstand van het tracé ca. 672 V, zie Figuur 3.10. Zoals hierboven beschreven zal bij een eenzijdig geaarde kabel of buisleiding de spanning rechtevenredig toenemen met de lengte. Bij de vangrail is dit niet het geval aangezien de vangrail op meerdere punten is geaard. Dit houdt in dat bij toenemende vangraillengte de spanning weliswaar toeneemt, maar dat door de meerdere aardpunten er ook steeds meer stroom weg zal lekken. Ergens zal er dan logischerwijs een maximum ontstaan. Na enkele berekeningen bleek dit inderdaad het geval te zijn. De spanning op een vangrail langer dan 1km neemt toe tot maximaal 817V bij een lengte van 5km. Deze spanning zal niet meer toenemen bij langere objecten.

Figuur 3.10: Toegestane aanraak-spanningen voor hoogspannings-systemen [NEN1041]



Legenda

1 zonder extra weerstanden (zie figuur 9.1)
2 R_a = 750 Ω (R_{a1} = 0 Ω, ρ_s = 500 Ωm)
3 R_a = 1 750 Ω (R_{a1} = 1 000 Ω, ρ_s = 500 Ωm)
4 R_a = 2 500 Ω (R_{a1} = 1 000 Ω, ρ_s = 1 000 Ωm)
5 R_a = 4 000 Ω (R_{a1} = 1 000 Ω, ρ_s = 2 000 Ωm)

OPMERKING R_{a1} = 1 000 Ω geeft een gemiddelde waarde voor oude en natte schoenen weer.

In [NEN1041] staat de maximale toegestane spanning beschreven voor hoogspanningsinstallaties bij verschillende afleidweerstand. Curve 2 in Figuur 3.10

(weerstand van 750Ω; situatie zonder schoenen) is vergelijkbaar met de eerder genoemde categorie A (weerstand 1-2kΩ) voor kabels en buisleidingen en meer *worst case* dan curve 3 (weerstand 1750Ω; situatie met oude en natte schoenen).

Bij 0,1s wordt dan een maximale spanning van ca. 1300V gevonden. En de maximale spanning 817V << 1300V. Hieruit kan worden geconcludeerd dat alle vangrails, hekwerken e.d. die tot op een afstand van 20 m vanaf het hart van de hoogspanningslijn liggen voldoen aan de norm [NEN1041] en niet nader onderzocht hoeven te worden.
NB In verband met de zakelijk-rechtstrook van de hoogspanningslijn van 44m zal deze afstand altijd groter zijn.

3.2.3 Overige objecten

De laatste categorie objecten die nog niet aan de orde is geweest m.b.t. laagfrequente beïnvloeding, bestaat uit bedrijven en woonhuizen e.d. In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de grootste kanshebbers van normoverschrijdende geïnduceerde spanningen waar het Noordring-tracé in de nabijheid zal lopen van woningen en bedrijven(terreinen). Van deze objecten is vanzelfsprekend geen detailinformatie bekend van parallelloop van elektrische systemen. Gebaseerd op de ligging en afmetingen van de bebouwing kan worden ingeschat dat de geïnduceerde spanningen t.g.v. het hoogspanningstracé waarschijnlijk niet grensoverschrijdend hoog zullen zijn. Nader onderzoek is echter aan te raden om dit ook daadwerkelijk vast te kunnen stellen.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Hoogfrequent

Op basis van voorgaande beschouwing wordt met betrekking tot de vraag: “In welk gebied kan ontoelaatbare beïnvloeding ontstaan?” geconcludeerd dat:

- De emissie van de lijn t.g.v. corona, mits voldoend aan uitgangspunt 1, slechts in een zeer klein gebied (onder, naast en boven) de mast tot veldsterkten zal leiden die ontvangst van radio signalen (mits in dezelfde band als de emissie van corona) zou kunnen bemoeilijken, maar dan met name voor systemen met Amplitude Modulatie. Dit gebied is verder frequentie afhankelijk, waarbij voor de hogere frequenties de straal kleiner is. Ter indicatie; “klein” gebied betekent hier: een straal van 80m voor frequenties rond 0.5MHz en een straal van 20m voor frequenties van 10MHz en een verder afnemende straal voor nog hogere frequenties (op basis van een beoordelingsniveau van 40dBµV/m ontvangst veldsterkte). Als markering van de beïnvloedingsgebieden kan Figuur 3.3 dienen, daarin zijn min of meer cirkelvormige gebieden rondom de draden te herkennen, waarbij voor de hogere frequenties de stralen klein zijn (rood in de figuur) en voor lage frequenties de straal groter wordt (blauw).

- Voor de specifiek gevraagde systemen, GPS, C2000, vliegtuigradar geen beïnvloeding zal optreden door corona op basis van geruime scheiding in de van toepassing zijnde frequenties. Voor vonkvorming geldt dat de frequentiebereiken wel kunnen overlappen (C2000, radar, GSM), doch dat de gebruikte modulatie technieken niet gevoeligheid zijn voor verstoring door vonkvorming. Vonkvorming heeft met name impact op systemen die gebruik maken van Amplitude Modulatie systemen. Het is in het algemeen niet uit te sluiten dat systemen die van AM gebruik maken in de nabijheid van de lijn in gebruik zijn.

- Met name voor een aantal oudere systemen (die gebruik maken van frequenties in het gebied van enkele tientallen kHz tot 10MHz en ook nog gebruik maken van de (oudere) Amplitude Modulatie techniek, verstoringen niet zijn uit te sluiten, mits de ontvanger zich dichtbij de draden van de lijn bevinden. Hierbij speelt dan de precieze locatie van een dergelijke ontvanger t.o.v. de lijn een rol. Dit geldt zowel voor corona als voor vonkvorming (waarbij voor vonkvorming het frequentiegebied nog wat breder is, tot ruwweg 1GHz).

Gezien dat het emissieniveau van de Randstad380-lijn een aanname is en dat deze aanname gerelateerd is aan een curve die niet gelijk is aan het daadwerkelijke geplande (verticale) mastbeeld, wordt aanbevolen om deze aanname te verifiëren na inbedrijfstelling. Als deze aanname wordt geverifieerd dan blijft de conclusie van de analyse gehandhaafd.

Voor een aantal objecten wordt op basis van ontbreken van verdere details verwacht dat er geen beïnvloeding zal zijn, doch kan dat niet 100% worden uitgesloten. Indien daar meer zekerheid gewenst wordt dan zal in fase 2 voor nader te definiëren specifieke gevallen meer relevante details moeten worden verzameld (ten aanzien van frequentie, modulatie, ontvangstgevoeligheid en locatie relatief t.o.v. de corona) om een conclusie harder te kunnen onderbouwen.

4.2 Laagfrequent

Van alle KLIC-meldingen die zijn aangevraagd in een gebied van 2km rondom het tracé Noordring is bepaald welke spanning er wordt geïnduceerd op iedere *worst case* leiding per tekening per leidingeigenaar. Van de 59 verschillende leidingeigenaren moeten er van 48 stuks één of meer leidingen nader onderzocht worden in fase 2 wegens het overschrijden van de 750V-grens.

Daarnaast zal in Fase 2 nader onderzoek moeten plaatsvinden omtrent de objecten waarbij de HS-lijn dichtbij passeert of kruist. Deze objecten zijn in paragraaf 3.1.2.3 geïdentificeerd en zijn terug te vinden in Tabel 6.

Van vangrails en hekwerken is het vrijwel uitgesloten dat de hierop geïnduceerde spanningen de grenswaarde voor gevaarlijke aanraakspanningen overschrijden. Bij een afstand kleiner dan 20m tot de hoogspanningslijn zou nader onderzoek plaats moeten vinden, alhoewel het i.v.m. de zakelijk-rechtstrook van 44m theoretisch niet mogelijk is dat zich objecten bevinden binnen deze afstand.

5 Referenties

Tabel 4: referenties

#	Codering	Volledige referentie
1	[CISPR18]	Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment, TR CISPR 18-1, edition 2, 2010.
2	[EN55022]	Information technology equipment. Radio disturbance characteristics. Limits and methods of measurement, 1998.
3	[frequentiekaart]	Nederlandse Frequentiespectrumkaart, Agentschap Telecom, 2005.
4	[ITU]	Recommendation ITU-R BT417-5, 2002.
5	[lijnprojectie]	Kmz file met coördinaten van masten en lijn tracé, verkregen per email van Bram van Boxmeer, 26 januari, 2011.
6	[Maasvlakte]	Analyse rapport behorende bij de meetvraag elektrische velden; EMC2, Emissie conform EN50121, F.P. Schoren, T. Le, P. Bos, 2001.
7	[NEN1041]	Veiligheidsbepalingen voor hoogspanningsinstallaties; ICS 13.260, 29.260.10, 91.140.50, oktober 2005.
8	[NPR2760]	De wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningsverbindingen, 1^{e} druk, november 1991.
9	[projectspecificatie]	Projectspecificatie beïnvloeding verbinding R380 Noordring, TI-TEC 10-351, 20 mei 2010.
10	[PTE]	A study of electromagnetic radiation of corona discharge near 500kV electric installations, A. Korzhov e.a., Power Technology and Engineering, vol 38, no 1, 2004.
11	[SA]	Attenuation and EMI Frequency Spectrum for Distribution lines, A. Albarani, N.H. Malik, King Saud university, Vol 2, Eng. Sci, 1990.
12	[SCRT]	Regeling klachtbehandeling elektrische en elektronische apparaten, Staatscourant, nr 163, jaargang 1995.
13	[UP]	Noordring Randstad 380, Uitgangspuntendocument Fase 1, EN-RT-100033828, versie 1.0, 14 december 2010.

6 Bijlagen

Bijlage A: uitgangspunten en aannames

Tabel 5: uitgangspunten en aannames

#	Uitgangspunt / aanname	Bron / Referentie / Opmerking
1	Stoorniveau van de lijn zelf voldoet aan: ▪ bij 0.5MHz, 6dB onder de curven in figuur B8 van [CISPR18] ▪ in de band van 1-100MHz, minstens 10dB onder de curve van figuur B8 van [CISPR18] Dit niveau is gemeten op een referentie niveau van 2m boven de grond. NB 1: er is verder geen bewijs dat deze lijn hieraan voldoet, het is een eis uit het programma van eisen. NB 2: figuur B8 is gebaseerd op een horizontaal mastbeeld, hetgeen alleen bij Schiphol wordt toegepast. Op de overige locaties wordt een verticaal mastbeeld toegepast. De invloed van dit verticaal mastbeeld op de curve wordt in de tekst verder ingeschat.	Email Ebart van den Berg (TenneT) aan Rianne Tichelaar (Movares), 30 december 2010.
2	De mastbeelden voor de geplande lijn bestaan uit verticale configuratie, behalve voor bij Schiphol waar een horizontale configuratie wordt gehanteerd.	Tekening 30613067-35-52 versie D, 4-11-2010 (niet Schiphol). Tekening 30613067-35-62 versie A, 31-3-2009 (Schiphol).
3	De zakelijke rechtstrook voor R380 is 44m breed.	Brochure Randstad 380, Gids over schadevergoedingen.
4	T.a.v. de term “ontoelaatbare beïnvloeding” wordt aangenomen dat voor de hoogfrequente beïnvloeding bij overlap van frequenties beïnvloeding mogelijk is en dat de combinatie van relevante signaalniveaus en eventuele modulatie (met error correctie technieken) bepalen of die beïnvloeding waarschijnlijk of onwaarschijnlijk is. Bij waarschijnlijke beïnvloeding bepaald het karakter van de verstoring of dat die ontoelaatbaar of toelaatbaar wordt geacht. Voor ontoelaatbaar geldt dat alles wat doden of gewonden tot gevolg zou kunnen hebben als ontoelaatbaar wordt geacht.	Aanname is hier gemaakt bij gebrek aan definitie in de opdracht. Nog te overleggen met de opdrachtgever over mogelijke verschillen van interpretatie.

#	Uitgangspunt / aanname	Bron / Referentie / Opmerking
	CISPR doet geen uitspraak over ontoelaatbaar of toelaatbare niveaus en geeft alleen te verwachten niveaus voor bepaalde typen mastconfiguratie.	
5	De diverse communicatie apparatuur is niet gevoelig voor signalen die ver buiten de band van de normale werkfrequenties liggen. Op basis hiervan kan snel een conclusie worden getrokken als het operationele frequentiegebied van bepaalde apparatuur ver van de door corona opgewekte frequenties is verwijderd.	Dit is een gebruikelijke ontwerp strategie, zeker voor meer modernere systemen, doch is niet voor ieder apparaat zoals beschreven in dit rapport afzonderlijk gecontroleerd.
6	De kruising van het Noordzeekanaal zal via duikers / zinkers verlopen.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], maar auteur verwacht dat i.v.m. het belang van vrije doorvaart hier geen hoogspanningslijn over het Noordzeekanaal zal worden toegepast.
7	Het traject rondom Beukenhorst is een bovengrondse hoogspanningslijn.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], omdat daar een andere kleur aanduiding wordt gebruikt voor dit deel van het traject.
8	Het traject tussen Rijpwetering en Abbenes is een bovengrondse hoogspanningslijn.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], omdat daar een andere kleur aanduiding wordt gebruikt voor dit deel van het traject.
9	Het traject tussen Hazerswoude Dorp en Groenendijk is een bovengrondse hoogspanningslijn.	Nog te verifiëren, niet bevestigd op basis van de [lijnprojectie], omdat daar een andere kleur aanduiding wordt gebruikt voor dit deel van het traject.

Bijlage B: kruisingen/passage van objecten

Tabel 6: kruising/passage van objecten

#	Locatie	Type object
1	Ten oosten van Zoetermeer	Kruising A12 en spoorweg Utrecht-Den Haag
2	Ten oosten van Zoetermeer, tussen Hoefweg en Kruisweg	Passage over/langs een woonhuis
3	Ten oosten van Zoetermeer, ter hoogte van Rottedijk, Noorddijk, Herenweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Oosterheem (doch aan de westkant van de HSL spoorlijn)
4	Hogeveen, bij Hoogeveenseweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Benthuizen (doch aan de westkant van de HSL spoorlijn)
5	Tussen Hazerswoude Dorp en Westeinde, ter hoogte Dorpstraat	Kruising Dorpstraat en passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Hazerswoude Dorp Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
6	Rijnwoude, bij Vierheemskinderenweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
7	Bij Groenendijk	Kruising N11, kruising spoorweg Alphen aan de Rijn – Leiden Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
8	Bij Groenendijk; ter hoogte van Rijndijk, Hondsdijk	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Kruising met waterweg: oude Rijn Amateurzenders geregistreerd in Hazerswoude Rijndijk Mogelijk niet relevant als aanname 9 niet correct is.
9	Ten oosten van Leiderdorp, Ruige kade	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, Amateurzenders geregistreerd in Leiderdorp
10	Ten oosten van Leiderdorp	Kruising & parallelloop A4, Kruising/passage N446, kruising HSL spoorlijn
11	Ten noord oosten van Leiderdorp, Zuiderzeeweg	Passage over een woonhuis/bedrijfsterrein Passage over een waterweg (waarschijnlijk alleen recreatief verkeer)
12	Tussen Leiderdorp en Hoogmade	Parallelloop A4 en parallelloop HSL spoorlijn Amateurzenders geregistreerd in Hoogmade
13	Ten noorden van Hoogmade, Blauwemolenweg	Passage over/ langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
14	Ten zuiden van Rijpwetering,	Passage over/ langs

#	Locatie	Type object
	kruising Zuidweg	woonhuizen/bedrijfsterreinen, passage over een waterweg (waarschijnlijk alleen recreatief verkeer) Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
15	Ten oosten van Rijpwetering, Lange Dwarsweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, kruising N445 Amateurzenders geregistreerd in Roelofarendsveen en Rijpwetering Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
16	Ten zuid westen van Nieuwe Wetering, Korte Dwarsweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
17	Ten noord westen van Nieuwe Wetering	Passage over Hanepoel watergebied, kruising Haarlemmermeerse ringvaart (waarschijnlijk alleen recreatief) Amateurzenders geregistreerd in Nieuwe Wetering Mogelijk niet relevant als aanname 8 niet correct is.
18	Ten oosten van Abbenes	Kruising A44
19	Tussen Abbenes en Nieuw Vennep	Parallelloop met spoorweg Hoofddorp-Leiden
20	Ten zuiden van Nieuw Vennep, Lireweg	Passage langs bedrijfsterreinen, kruising HSL spoorlijn Amateurzenders geregistreerd in Nieuw Vennep
21	Ten oosten van Nieuw Vennep, „t Kabel	Passage langs manege ’t Kabel, passage langs NS station Nieuw Vennep
22	Tussen Nieuw Vennep en Haarlemmermeer/Hoofddorp	Parallelloop spoorwegen Hoofddorp-Leiden en HSL, HSL technische ruimte (ten zuid westen van Nieuwe Bennebroekerweg), parallelloop emplacement Hoofddorp Amateurzenders geregistreerd in President Noord
23	Hoofddorp, Rijnlanderweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd in Beukenhorst West
24	Hoofddorp	Kruising weg om de noord met verkeersinstallaties
25	Ten oosten van Hoofddorp	Kruising spoorweg Hoofddorp-Schiphol
26	Ten oosten van Hoofddorp, Vijfhuizerweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
27	Ten noord oosten van Hoofddorp	Kruising hoofdweg, kruising N520, Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, kruising ringvaart
28	Ten noorden van Hoofddorp, Ijweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen

#	Locatie	Type object
29	Ten zuid oosten van Vijfhuizen, nabij Stelling	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen, parallelloop Schiphol Polderbaan op ongeveer 800m Amateurzenders geregistreerd in Vijfhuizen
30	Ten oosten van Vijfhuizen, nabij Driemerenweg	Kruising N205
31	Ten noorden van Vijfhuizen, Kromme Spieringweg	Passage over/langs woonhuizen/ bedrijfsterreinen
32	Ten noorden van Vijfhuizen	Kruising N232, kruising N205
33	De Liede	Passage over/langs woonhuizen/ bedrijfsterreinen
34	Ten noorden van de Liede	Kruising N200/A200, kruising spoorweg Haarlem-Amsterdam
35	Ten noorden van de Liede, Oude Notweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen Omroepzender Haarlemmerliede Ten westen van de lijn, PTT mast (straalzender in wijk Veerpolder) doch op 2km afstand
36	Ten oosten van Spaarnwoude, nabij Spaarndammerdijk/ Inlaagpolder	Kruising A9, Passage langs woonhuizen/ bedrijfsterreinen Amateurzenders geregistreerd aan Ringweg op ongeveer 400m
37	Ten noord oosten van Spaarndam	Kruising waterweg Zijkanaal C
38	Ten noorden van Spaarndam	Passage over recreatie gebied Spaarnwoude, kruising waterweg (kanobaan, recreatief) Amateurzenders geregistreerd in Velserbroek (ongeveer 1km)
39	Ten zuid oosten van Velsen-Zuid	Paralleloop A9, Kruising waterweg Noordzeekanaal (niet relevant als aanname 6 correct is)
40	Ten noorden van Noordzeekanaal, Kanaalweg	Kruising N246 (niet relevant als aanname 6 correct is), passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
41	Ten oosten van Velsen-Noord, Kagerweg	Passage langs woonhuizen/bedrijfsterreinen
42	Ten oosten van Velsen-Noord	Kruising A9, kruising N246

Bijlage C: kenmerken potentiële slachtoffersystemen

Tabel 7: kenmerken potentiële slachtoffer-systemen

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
1	GPS	1.575GHz (civiel) 1.227GHz (hoge resolutie, militair)	-130 tot -160dBm, typische waarden dBm vertalen naar dBµV/m hangt af van de antenne factor en impedantie, dat kan niet in zijn algemeen worden uitgevoerd	BPSK (bi phase shift key) modulatie	Alleen ontvangst, signaalniveau ligt onder thermisch ruisniveau, maar door integratie technieken kunnen dat soort signalen toch gemeten worden.
2	C2000 (+P2000)	TETRA 380-395MHz Paging 169MHz	-110dBm (typische waarde) Zendvermogens; basis stations: 25W, mobiele units: 2W, portofoons: 1W Paging kan met lagere ontvangst veldsterkten werken, typische waarden: 10dBµV/m	π/4 DQPSK (differential quadrature phase shift keying) modulatie Paging is meestal FSK (frequency shift keying) modulatie	
3	Radar	L band; 1-2GHz, lange afstands radar X band; 8-12GHz	Gevoeligheden: -100dBm Typische waarden voor uitgezonden vermogens; in de puls tot MW, gemiddeld; orde kW	Gepulste signalen	
4A	Luchtverkeersleiding communicatie	75MHz, baken 108-130MHz 281-360MHz 982MHz, baken		Oudere systemen ook met AM modulatie Waarschijnlijk FM (frequentie modulatie)	Frequentie is hoger dan corona, maar voor vonkvorming zou hier op de banden met AM modulatie nog wel verstoring

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
					kunnen optreden.
4B	Portofoon verkeer Schiphol Airport (niet vliegtuig of navigatie)	TETRA 380-430MHz 450-470MHz	Zendvermogen portofoons; 1W Basis stations: 25W Gevoeligheid; -115dBm (typical)	DQPSK	
4C	Overigen (technische diensten, services, hotels)	74MHz 160-170MHz 400-470MHz	Zendvermogen portofoons; 1W Gevoeligheid; -115dBm (typical)	Waarschijnlijk FM (frequentie modulatie)	
4D	Reservering luchtvaart gebruik (geen verdere details)	315-325 kHz, 325-405kHz, 415-435kHz, 435-495kHz, 505-526.5kHz,		“oude” frequenties, wellicht AM modulatie	De frequenties zijn afkomstig van de [frequentiekaart].
4E	Reservering luchtvaart gebruik (geen verdere details)	2.85-3.155MHz, 3.4-3.5MHz, 3.8-3.9MHz, 3.9-3.95MHz, 4.65-4.75MHz, 4.75-4.85MHz		“oude” frequenties, wellicht AM modulatie	De frequenties zijn afkomstig van de [frequentiekaart].
4F	Reservering luchtvaart gebruik (geen verdere details)	5.45-5.48MHz, 5.48-5.73MHz, 6.525-6.765MHz, 8.815-9.04MHz		“oude” frequenties, wellicht AM modulatie	De frequenties zijn afkomstig van de [frequentiekaart].
5	GSM (GSM-R gebruikt binnen de spoorwegen, zit in ranges 876-880MHz en 921-925MHz)	890-915MHz / 1710-1785MHz	Zendvermogen basis stations; orde 25W, telefoons: 1-2W Gevoeligheid: -100dBm (typical)	GMSK (Gaussian filtered minimum shift keying) modulation, een vorm van FSK (veel smalbandiger dan QPSK)	
6	UMTS	Downlink: 1920-1980MHz Uplink:	Zendvermogen basis stations; orde 25W, telefoons: 1W	Downlink: QPSK (quadrature phase shift	

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
		2110-2170 MHz	Gevoeligheid: -100dBm (typical)	keying) modulatie Uplink: DQPSK	
7	Politie radar voor snelheid	X band; 8-12GHz	Gevoeligheden: -100dBm		
8	Detectielussen (t.b.v. verkeersinstallaties)	Typisch 50-160kHz			Systeem functioneert met detecteren van voertuigen (lusimpedantie verandert door aanwezigheid van ijzer van voertuigen) Invloed van corona emissie is niet waarschijnlijk omdat het magnetisch veld van de lus groter zal zijn dan de emissie van de lijn.
9	Moderne elektronica in auto's	Deursloten, GPS, computers met diverse sensoren, inductieve sensoren (naderings-schakelaars)	Elektronica als zodanig kan gevoelig zijn, maar systemen moeten ook bestand zijn tegen de vonkvorming van bougies.		In het algemeen moet elektronica voldoen aan EMC richtlijn. Daardoor wordt een zekere immuniteit gevraagd van producten voor externe velden. Voor illegale of niet compatibele producten kan geen algemene uitspraak worden gedaan. Daarnaast kan nog worden opgemerkt dat voorlopig nog veel auto's van staal worden geproduceerd waardoor de constructie voor

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
					deze frequenties (0.5-5MHz) een redelijke kooi constructie vormt.
10	Marifonie	156-162MHz	Gevoeligheden: -100dBm Zenders (binnenwateren) orde 1W	FM modulatie	
11A	AM radio	30kHz-300kHz lange golf radio 300kHz - 3MHz midden golf radio	60-80dBµV/m Zie onderstaande figuur	AM (amplitude modulatie)	Frequentie gebied overlapt met corona emissie en AM modulatie is in principe gevoelig voor dit soort verstoringen
11B	Korte golf amateur zenders	3-30MHz	60-80dBµV/m Zie onderstaande figuur	Diverse modulaties (o.a. SSB; single side band, AM, CW morse)	Frequentie gebied overlapt met corona emissie en AM modulatie is in principe gevoelig voor dit soort verstoringen
11C	FM radio	80MHz - 110MHz	60-80dBµV/m	FM (frequentie modulatie)	FM modulatie is vrij ongevoelig voor amplitude verstoringen
12A	TV (tot 2006)*	VHF band 54-88MHz 175-216MHz	60-80dBµV/m	FM (voor het geluid) PAL (in Europa) een soort van amplitude modulatie	Frequentie gebied ligt al redelijk ver van corona emissie gebied. Verstoring door vonkvorming op het beeld signaal is niet uit te sluiten.
12B	TV (tot 2006)*	UHF band 470-855MHz	60-80dBµV/m	FM (voor het geluid) PAL (in Europa) een soort van amplitude modulatie	Frequentie gebied ligt al redelijk ver van corona emissie gebied. Verstoring door vonkvorming op het beeld

#	Naam	Frequentie	Signaalsterkte	Modulatie	Opmerkingen
					signaal is niet uit te sluiten.
12C	TV (digitaal)	174-230MHz (commerciële TV) 154-1479.5MHz (commerciële TV). 470-862MHz (publieke zenders)	60-80dBµV/m	QPSK, 16QAM, 64QAM (digitale modulatie technieken)	Frequentie gebied veel hoger dan corona en moderne modulatie technieken (met error correctie) die niet zo gevoelig zijn voor verstoringen.

* (12A/12B) Uitzendingen van analoge tv is in Nederland in 2006 gestopt. tv-signalen worden verzorgd via DVB-T (digital video broadcasting terrestial) en DVB-H (digital video broadcasting handheld). Er zijn ook nog andere zoals DVB-C (digital video broadcasting cable), maar die zijn in het kader van deze beschouwing niet relevant. Deze DVB systemen zullen van moderne modulatie technieken (o.a. QPSK, 16QAM, 64QAM met foutcorrectiecodes) gebruik maken en frequenties in de band 470-862MHz (publieke zenders), 174-230MHz (commerciële TV) 154-1479.5MHz (commerciële TV).

BRON: diverse gegevens via websites en kennis door auteur elders opgedaan.

Bijlage D: nationaal frequentieregister, 150kHz – 10MHz

Tabel 8: nationaal frequentieregister, 150kHz-10MHz

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
1	9 kHz	1730 MHz	Analyse van Bouwmaterialen
2	9 kHz	1600 MHz	Ultra Wide Band
3	9 kHz	315 kHz	Implantaten
4	148.5 kHz	283.5 kHz	Omroep
5	148.5 kHz	5000 kHz	Inductieve systemen
6	283.5 kHz	315 kHz	Maritiem radionavigatie
7	315 kHz	325 kHz	Maritiem radionavigatie
8	335 kHz	495 kHz	Luchtvaart radionavigatie
9	335 kHz	495 kHz	Maritiem mobiel wal
10	400 kHz	600 kHz	RFID
11	435 kHz	495 kHz	Maritiem mobiel schip
12	456 kHz	458 kHz	Opsporen lawine slachtoffers
13	489.5 kHz	490.5 kHz	Maritiem veiligheidsinformatie
14	495 kHz	505 kHz	Mobiel nood wal
15	495 kHz	505 kHz	Mobiel nood schip
16	505 kHz	526.5 kHz	Maritiem mobiel schip
17	505 kHz	526.5 kHz	Maritiem mobiel wal
18	517.5 kHz	518.5 kHz	Maritiem veiligheidsinformatie
19	526.5 kHz	1606.5 kHz	Omroep
20	1606.5 kHz	1625 kHz	Maritiem mobiel schip
21	1606.5 kHz	1625 kHz	Maritiem mobiel wal
22	1625 kHz	1635 kHz	Radionavigatie
23	1635 kHz	1800 kHz	Maritiem mobiel wal
24	1635 kHz	1800 kHz	Maritiem mobiel schip
25	1642.5 kHz	1642.5 kHz	Maritiem mobiel schip
26	1642.5 kHz	1645.5 kHz	Maritiem mobiel wal
27	1657.5 kHz	1657.5 kHz	Maritiem mobiel schip
28	1657.5 kHz	1660.5 kHz	Maritiem mobiel wal
29	1800 kHz	1810 kHz	Radionavigatie
30	1810 kHz	1880 kHz	Amateurdienst
31	1890 kHz	1893 kHz	Maritiem mobiel
32	2045 kHz	2160 kHz	Maritiem mobiel schip
33	2045 kHz	2160 kHz	Maritiem mobiel wal
34	2160 kHz	2170 kHz	Radioplaatsbepaling
35	2170 kHz	2173.5 kHz	Maritiem mobiel schip
36	2170 kHz	2173.5 kHz	Maritiem mobiel wal
37	2173.5 kHz	2190.5 kHz	Mobiel nood wal
38	2173.5 kHz	2190.5 kHz	Mobiel nood schip
39	2190.5 kHz	2194 kHz	Maritiem mobiel schip

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
40	2190.5 kHz	2194 kHz	Maritiem mobiel wal
41	2194 kHz	2300 kHz	Maritiem mobiel
42	2300 kHz	2498 kHz	Maritiem mobiel
43	2365 kHz	2365 kHz	Maritiem mobiel schip
44	2365 kHz	2368 kHz	Maritiem mobiel wal
45	2392 kHz	2395 kHz	Maritiem mobiel wal
46	2392 kHz	2392 kHz	Maritiem mobiel schip
47	2498 kHz	2502 kHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal
48	2502 kHz	2650 kHz	Maritiem mobiel
49	2520 kHz	2520 kHz	Maritiem mobiel schip
50	2625 kHz	2650 kHz	Maritiem radionavigatie
51	2650 kHz	2850 kHz	Mobiel schip
52	2650 kHz	2850 kHz	Mobiel wal
53	2786 kHz	2786 kHz	Maritiem mobiel schip
54	2786 kHz	2789 kHz	Maritiem mobiel wal
55	2824 kHz	2827 kHz	Maritiem mobiel wal
56	2850 kHz	3025 kHz	Luchtvaart
57	3.01 MHz	3.013 MHz	Maritiem mobiel
58	3.023 MHz	3.026 MHz	Noodverkeer
59	3.025 MHz	3.155 MHz	Luchtvaart
60	3.155 MHz	3.4 MHz	Inductieve systemen
61	3.155 MHz	3.2 MHz	Maritiem mobiel
62	3.2 MHz	3.23 MHz	Maritiem mobiel
63	3.23 MHz	3.4 MHz	Maritiem mobiel
64	3.357 MHz	3.357 MHz	Maritiem mobiel schip
65	3.357 MHz	3.36 MHz	Maritiem mobiel wal
66	3.4 MHz	3.5 MHz	Luchtvaart
67	3.458 MHz	3.461 MHz	Maritiem mobiel wal
68	3.458 MHz	3.458 MHz	Maritiem mobiel schip
69	3.5 MHz	3.8 MHz	Mobiel
70	3.5 MHz	3.8 MHz	Amateurdienst
71	3.673 MHz	3.676 MHz	Maritiem veiligheidsinformatie
72	3.8 MHz	3.9 MHz	Landmobiel
73	3.8 MHz	3.9 MHz	Luchtvaart
74	3.9 MHz	3.95 MHz	Luchtvaart
75	3.95 MHz	4 MHz	Omroep
76	4 MHz	4.063 MHz	Maritiem mobiel
77	4.0506 MHz	4.0506 MHz	Maritiem mobiel schip
78	4.0506 MHz	4.054 MHz	Maritiem mobiel wal
79	4.063 MHz	4.438 MHz	Maritiem mobiel wal
80	4.063 MHz	4.438 MHz	Maritiem mobiel schip
81	4.125 MHz	4.125 MHz	Maritiem mobiel schip

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
82	4.125 MHz	4.128 MHz	Maritiem mobiel wal
83	4.2095 MHz	4.2125 MHz	Maritiem veiligheidsinformatie
84	4.369 MHz	4.372 MHz	Maritiem mobiel wal
85	4.369 MHz	4.369 MHz	Maritiem mobiel schip
86	4.438 MHz	4.65 MHz	Maritiem mobiel
87	4.515 MHz	4.515 MHz	Spoorwegen
88	4.65 MHz	4.7 MHz	Luchtvaart
89	4.7 MHz	4.75 MHz	Luchtvaart
90	4.75 MHz	4.85 MHz	Luchtvaart
91	4.75 MHz	4.85 MHz	Landmobiel
92	4.85 MHz	4.995 MHz	Landmobiel
93	4.995 MHz	5.003 MHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal
94	5 MHz	30 MHz	Inductieve systemen
95	5.003 MHz	5.005 MHz	Ruimte onderzoek
96	5.003 MHz	5.005 MHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal
97	5.005 MHz	5.06 MHz	Landmobiel
98	5.06 MHz	5.45 MHz	Maritiem mobiel
99	5.45 MHz	5.48 MHz	Landmobiel
100	5.45 MHz	5.48 MHz	Luchtvaart
101	5.48 MHz	5.68 MHz	Luchtvaart
102	5.68 MHz	5.73 MHz	Luchtvaart
103	5.68 MHz	5.683 MHz	Noodverkeer
104	5.68 MHz	5.68 MHz	Maritiem mobiel schip
105	5.68 MHz	5.683 MHz	Maritiem mobiel wal
106	5.699 MHz	5.702 MHz	Luchtvaart
107	5.73 MHz	5.9 MHz	Landmobiel
108	5.9 MHz	5.95 MHz	Landmobiel
109	5.9 MHz	5.95 MHz	Omroep
110	5.95 MHz	6.2 MHz	Omroep
111	6.2 MHz	6.525 MHz	Maritiem mobiel
112	6.203 MHz	6.203 MHz	Maritiem mobiel schip
113	6.215 MHz	6.215 MHz	GMDSS (global maritime distress and safety system)
114	6.268 MHz	6.268 MHz	GMDSS
115	6.312 MHz	6.312 MHz	GMDSS
116	6.314 MHz	6.314 MHz	GMDSS
117	6.504 MHz	6.507 MHz	Maritiem mobiel wal
118	6.525 MHz	6.685 MHz	Luchtvaart
119	6.55 MHz	6.55 MHz	Maritiem mobiel schip
120	6.55 MHz	6.553 MHz	Maritiem mobiel wal
121	6.615 MHz	6.765 MHz	Inductieve systemen
122	6.685 MHz	6.765 MHz	Luchtvaart
123	6.765 MHz	6.795 MHz	Non specific SRD (short range devices)

#	Ondergrens	Bovengrens	Toepassing
124	6.765 MHz	7 MHz	Landmobiel
125	6.765 MHz	6.795 MHz	ISM banden
126	6.765 MHz	6.795 MHz	Inductieve systemen
127	6.795 MHz	6.945 MHz	Inductieve systemen
128	7 MHz	7.1 MHz	Amateurdienst
129	7.1 MHz	7.2 MHz	Amateurdienst
130	7.1 MHz	7.3 MHz	Omroep
131	7.3 MHz	7.35 MHz	Omroep
132	7.35 MHz	8.1 MHz	Landmobiel
133	7.4 MHz	8.8 MHz	Inductieve systemen
134	8.1 MHz	8.195 MHz	Maritiem mobiel schip
135	8.1 MHz	8.195 MHz	Maritiem mobiel wal
136	8.195 MHz	8.815 MHz	Maritiem mobiel wal
137	8.195 MHz	8.815 MHz	Maritiem mobiel schip
138	8.291 MHz	8.291 MHz	GMDSS
139	8.3766 MHz	8.3766 MHz	GMDSS
140	8.4145 MHz	8.4145 MHz	GMDSS
141	8.794 MHz	8.797 MHz	Maritiem mobiel wal
142	8.794 MHz	8.794 MHz	Maritiem mobiel schip
143	9.04 MHz	9.4 MHz	Mobiel
144	9.4 MHz	9.9 MHz	Omroep
145	9.995 MHz	10.003 MHz	Standaardfrequentie en tijdsignaal

NB
Het international tijdsignaal DCF77 wordt uitgezonden op 77kHz. Hiervan maken bepaalde kloksystemen gebruik, het werkt met een combinatie van AM en PM (fase) modulatie.

Bijlage E: geïnduceerde spanningen per leidingeigenaar

Tabel 9: geïnduceerde spanningen per leidingeigenaar

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	datatransport	BT Nederland	1855	x	
24-28	49-66	datatransport	BT Nederland	810	x	
26-30	62-79	datatransport	BT Nederland	1050	x	
28-31	68-81	datatransport	BT Nederland	751	x	
31-35	80-89	datatransport	BT Nederland	2211	x	
32-37	86-96	datatransport	BT Nederland	2211	x	
36-40	91-103	datatransport	BT Nederland	3180	x	
38-41	100-108	datatransport	BT Nederland	5290	x	
40-46	106-118	datatransport	BT Nederland	2000	x	
43-45	114-118	datatransport	BT Nederland	1809	x	
58-60	142-147	datatransport	BT Nederland	1403	x	
59-62	147-153	datatransport	BT Nederland	1575	x	
62-64	153-158	datatransport	BT Nederland	1500	x	
63-65	157-163	datatransport	BT Nederland	921	x	
65-66	163-168	datatransport	BT Nederland	2157	x	
66-69	166-175	datatransport	BT Nederland	2712	x	
10-15	1-12	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1567	x	
14-16	9-16	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1329	x	
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1092	x	
40-46	106-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1187	x	
43-45	114-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	989	x	
44-49	118-119	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	989	x	
44-49	kabel	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	989	x	
62-64	153-158	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1221	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1315	x	
65-66	163-168	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	782	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1778	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1778	x	
40-46	106-118	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	986	x	
43-45	114-118	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	860	x	
44-49	118-119	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	860	x	
44-49	kabel	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	860	x	
53-55	129-135a	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	883	x	
62-64	153-158	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1188	x	
63-65	157-163	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	773	x	
65-66	163-168	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	867	x	
66-69	166-175	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1312	x	
21-24	33-48	datatransport	Colt Telecom	824	x	
24-28	49-66	datatransport	Colt Telecom	810	x	
26-30	62-79	datatransport	Colt Telecom	810	x	
28-31	68-81	datatransport	Colt Telecom	810	x	
31-35	80-89	datatransport	Colt Telecom	1063	x	
32-37	86-96	datatransport	Colt Telecom	1063	x	
40-46	106-118	datatransport	Colt Telecom	817	x	
43-45	114-118	datatransport	Colt Telecom	1000	x	
36-40	91-103	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	848	x	
38-41	100-108	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1170	x	
40-46	106-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	868	x	
43-45	114-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	919	x	
44-49	118-119	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	919	x	
44-49	kabel	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	919	x	
53-55	129-135a	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	2365	x	
55-57	135a-	buisleiding	Defensie Pijpleiding	1197	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
	141	gevaarlijke inhoud	Organisatie			
57-60	141-146	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	3101	x	
59-61	146-152	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1463	x	
62-64	153-158	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1080	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	824	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1093	x	
65-66	162-167	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1531	x	
66-67	167-170	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	958	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1600	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	1125	x	
19-22	27-34	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1170	x	
21-24	33-48	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	897	x	
23-26	44-60	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1210	x	
24-28	49-66	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	798	x	
26-30	62-79	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	754	x	
28-31	68-81	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	829	x	
31-35	80-89	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1000	x	
32-37	86-96	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1000	x	
36-40	91-103	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	2070	x	
38-41	100-108	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	2090	x	
43-45	114-118	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	851	x	
31-35	80-89	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1197	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
32-37	86-96	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1150	x	
36-40	91-103	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	917	x	
38-41	100-108	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	750	x	
31-35	80-89	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1176	x	
32-37	86-96	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1152	x	
36-40	91-103	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1176	x	
38-41	100-108	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	821	x	
24-28	49-66	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	1172	x	
62-64	153-158	water	Dunea	1410	x	
63-65	157-163	water	Dunea	808	x	
63-65	157-163	water	Dunea	1064	x	
65-66	162-167	water	Dunea	3000	x	
65-66	163-168	water	Dunea	1062	x	
66-67	167-170	water	Dunea	1550	x	
66-69	166-175	water	Dunea	3840	x	
21-24	33-48	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	848	x	
21-24	33-48	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1414	x	
23-26	44-60	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1400	x	
24-28	49-66	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1985	x	
26-30	62-79	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	870	x	
28-31	68-81	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1125	x	
31-35	80-89	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1000	x	
32-37	86-96	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1000	x	
38-41	100-108	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1153	x	
43-45	114-118	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	1059	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
21-24	33-48	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	752	x	
23-26	44-60	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1400	x	
24-28	49-66	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	900	x	
28-31	68-81	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	798	x	
31-35	80-89	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1000	x	
32-37	86-96	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1138	x	
36-40	91-103	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	814	x	
38-41	100-108	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1979	x	
40-46	106-118	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	1090	x	
43-45	114-118	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	864	x	
31-35	80-89	datatransport	euNetwerks/ Adinf	912	x	
32-37	86-96	datatransport	euNetwerks/ Adinf	912	x	
36-40	91-103	datatransport	euNetwerks/ Adinf	912	x	
10-15	1-12	datatransport	Eurofiber	1880	x	
14-16	9-16	datatransport	Eurofiber	912	x	
17-20	21-28	datatransport	Eurofiber	1622	x	
17-20	21-28	datatransport	Eurofiber	1755	x	
19-22	27-34	datatransport	Eurofiber	3597	x	
19-22	27-34	datatransport	Eurofiber	4052	x	
21-24	33-48	datatransport	Eurofiber	752	x	
26-30	62-79	datatransport	Eurofiber	759	x	
31-35	80-89	datatransport	Eurofiber	759	x	
32-37	86-96	datatransport	Eurofiber	759	x	
38-41	100-108	datatransport	Eurofiber	886	x	
50-53	122-129	datatransport	Eurofiber	828	x	
51-53	124-129	datatransport	Eurofiber	1044	x	
66-67	167-170	datatransport	Eurofiber	1230	x	
66-69	166-175	datatransport	Eurofiber	1648	x	
66-69	166-175	datatransport	Eurofiber	2250	x	
10-11	1-4	riool vrij verval	Gemeente Beverwijk	756	x	
10-15	1-12	riool vrij verval	Gemeente Beverwijk	779	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
51-53	124-129	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	1068	x	
47-50	118-120	riool onder druk	Gemeente Kaag en Braassem	797	x	
43-45	114-118	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	870	x	
44-49	118-119	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	870	x	
44-49	kabel	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	870	x	
51-53	124-129	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	1001	x	
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	924	x	
43-45	114-118	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	1164	x	
44-49	118-119	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	1164	x	
44-49	kabel	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	1164	x	
50-53	122-129	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	805	x	
65-66	163-168	riool onder hoge druk	Gemeente Lansingerland	889	x	
59-61	146-152	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	890	x	
63-65	157-163	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	750	x	
65-66	163-168	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	1080	x	
10-15	1-12	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1080	x	
14-16	9-16	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1057	x	
19-22	27-34	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	789	x	
24-28	49-66	Datatransport	Global Crossing PEC Nederland	810	x	
26-30	62-79	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	789	x	
28-31	68-81	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	2381	x	
28-32	69-83	Datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1604	x	
31-35	80-89	datatransport	Global Crossing PEC	1399	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Nederland			
75-83	30-32	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1399	x	
10-15	1-12	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1232	x	
23-26	44-60	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	901	x	
24-28	49-66	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	4463	x	
28-31	68-81	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	2732	x	
43-45	114-118	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1224	x	
44-49	118-119	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1224	x	
44-49	kabel	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	1224	x	
43-45	114-118	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	870	x	
44-49	118-119	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	870	x	
66-67	167-170	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	829	x	
23-26	44-60	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	901	x	
24-28	49-66	Datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	3600	x	
28-31	68-81	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	3600	x	
28-32	69-83	Datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1604	x	
31-35	80-89	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1378	x	
40-46	106-118	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1053	x	
43-45	114-118	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	948	x	
75-83	30-32	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1399	x	
10-11	1-4	datatransport	KPN	1614	x	
10-15	1-12	datatransport	KPN	6388	x	
14-16	9-16	datatransport	KPN	1477	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
15-18	13-22	datatransport	KPN	1445	x	
17-20	21-28	datatransport	KPN	1916	x	
17-20	21-28	datatransport	KPN	1630	x	
19-22	27-34	datatransport	KPN	1038	x	
19-22	27-34	datatransport	KPN	815	x	
21-24	33-48	datatransport	KPN	1259	x	
21-24	33-48	datatransport	KPN	1091	x	
23-26	44-60	datatransport	KPN	1600	x	
24-28	49-66	Datatransport	KPN	798	x	
26-30	62-79	datatransport	KPN	1013	x	
28-31	68-81	datatransport	KPN	2183	x	
31-35	80-89	datatransport	KPN	2183	x	
32-37	86-96	datatransport	KPN	2183	x	
36-40	91-103	datatransport	KPN	2043	x	
38-41	100-108	datatransport	KPN	3675	x	
40-46	106-118	datatransport	KPN	2000	x	
43-45	114-118	datatransport	KPN	1013	x	
44-49	118-119	datatransport	KPN	1013	x	
44-49	kabel	datatransport	KPN	1013	x	
44-52	118-125	datatransport	KPN	1088	x	
47-50	118-120	datatransport	KPN	1804	x	
50-52	120-126	datatransport	KPN	874	x	
50-53	122-129	datatransport	KPN	944	x	
51-53	124-129	datatransport	KPN	944	x	
53-55	129-135a	datatransport	KPN	1353	x	
53-55	129-136	datatransport	KPN	1785	x	
55-58	136-142	datatransport	KPN	1350	x	
58-60	142-147	datatransport	KPN	1728	x	
59-61	146-152	datatransport	KPN	975	x	
59-62	147-153	datatransport	KPN	1015	x	
61-63	152-157	datatransport	KPN	752	x	
63-65	157-163	datatransport	KPN	801	x	
63-65	157-163	datatransport	KPN	803	x	
65-66	162-167	datatransport	KPN	3000	x	
65-66	163-168	datatransport	KPN	1410	x	
66-67	167-170	datatransport	KPN	976	x	
66-69	166-175	datatransport	KPN	1640	x	
66-69	166-175	datatransport	KPN	1739	x	
75-83	30-32	datatransport	KPN	756	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
28-31	68-81	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
28-32	69-83	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	817	x	
31-35	80-89	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	756	x	
32-37	86-96	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
36-40	91-103	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
38-41	100-108	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
40-46	106-118	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1620	x	
43-45	114-118	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	935	x	
75-83	30-32	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	779	x	
10-15	1-12	datatransport	Liander	1347	x	
15-18	13-22	datatransport	Liander	764	x	
17-20	21-28	datatransport	Liander	1386	x	
19-22	27-34	datatransport	Liander	828	x	
21-24	33-48	datatransport	Liander	2530	x	
21-24	33-48	datatransport	Liander	1032	x	
23-26	44-60	datatransport	Liander	2150	x	
24-28	49-66	Datatransport	Liander	3000	x	
26-30	62-79	datatransport	Liander	1050	x	
28-31	68-81	datatransport	Liander	1009	x	
31-35	80-89	datatransport	Liander	1292	x	
32-37	86-96	datatransport	Liander	975	x	
36-40	91-103	datatransport	Liander	857	x	
43-45	114-118	datatransport	Liander	1017	x	
44-49	118-119	datatransport	Liander	1017	x	
44-49	kabel	datatransport	Liander	1017	x	
44-52	118-125	datatransport	Liander	1073	x	
47-50	118-120	datatransport	Liander	1804	x	
55-58	136-142	datatransport	Liander	1804	x	
58-60	142-147	datatransport	Liander	1804	x	
59-62	147-153	datatransport	Liander	1804	x	
62-64	153-158	datatransport	Liander	3850	x	
63-65	157-163	datatransport	Liander	3850	x	
63-65	157-163	datatransport	Liander	3426	x	
65-66	162-167	datatransport	Liander	2352	x	
10-15	1-12	gas hoge druk	Liander	2352	x	
43-45	114-118	gas hoge druk	Liander	1150	x	
44-49	118-119	gas hoge druk	Liander	1150	x	
44-49	kabel	gas hoge druk	Liander	1150	x	
44-52	118-125	gas hoge druk	Liander	960	x	
47-50	118-120	gas hoge druk	Liander	1025	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
55-58	136-142	gas hoge druk	Liander	1430	x	
58-60	142-147	gas hoge druk	Liander	1691	x	
59-62	147-153	gas hoge druk	Liander	1125	x	
61-63	152-157	gas hoge druk	Liander	760	x	
65-66	162-167	gas hoge druk	Liander	765	x	
10-15	1-12	gas lage druk	Liander	1218	x	
14-16	9-16	gas lage druk	Liander	765	x	
15-18	13-22	gas lage druk	Liander	1218	x	
43-45	114-118	gas lage druk	Liander	1246	x	
44-49	118-119	gas lage druk	Liander	1246	x	
44-49	kabel	gas lage druk	Liander	1246	x	
44-52	118-125	gas lage druk	Liander	1246	x	
50-53	122-129	gas lage druk	Liander	801	x	
55-58	136-142	gas lage druk	Liander	1425	x	
58-60	142-147	gas lage druk	Liander	1425	x	
59-61	146-152	gas lage druk	Liander	916	x	
59-62	147-153	gas lage druk	Liander	1122	x	
63-65	157-163	gas lage druk	Liander	1209	x	
65-66	162-167	gas lage druk	Liander	1540	x	
10-15	1-12	hoogspanning	Liander	1569	x	
19-22	27-34	hoogspanning	Liander	1051	x	
21-24	33-48	hoogspanning	Liander	2405	x	
21-24	33-48	hoogspanning	Liander	1526	x	
23-26	44-60	hoogspanning	Liander	2138	x	
24-28	49-66	hoogspanning	Liander	3240	x	
26-30	62-79	hoogspanning	Liander	999	x	
28-31	68-81	hoogspanning	Liander	3010	x	
31-35	80-89	hoogspanning	Liander	901	x	
32-37	86-96	hoogspanning	Liander	1250	x	
36-40	91-103	hoogspanning	Liander	836	x	
38-41	100-108	hoogspanning	Liander	1000	x	
43-45	114-118	hoogspanning	Liander	1179	x	
44-49	118-119	hoogspanning	Liander	1179	x	
44-49	kabel	hoogspanning	Liander	1179	x	
44-52	118-125	hoogspanning	Liander	788	x	
47-50	118-120	hoogspanning	Liander	1023	x	
50-52	120-126	hoogspanning	Liander	845	x	
10-11	1-4	laagspanning	Liander	772	x	
10-15	1-12	laagspanning	Liander	918	x	
17-20	21-28	laagspanning	Liander	762	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
17-20	21-28	laagspanning	Liander	1359	x	
19-22	27-34	laagspanning	Liander	963	x	
19-22	27-34	laagspanning	Liander	836	x	
21-24	33-48	laagspanning	Liander	892	x	
21-24	33-48	laagspanning	Liander	1663	x	
23-26	44-60	laagspanning	Liander	1400	x	
24-28	49-66	laagspanning	Liander	900	x	
31-35	80-89	laagspanning	Liander	2200	x	
32-37	86-96	laagspanning	Liander	1000	x	
36-40	91-103	laagspanning	Liander	893	x	
38-41	100-108	laagspanning	Liander	2092	x	
40-46	106-118	laagspanning	Liander	840	x	
43-45	114-118	laagspanning	Liander	1050	x	
44-49	118-119	laagspanning	Liander	1050	x	
44-49	kabel	laagspanning	Liander	1050	x	
44-52	118-125	laagspanning	Liander	950	x	
47-50	118-120	laagspanning	Liander	840	x	
50-53	122-129	laagspanning	Liander	980	x	
51-53	124-129	laagspanning	Liander	828	x	
55-57	135a-141	laagspanning	Liander	904	x	
58-60	142-147	laagspanning	Liander	772	x	
59-61	146-152	laagspanning	Liander	1177	x	
62-64	153-158	laagspanning	Liander	816	x	
63-65	157-163	laagspanning	Liander	956	x	
65-66	162-167	laagspanning	Liander	1500	x	
10-11	1-4	middenspanning	Liander	1229	x	
10-15	1-12	middenspanning	Liander	1023	x	
14-16	9-16	middenspanning	Liander	904	x	
15-18	13-22	middenspanning	Liander	1048	x	
17-20	21-28	middenspanning	Liander	1239	x	
17-20	21-28	middenspanning	Liander	1016	x	
19-22	27-34	middenspanning	Liander	1044	x	
19-22	27-34	middenspanning	Liander	1590	x	
21-24	33-48	middenspanning	Liander	875	x	
21-24	33-48	middenspanning	Liander	1591	x	
23-26	44-60	middenspanning	Liander	1400	x	
24-28	49-66	middenspanning	Liander	769	x	
26-30	62-79	middenspanning	Liander	799	x	
28-31	68-81	middenspanning	Liander	1138	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
31-35	80-89	middenspanning	Liander	1000	x	
32-37	86-96	middenspanning	Liander	1000	x	
36-40	91-103	middenspanning	Liander	4440	x	
38-41	100-108	middenspanning	Liander	1138	x	
40-46	106-118	middenspanning	Liander	1356	x	
43-45	114-118	middenspanning	Liander	1000	x	
44-49	118-119	middenspanning	Liander	4440	x	
44-49	kabel	middenspanning	Liander	1138	x	
44-52	118-125	middenspanning	Liander	2005	x	
47-50	118-120	middenspanning	Liander	784	x	
50-53	122-129	middenspanning	Liander	1105	x	
51-53	124-129	middenspanning	Liander	813	x	
55-58	136-142	middenspanning	Liander	1430	x	
58-60	142-147	middenspanning	Liander	1738	x	
59-61	146-152	middenspanning	Liander	1115	x	
59-62	147-153	middenspanning	Liander	1050	x	
61-63	152-157	middenspanning	Liander	752	x	
62-64	153-158	middenspanning	Liander	3850	x	
63-65	157-163	middenspanning	Liander	822	x	
63-65	157-163	middenspanning	Liander	1070	x	
65-66	162-167	middenspanning	Liander	3000	x	
23-26	44-60	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	1187	x	
24-28	49-66	Datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	1125	x	
31-35	80-89	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	945	x	
23-26	44-60	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	890	x	
31-35	80-89	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	891	x	
10-15	1-12	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1394	x	
14-16	9-16	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1384	x	
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	2238	x	
19-22	27-34	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	851	x	
19-22	27-34	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1093	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
26-30	62-79	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1527	x	
28-31	68-81	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3752	x	
28-32	69-83	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1968	x	
31-35	80-89	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	920	x	
32-37	86-96	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	945	x	
36-40	91-103	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	945	x	
38-41	100-108	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	945	x	
43-45	114-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	989	x	
44-49	118-119	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	989	x	
44-49	kabel	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	989	x	
44-52	118-125	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	954	x	
53-55	129-135a	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	2365	x	
55-57	135a-141	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1671	x	
57-60	141-146	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3610	x	
59-61	146-152	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1377	x	
62-64	153-158	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3608	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3608	x	
63-65	157-163	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	3450	x	
65-66	162-167	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1056	x	
66-67	167-170	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	900	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1224	x	
75-83	30-32	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	1399	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-11	1-4	gas hoge druk	N.V. Nederlandse Gasunie West	2459	x	
65-66	162-167	buisleiding gevaarlijke inhoud	Nederlandse Aardolie Maatschappij	750	x	
10-15	1-12	datatransport	NetShare	1752	x	
43-45	114-118	water	Oasen	1041	x	
44-49	118-119	water	Oasen	1041	x	
44-49	kabel	water	Oasen	1041	x	
44-52	118-125	water	Oasen	1323	x	
47-50	118-120	water	Oasen	851	x	
50-53	122-129	water	Oasen	875	x	
51-53	124-129	water	Oasen	1087	x	
53-55	129-135a	water	Oasen	859	x	
53-55	129-136	water	Oasen	1071	x	
55-58	136-142	water	Oasen	781	x	
58-60	142-147	water	Oasen	1660	x	
59-61	146-152	water	Oasen	1660	x	
59-62	147-153	water	Oasen	1132	x	
61-63	152-157	water	Oasen	802	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Pipeline Control OCAP Secundait	914	x	
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	Pipeline Control OCAP Secundait	1614	x	
10-15	1-12	datatransport	ProRail	884	x	
31-35	80-89	datatransport	ProRail	1021	x	
32-37	86-96	datatransport	ProRail	4076	x	
36-40	91-103	datatransport	ProRail	3304	x	
38-41	100-108	datatransport	ProRail	5290	x	
40-46	106-118	datatransport	ProRail	2000	x	
43-45	114-118	datatransport	ProRail	1425	x	
66-69	166-175	datatransport	ProRail	1250	x	
32-37	86-96	laagspanning	ProRail	1638	x	
32-37	86-96	middenspanning	ProRail	1638	x	
36-40	91-103	middenspanning	ProRail	2170	x	
38-41	100-108	middenspanning	ProRail	4204	x	
21-24	33-48	overig	ProRail	1181	x	
21-24	33-48	overig	ProRail	1073	x	
51-53	124-129	datatransport	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	761	x	
55-58	136-142	laagspanning	Provincie Zuid-Holland	810	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			TSO p/a Van den Berg			
10-11	1-4	water	PWN Heemskerk	1266	x	
14-16	9-16	water	PWN Heemskerk	766	x	
17-20	21-28	water	PWN Heemskerk	1132	x	
19-22	27-34	water	PWN Heemskerk	4793	x	
19-22	27-34	water	PWN Heemskerk	4990	x	
21-24	33-48	water	PWN Heemskerk	1771	x	
21-24	33-48	water	PWN Heemskerk	1235	x	
23-26	44-60	water	PWN Heemskerk	1400	x	
24-28	49-66	water	PWN Heemskerk	7749	x	
28-31	68-81	water	PWN Heemskerk	2142	x	
31-35	80-89	water	PWN Heemskerk	1000	x	
32-37	86-96	water	PWN Heemskerk	1000	x	
36-40	91-103	water	PWN Heemskerk	2856	x	
38-41	100-108	water	PWN Heemskerk	1889	x	
40-46	106-118	water	PWN Heemskerk	1310	x	
43-45	114-118	water	PWN Heemskerk	935	x	
14-16	9-16	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	823	x	
24-28	49-66	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	920	x	
24-28	49-66	middenspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	828	x	
10-15	1-12	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	3932	x	
14-16	9-16	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	1245	x	
24-28	49-66	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	974	x	
10-15	1-12	riool vrij verval	Recreatie Noord-Holland N.V.	1932	x	
24-28	49-66	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	1285	x	
55-57	135a-141	datatransport	Reggefiber Operator	1245	x	
10-11	1-4	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	1185	x	
10-15	1-12	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	1482	x	
28-31	68-81	datatransport	Relined City p/a v.d.	1575	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Berg infrastructuren B.V.			
28-32	69-83	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	798	x	
31-35	80-89	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	798	x	
32-37	86-96	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	798	x	
75-83	30-32	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	779	x	
10-11	1-4	datatransport	RWS Alkmaar	1575	x	
10-15	1-12	datatransport	RWS Alkmaar	798	x	
14-16	9-16	datatransport	RWS Alkmaar	779	x	
17-20	21-28	datatransport	RWS Alkmaar	1914	x	
17-20	21-28	datatransport	RWS Alkmaar	779	x	
19-22	27-34	datatransport	RWS Alkmaar	2811	x	
21-24	33-48	datatransport	RWS Alkmaar	1107	x	
10-15	1-12	laagspanning	RWS Alkmaar	2759	x	
17-20	21-28	laagspanning	RWS Alkmaar	2260	x	
17-20	21-28	laagspanning	RWS Alkmaar	1575	x	
19-22	27-34	laagspanning	RWS Alkmaar	2906	x	
21-24	33-48	laagspanning	RWS Alkmaar	1120	x	
10-15	1-12	riool vrij verval	RWS Alkmaar	918	x	
17-20	21-28	riool vrij verval	RWS Alkmaar	1050	x	
21-24	33-48	riool vrijverval	RWS Alkmaar	857	x	
31-35	80-89	datatransport	RWS Amsterdam	1240	x	
32-37	86-96	datatransport	RWS Amsterdam	944	x	
40-46	106-118	datatransport	RWS Amsterdam	1034	x	
43-45	114-118	datatransport	RWS Amsterdam	1175	x	
31-35	80-89	laagspanning	RWS Amsterdam	1015	x	
32-37	86-96	laagspanning	RWS Amsterdam	927	x	
40-46	106-118	laagspanning	RWS Amsterdam	1231	x	
43-45	114-118	laagspanning	RWS Amsterdam	1200	x	
31-35	80-89	riool vrij verval	RWS Amsterdam	940	x	
32-37	86-96	riool vrij verval	RWS Amsterdam	990	x	
43-45	114-118	riool vrij verval	RWS Amsterdam	1285	x	
44-52	118-125	datatransport	RWS ZH Wegendistrict	1000	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Haaglanden			
50-53	122-129	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1000	x	
51-53	124-129	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1000	x	
66-67	167-170	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1110	x	
66-69	166-175	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1500	x	
43-45	114-118	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1258	x	
44-49	118-119	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1258	x	
44-49	kabel	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1258	x	
44-52	118-125	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1434	x	
47-50	118-120	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1205	x	
50-53	122-129	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1102	x	
51-53	124-129	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1563	x	
66-69	166-175	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	1980	x	
51-53	124-129	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	2205	x	
66-67	167-170	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	2200	x	
31-35	80-89	datatransport	Schiphol Telematics	981	x	
51-53	124-129	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1153	x	
55-58	136-142	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1350	x	
58-60	142-147	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	2200	x	
59-62	147-153	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	2200	x	
61-63	152-157	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom	760	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Services			
66-67	167-170	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1181	x	
66-69	166-175	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	1181	x	
31-35	80-89	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	1438	x	
32-37	86-96	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	1438	x	
66-69	166-175	datatransport	Stedin	1620	x	
17-20	21-28	gas hoge druk	Stedin	1534	x	
17-20	21-28	gas hoge druk	Stedin	1286	x	
19-22	27-34	gas hoge druk	Stedin	1813	x	
66-69	166-175	gas hoge druk	Stedin	878	x	
10-11	1-4	gas lage druk	Stedin	1286	x	
10-15	1-12	gas lage druk	Stedin	1298	x	
19-22	27-34	gas lage druk	Stedin	1813	x	
66-69	166-175	gas lage druk	Stedin	1411	x	
66-69	166-175	hoogspanning	Stedin	1246	x	
63-65	157-163	laagspanning	Stedin	824	x	
65-66	163-168	laagspanning	Stedin	1009	x	
66-69	166-175	laagspanning	Stedin	1080	x	
66-69	166-175	laagspanning	Stedin	1884	x	
59-61	146-152	middenspanning	Stedin	1088	x	
62-64	153-158	middenspanning	Stedin	2375	x	
63-65	157-163	middenspanning	Stedin	1360	x	
65-66	163-168	middenspanning	Stedin	1200	x	
66-67	167-170	middenspanning	Stedin	1284	x	
66-69	166-175	middenspanning	Stedin	2090	x	
10-15	1-12	datatransport	Tele2 Nederland	824	x	
14-16	9-16	datatransport	Tele2 Nederland	1360	x	
19-22	27-34	datatransport	Tele2 Nederland	1200	x	
24-28	49-66	Datatransport	Tele2 Nederland	810	x	
26-30	62-79	datatransport	Tele2 Nederland	892	x	
28-31	68-81	datatransport	Tele2 Nederland	2042	x	
28-32	69-83	datatransport	Tele2 Nederland	817	x	
31-35	80-89	datatransport	Tele2 Nederland	817	x	
32-37	86-96	datatransport	Tele2 Nederland	817	x	
55-58	136-142	datatransport	Tele2 Nederland	1360	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-67	167-170	datatransport	Tele2 Nederland	1303	x	
66-69	166-175	datatransport	Tele2 Nederland	1242	x	
66-69	166-175	datatransport	Tele2 Nederland	2400	x	
75-83	30-32	datatransport	Tele2 Nederland	794	x	
55-57	135a-141	datatransport	TenneT TSO	752	x	
57-60	141-146	datatransport	TenneT TSO	2785	x	
58-60	142-147	datatransport	TenneT TSO	1425	x	
59-61	146-152	datatransport	TenneT TSO	1330	x	
59-62	147-153	datatransport	TenneT TSO	5460	x	
62-64	153-158	datatransport	TenneT TSO	1400	x	
63-65	157-163	datatransport	TenneT TSO	1008	x	
65-66	163-168	datatransport	TenneT TSO	1002	x	
66-69	166-175	datatransport	TenneT TSO	1003	x	
55-57	135a-141	hoogspanning	TenneT TSO	2785	x	
57-60	141-146	hoogspanning	TenneT TSO	5500	x	
58-60	142-147	hoogspanning	TenneT TSO	1400	x	
59-61	146-152	hoogspanning	TenneT TSO	1463	x	
59-62	147-153	hoogspanning	TenneT TSO	794	x	
61-63	152-157	hoogspanning	TenneT TSO	5500	x	
62-64	153-158	hoogspanning	TenneT TSO	3900	x	
63-65	157-163	hoogspanning	TenneT TSO	1712	x	
63-65	157-163	hoogspanning	TenneT TSO	1488	x	
65-66	163-168	hoogspanning	TenneT TSO	1204	x	
10-15	1-12	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	4248	x	
14-16	9-16	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2948	x	
15-18	13-22	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5159	x	
17-20	21-28	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	6212	x	
17-20	21-28	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5764	x	
19-22	27-34	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5123	x	
19-22	27-34	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2042	x	
21-24	33-48	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2066	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
21-24	33-48	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	990	x	
23-26	44-60	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2625	x	
24-28	49-66	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2142	x	
51-53	124-129	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	1843	x	
53-55	129-135a	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	3780	x	
53-55	129-136	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	3014	x	
59-61	146-152	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5200	x	
59-62	147-153	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5500	x	
61-63	152-157	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	5500	x	
62-64	153-158	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	2750	x	
63-65	157-163	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	972	x	
65-66	162-167	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	854	x	
66-67	167-170	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	1202	x	
66-69	166-175	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	1354	x	
19-22	27-34	datatransport	UPC	773	x	
24-28	49-66	Datatransport	UPC	810	x	
28-32	69-83	datatransport	UPC	817	x	
66-69	166-175	datatransport	UPC	1006	x	
66-69	166-175	datatransport	UPC	2400	x	
75-83	30-32	datatransport	UPC	779	x	
10-15	1-12	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	954	x	
14-16	9-16	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1305	x	
15-18	13-22	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1354	x	
17-20	21-28	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	992	x	
28-31	68-81	datatransport	Verizon p/a Van den	3891	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Berg			
31-35	80-89	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	3891	x	
32-37	86-96	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	3891	x	
36-40	91-103	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	900	x	
38-41	100-108	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1481	x	
53-55	129-135a	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	2412	x	
55-57	135a-141	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1836	x	
58-60	142-147	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1626	x	
59-62	147-153	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1470	x	
61-63	152-157	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1400	x	
62-64	153-158	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1400	x	
63-65	157-163	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1020	x	
65-66	163-168	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1725	x	
66-67	167-170	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	871	x	
66-69	166-175	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1320	x	
24-28	49-66	Datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	810	x	
10-15	1-12	water	Waternet	2030	x	
14-16	9-16	water	Waternet	1451	x	
15-18	13-22	water	Waternet	875	x	
17-20	21-28	water	Waternet	2091	x	
17-20	21-28	water	Waternet	1595	x	
19-22	27-34	water	Waternet	2005	x	
21-24	33-48	water	Waternet	788	x	
21-24	33-48	water	Waternet	903	x	
23-26	44-60	water	Waternet	1071	x	
24-28	49-66	water	Waternet	3682	x	
31-35	80-89	water	Waternet	806	x	

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	927	x	
14-16	9-16	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	846	x	
15-18	13-22	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1165	x	
17-20	21-28	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1130	x	
19-22	27-34	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1220	x	
19-22	27-34	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1987	x	
24-28	49-66	Datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	900	x	
26-30	62-79	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1130	x	
28-31	68-81	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1987	x	
31-35	80-89	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1015	x	
32-37	86-96	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1015	x	
36-40	91-103	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	780	x	
38-41	100-108	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1002	x	
43-45	114-118	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	908	x	
44-49	118-119	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	908	x	
44-49	kabel	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	908	x	
47-50	118-120	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	860	x	
55-58	136-142	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
58-60	142-147	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
59-62	147-153	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
61-63	152-157	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1350	x	
62-64	153-158	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1349	x	
63-65	157-163	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	960	x	
65-66	163-168	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1740	x	
66-69	166-175	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	886	x	
66-69	166-175	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	1838	x	
75-83	30-32	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	796	x	
45-50	118-119	Alle soorten	Alle tekeningen	180		x
10-11	1-4	datatransport	BT Nederland	102		x
19-22	27-34	datatransport	BT Nederland	484		x
19-22	27-34	datatransport	BT Nederland	293		x
61-63	152-157	datatransport	BT Nederland	709		x
66-69	166-175	datatransport	BT Nederland	553		x
15-18	13-22	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	235		x
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	244		x
23-26	44-60	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
26-30	62-79	buisleiding	Chevron/ VWS pipeline	1		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
		gevaarlijke inhoud	control			
28-31	68-81	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	2		x
36-40	91-103	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
38-41	100-108	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	363		x
44-52	118-125	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	617		x
47-50	118-120	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	30		x
50-53	122-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	617		x
53-55	129-135a	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	1		x
53-55	129-136	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	261		x
55-57	135a-141	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	202		x
59-61	146-152	buisleiding gevaarlijke inhoud	Chevron/ VWS pipeline control	484		x
23-26	44-60	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
26-30	62-79	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1		x
28-31	68-81	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	1		x
36-40	91-103	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	0		x
38-41	100-108	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	65		x
44-52	118-125	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	484		x
47-50	118-120	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	16		x
50-53	122-129	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	202		x
53-55	129-136	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	484		x
55-57	135a-141	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	174		x
59-61	146-152	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	461		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-69	166-175	gas hoge druk	Chevron/ VWS pipeline control	560		x
14-16	9-16	datatransport	Colt Telecom	0		x
19-22	27-34	datatransport	Colt Telecom	0		x
19-22	27-34	datatransport	Colt Telecom	0		x
21-24	33-48	datatransport	Colt Telecom	245		x
28-32	69-83	Datatransport	Colt Telecom	0		x
36-40	91-103	datatransport	Colt Telecom	143		x
38-41	100-108	datatransport	Colt Telecom	196		x
75-83	30-32	datatransport	Colt Telecom	0		x
31-35	80-89	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	578		x
32-37	86-96	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	630		x
44-52	118-125	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	668		x
47-50	118-120	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	0		x
50-53	122-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	89		x
53-55	129-136	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	261		x
61-63	152-157	buisleiding gevaarlijke inhoud	Defensie Pijpleiding Organisatie	0		x
31-35	80-89	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	1		x
32-37	86-96	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	1		x
43-45	114-118	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	62		x
44-49	118-119	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	62		x
44-49	kabel	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	62		x
44-52	118-125	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	11		x
55-57	135a-141	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	68		x
62-64	153-158	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	11		x
63-65	157-163	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	289		x
66-67	167-170	laagspanning	Defensie Pijpleiding	708		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Organisatie			
66-69	166-175	laagspanning	Defensie Pijpleiding Organisatie	0		x
21-24	33-48	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	525		x
28-32	69-83	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	142		x
40-46	106-118	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	450		x
75-83	30-32	laagspanning	Dienst O.W. Haarlemmermeer	217		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	18		x
21-24	33-48	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	185		x
21-24	33-48	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	18		x
23-26	44-60	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	208		x
24-28	49-66	riool onder druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	241		x
26-30	62-79	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	158		x
28-31	68-81	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	420		x
40-46	106-118	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	176		x
43-45	114-118	riool onder hoge druk	Dienst O.W. Haarlemmermeer	405		x
19-22	27-34	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	38		x
21-24	33-48	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	0		x
26-30	62-79	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	220		x
28-31	68-81	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	345		x
40-46	106-118	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	357		x
43-45	114-118	riool vrij verval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	270		x
21-24	33-48	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	77		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
23-26	44-60	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	210		x
28-32	69-83	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	0		x
75-83	30-32	riool vrijverval	Dienst O.W. Haarlemmermeer	0		x
66-69	166-175	middenspanning	Dunea	0		x
61-63	152-157	water	Dunea	43		x
66-69	166-175	water	Dunea	483		x
19-22	27-34	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	333		x
36-40	91-103	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	348		x
40-46	106-118	gas hoge druk	Endinet Haarlemmermeer	377		x
19-22	27-34	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	38		x
21-24	33-48	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	375		x
26-30	62-79	gas lage druk	Endinet Haarlemmermeer	264		x
10-15	1-12	datatransport	Eneco	105		x
38-41	100-108	datatransport	euNetwerks/ Adinf	51		x
15-18	13-22	datatransport	Eurofiber	553		x
21-24	33-48	datatransport	Eurofiber	525		x
28-31	68-81	datatransport	Eurofiber	395		x
36-40	91-103	datatransport	Eurofiber	395		x
50-52	120-126	datatransport	Eurofiber	0		x
53-55	129-135a	datatransport	Eurofiber	86		x
55-57	135a-141	datatransport	Eurofiber	569		x
55-58	136-142	datatransport	Eurofiber	352		x
65-66	162-167	datatransport	Eurofiber	50		x
10-11	1-4	laagspanning	Gemeente Beverwijk	733		x
10-15	1-12	laagspanning	Gemeente Beverwijk	0		x
10-15	1-12	riool onder druk	Gemeente Beverwijk	576		x
10-11	1-4	riool onder hoge druk	Gemeente Beverwijk	675		x
14-16	9-16	datatransport	Gemeente Haarlem	0		x
19-22	27-34	datatransport	Gemeente Haarlem	27		x
21-24	33-48	datatransport	Gemeente Haarlem	16		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
14-16	9-16	laagspanning	Gemeente Haarlem	0		x
19-22	27-34	laagspanning	Gemeente Haarlem	16		x
21-24	33-48	laagspanning	Gemeente Haarlem	4		x
24-28	49-66	laagspanning	Gemeente Haarlem	20		x
14-16	9-16	overig	Gemeente Haarlem	0		x
17-20	21-28	overig	Gemeente Haarlem	0		x
21-24	33-48	overig	Gemeente Haarlem	53		x
24-28	49-66	overig	Gemeente Haarlem	0		x
14-16	9-16	riool onder druk	Gemeente Haarlem	0		x
17-20	21-28	riool onder druk	Gemeente Haarlem	0		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Gemeente Haarlem	0		x
21-24	33-48	riool onder druk	Gemeente Haarlem	305		x
24-28	49-66	riool onder druk	Gemeente Haarlem	34		x
14-16	9-16	riool vrij verval	Gemeente Haarlem	0		x
17-20	21-28	riool vrij verval	Gemeente Haarlem	0		x
21-24	33-48	riool vrij verval	Gemeente Haarlem	54		x
24-28	49-66	riool vrijverval	Gemeente Haarlem	0		x
15-18	13-22	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	591		x
17-20	21-28	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	349		x
17-20	21-28	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	465		x
19-22	27-34	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	79		x
19-22	27-34	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	232		x
21-24	33-48	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	0		x
21-24	33-48	laagspanning	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	143		x
15-18	13-22	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	54		x
17-20	21-28	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede	333		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
			Spaarnwoude			
17-20	21-28	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	570		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	0		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	38		x
21-24	33-48	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	308		x
21-24	33-48	riool onder druk	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	38		x
15-18	13-22	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	0		x
17-20	21-28	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	155		x
19-22	27-34	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	462		x
19-22	27-34	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	199		x
21-24	33-48	riool vrij verval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	18		x
21-24	33-48	riool vrijverval	Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude	275		x
43-45	114-118	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	131		x
44-49	118-119	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	131		x
44-49	kabel	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	131		x
47-50	118-120	datatransport	Gemeente Kaag en Braassem	0		x
43-45	114-118	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	329		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
44-49	118-119	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	329		x
44-49	kabel	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	329		x
44-52	118-125	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	83		x
47-50	118-120	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	73		x
50-52	120-126	laagspanning	Gemeente Kaag en Braassem	97		x
50-52	120-126	riool onder druk	Gemeente Kaag en Braassem	700		x
44-52	118-125	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	633		x
50-53	122-129	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	513		x
53-55	129-136	riool onder hoge druk	Gemeente Kaag en Braassem	126		x
44-52	118-125	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	413		x
50-52	120-126	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	0		x
51-53	124-129	riool vrij verval	Gemeente Kaag en Braassem	124		x
47-50	118-120	riool vrijverval	Gemeente Kaag en Braassem	510		x
43-45	114-118	water	Gemeente Kaag en Braassem	196		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Gemeente Lansingerland	544		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Gemeente Lansingerland	0		x
65-66	163-168	riool vrij verval	Gemeente Lansingerland	45		x
66-69	166-175	riool vrij verval	Gemeente Lansingerland	0		x
50-52	120-126	overig	Gemeente Leiderdorp	0		x
51-53	124-129	overig	Gemeente Leiderdorp	188		x
50-52	120-126	riool onder druk	Gemeente Leiderdorp	0		x
51-53	124-129	riool onder hoge druk	Gemeente Leiderdorp	236		x
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Gemeente Leiderdorp	80		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Gemeente Leiderdorp	360		x
50-52	120-126	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	0		x
51-53	124-129	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	492		x
53-55	129-135a	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	83		x
55-57	135a-141	riool vrij verval	Gemeente Leiderdorp	13		x
55-58	136-142	datatransport	Gemeente Rijnwoude	158		x
53-55	129-136	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	158		x
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	495		x
55-58	136-142	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	183		x
57-60	141-146	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	20		x
58-60	142-147	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	36		x
59-62	147-153	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	242		x
62-64	153-158	riool onder hoge druk	Gemeente Rijnwoude	361		x
55-57	135a-141	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	203		x
55-58	136-142	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	500		x
58-60	142-147	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	165		x
59-62	147-153	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	587		x
62-64	153-158	riool vrij verval	Gemeente Rijnwoude	342		x
10-15	1-12	datatransport	Gemeente Velsen	0		x
10-11	1-4	laagspanning	Gemeente Velsen	120		x
10-15	1-12	laagspanning	Gemeente Velsen	343		x
14-16	9-16	laagspanning	Gemeente Velsen	276		x
10-11	1-4	riool vrij verval	Gemeente Velsen	0		x
10-15	1-12	riool vrij verval	Gemeente Velsen	490		x
14-16	9-16	riool vrij verval	Gemeente Velsen	336		x
10-15	1-12	laagspanning	Gemeente Zaanstad	106		x
15-18	13-22	riool vrij verval	Gemeente Zaanstad	0		x
63-65	157-163	datatransport	Gemeente Zoetermeer	108		x
65-66	163-168	datatransport	Gemeente Zoetermeer	417		x
66-69	166-175	datatransport	Gemeente Zoetermeer	459		x
66-69	166-175	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	305		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
66-69	166-175	laagspanning	Gemeente Zoetermeer	0		x
63-65	157-163	riool onder hoge druk	Gemeente Zoetermeer	390		x
65-66	163-168	riool onder hoge druk	Gemeente Zoetermeer	482		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Gemeente Zoetermeer	233		x
63-65	157-163	riool vrij verval	Gemeente Zoetermeer	550		x
65-66	163-168	riool vrij verval	Gemeente Zoetermeer	520		x
66-69	166-175	riool vrij verval	Gemeente Zoetermeer	291		x
53-55	129-135a	laagspanning	Gemeente Zoeterwoude	0		x
55-57	135a-141	laagspanning	Gemeente Zoeterwoude	0		x
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Gemeente Zoeterwoude	15		x
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Gemeente Zoeterwoude	50		x
65-66	162-167	overig	Gemeente Zuidplas	113		x
65-66	162-167	riool onder hoge druk	Gemeente Zuidplas	264		x
66-67	167-170	riool onder hoge druk	Gemeente Zuidplas	284		x
65-66	162-167	riool vrij verval	Gemeente Zuidplas	330		x
66-67	167-170	riool vrij verval	Gemeente Zuidplas	193		x
21-24	33-48	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	672		x
21-24	33-48	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	300		x
32-37	86-96	datatransport	Global Crossing PEC Nederland	1		x
10-15	1-12	riool onder druk	Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier	381		x
10-15	1-12	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier	47		x
14-16	9-16	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	292		x
17-20	21-28	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	510		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	256		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
28-32	69-83	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	253		x
75-83	30-32	riool onder druk	Hoogheemraadschap Rijnland	249		x
26-30	62-79	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	229		x
36-40	91-103	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	79		x
38-41	100-108	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	78		x
53-55	129-135a	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	15		x
55-57	135a-141	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	152		x
55-58	136-142	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	125		x
58-60	142-147	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	96		x
59-62	147-153	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Rijnland	100		x
10-15	1-12	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	17		x
44-49	kabel	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	581		x
44-52	118-125	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	20		x
50-53	122-129	riool vrij verval	Hoogheemraadschap Rijnland	29		x
65-66	162-167	laagspanning	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	42		x
66-69	166-175	laagspanning	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	0		x
65-66	162-167	overig	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	558		x
66-67	167-170	overig	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	0		x
66-69	166-175	riool onder hoge druk	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	497		x
66-69	166-175	riool onder hoge	Hoogheemraadschap	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
		druk	Schieland en Krimpenerwaard			
65-66	162-167	water	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	613		x
66-67	167-170	water	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	588		x
66-69	166-175	water	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard	48		x
26-30	62-79	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	338		x
32-37	86-96	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1		x
36-40	91-103	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	1		x
38-41	100-108	datatransport	Interoute p/a Eljes Infra Projecten B.V.	205		x
28-32	69-83	datatransport	KPN	0		x
55-57	135a-141	datatransport	KPN	624		x
57-60	141-146	datatransport	KPN	678		x
26-30	62-79	datatransport	Level 3 p/a Adinf B.V.	1		x
10-11	1-4	datatransport	Liander	444		x
14-16	9-16	datatransport	Liander	167		x
17-20	21-28	datatransport	Liander	643		x
19-22	27-34	datatransport	Liander	464		x
28-32	69-83	datatransport	Liander	0		x
38-41	100-108	datatransport	Liander	543		x
40-46	106-118	datatransport	Liander	59		x
50-53	122-129	datatransport	Liander	541		x
51-53	124-129	datatransport	Liander	101		x
53-55	129-135a	datatransport	Liander	70		x
55-57	135a-141	datatransport	Liander	70		x
59-61	146-152	datatransport	Liander	332		x
61-63	152-157	datatransport	Liander	469		x
75-83	30-32	datatransport	Liander	7		x
14-16	9-16	gas hoge druk	Liander	642		x
15-18	13-22	gas hoge druk	Liander	587		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
19-22	27-34	gas hoge druk	Liander	16		x
21-24	33-48	gas hoge druk	Liander	59		x
24-28	49-66	gas hoge druk	Liander	0		x
50-52	120-126	gas hoge druk	Liander	0		x
50-53	122-129	gas hoge druk	Liander	275		x
53-55	129-135a	gas hoge druk	Liander	49		x
55-57	135a-141	gas hoge druk	Liander	581		x
59-61	146-152	gas hoge druk	Liander	665		x
62-64	153-158	gas hoge druk	Liander	579		x
65-66	163-168	gas hoge druk	Liander	700		x
66-67	167-170	gas hoge druk	Liander	413		x
66-69	166-175	gas hoge druk	Liander	22		x
17-20	21-28	gas lage druk	Liander	0		x
19-22	27-34	gas lage druk	Liander	125		x
21-24	33-48	gas lage druk	Liander	259		x
24-28	49-66	gas lage druk	Liander	0		x
47-50	118-120	gas lage druk	Liander	443		x
50-52	120-126	gas lage druk	Liander	186		x
51-53	124-129	gas lage druk	Liander	290		x
53-55	129-135a	gas lage druk	Liander	141		x
53-55	129-136	gas lage druk	Liander	108		x
55-57	135a-141	gas lage druk	Liander	633		x
57-60	141-146	gas lage druk	Liander	135		x
61-63	152-157	gas lage druk	Liander	180		x
62-64	153-158	gas lage druk	Liander	326		x
65-66	163-168	gas lage druk	Liander	230		x
66-67	167-170	gas lage druk	Liander	391		x
66-69	166-175	gas lage druk	Liander	287		x
10-11	1-4	hoogspanning	Liander	400		x
14-16	9-16	hoogspanning	Liander	441		x
17-20	21-28	hoogspanning	Liander	512		x
19-22	27-34	hoogspanning	Liander	65		x
53-55	129-135a	hoogspanning	Liander	15		x
55-57	135a-141	hoogspanning	Liander	630		x
55-58	136-142	hoogspanning	Liander	350		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
14-16	9-16	laagspanning	Liander	577		x
15-18	13-22	laagspanning	Liander	516		x
26-30	62-79	laagspanning	Liander	246		x
28-31	68-81	laagspanning	Liander	675		x
28-32	69-83	laagspanning	Liander	364		x
50-52	120-126	laagspanning	Liander	643		x
53-55	129-135a	laagspanning	Liander	141		x
53-55	129-136	laagspanning	Liander	108		x
55-58	136-142	laagspanning	Liander	673		x
57-60	141-146	laagspanning	Liander	574		x
59-62	147-153	laagspanning	Liander	534		x
61-63	152-157	laagspanning	Liander	81		x
63-65	157-163	laagspanning	Liander	652		x
65-66	163-168	laagspanning	Liander	2		x
75-83	30-32	laagspanning	Liander	392		x
28-32	69-83	middenspanning	Liander	125		x
50-52	120-126	middenspanning	Liander	638		x
53-55	129-135a	middenspanning	Liander	141		x
53-55	129-136	middenspanning	Liander	25		x
55-57	135a-141	middenspanning	Liander	588		x
57-60	141-146	middenspanning	Liander	141		x
66-67	167-170	middenspanning	Liander	727		x
75-83	30-32	middenspanning	Liander	85		x
21-24	33-48	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	171		x
26-30	62-79	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	181		x
28-31	68-81	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	209		x
32-37	86-96	datatransport	Luchtverkeersleiding Nederland	195		x
21-24	33-48	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	142		x
24-28	49-66	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	300		x
26-30	62-79	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	189		x
28-31	68-81	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	421		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
32-37	86-96	laagspanning	Luchtverkeersleiding Nederland	85		x
10-11	1-4	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	209		x
15-18	13-22	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	456		x
17-20	21-28	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	674		x
21-24	33-48	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	250		x
23-26	44-60	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
24-28	49-66	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
40-46	106-118	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	647		x
47-50	118-120	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	40		x
50-52	120-126	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
50-53	122-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	224		x
51-53	124-129	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	648		x
53-55	129-136	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	290		x
55-58	136-142	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	220		x
61-63	152-157	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	0		x
66-69	166-175	buisleiding gevaarlijke inhoud	N.V. Nederlandse Gasunie West	706		x
66-67	167-170	buisleiding gevaarlijke inhoud	Nederlandse Aardolie Maatschappij	216		x
65-66	162-167	datatransport	Nederlandse Aardolie Maatschappij	135		x
66-67	167-170	datatransport	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
65-66	162-167	middenspanning	Nederlandse Aardolie Maatschappij	49		x
17-20	21-28	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
51-53	124-129	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
62-64	153-158	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
63-65	157-163	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
65-66	162-167	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	96		x
65-66	163-168	overig	Nederlandse Aardolie Maatschappij	0		x
65-66	162-167	water	Nederlandse Aardolie Maatschappij	125		x
66-67	167-170	water	Nederlandse Aardolie Maatschappij	241		x
10-11	1-4	datatransport	NetShare	162		x
15-18	13-22	datatransport	NetShare	742		x
55-58	136-142	datatransport	Oasen	81		x
43-45	114-118	laagspanning	Oasen	3		x
44-49	118-119	laagspanning	Oasen	3		x
44-49	kabel	laagspanning	Oasen	3		x
44-52	118-125	laagspanning	Oasen	36		x
47-50	118-120	laagspanning	Oasen	0		x
50-53	122-129	laagspanning	Oasen	16		x
51-53	124-129	laagspanning	Oasen	25		x
53-55	129-135a	laagspanning	Oasen	4		x
55-57	135a-141	laagspanning	Oasen	16		x
55-58	136-142	laagspanning	Oasen	116		x
59-62	147-153	laagspanning	Oasen	14		x
44-52	118-125	overig	Oasen	0		x
47-50	118-120	overig	Oasen	5		x
50-53	122-129	overig	Oasen	0		x
51-53	124-129	overig	Oasen	29		x
59-62	147-153	overig	Oasen	12		x
40-46	106-118	water	Oasen	60		x
50-52	120-126	water	Oasen	531		x
55-57	135a-141	water	Oasen	660		x
57-60	141-146	water	Oasen	180		x
19-22	27-34	datatransport	ProRail	264		x
19-22	27-34	datatransport	ProRail	286		x
21-24	33-48	datatransport	ProRail	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
55-57	135a-141	datatransport	ProRail	208		x
55-58	136-142	datatransport	ProRail	143		x
57-60	141-146	datatransport	ProRail	0		x
59-61	146-152	datatransport	ProRail	0		x
62-64	153-158	datatransport	ProRail	0		x
63-65	157-163	datatransport	ProRail	0		x
65-66	163-168	datatransport	ProRail	0		x
66-67	167-170	datatransport	ProRail	551		x
66-69	166-175	datatransport	ProRail	600		x
19-22	27-34	laagspanning	ProRail	7		x
31-35	80-89	laagspanning	ProRail	350		x
36-40	91-103	laagspanning	ProRail	400		x
38-41	100-108	laagspanning	ProRail	172		x
55-57	135a-141	laagspanning	ProRail	50		x
55-58	136-142	laagspanning	ProRail	8		x
57-60	141-146	laagspanning	ProRail	0		x
59-61	146-152	laagspanning	ProRail	0		x
62-64	153-158	laagspanning	ProRail	0		x
63-65	157-163	laagspanning	ProRail	0		x
65-66	163-168	laagspanning	ProRail	0		x
66-67	167-170	laagspanning	ProRail	30		x
66-69	166-175	laagspanning	ProRail	75		x
66-69	166-175	laagspanning	ProRail	0		x
10-15	1-12	middenspanning	ProRail	241		x
19-22	27-34	middenspanning	ProRail	126		x
19-22	27-34	middenspanning	ProRail	208		x
31-35	80-89	middenspanning	ProRail	446		x
40-46	106-118	middenspanning	ProRail	455		x
55-57	135a-141	middenspanning	ProRail	100		x
55-58	136-142	middenspanning	ProRail	116		x
57-60	141-146	middenspanning	ProRail	0		x
59-61	146-152	middenspanning	ProRail	0		x
62-64	153-158	middenspanning	ProRail	0		x
63-65	157-163	middenspanning	ProRail	0		x
65-66	163-168	middenspanning	ProRail	0		x
66-67	167-170	middenspanning	ProRail	700		x
66-69	166-175	middenspanning	ProRail	500		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	overig	ProRail	0		x
19-22	27-34	overig	ProRail	585		x
19-22	27-34	overig	ProRail	140		x
26-30	62-79	overig	ProRail	0		x
31-35	80-89	overig	ProRail	0		x
32-37	86-96	overig	ProRail	0		x
36-40	91-103	overig	ProRail	0		x
38-41	100-108	overig	ProRail	0		x
40-46	106-118	overig	ProRail	0		x
43-45	114-118	overig	ProRail	0		x
55-57	135a-141	overig	ProRail	112		x
55-58	136-142	overig	ProRail	162		x
57-60	141-146	overig	ProRail	0		x
59-61	146-152	overig	ProRail	0		x
62-64	153-158	overig	ProRail	0		x
63-65	157-163	overig	ProRail	0		x
65-66	163-168	overig	ProRail	0		x
66-67	167-170	overig	ProRail	196		x
66-69	166-175	overig	ProRail	0		x
66-69	166-175	overig	ProRail	0		x
50-52	120-126	datatransport	Provincie Zuid Holland TSO p/a Van den Berg	0		x
43-45	114-118	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	189		x
44-49	118-119	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	189		x
44-49	kabel	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	189		x
59-62	147-153	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	276		x
66-69	166-175	laagspanning	Provincie Zuid-Holland TSO p/a Van den Berg	250		x
26-30	62-79	hoogspanning	PWN Heemskerk	53		x
10-15	1-12	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
14-16	9-16	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
19-22	27-34	laagspanning	PWN Heemskerk	5		x
19-22	27-34	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
24-28	49-66	laagspanning	PWN Heemskerk	0		x
26-30	62-79	laagspanning	PWN Heemskerk	195		x
31-35	80-89	laagspanning	PWN Heemskerk	30		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
38-41	100-108	laagspanning	PWN Heemskerk	5		x
10-15	1-12	water	PWN Heemskerk	241		x
15-18	13-22	water	PWN Heemskerk	112		x
17-20	21-28	water	PWN Heemskerk	250		x
26-30	62-79	water	PWN Heemskerk	525		x
28-32	69-83	water	PWN Heemskerk	128		x
75-83	30-32	water	PWN Heemskerk	116		x
24-28	49-66	Datatransport	Recreatie Noord-Holland N.V.	596		x
10-15	1-12	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	225		x
15-18	13-22	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	546		x
24-28	49-66	hoogspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
10-15	1-12	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
14-16	9-16	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	182		x
15-18	13-22	laagspanning	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
24-28	49-66	landelijk hoogspanningsnet	Recreatie Noord-Holland N.V.	280		x
10-15	1-12	overig	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
14-16	9-16	overig	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
15-18	13-22	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	535		x
17-20	21-28	riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	15		x
19-22	27-34	Riool onder druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	9		x
26-30	62-79	riool onder hoge druk	Recreatie Noord-Holland N.V.	0		x
24-28	49-66	riool vrijverval	Recreatie Noord-Holland N.V.	531		x
10-15	1-12	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	251		x
14-16	9-16	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	359		x
15-18	13-22	water	Recreatie Noord-Holland N.V.	403		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	datatransport	Reggefiber Operator	9		x
14-16	9-16	datatransport	Reggefiber Operator	359		x
53-55	129-135a	datatransport	Reggefiber Operator	15		x
55-58	136-142	datatransport	Reggefiber Operator	446		x
26-30	62-79	datatransport	Relined City p/a v.d. Berg infrastructuren B.V.	1		x
31-35	80-89	datatransport	Rocateq Europe	55		x
32-37	86-96	datatransport	Rocateq Europe	55		x
55-58	136-142	datatransport	Rocateq Europe	40		x
15-18	13-22	datatransport	RWS Alkmaar	602		x
19-22	27-34	datatransport	RWS Alkmaar	221		x
21-24	33-48	datatransport	RWS Alkmaar	272		x
10-11	1-4	laagspanning	RWS Alkmaar	532		x
14-16	9-16	laagspanning	RWS Alkmaar	9		x
15-18	13-22	laagspanning	RWS Alkmaar	637		x
19-22	27-34	laagspanning	RWS Alkmaar	250		x
21-24	33-48	laagspanning	RWS Alkmaar	8		x
10-15	1-12	overig	RWS Alkmaar	0		x
14-16	9-16	overig	RWS Alkmaar	164		x
15-18	13-22	overig	RWS Alkmaar	495		x
17-20	21-28	overig	RWS Alkmaar	44		x
17-20	21-28	overig	RWS Alkmaar	83		x
19-22	27-34	overig	RWS Alkmaar	94		x
19-22	27-34	overig	RWS Alkmaar	5		x
21-24	33-48	overig	RWS Alkmaar	8		x
21-24	33-48	overig	RWS Alkmaar	345		x
10-11	1-4	riool vrij verval	RWS Alkmaar	212		x
14-16	9-16	riool vrij verval	RWS Alkmaar	468		x
15-18	13-22	riool vrij verval	RWS Alkmaar	215		x
17-20	21-28	riool vrij verval	RWS Alkmaar	276		x
19-22	27-34	riool vrij verval	RWS Alkmaar	390		x
19-22	27-34	riool vrij verval	RWS Alkmaar	290		x
21-24	33-48	riool vrij verval	RWS Alkmaar	16		x
36-40	91-103	laagspanning	RWS Amsterdam	161		x
38-41	100-108	laagspanning	RWS Amsterdam	169		x
31-35	80-89	overig	RWS Amsterdam	0		x
32-37	86-96	overig	RWS Amsterdam	0		x
36-40	91-103	overig	RWS Amsterdam	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
40-46	106-118	overig	RWS Amsterdam	0		x
43-45	114-118	overig	RWS Amsterdam	0		x
40-46	106-118	riool vrij verval	RWS Amsterdam	573		x
10-15	1-12	datatransport	RWS Waterdistrict Noord-Holland	0		x
15-18	13-22	datatransport	RWS Waterdistrict Noord-Holland	0		x
10-15	1-12	gas lage druk	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	laagspanning	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
15-18	13-22	laagspanning	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	overig	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
15-18	13-22	overig	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	riool vrij verval	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
15-18	13-22	riool vrij verval	RWS Waterdistrict Noord-Holland	264		x
10-15	1-12	water	RWS Waterdistrict Noord-Holland	425		x
53-55	129-135a	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	54		x
66-69	166-175	datatransport	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	54		x
53-55	129-135a	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	15		x
55-58	136-142	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	74		x
66-67	167-170	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	376		x
66-69	166-175	laagspanning	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	210		x
43-45	114-118	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	88		x
44-49	118-119	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	88		x
44-49	kabel	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	88		x
44-52	118-125	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
47-50	118-120	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	44		x
50-53	122-129	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x
53-55	129-135a	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	15		x
55-58	136-142	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	13		x
66-69	166-175	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x
66-69	166-175	overig	RWS ZH Wegendistrict Haaglanden	0		x
50-53	122-129	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	606		x
53-55	129-135a	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	15		x
55-57	135a-141	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	555		x
62-64	153-158	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	473		x
65-66	162-167	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	150		x
66-69	166-175	datatransport	Siemens p/a Volker Wessels Telecom Services	359		x
10-15	1-12	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	0		x
61-63	152-157	datatransport	Small Connection p/a Schuuring Glasvezel	2		x
14-16	9-16	datatransport	ST. Fokus exploitatie p/a Roos en Bijl	65		x
62-64	153-158	datatransport	Stedin	0		x
63-65	157-163	datatransport	Stedin	0		x
65-66	162-167	datatransport	Stedin	0		x
65-66	163-168	datatransport	Stedin	66		x
66-67	167-170	datatransport	Stedin	225		x
66-69	166-175	datatransport	Stedin	500		x
10-11	1-4	gas hoge druk	Stedin	0		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
10-15	1-12	gas hoge druk	Stedin	105		x
19-22	27-34	gas hoge druk	Stedin	225		x
21-24	33-48	gas hoge druk	Stedin	17		x
21-24	33-48	gas hoge druk	Stedin	230		x
63-65	157-163	gas hoge druk	Stedin	522		x
65-66	163-168	gas hoge druk	Stedin	534		x
66-67	167-170	gas hoge druk	Stedin	0		x
66-69	166-175	gas hoge druk	Stedin	700		x
17-20	21-28	gas lage druk	Stedin	230		x
19-22	27-34	gas lage druk	Stedin	26		x
21-24	33-48	gas lage druk	Stedin	44		x
21-24	33-48	gas lage druk	Stedin	33		x
62-64	153-158	gas lage druk	Stedin	40		x
63-65	157-163	gas lage druk	Stedin	441		x
65-66	163-168	gas lage druk	Stedin	690		x
66-67	167-170	gas lage druk	Stedin	448		x
66-69	166-175	gas lage druk	Stedin	258		x
62-64	153-158	hoogspanning	Stedin	0		x
63-65	157-163	hoogspanning	Stedin	0		x
65-66	162-167	hoogspanning	Stedin	0		x
65-66	163-168	hoogspanning	Stedin	387		x
66-67	167-170	hoogspanning	Stedin	0		x
66-69	166-175	hoogspanning	Stedin	643		x
62-64	153-158	laagspanning	Stedin	80		x
65-66	162-167	laagspanning	Stedin	92		x
66-67	167-170	laagspanning	Stedin	340		x
65-66	162-167	middenspanning	Stedin	735		x
66-69	166-175	middenspanning	Stedin	653		x
63-65	157-163	warmte	Stedin	93		x
66-69	166-175	warmte	Stedin	442		x
10-11	1-4	datatransport	Tele2 Nederland	93		x
21-24	33-48	datatransport	Tele2 Nederland	525		x
21-24	33-48	datatransport	Tele2 Nederland	260		x
53-55	129-135a	datatransport	Tele2 Nederland	15		x
55-57	135a-141	datatransport	Tele2 Nederland	15		x
65-66	162-167	datatransport	Tele2 Nederland	50		x
55-58	136-142	datatransport	TenneT TSO	126		x
61-63	152-157	datatransport	TenneT TSO	68		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
65-66	162-167	datatransport	TenneT TSO	450		x
66-67	167-170	datatransport	TenneT TSO	24		x
66-69	166-175	datatransport	TenneT TSO	242		x
10-11	1-4	hoogspanning	TenneT TSO	664		x
10-15	1-12	hoogspanning	TenneT TSO	0		x
55-58	136-142	hoogspanning	TenneT TSO	220		x
65-66	162-167	hoogspanning	TenneT TSO	480		x
66-67	167-170	hoogspanning	TenneT TSO	25		x
66-69	166-175	hoogspanning	TenneT TSO	212		x
66-69	166-175	hoogspanning	TenneT TSO	300		x
65-66	162-167	laagspanning	TenneT TSO	206		x
65-66	163-168	laagspanning	TenneT TSO	39		x
66-69	166-175	laagspanning	TenneT TSO	158		x
66-69	166-175	laagspanning	TenneT TSO	123		x
10-15	1-12	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	415		x
26-30	62-79	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	592		x
50-52	120-126	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
55-57	135a-141	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
55-58	136-142	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
57-60	141-146	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
58-60	142-147	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	0		x
66-69	166-175	landelijk hoogspanningsnet	TenneT TSO	384		x
66-69	166-175	middenspanning	TenneT TSO	27		x
10-15	1-12	overig	TenneT TSO	0		x
65-66	162-167	overig	TenneT TSO	108		x
66-69	166-175	overig	TenneT TSO	0		x
66-69	166-175	overig	TenneT TSO	0		x
59-61	146-152	petrochemie	TenneT TSO	56		x
59-62	147-153	petrochemie	TenneT TSO	52		x
66-69	166-175	petrochemie	TenneT TSO	12		x
14-16	9-16	datatransport	UPC	0		x
15-18	13-22	datatransport	UPC	0		x
17-20	21-28	datatransport	UPC	358		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
19-22	27-34	datatransport	UPC	459		x
21-24	33-48	datatransport	UPC	312		x
26-30	62-79	datatransport	UPC	312		x
28-31	68-81	datatransport	UPC	312		x
31-35	80-89	datatransport	UPC	56		x
32-37	86-96	datatransport	UPC	52		x
66-67	167-170	datatransport	UPC	98		x
17-20	21-28	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	454		x
19-22	27-34	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	312		x
21-24	33-48	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	525		x
21-24	33-48	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	260		x
26-30	62-79	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	1		x
28-32	69-83	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	0		x
50-53	122-129	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	417		x
53-55	129-136	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	510		x
55-58	136-142	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	520		x
66-69	166-175	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	463		x
75-83	30-32	datatransport	Verizon p/a Van den Berg	44		x
10-15	1-12	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	358		x
19-22	27-34	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	1		x
21-24	33-48	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	525		x
21-24	33-48	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	260		x
26-30	62-79	datatransport	Volker Wessels Telecom Services BV	271		x
19-22	27-34	water	Waternet	238		x
10-11	1-4	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	563		x
21-24	33-48	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	728		x

km	Mastnr.	Soort leiding	Leidingeigenaar	Geïnduceerde spanning max. [V]	JA naar fase 2	NEE naar fase 2
21-24	33-48	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	620		x
23-26	44-60	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	12		x
40-46	106-118	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	720		x
44-52	118-125	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	293		x
50-52	120-126	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	0		x
50-53	122-129	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	640		x
51-53	124-129	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	98		x
53-55	129-135a	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	96		x
55-57	135a-141	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	555		x
65-66	162-167	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	320		x
66-67	167-170	datatransport	Ziggo B.V. regio Zuid	110		x

Colofon

Opdrachtgever TenneT TSO BV

Datum 31 maart 2011

Versie 0.3

Auteur Rianne Tichelaar

Revisies

	Datum	Initialen	Naam
Controle door			
Vrijgave door			

Versie	Datum	Auteur	Omschrijving	Soort wijziging
0.1	31-03-2011	R. Tichelaar	Eerste draft	-

© 2011 , Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage A3-1 a

HRL-WV lijn BV

Constructietekeningen en berekeningen masten

Mastenlijst 380kV verbinding Beverwijk - Vijfhuizen

#VERW!

Gemeente	Mastnummers in de Tracekaart	Mastnummer Lengteprofiel	masttype	Veldlengte vooruit [m]	Lijnhoek [graden, decimaal]	Hoekmast(H), Steunmast(S), Eindmast(E) en Portaal(P)	Aantal masten per type in lijn	Vaklengte [m]	Masthoogte [m]	Fundatie hoogte [m]	NAP Hoogte [m]	X-coordinaat [m]	Y-coordinaat [m]	Koppelpunt	GSM antenne	Opmerking Check	Opmerkingen (Comments uit PLS-CADD)
		Stations portaal Bev (vkt 4.0)	Portaal veld 9 en 10	33,785	-2,2814	2,2814			18,5	0,3	-1,636	106922,25	498520,656			Portaal	
	1	1 (vkt 4.0)	W2E350 + 5	303,257	54,7992	54,7992			55	0,3	-1,988	106948,08	498498,878			Lijnhoek < 130° (>50°)	
	2	2 (vkt 4.0)	W2H350 + 5	347,447	0	0			55	0,3	-1,358	106921,991	498196,745			Hoekmast i.v.m. geleiderbreuk criterium	
	3	3 (vkt 4.0)	W2H400	390,718	19,5108	19,5108			57	0,3	-1,489	106892,1	497850,587				
	4	4 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	359,079	0	0			57	0,3	-1,851	106730,408	497494,896				
	5	5 (vkt 4.0)	W2E400	19,5	-5,6866	5,6866		769,297	57	0,3	-1,809	106581,808	497168,008			Eindmast	
		Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)	Opstijgpunt mast 5	0	0	0			15	0,3	-1,723	106575,537	497149,543			Opstijgpunt	
		Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)	Opstijgpunt mast 6	19,55	0	0			15	0,3	-1,513	106291,429	496304,433			Opstijgpunt	
	6	6 (vkt 4.0)	W2E350 + 5	343,632	10,1482	10,1482		1132,479	55	0,3	-1,515	106286,276	496285,574				
	7	7 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	397,744	-18,8701	18,8701		397,744	62	0,3	-0,43	106138,709	495975,241				
	8	8 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	325,954	-49,8744	49,8744			62	0,3	0,559	106093,26	495580,102			Lijnhoek < 130° (>50°)	
	9	9 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	348,977	0	0			57	0,3	0,258	106316,859	495342,932			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	10	10 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	353,139	0	0			57	0,3	-0,257	106556,251	495089,01			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	11	11 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	320,55	0	0			57	0,3	-0,035	106798,499	494832,06			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	12	12 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	354,214	0	0			63	0,3	-1,99	107018,391	494598,823			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	13	13 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349,65	0	0			57	0,3	-2,534	107261,376	494341,09			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	14	14 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349,577	0	0			57	0,3	-2,27	107501,23	494086,679			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	15	15 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	338,931	0	0			57	0,3	-1,859	107741,034	493832,321			W2s400+5 wegens beeld(mer)	W2s400+5 wegens beeld(mer)
	16	16 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	354,994	0	0			57	0,3	-1,232	107973,535	493585,709			W2s400+5 wegens beeld(mer)	
	17	17 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	190,241	0,6153	0,6153			63	0,3	-1,59	108217,055	493327,409				
	18	18 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	353,067	0	0			63	0,3	-1,159	108346,063	493187,593				
	19	19 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	296,468	0	0		3935,762	51	0,3	-2,885	108585,489	492928,11				Een w2s350+5 wegens beeld (mer)
	20	20 (vkt 4.0)	W2H350	281,233	50,0015	50,0015			50	0,3	-2,647	108786,533	492710,223				
	21	21 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	333,464	0	0			51	0,3	-2,646	108750,78	492431,272				
	22	22 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	340,564	0	0			51	0,3	-0,83	108708,386	492100,513				
	23	23 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	348,679	0	0			51	0,3	-2,615	108665,091	491762,713				
	24	24 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	291,816	0	0		1595,756	51	0,3	-2,541	108620,763	491416,863				
letop	26	25 (vkt 4.0)	W2H350 + 5	306,889	-5,1115	5,1115		306,889	55	0,3	-0,494	108583,665	491127,414				
letop	27	26 (vkt 4.0)	W2H300+10	242,845	11,8776	11,8776			51	0,3	-1,499	108571,926	490820,75				Let op: VRI moet verplaatst worden
	28	27 (vkt 4.0)	W2H300+10	302,286	-6,2195	6,2195			51	0,3	-1,567	108512,889	490585,191				
	29	28 (vkt 4.0)	W2S300+5	299,415	0	0			46	0,3	-1,489	108471,601	490285,737				
	30	29 (vkt 4.0)	W2S300+5	298,166	0	0			46	0,3	-1,581	108430,706	489989,128				
	31	30 (vkt 4.0)	W2S300+5	300,416	0	0			46	0,3	-1,581	108389,981	489693,757				
	32	31 (vkt 4.0)	W2S300+5	269,791	0	0		1470,074	46	0,3	-1,463	108348,948	489396,156				
	33	32 (vkt 4.0)	W2H300+5	248,802	10,6868	10,6868		248,802	46	0,3	0	108312,099	489128,894				
	34	33 (vkt 4.0)	W2H350	213,989	-10,8374	10,8374			50	0,3	-1,498	108233	488893				
	35	34 (vkt 4.0)	W2H350	279,5	1,9539	1,9539			50	0,3	0,133	108204,33	488680,941				
	36	35 (vkt 4.0)	W2S300+10	196,781	0	0			51	0,3	1,7	108157,46	488405,398				
	37	36 (vkt 4.0)	W2S300+10	300,287	-4,1516	4,1516		776,568	51	0,3	-2,572	108124,461	488211,403				
	38	37 (vkt 4.0)	W2H300+5	227,997	32,3009	32,3009			46	0,3	-3,245	108095,67	487912,5				
	39	38 (vkt 4.0)	W2E350	171,049	0,8271	0,8271		399,046	50	0,3	-4	107955,92	487732,354				
		Stations portaal Vhz (vkt 4.0)	Portaal veld 9 en 10	0	3,2404	3,2404			21,5	0,3	-4,5	107849,136	487598,732			Eindmast	

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E350(+5)"

Mast 1 en 6

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	V 30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2E350(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage F en F2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E350(+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 W2E350(+5) zijn de bijlage F (berekening maststerkte) en bijlage F2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 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 W2E350(+5) zijn de bijlage F (berekening maststerkte) en bijlage F2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2E350(+5)”

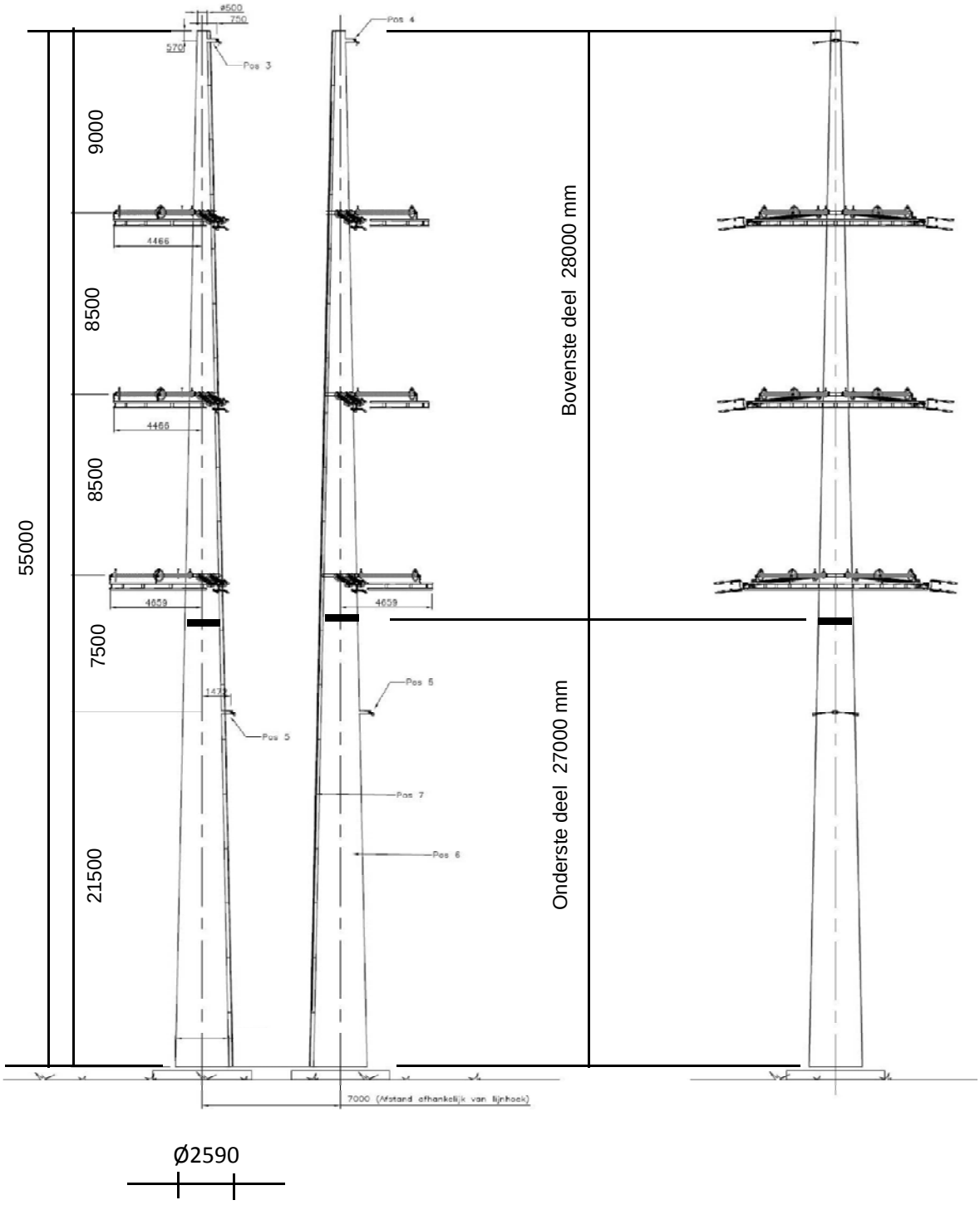
Berekening

W2E350+5

55,0 m - 2590 - 500

Mast 1 en 6

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+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	2850	717	608	n.v.t.	2	1	50,73
4	2850	825	717	n.v.t.	2	1	47,88
5	450	842	825	n.v.t.	2	1	46,23
6	2400	933	842	n.v.t.	2	1	44,80
7	1425	987	933	n.v.t.	2	1	42,89
8	1425	1042	987	n.v.t.	2	1	41,46
9	2850	1150	1042	n.v.t.	2	1	39,33
10	400	1165	1150	n.v.t.	2	1	37,70
11	2450	1258	1165	n.v.t.	2	1	36,28
12	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	33,63
13	2850	1475	1366	n.v.t.	2	1	30,78
14	350	1488	1475	n.v.t.	2	1	29,18
15	2000	1564	1488	n.v.t.	2	1	28,00
16	1375	1616	1564	n.v.t.	2	1	26,31
17	1375	1669	1616	n.v.t.	2	1	24,94
18	1375	1721	1616	n.v.t.	2	1	23,56
19	1375	1773	1721	n.v.t.	2	1	22,19
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 (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	511	18,0	27869	218,77	8,47E+08	174,36	3,32E+06
2	565	18,0	30931	242,81	1,16E+09	193,49	4,10E+06
3	662	18,0	36443	286,08	1,89E+09	227,94	5,72E+06
4	771	18,0	42567	334,15	3,02E+09	266,21	7,83E+06
5	833	20,0	51111	401,22	4,23E+09	287,68	1,02E+07
6	888	20,0	54513	427,93	5,13E+09	306,82	1,16E+07
7	960	20,0	59079	463,77	6,53E+09	332,51	1,36E+07
8	1014	20,0	62482	490,48	7,73E+09	351,65	1,52E+07
9	1096	20,0	67585	530,54	9,78E+09	380,37	1,78E+07
10	1157	20,0	71465	561,00	1,16E+10	402,19	2,00E+07
11	1212	20,0	74867	587,71	1,33E+10	421,34	2,19E+07
12	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
13	1421	22,0	96661	758,79	2,36E+10	494,52	3,33E+07
14	1481	22,0	100863	791,77	2,69E+10	516,02	3,63E+07
15	1526	22,0	103949	816,00	2,94E+10	531,80	3,85E+07
16	1590	22,0	108381	850,79	3,33E+10	554,47	4,19E+07
17	1642	22,0	111992	879,14	3,68E+10	572,94	4,48E+07
18	1669	25,0	129080	1013,28	4,36E+10	581,13	5,23E+07
19	1747	25,0	135236	1061,60	5,01E+10	608,84	5,74E+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

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	2,79E+04	8,47E+08
2	54430	2 -- 3	2	2280	3,09E+04	1,16E+09
3	52150	3 -- 4	3	2850	3,64E+04	1,89E+09
4	49300	4 -- 5	4	2850	4,26E+04	3,02E+09
5	46450	5 -- 6	5	450	5,11E+04	4,23E+09
6	46000	6 -- 7	6	2400	5,45E+04	5,13E+09
7	43600	7 -- 8	7	1425	5,91E+04	6,53E+09
8	42175	8 -- 9	8	1425	6,25E+04	7,73E+09
9	40750	9 -- 10	9	2850	6,76E+04	9,78E+09
10	37900	10 -- 11	10	400	7,15E+04	1,16E+10
11	37500	11 -- 12	11	2450	7,49E+04	1,33E+10
12	35050	12 -- 13	12	2850	8,12E+04	1,70E+10
13	32200	13 -- 14	13	2850	9,67E+04	2,36E+10
14	29350	14 -- 15	14	350	1,01E+05	2,69E+10
15	29000	15 -- 16	15	2000	1,04E+05	2,94E+10
16	27000	16 -- 17	16	1375	1,08E+05	3,33E+10
17	25625	17 -- 18	17	1375	1,12E+05	3,68E+10
18	24250	18 -- 19	18	1375	1,29E+05	4,36E+10
19	22875	19 -- 20	19	1375	1,35E+05	5,01E+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	50,73	0,21	1,16	31,29	0,18	1386
4	47,88	0,21	1,15	30,97	0,18	1365
5	46,23	0,21	1,14	30,77	0,18	1353
6	44,80	0,21	1,13	30,59	0,18	1341
7	42,89	0,21	1,12	30,34	0,19	1326
8	41,46	0,21	1,12	30,15	0,19	1314
9	39,33	0,21	1,11	29,85	0,19	1295
10	37,70	0,21	1,10	29,62	0,19	1281
11	36,28	0,21	1,09	29,40	0,19	1267
12	33,63	0,21	1,07	28,97	0,20	1241
13	30,78	0,21	1,05	28,47	0,20	1211
14	29,18	0,21	1,04	28,17	0,20	1192
15	28,00	0,21	1,03	27,93	0,20	1179
16	26,31	0,21	1,02	27,58	0,20	1158
17	24,94	0,21	1,01	27,28	0,21	1140
18	23,56	0,21	1,00	26,96	0,21	1121
19	22,19	0,21	0,99	26,62	0,21	1101
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 travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	300	0,30	0,00	1,46E-02	467,95
2	2 -- 3	5878	1772	3,40	0,55	1,46E-02	459,65
3	3 -- 4	8581		9,28	15,01	1,45E-02	426,52
4	4 -- 5	9951		17,86	53,70	1,43E-02	385,50
5	5 -- 6	1873		27,81	118,79	1,39E-02	345,33
6	6 -- 7	10630	13777	43,46	131,72	1,38E-02	339,10
7	7 -- 8	6822		54,09	248,79	1,34E-02	306,40
8	8 -- 9	7203		60,92	330,74	1,31E-02	287,51
9	9 -- 10	15548		68,12	422,68	1,28E-02	269,07
10	10 -- 11	2304		83,67	638,98	1,20E-02	233,66
11	11 -- 12	14766	14223	100,20	672,90	1,19E-02	228,87
12	12 -- 13	18593		114,96	936,47	1,12E-02	200,46
13	13 -- 14	22053		133,55	1290,61	1,03E-02	169,68
14	14 -- 15	2824		155,61	1702,66	9,48E-03	141,39
15	15 -- 16	16620	14669	173,10	1757,62	9,37E-03	138,09
16	16 -- 17	11905	8716	198,44	2120,44	8,74E-03	119,95
17	17 -- 18	12294		210,34	2401,47	8,30E-03	108,23
18	18 -- 19	14139		222,64	2699,14	7,85E-03	97,12
19	19 -- 20	14803		236,77	3014,99	7,42E-03	86,62
20	20 -- 21	30935	3365	254,94	3350,73	7,00E-03	76,70
21	21 -- 22	32707		285,88	4094,36	6,15E-03	58,58
22	22 -- 23	34479		318,59	4925,50	5,28E-03	42,82
23	23 -- 24	36251		353,06	5849,01	4,40E-03	29,47
24	24 -- 25	38022		389,31	6869,78	3,50E-03	18,57
25	25 -- 26	39794		427,34	7992,68	2,60E-03	10,16
26	26 -- 27	37714		467,13	9222,58	1,68E-03	4,25
27	27 -- 28	39178		504,85	10437,55	8,42E-04	1,07
28			29098	573,12	11748,63	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	30,0	0,468	743,98	35,232
2	2 -- 3	587,8	177,2	0,460	3353,99	152,839
3	3 -- 4	858,1		0,427	3417,64	141,447
4	4 -- 5	995,1		0,385	3567,09	132,871
5	5 -- 6	187,3		0,345	628,79	21,935
6	6 -- 7	1063,0	1377,7	0,339	7948,83	269,157
7	7 -- 8	682,2		0,306	1987,47	60,162
8	8 -- 9	720,3		0,288	1966,47	55,785
9	9 -- 10	1554,8		0,269	3833,99	98,240
10	10 -- 11	230,4		0,234	522,71	12,323
11	11 -- 12	1476,6	1422,3	0,229	6303,01	142,548
12	12 -- 13	1859,3		0,200	3375,57	63,682
13	13 -- 14	2205,3		0,170	3364,74	53,346
14	14 -- 15	282,4		0,141	387,08	5,514
15	15 -- 16	1662,0	1466,9	0,138	4090,71	55,637
16	16 -- 17	1190,5	871,6	0,120	2358,06	28,037
17	17 -- 18	1229,4		0,108	1238,34	12,961
18	18 -- 19	1413,9		0,097	1274,28	11,934
19	19 -- 20	1480,3		0,087	1185,91	9,872
20	20 -- 21	3093,5	336,5	0,077	2305,96	16,134
21	21 -- 22	3270,7		0,059	1626,68	8,407
22	22 -- 23	3447,9		0,043	1222,51	4,504
23	23 -- 24	3625,1		0,029	854,22	2,092
24	24 -- 25	3802,2		0,019	535,80	0,785
25	25 -- 26	3979,4		0,010	281,18	0,206
26	26 -- 27	3771,4		0,004	98,45	0,027
27	27 -- 28	3917,8		0,001	20,63	0,001
28			2909,8	0,000	0,00	0,000
				Som	58494	1396

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

$n_{1,x}$	=	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	597	0,991	0,570	0,56	334,44	0,56
2 -- 3	258	0,947	2,280	2,04	527,01	2,16
3 -- 4	301	0,868	2,850	2,15	645,95	2,47
4 -- 5	349	0,781	2,850	1,74	606,79	2,23
5 -- 6	3478	0,731	0,450	0,24	837,02	0,33
6 -- 7	443	0,690	2,400	1,14	505,69	1,66
7 -- 8	479	0,635	1,425	0,57	274,74	0,90
8 -- 9	505	0,595	1,425	0,50	254,76	0,85
9 -- 10	546	0,537	2,850	0,82	448,64	1,53
10 -- 11	4132	0,494	0,400	0,10	403,67	0,20
11 -- 12	603	0,459	2,450	0,52	310,75	1,12
12 -- 13	652	0,395	2,850	0,45	290,82	1,13
13 -- 14	774	0,332	2,850	0,31	243,62	0,95
14 -- 15	4998	0,299	0,350	0,03	155,99	0,10
15 -- 16	1267	0,276	2,000	0,15	192,60	0,55
16 -- 17	866	0,244	1,375	0,08	70,76	0,34
17 -- 18	894	0,219	1,375	0,07	59,19	0,30
18 -- 19	1028	0,196	1,375	0,05	54,50	0,27
19 -- 20	1321	0,175	1,375	0,04	55,33	0,24
20 -- 21	1125	0,145	2,750	0,06	64,64	0,40
21 -- 22	1189	0,108	2,750	0,03	38,39	0,30
22 -- 23	1254	0,077	2,750	0,02	20,57	0,21
23 -- 24	1318	0,051	2,750	0,01	9,55	0,14
24 -- 25	1383	0,031	2,750	0,00	3,58	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,94	0,04
26 -- 27	1509	0,006	2,500	0,00	0,12	0,01
27 -- 28	2731	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,69	6410,08	19,08

m_e = 6410,1 / 11,7 = 548,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,03	Hz
b =	1,55	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	79,18	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,059	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,071	
$v_m(z_s)$ =	28,86	m/s
$v_m(z)$ =	31,75	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,57	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,63	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	22,58	
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 =	0,66	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,78	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,68

$c_s c_d$ =	**1,07**	

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	31,7	1,08E+06	0,77	0,80	0,62
2	31,6	1,19E+06	0,77	0,80	0,62
3	31,3	1,38E+06	0,77	0,80	0,62
4	31,0	1,59E+06	0,77	0,80	0,61
5	30,8	1,71E+06	0,77	0,80	0,61
6	30,6	1,81E+06	0,77	0,80	0,61
7	30,3	1,94E+06	0,77	0,80	0,61
8	30,2	2,04E+06	0,77	0,80	0,61
9	29,9	2,18E+06	0,77	0,80	0,61
10	29,6	2,29E+06	0,77	0,80	0,61
11	29,4	2,37E+06	0,76	0,80	0,61
12	29,0	2,53E+06	0,76	0,80	0,61
13	28,5	2,70E+06	0,76	0,80	0,61
14	28,2	2,78E+06	0,76	0,80	0,61
15	27,9	2,84E+06	0,76	0,80	0,61
16	27,6	2,92E+06	0,76	0,80	0,61
17	27,3	2,99E+06	0,76	0,80	0,61
18	27,0	3,00E+06	0,76	0,80	0,61
19	26,6	3,10E+06	0,76	0,80	0,60
20	26,1	3,17E+06	0,76	0,80	0,60
21	25,2	3,25E+06	0,75	0,80	0,60
22	24,3	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,1	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
24	21,6	3,23E+06	0,74	0,80	0,59
25	19,6	3,06E+06	0,74	0,80	0,59
26	16,9	2,76E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,87E+06	0,73	0,80	0,58

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 REV 003 Appendix - F en F2		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Passieve run	21,50	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	46,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	37,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	29,00	0,000
Passieve run	21,50	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	54,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	46,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	29,00	1			
Passieve run	21,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1247	86	1332	0,180	0,068	377	0,661
2	5536	342	5878	0,794	0,274	1610	0,706
3	8153	428	8581	1,162	0,342	2239	0,786
4	9523	428	9951	1,349	0,342	2481	0,871
5	1805	68	1873	0,230	0,054	413	0,918
6	10270	360	10630	1,306	0,288	2298	0,958
7	6609	214	6822	0,838	0,171	1438	1,009
8	6989	214	7203	0,885	0,171	1491	1,046
9	15120	428	15548	1,910	0,342	3134	1,100
10	2244	60	2304	0,283	0,048	455	1,138
11	14399	368	14766	1,812	0,294	2868	1,171
12	18165	428	18593	2,280	0,342	3497	1,227
13	21625	428	22053	2,464	0,342	3650	1,281
14	2771	53	2824	0,315	0,042	458	1,308
15	16320	300	16620	1,854	0,240	2652	1,326
16	11698	206	11905	1,327	0,165	1856	1,350
17	12088	206	12294	1,369	0,165	1879	1,366
18	13933	206	14139	1,389	0,165	1872	1,362
19	14597	206	14803	1,453	0,165	1915	1,392
20	30523	413	30935	3,031	0,330	3862	1,404
21	32295	413	32707	3,195	0,330	3872	1,408
22	34066	413	34479	3,357	0,330	3835	1,395
23	35838	413	36251	3,514	0,330	3735	1,358
24	37610	413	38022	3,665	0,330	3544	1,289
25	39382	413	39794	3,802	0,330	3212	1,168
26	37339	375	37714	3,555	0,300	2478	0,991
27	38803	375	39178	3,694	0,300	2567	1,027
	478951	8250	487201	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	63689

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2805	360	360	360	360
2	2 -- 3	3094	2127	2126	8264	2879
3	3 -- 4	3613				
4	4 -- 5	4190				
5	5 -- 6	4995				
6	6 -- 7	5315	16535	16527	27318	19540
7	7 -- 8	5745				
8	8 -- 9	6066				
9	9 -- 10	6547				
10	10 -- 11	6912				
11	11 -- 12	7232	17070	17063	27854	20076
12	12 -- 13	7829				
13	13 -- 14	9285				
14	14 -- 15	9681				
15	15 -- 16	9972	17605	17598	28389	20611
16	16 -- 17	10389	10460	10460	10460	10460
17	17 -- 18	10730				
18	18 -- 19	12339				
19	19 -- 20	12919				
20	20 -- 21	13499	4038	4036	16332	5542
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			34918	34918	34918	34918

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	661				
2	2 -- 3	706	28055	20547	49053	21620
3	3 -- 4	786				
4	4 -- 5	871				
5	5 -- 6	918				
6	6 -- 7	958	181778	157387	206114	149485
7	7 -- 8	1009				
8	8 -- 9	1046				
9	9 -- 10	1100				
10	10 -- 11	1138				
11	11 -- 12	1171	175946	156977	204493	149152
12	12 -- 13	1227				
13	13 -- 14	1281				
14	14 -- 15	1308				
15	15 -- 16	1326	168968	156514	202642	148774
16	16 -- 17	1350				
17	17 -- 18	1366				
18	18 -- 19	1362				
19	19 -- 20	1392				
20	20 -- 21	1404	47820	41218	95374	43841
21	21 -- 22	1408				
22	22 -- 23	1395				
23	23 -- 24	1358				
24	24 -- 25	1289				
25	25 -- 26	1168				
26	26 -- 27	991				
27	27 -- 28	1027				
28						

KEMA rapport - bijlage F2 - 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	1057				
2	2 -- 3	1130	36722	23812	63182	26206
3	3 -- 4	1257				
4	4 -- 5	1393				
5	5 -- 6	1469				
6	6 -- 7	1532	232343	179455	253726	177010
7	7 -- 8	1615				
8	8 -- 9	1674				
9	9 -- 10	1760				
10	10 -- 11	1821				
11	11 -- 12	1873	223760	178746	251248	176450
12	12 -- 13	1963				
13	13 -- 14	2049				
14	14 -- 15	2093				
15	15 -- 16	2122	213364	177940	248406	175818
16	16 -- 17	2160				
17	17 -- 18	2186				
18	18 -- 19	2179				
19	19 -- 20	2228				
20	20 -- 21	2247	61082	47319	122241	52792
21	21 -- 22	2253				
22	22 -- 23	2231				
23	23 -- 24	2173				
24	24 -- 25	2062				
25	25 -- 26	1869				
26	26 -- 27	1586				
27	27 -- 28	1643				
28						

KEMA rapport - bijlage F - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	377		0	0,00E+00	2,46E-03	75
2	2 -- 3	1610		377	1,12E+05	2,46E-03	73
3	3 -- 4	2239		1987	2,86E+06	2,45E-03	68
4	4 -- 5	2481		4226	1,18E+07	2,40E-03	61
5	5 -- 6	413		6708	2,76E+07	2,31E-03	54
6	6 -- 7	2298		7121	3,08E+07	2,30E-03	53
7	7 -- 8	1438		9419	5,09E+07	2,21E-03	48
8	8 -- 9	1491		10857	6,55E+07	2,15E-03	45
9	9 -- 10	3134		12349	8,23E+07	2,08E-03	42
10	10 -- 11	455		15483	1,22E+08	1,94E-03	36
11	11 -- 12	2868		15938	1,29E+08	1,92E-03	35
12	12 -- 13	3497		18806	1,72E+08	1,79E-03	31
13	13 -- 14	3650		22303	2,31E+08	1,63E-03	26
14	14 -- 15	458		25953	3,01E+08	1,48E-03	21
15	15 -- 16	2652		26411	3,10E+08	1,46E-03	21
16	16 -- 17	1856		29063	3,66E+08	1,35E-03	18
17	17 -- 18	1879		30919	4,07E+08	1,27E-03	16
18	18 -- 19	1872		32798	4,52E+08	1,20E-03	14
19	19 -- 20	1915		34670	4,98E+08	1,13E-03	13
20	20 -- 21	3862		36585	5,48E+08	1,06E-03	11
21	21 -- 22	3872		40447	6,54E+08	9,22E-04	9
22	22 -- 23	3835		44319	7,72E+08	7,84E-04	6
23	23 -- 24	3735		48155	9,00E+08	6,47E-04	4
24	24 -- 25	3544		51889	1,04E+09	5,10E-04	3
25	25 -- 26	3212		55433	1,19E+09	3,75E-04	1
26	26 -- 27	2478		58645	1,34E+09	2,40E-04	1
27	27 -- 28	2567		61122	1,49E+09	1,19E-04	0
28				63689	1,65E+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	3,95E-02	1202
2	2 -- 3		28055	103903	7,58E+04	3,95E-02	1180
3	3 -- 4			929012	6,49E+07	3,92E-02	1090
4	4 -- 5			2887096	1,47E+08	3,84E-02	979
5	5 -- 6			5872216	2,30E+08	3,76E-02	871
6	6 -- 7		181778	6780729	2,43E+08	3,74E-02	854
7	7 -- 8			11538511	7,51E+08	3,63E-02	765
8	8 -- 9			14626555	1,05E+09	3,54E-02	714
9	9 -- 10			17983835	1,36E+09	3,44E-02	664
10	10 -- 11			25846855	1,96E+09	3,21E-02	569
11	11 -- 12		175946	27289586	2,05E+09	3,17E-02	557
12	12 -- 13			35857253	3,00E+09	2,95E-02	481
13	13 -- 14			46485245	4,11E+09	2,67E-02	401
14	14 -- 15			57647562	5,22E+09	2,40E-02	329
15	15 -- 16		168968	59248213	5,36E+09	2,37E-02	321
16	16 -- 17			68197562	6,48E+09	2,18E-02	275
17	17 -- 18			74247107	7,25E+09	2,04E-02	246
18	18 -- 19			80239762	8,01E+09	1,90E-02	219
19	19 -- 20			86190120	8,78E+09	1,78E-02	194
20	20 -- 21		47820	92217696	9,55E+09	1,66E-02	170
21	21 -- 22			104256187	1,12E+10	1,42E-02	127
22	22 -- 23			115627688	1,29E+10	1,19E-02	91
23	23 -- 24			126021188	1,46E+10	9,64E-03	62
24	24 -- 25			135127662	1,62E+10	7,46E-03	38
25	25 -- 26			142639680	1,79E+10	5,38E-03	21
26	26 -- 27			148251110	1,95E+10	3,39E-03	8
27	27 -- 28			151427005	2,11E+10	1,66E-03	2
28	28 -- 29			152619964	2,26E+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	3,36E-02	1039
2	2 -- 3		20547	20547	6,46E+04	3,36E-02	1020
3	3 -- 4			20547	4,76E+07	3,34E-02	943
4	4 -- 5			20547	1,08E+08	3,29E-02	849
5	5 -- 6			20547	1,69E+08	3,22E-02	756
6	6 -- 7		157387	177934	1,79E+08	3,21E-02	741
7	7 -- 8			177934	6,10E+08	3,13E-02	665
8	8 -- 9			177934	8,66E+08	3,05E-02	621
9	9 -- 10			177934	1,12E+09	2,96E-02	578
10	10 -- 11			177934	1,64E+09	2,77E-02	496
11	11 -- 12		156977	334911	1,71E+09	2,75E-02	485
12	12 -- 13			334911	2,54E+09	2,56E-02	420
13	13 -- 14			334911	3,50E+09	2,32E-02	350
14	14 -- 15			334911	4,46E+09	2,09E-02	287
15	15 -- 16		156514	491425	4,58E+09	2,06E-02	280
16	16 -- 17			491425	5,57E+09	1,90E-02	241
17	17 -- 18			491425	6,25E+09	1,78E-02	215
18	18 -- 19			491425	6,94E+09	1,66E-02	192
19	19 -- 20			491425	7,62E+09	1,55E-02	169
20	20 -- 21		41218	532643	8,30E+09	1,45E-02	149
21	21 -- 22			532643	9,77E+09	1,24E-02	112
22	22 -- 23			532643	1,12E+10	1,04E-02	80
23	23 -- 24			532643	1,27E+10	8,44E-03	54
24	24 -- 25			532643	1,42E+10	6,54E-03	34
25	25 -- 26			532643	1,57E+10	4,72E-03	18
26	26 -- 27			532643	1,71E+10	2,97E-03	7
27	27 -- 28			532643	1,85E+10	1,45E-03	2
28				532643	1,98E+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	5,02E-02	1490
2	2 -- 3		49053	49053	9,65E+04	5,02E-02	1462
3	3 -- 4			49053	1,13E+08	4,97E-02	1348
4	4 -- 5			49053	2,55E+08	4,83E-02	1208
5	5 -- 6			49053	3,99E+08	4,69E-02	1072
6	6 -- 7		206114	255167	4,22E+08	4,67E-02	1051
7	7 -- 8			255167	1,04E+09	4,50E-02	941
8	8 -- 9			255167	1,41E+09	4,38E-02	877
9	9 -- 10			255167	1,78E+09	4,24E-02	816
10	10 -- 11			255167	2,51E+09	3,94E-02	699
11	11 -- 12		204493	459661	2,62E+09	3,90E-02	683
12	12 -- 13			459661	3,75E+09	3,62E-02	591
13	13 -- 14			459661	5,08E+09	3,27E-02	493
14	14 -- 15			459661	6,40E+09	2,94E-02	404
15	15 -- 16		202642	662303	6,56E+09	2,90E-02	394
16	16 -- 17			662303	7,90E+09	2,66E-02	338
17	17 -- 18			662303	8,82E+09	2,50E-02	303
18	18 -- 19			662303	9,73E+09	2,33E-02	269
19	19 -- 20			662303	1,07E+10	2,18E-02	238
20	20 -- 21		95374	757677	1,16E+10	2,04E-02	209
21	21 -- 22			757677	1,37E+10	1,75E-02	157
22	22 -- 23			757677	1,58E+10	1,46E-02	113
23	23 -- 24			757677	1,79E+10	1,19E-02	76
24	24 -- 25			757677	2,00E+10	9,21E-03	47
25	25 -- 26			757677	2,20E+10	6,65E-03	25
26	26 -- 27			757677	2,41E+10	4,19E-03	10
27	27 -- 28			757677	2,60E+10	2,05E-03	3
28				757677	2,79E+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	3,25E-02	1000
2	2 -- 3		21620	21620	6,25E+04	3,25E-02	981
3	3 -- 4			21620	5,00E+07	3,23E-02	907
4	4 -- 5			21620	1,13E+08	3,17E-02	816
5	5 -- 6			21620	1,77E+08	3,11E-02	726
6	6 -- 7		149485	171105	1,88E+08	3,10E-02	712
7	7 -- 8			171105	6,02E+08	3,01E-02	639
8	8 -- 9			171105	8,49E+08	2,94E-02	597
9	9 -- 10			171105	1,10E+09	2,85E-02	555
10	10 -- 11			171105	1,59E+09	2,67E-02	477
11	11 -- 12		149152	320257	1,66E+09	2,64E-02	466
12	12 -- 13			320257	2,45E+09	2,46E-02	403
13	13 -- 14			320257	3,37E+09	2,23E-02	336
14	14 -- 15			320257	4,29E+09	2,01E-02	276
15	15 -- 16		148774	469031	4,41E+09	1,98E-02	269
16	16 -- 17			469031	5,35E+09	1,82E-02	231
17	17 -- 18			469031	6,00E+09	1,71E-02	207
18	18 -- 19			469031	6,65E+09	1,60E-02	184
19	19 -- 20			469031	7,30E+09	1,49E-02	163
20	20 -- 21		43841	512872	7,95E+09	1,39E-02	143
21	21 -- 22			512872	9,37E+09	1,19E-02	107
22	22 -- 23			512872	1,08E+10	1,00E-02	77
23	23 -- 24			512872	1,22E+10	8,11E-03	52
24	24 -- 25			512872	1,36E+10	6,28E-03	32
25	25 -- 26			512872	1,50E+10	4,53E-03	17
26	26 -- 27			512872	1,65E+10	2,86E-03	7
27	27 -- 28			512872	1,77E+10	1,40E-03	2
28				512872	1,90E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,69E-05	1
2	2 -- 3				1,23E+06	4,69E-05	1
3	3 -- 4				1,23E+06	3,53E-05	1
4	4 -- 5				1,23E+06	2,65E-05	0
5	5 -- 6				1,23E+06	2,09E-05	0
6	6 -- 7				1,23E+06	2,03E-05	0
7	7 -- 8				1,23E+06	1,76E-05	0
8	8 -- 9				1,23E+06	1,63E-05	0
9	9 -- 10				1,23E+06	1,52E-05	0
10	10 -- 11				1,23E+06	1,35E-05	0
11	11 -- 12				1,23E+06	1,33E-05	0
12	12 -- 13				1,23E+06	1,22E-05	0
13	13 -- 14				1,23E+06	1,12E-05	0
14	14 -- 15				1,23E+06	1,05E-05	0
15	15 -- 16				1,23E+06	1,04E-05	0
16	16 -- 17				1,23E+06	1,00E-05	0
17	17 -- 18				1,23E+06	9,79E-06	0
18	18 -- 19				1,23E+06	9,57E-06	0
19	19 -- 20				1,23E+06	9,38E-06	0
20	20 -- 21				8,26E+06	9,22E-06	0
21	21 -- 22				8,26E+06	7,33E-06	0
22	22 -- 23				8,26E+06	5,74E-06	0
23	23 -- 24				8,26E+06	4,38E-06	0
24	24 -- 25				8,26E+06	3,22E-06	0
25	25 -- 26				8,26E+06	2,21E-06	0
26	26 -- 27				8,26E+06	1,33E-06	0
27	27 -- 28				8,26E+06	6,27E-07	0
28					8,26E+06	0,00E+00	0

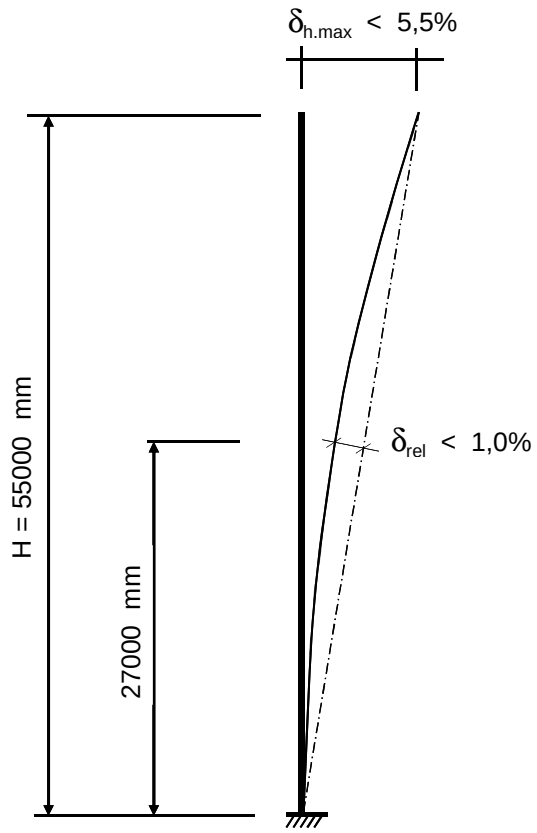
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	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	5,1E-02	1514
2	2 -- 3	5,1E-02	1484
3	3 -- 4	5,0E-02	1369
4	4 -- 5	4,9E-02	1227
5	5 -- 6	4,8E-02	1089
6	6 -- 7	4,7E-02	1067
7	7 -- 8	4,6E-02	955
8	8 -- 9	4,4E-02	891
9	9 -- 10	4,3E-02	829
10	10 -- 11	4,0E-02	710
11	11 -- 12	4,0E-02	694
12	12 -- 13	3,7E-02	601
13	13 -- 14	3,3E-02	501
14	14 -- 15	3,0E-02	411
15	15 -- 16	2,9E-02	400
16	16 -- 17	2,7E-02	344
17	17 -- 18	2,5E-02	308
18	18 -- 19	2,4E-02	274
19	19 -- 20	2,2E-02	242
20	20 -- 21	2,1E-02	213
21	21 -- 22	1,8E-02	160
22	22 -- 23	1,5E-02	115
23	23 -- 24	1,2E-02	78
24	24 -- 25	9,4E-03	48
25	25 -- 26	6,8E-03	26
26	26 -- 27	4,3E-03	11
27	27 -- 28	2,1E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1514 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 2,75 % 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 = 27000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 344 mm
α = 1,58 graden

δ_{rel} = 399 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 0,73 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	565	360	0	0,00E+00	3,65E-03	111
2	2 -- 3	2415	4086	565	1,61E+05	3,65E-03	109
3	3 -- 4	3359	11140	2980	4,20E+06	3,64E-03	101
4	4 -- 5	3722	21436	6340	1,75E+07	3,56E-03	91
5	5 -- 6	620	33377	10061	4,09E+07	3,44E-03	81
6	6 -- 7	3448	52160	10681	4,55E+07	3,41E-03	79
7	7 -- 8	2157	64917	14129	7,53E+07	3,28E-03	71
8	8 -- 9	2237	73104	16286	9,70E+07	3,19E-03	66
9	9 -- 10	4701	81747	18523	1,22E+08	3,10E-03	62
10	10 -- 11	683	100405	23224	1,81E+08	2,89E-03	53
11	11 -- 12	4302	120239	23907	1,91E+08	2,86E-03	52
12	12 -- 13	5245	137959	28210	2,55E+08	2,66E-03	46
13	13 -- 14	5476	160270	33454	3,42E+08	2,42E-03	38
14	14 -- 15	687	186734	38930	4,46E+08	2,20E-03	32
15	15 -- 16	3978	207727	39617	4,59E+08	2,17E-03	31
16	16 -- 17	2784	238131	43595	5,42E+08	2,01E-03	27
17	17 -- 18	2818	252416	46379	6,04E+08	1,90E-03	24
18	18 -- 19	2809	267170	49197	6,70E+08	1,78E-03	21
19	19 -- 20	2872	284136	52006	7,40E+08	1,68E-03	19
20	20 -- 21	5793	305938	54878	8,13E+08	1,58E-03	17
21	21 -- 22	5809	343061	60671	9,72E+08	1,37E-03	13
22	22 -- 23	5753	382309	66479	1,15E+09	1,17E-03	9
23	23 -- 24	5602	423684	72232	1,34E+09	9,64E-04	6
24	24 -- 25	5316	467185	77834	1,54E+09	7,60E-04	4
25	25 -- 26	4817	512812	83150	1,77E+09	5,58E-04	2
26	26 -- 27	3716	560565	87967	2,00E+09	3,58E-04	1
27	27 -- 28	3850	605822	91683	2,23E+09	1,78E-04	0
28			687753	95533	2,46E+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	5,01E-02	1523
2	2 -- 3		36722	36722	0,00E+00	5,01E-02	1494
3	3 -- 4			36722	8,37E+07	4,97E-02	1381
4	4 -- 5			36722	1,88E+08	4,87E-02	1240
5	5 -- 6			36722	2,93E+08	4,76E-02	1103
6	6 -- 7		232343	269065	3,10E+08	4,75E-02	1081
7	7 -- 8			269065	9,55E+08	4,61E-02	969
8	8 -- 9			269065	1,34E+09	4,49E-02	904
9	9 -- 10			269065	1,72E+09	4,35E-02	841
10	10 -- 11			269065	2,49E+09	4,06E-02	721
11	11 -- 12		223760	492826	2,60E+09	4,02E-02	705
12	12 -- 13			492826	3,80E+09	3,74E-02	609
13	13 -- 14			492826	5,21E+09	3,38E-02	508
14	14 -- 15			492826	6,61E+09	3,04E-02	416
15	15 -- 16		213364	706190	6,79E+09	3,00E-02	406
16	16 -- 17			706190	8,20E+09	2,75E-02	348
17	17 -- 18			706190	9,17E+09	2,58E-02	311
18	18 -- 19			706190	1,01E+10	2,41E-02	277
19	19 -- 20			706190	1,11E+10	2,25E-02	245
20	20 -- 21		61082	767272	1,21E+10	2,10E-02	215
21	21 -- 22			767272	1,42E+10	1,80E-02	161
22	22 -- 23			767272	1,63E+10	1,51E-02	116
23	23 -- 24			767272	1,84E+10	1,22E-02	78
24	24 -- 25			767272	2,05E+10	9,45E-03	48
25	25 -- 26			767272	2,26E+10	6,81E-03	26
26	26 -- 27			767272	2,47E+10	4,29E-03	11
27	27 -- 28			767272	2,67E+10	2,10E-03	3
28				767272	2,86E+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	3,81E-02	1175
2	2 -- 3		23812	23812	0,00E+00	3,81E-02	1154
3	3 -- 4			23812	5,43E+07	3,78E-02	1067
4	4 -- 5			23812	1,22E+08	3,72E-02	960
5	5 -- 6			23812	1,90E+08	3,65E-02	855
6	6 -- 7		179455	203268	2,01E+08	3,64E-02	839
7	7 -- 8			203268	6,89E+08	3,54E-02	752
8	8 -- 9			203268	9,78E+08	3,45E-02	703
9	9 -- 10			203268	1,27E+09	3,35E-02	654
10	10 -- 11			203268	1,85E+09	3,14E-02	561
11	11 -- 12		178746	382014	1,93E+09	3,10E-02	549
12	12 -- 13			382014	2,86E+09	2,89E-02	475
13	13 -- 14			382014	3,95E+09	2,62E-02	396
14	14 -- 15			382014	5,04E+09	2,36E-02	325
15	15 -- 16		177940	559954	5,18E+09	2,33E-02	317
16	16 -- 17			559954	6,30E+09	2,15E-02	272
17	17 -- 18			559954	7,07E+09	2,01E-02	244
18	18 -- 19			559954	7,84E+09	1,88E-02	217
19	19 -- 20			559954	8,61E+09	1,76E-02	192
20	20 -- 21		47319	607273	9,38E+09	1,64E-02	168
21	21 -- 22			607273	1,10E+10	1,41E-02	126
22	22 -- 23			607273	1,27E+10	1,18E-02	91
23	23 -- 24			607273	1,44E+10	9,55E-03	61
24	24 -- 25			607273	1,61E+10	7,40E-03	38
25	25 -- 26			607273	1,77E+10	5,34E-03	20
26	26 -- 27			607273	1,94E+10	3,37E-03	8
27	27 -- 28			607273	2,09E+10	1,65E-03	2
28				607273	2,24E+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	6,19E-02	1833
2	2 -- 3		63182	63182	0,00E+00	6,19E-02	1798
3	3 -- 4			63182	1,44E+08	6,13E-02	1657
4	4 -- 5			63182	3,24E+08	5,96E-02	1485
5	5 -- 6			63182	5,04E+08	5,77E-02	1317
6	6 -- 7		253726	316908	5,33E+08	5,75E-02	1292
7	7 -- 8			316908	1,29E+09	5,54E-02	1156
8	8 -- 9			316908	1,74E+09	5,38E-02	1078
9	9 -- 10			316908	2,20E+09	5,21E-02	1002
10	10 -- 11			316908	3,10E+09	4,84E-02	859
11	11 -- 12		251248	568156	3,23E+09	4,79E-02	839
12	12 -- 13			568156	4,62E+09	4,45E-02	726
13	13 -- 14			568156	6,24E+09	4,01E-02	605
14	14 -- 15			568156	7,86E+09	3,61E-02	496
15	15 -- 16		248406	816562	8,06E+09	3,56E-02	484
16	16 -- 17			816562	9,69E+09	3,27E-02	415
17	17 -- 18			816562	1,08E+10	3,07E-02	372
18	18 -- 19			816562	1,19E+10	2,87E-02	331
19	19 -- 20			816562	1,31E+10	2,68E-02	293
20	20 -- 21		122241	938803	1,42E+10	2,50E-02	257
21	21 -- 22			938803	1,68E+10	2,15E-02	193
22	22 -- 23			938803	1,93E+10	1,80E-02	139
23	23 -- 24			938803	2,19E+10	1,46E-02	94
24	24 -- 25			938803	2,45E+10	1,13E-02	58
25	25 -- 26			938803	2,71E+10	8,17E-03	31
26	26 -- 27			938803	2,97E+10	5,15E-03	13
27	27 -- 28			938803	3,20E+10	2,52E-03	3
28				938803	3,44E+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	3,83E-02	1176
2	2 -- 3		26206	26206	0,00E+00	3,83E-02	1155
3	3 -- 4			26206	5,97E+07	3,80E-02	1068
4	4 -- 5			26206	1,34E+08	3,73E-02	960
5	5 -- 6			26206	2,09E+08	3,66E-02	855
6	6 -- 7		177010	203216	2,21E+08	3,65E-02	838
7	7 -- 8			203216	7,09E+08	3,54E-02	752
8	8 -- 9			203216	9,98E+08	3,45E-02	702
9	9 -- 10			203216	1,29E+09	3,35E-02	653
10	10 -- 11			203216	1,87E+09	3,13E-02	561
11	11 -- 12		176450	379666	1,95E+09	3,10E-02	548
12	12 -- 13			379666	2,88E+09	2,89E-02	475
13	13 -- 14			379666	3,96E+09	2,62E-02	396
14	14 -- 15			379666	5,04E+09	2,36E-02	325
15	15 -- 16		175818	555484	5,18E+09	2,33E-02	317
16	16 -- 17			555484	6,29E+09	2,14E-02	272
17	17 -- 18			555484	7,05E+09	2,01E-02	243
18	18 -- 19			555484	7,81E+09	1,88E-02	216
19	19 -- 20			555484	8,58E+09	1,76E-02	192
20	20 -- 21		52792	608276	9,34E+09	1,64E-02	168
21	21 -- 22			608276	1,10E+10	1,41E-02	126
22	22 -- 23			608276	1,27E+10	1,18E-02	91
23	23 -- 24			608276	1,44E+10	9,54E-03	61
24	24 -- 25			608276	1,60E+10	7,40E-03	38
25	25 -- 26			608276	1,77E+10	5,34E-03	20
26	26 -- 27			608276	1,94E+10	3,36E-03	8
27	27 -- 28			608276	2,09E+10	1,65E-03	2
28				608276	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	5,63E-05	1
2	2 -- 3				1,48E+06	5,63E-05	1
3	3 -- 4				1,48E+06	4,24E-05	1
4	4 -- 5				1,48E+06	3,18E-05	1
5	5 -- 6				1,48E+06	2,51E-05	0
6	6 -- 7				1,48E+06	2,44E-05	0
7	7 -- 8				1,48E+06	2,11E-05	0
8	8 -- 9				1,48E+06	1,95E-05	0
9	9 -- 10				1,48E+06	1,82E-05	0
10	10 -- 11				1,48E+06	1,62E-05	0
11	11 -- 12				1,48E+06	1,59E-05	0
12	12 -- 13				1,48E+06	1,46E-05	0
13	13 -- 14				1,48E+06	1,35E-05	0
14	14 -- 15				1,48E+06	1,26E-05	0
15	15 -- 16				1,48E+06	1,25E-05	0
16	16 -- 17				1,48E+06	1,20E-05	0
17	17 -- 18				1,48E+06	1,17E-05	0
18	18 -- 19				1,48E+06	1,15E-05	0
19	19 -- 20				1,48E+06	1,13E-05	0
20	20 -- 21				9,91E+06	1,11E-05	0
21	21 -- 22				9,91E+06	8,80E-06	0
22	22 -- 23				9,91E+06	6,89E-06	0
23	23 -- 24				9,91E+06	5,26E-06	0
24	24 -- 25				9,91E+06	3,86E-06	0
25	25 -- 26				9,91E+06	2,65E-06	0
26	26 -- 27				9,91E+06	1,60E-06	0
27	27 -- 28				9,91E+06	7,53E-07	0
28					9,91E+06	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	10,22	63,35	6,20
3	3 -- 4	17,28	64,08	151,47
4	4 -- 5	27,57	65,08	335,52
5	5 -- 6	39,51	66,20	522,60
6	6 -- 7	69,08	320,11	552,44
7	7 -- 8	81,84	321,15	1321,95
8	8 -- 9	90,02	321,79	1780,04
9	9 -- 10	98,67	322,47	2239,08
10	10 -- 11	117,32	323,88	3160,11
11	11 -- 12	147,94	575,33	3289,70
12	12 -- 13	165,66	576,62	4700,84
13	13 -- 14	187,97	578,19	6346,44
14	14 -- 15	214,44	579,83	7996,63
15	15 -- 16	246,22	828,45	8199,61
16	16 -- 17	276,62	829,64	9857,70
17	17 -- 18	290,90	830,48	10999,03
18	18 -- 19	305,66	831,32	12141,51
19	19 -- 20	322,62	832,16	13285,16
20	20 -- 21	356,72	955,27	14464,05
21	21 -- 22	393,84	957,00	17093,42
22	22 -- 23	433,09	958,75	19727,58
23	23 -- 24	474,47	960,47	22366,50
24	24 -- 25	517,97	962,15	25010,11
25	25 -- 26	563,59	963,75	27658,23
26	26 -- 27	611,35	965,19	30310,52
27	27 -- 28	656,60	966,31	32724,90
28		738,54	967,46	35142,11

)** - 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	10,22	29	6,5	1230,8	0,01
2	500 / 825	151,47	17,28	116	153,8	1698,6	0,09
3	500 / 825	335,52	27,57	142	341,7	2389,4	0,14
4	500 / 825	522,60	39,51	138	534,3	3197,9	0,17
5	825 / 1366	552,44	69,08	21	565,6	3680,5	0,16
6	825 / 1366	1321,95	81,84	112	1344,3	4552,8	0,30
7	825 / 1366	1780,04	90,02	64	1808,1	5114,6	0,36
8	825 / 1366	2239,08	98,67	62	2273,3	5709,1	0,40
9	825 / 1366	3160,11	117,32	119	3208,3	6996,3	0,46
10	825 / 1366	3289,70	147,94	16	3340,2	7187,4	0,47
11	825 / 1366	4700,84	165,66	94	4766,9	8414,2	0,57
12	825 / 1366	6346,44	187,97	100	6431,3	9963,0	0,65
13	1366 / 1669	7996,63	214,44	90	8100,7	12754,5	0,64
14	1366 / 1669	8199,61	246,22	10	8306,3	12990,9	0,65
15	1366 / 1669	9857,70	276,62	57	9980,0	14382,9	0,70
16	1366 / 1669	10999,03	290,90	36	11131,8	15381,0	0,73
17	1366 / 1669	12141,51	305,66	34	12284,6	16412,6	0,76
18	1669/ 2590	13285,16	322,62	32	13438,5	19757,0	0,69
19	1669/ 2590	14464,05	356,72	29	14627,9	21002,1	0,70
20	1669/ 2590	17093,42	393,84	53	17278,1	23606,5	0,74
21	1669/ 2590	19727,58	433,09	45	19931,8	26363,2	0,76
22	1669/ 2590	22366,50	474,47	37	22588,3	29272,1	0,78
23	1669/ 2590	25010,11	517,97	30	25247,3	32333,2	0,79
24	1669/ 2590	27658,23	563,59	22	27907,9	35546,6	0,79
25	1669/ 2590	30310,52	611,35	15	30569,5	38912,2	0,79
26	1669/ 2590	32724,90	656,60	8	32989,1	42104,0	0,79
27	1669/ 2590	35142,11	738,54	3	35408,3	45421,5	0,79

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

d mm	t mm	d/t	a_y	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2
522	18,0	28,98	0,81	355	355
608	18,0	33,79	0,81	355	355
717	18,0	39,81	0,81	355	355
825	18,0	45,83	0,81	355	355
842	20,0	42,10	0,81	355	355
933	20,0	46,66	0,81	355	355
987	20,0	49,37	0,81	355	355
1042	20,0	52,08	0,81	355	355
1150	20,0	57,49	0,81	355	355
1165	20,0	58,25	0,81	355	355
1258	20,0	62,91	0,81	342	355
1366	20,0	68,32	0,81	323	355
1475	22,0	67,03	0,81	327	355
1488	22,0	67,64	0,81	325	355
1564	22,0	71,09	0,81	315	355
1616	22,0	73,47	0,81	308	355
1669	22,0	75,84	0,81	302	355
1721	25,0	68,83	0,81	322	355
1773	25,0	70,92	0,81	315	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	1,96	0,37	355	355	0,01
2	500 / 825	37,51	0,56	355	355	0,11
3	500 / 825	59,78	0,76	355	355	0,17
4	500 / 825	68,25	0,93	355	355	0,19
5	825 / 1366	55,72	1,35	355	355	0,16
6	825 / 1366	116,25	1,50	355	355	0,33
7	825 / 1366	132,91	1,52	355	355	0,38
8	825 / 1366	149,23	1,58	355	355	0,42
9	825 / 1366	179,75	1,74	355	355	0,51
10	825 / 1366	167,21	2,07	355	355	0,48
11	825 / 1366	217,27	2,21	355	342	0,62
12	825 / 1366	248,91	2,32	355	323	0,71
13	1366 / 1669	243,40	2,22	355	327	0,69
14	1366 / 1669	229,07	2,44	355	325	0,65
15	1366 / 1669	259,02	2,66	355	315	0,74
16	1366 / 1669	265,62	2,68	355	308	0,76
17	1366 / 1669	274,41	2,73	355	302	0,78
18	1669/ 2590	257,18	2,50	355	322	0,73
19	1669/ 2590	254,87	2,64	355	315	0,73
20	1669/ 2590	275,24	2,79	355	304	0,78
21	1669/ 2590	283,42	2,90	355	293	0,81
22	1669/ 2590	288,46	3,01	355	284	0,82
23	1669/ 2590	291,15	3,12	355	275	0,83
24	1669/ 2590	292,07	3,23	355	268	0,83
25	1669/ 2590	291,64	3,35	355	261	0,83
26	1669/ 2590	289,22	3,45	355	255	0,83
27	1669/ 2590	287,33	3,74	355	249	0,82

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

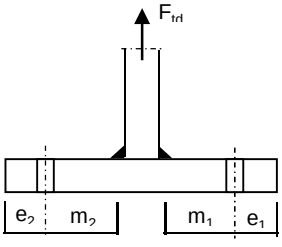
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

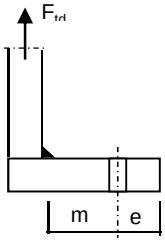
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

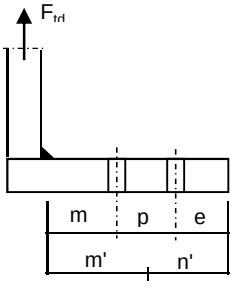
Flenzen en voetplaat:



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		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	614,36	10,99	28	M 48 - 8,8	848,4	0,72
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1370,00					
1370,00	36	791,80	23,05	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,75

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							
2900,00	2230,00	148,2	120,0	120,0			159,2
2900,00	2230,00	148,2	120,0	120,0			207,1
flenzen op 25,0 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 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	8,53E+07	2303,27	1395,59	1696,90	1395,59	1228,73	0,88
80	1,11E+08	2995,28	1586,79	1696,90	1586,79	1228,73	0,77
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	791,80	0,79
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	791,80	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 / 2590	1,03	1,545	0,18	8,84

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	468	1,000		1,000			
2	460	0,982	1 -- 2	0,991	133	207	597,3
3	427	0,911	2 -- 3	0,947	588		257,8
4	385	0,824	3 -- 4	0,868	858		301,1
5	345	0,738	4 -- 5	0,781	995		349,2
6	339	0,725	5 -- 6	0,731	187	1378	3477,8
7	306	0,655	6 -- 7	0,690	1063		442,9
8	288	0,614	7 -- 8	0,635	682		478,8
9	269	0,575	8 -- 9	0,595	720		505,5
10	234	0,499	9 -- 10	0,537	1555		545,5
11	229	0,489	10 -- 11	0,494	230	1422	4131,8
12	200	0,428	11 -- 12	0,459	1477		602,7
13	170	0,363	12 -- 13	0,395	1859		652,4
14	141	0,302	13 -- 14	0,332	2205		773,8
15	138	0,295	14 -- 15	0,299	282	1467	4998,0
16	120	0,256	15 -- 16	0,276	1662	872	1266,8
17	108	0,231	16 -- 17	0,244	1190		865,8
18	97	0,208	17 -- 18	0,219	1229		894,1
19	87	0,185	18 -- 19	0,196	1414		1028,3
20	77	0,164	19 -- 20	0,175	1480	337	1321,3
21	59	0,125	20 -- 21	0,145	3094		1124,9
22	43	0,092	21 -- 22	0,108	3271		1189,3
23	29	0,063	22 -- 23	0,077	3448		1253,8
24	19	0,040	23 -- 24	0,051	3625		1318,2
25	10	0,022	24 -- 25	0,031	3802		1382,6
26	4	0,009	25 -- 26	0,015	3979		1447,1
27	1	0,002	26 -- 27	0,006	3771		1508,6
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3918	2910	2731,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	597	0,991	0,570	0,56	334,44	0,56
2 -- 3	258	0,947	2,280	2,04	527,01	2,16
3 -- 4	301	0,868	2,850	2,15	645,95	2,47
4 -- 5	349	0,781	2,850	1,74	606,79	2,23
5 -- 6	3478	0,731	0,450	0,24	837,02	0,33
6 -- 7	443	0,690	2,400	1,14	505,69	1,66
7 -- 8	479	0,635	1,425	0,57	274,74	0,90
8 -- 9	505	0,595	1,425	0,50	254,76	0,85
9 -- 10	546	0,537	2,850	0,82	448,64	1,53
10 -- 11	4132	0,494	0,400	0,10	403,67	0,20
11 -- 12	603	0,459	2,450	0,52	310,75	1,12
12 -- 13	652	0,395	2,850	0,45	290,82	1,13
13 -- 14	774	0,332	2,850	0,31	243,62	0,95
14 -- 15	4998	0,299	0,350	0,03	155,99	0,10
15 -- 16	1267	0,276	2,000	0,15	192,60	0,55
16 -- 17	866	0,244	1,375	0,08	70,76	0,34
17 -- 18	894	0,219	1,375	0,07	59,19	0,30
18 -- 19	1028	0,196	1,375	0,05	54,50	0,27
19 -- 20	1321	0,175	1,375	0,04	55,33	0,24
20 -- 21	1125	0,145	2,750	0,06	64,64	0,40
21 -- 22	1189	0,108	2,750	0,03	38,39	0,30
22 -- 23	1254	0,077	2,750	0,02	20,57	0,21
23 -- 24	1318	0,051	2,750	0,01	9,55	0,14
24 -- 25	1383	0,031	2,750	0,00	3,58	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,94	0,04
26 -- 27	1509	0,006	2,500	0,00	0,12	0,01
27 -- 28	2731	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	55,00	11,69	6410,08	19,08

m_e = 6410,1 / 11,7 = 548,5 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 / 2590	548,5	0,030	1,25	1,545	11,0

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 11,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 19,08 / (4 * π * 11,69) = 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 * 8,84 / $15*10^{-6}$ = 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 = 9,27 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,94 / 19,08 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,091 * 0,130 * 0,42 * 0,2 = 0,030

$y_{F;max}$ = 1,545 * 0,030 = 0,047 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		188250	188250	0,00E+00	5,3E-02	1000
2	2 -- 3			188250	1,07E+08	5,3E-02	970
3	3 -- 4			188250	5,37E+08	5,0E-02	852
4	4 -- 5			188250	1,07E+09	4,4E-02	718
5	5 -- 6			188250	1,61E+09	3,8E-02	601
6	6 -- 7			188250	1,69E+09	3,7E-02	584
7	7 -- 8			188250	2,15E+09	3,3E-02	500
8	8 -- 9			188250	2,41E+09	3,0E-02	455
9	9 -- 10			188250	2,68E+09	2,8E-02	413
10	10 -- 11			188250	3,22E+09	2,4E-02	339
11	11 -- 12			188250	3,29E+09	2,4E-02	329
12	12 -- 13			188250	3,76E+09	2,0E-02	275
13	13 -- 14			188250	4,29E+09	1,7E-02	221
14	14 -- 15			188250	4,83E+09	1,5E-02	176
15	15 -- 16			188250	4,89E+09	1,4E-02	171
16	16 -- 17			188250	5,27E+09	1,3E-02	144
17	17 -- 18			188250	5,53E+09	1,2E-02	127
18	18 -- 19			188250	5,79E+09	1,1E-02	112
19	19 -- 20			188250	6,05E+09	9,7E-03	98
20	20 -- 21			188250	6,31E+09	8,9E-03	85
21	21 -- 22			188250	6,82E+09	7,4E-03	63
22	22 -- 23			188250	7,34E+09	6,0E-03	45
23	23 -- 24			188250	7,86E+09	4,8E-03	30
24	24 -- 25			188250	8,38E+09	3,6E-03	18
25	25 -- 26			188250	8,89E+09	2,6E-03	10
26	26 -- 27			188250	9,41E+09	1,6E-03	4
27	27 -- 28			188250	9,88E+09	7,7E-04	1
28	28 -- 29			188250	1,04E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	522	18,0	3466902	31	0,0467	2,9
2	608	18,0	4784830	112	0,0467	10,5
3	717	18,0	6730689	159	0,0467	14,9
4	825	18,0	9008164	179	0,0467	16,7
5	842	20,0	10367648	163	0,0467	15,3
6	933	20,0	12824815	167	0,0467	15,6
7	987	20,0	14407388	168	0,0467	15,7
8	1042	20,0	16082078	167	0,0467	15,6
9	1150	20,0	19707810	163	0,0467	15,3
10	1165	20,0	20246171	163	0,0467	15,2
11	1258	20,0	23702011	158	0,0467	14,8
12	1366	20,0	28064684	153	0,0467	14,3
13	1475	22,0	35928268	134	0,0467	12,6
14	1488	22,0	36593954	134	0,0467	12,5
15	1564	22,0	40515138	130	0,0467	12,2
16	1616	22,0	43326738	128	0,0467	11,9
17	1669	22,0	46232682	125	0,0467	11,7
18	1721	25,0	55653435	109	0,0467	10,2
19	1773	25,0	59160831	107	0,0467	10,0
20	1878	25,0	66497249	103	0,0467	9,6
21	1982	25,0	74262503	99	0,0467	9,2
22	2087	25,0	82456593	95	0,0467	8,9
23	2191	25,0	91079518	92	0,0467	8,6
24	2296	25,0	100131278	89	0,0467	8,3
25	2400	25,0	109611876	86	0,0467	8,0
26	2495	25,0	118602731	83	0,0467	7,8
27	2590	25,0	127947996	81	0,0467	7,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,03 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 8,84 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 = 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,03 * [8,84 / 6,25]^2 * \exp[-(8,84 / 6,25)^2]$ = 2,67E+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.

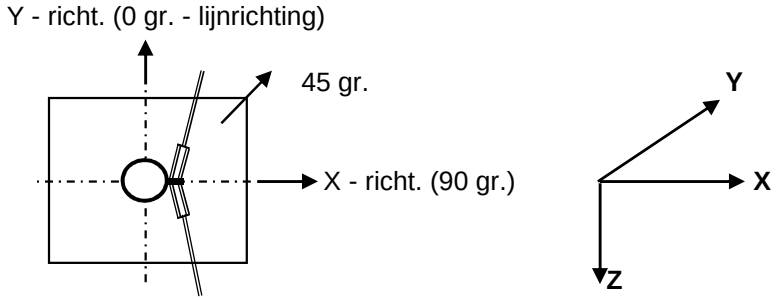
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	12,58	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
4	Lasnaad	17,88	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
5	Lasnaad	20,04	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
7	Lasnaad	18,77	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
9	Lasnaad	18,71	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
10	Lasnaad	18,32	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
12	Lasnaad	17,77	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
13	Lasnaad	17,15	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
14	Lasnaad	15,07	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
16	flenzen	14,59	35	19,25	1,000E+10	2,67E+08	0,03
18	Lasnaad	14,04	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
20	Lasnaad	11,96	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
21	Lasnaad	11,51	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
22	Lasnaad	11,09	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
23	Lasnaad	10,69	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
24	Lasnaad	10,32	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
25	Lasnaad	9,96	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
26	Lasnaad	9,63	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
27	Lasnaad	9,35	45	24,75	1,000E+10	2,67E+08	0,03
28	voetplaat	9,08	35	19,25	1,000E+10	2,67E+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			637			
2 - Windbelasting mast	102				2623	
3 - Belasting geval 1a	767		51		28588	
4 - Belasting geval 1b	607		51		22442	
5 - Belasting geval 3	939		101		34404	
6 - Belasting geval 4	608		62		22433	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	869		688		31211	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	626		688		22933	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	967		**739**		**35142**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	627		699		22925	

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	29395	kNm	35142	kNm	35142	kNm
Dwarskracht	821	kN	967	kN	967	kN
Verticale kracht	573	kN	739	kN	516	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		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	614,36	10,99	28	M 48 - 8,8	848,45	0,72
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2900,00					
st.c binnenkant		2230,00					
2565	88	514,39	9,33	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 614,4 kN

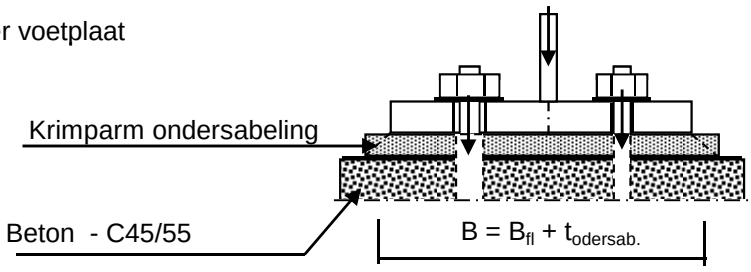
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 514,4 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 631,1 + 1,00 * 514,4 = 1145,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

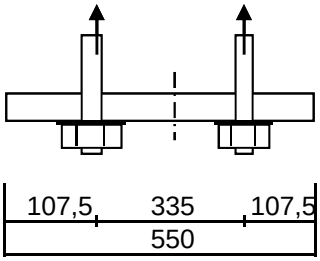
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	575,0	mm	D =	2565	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	615,0	mm			

A_{voetpl} = 615 * 2*π*D / n = 112631 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

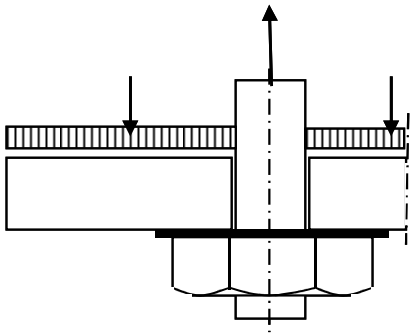


D = 2565 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 550 * $2*\pi*D / n$ = 100727 mm^2

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

Dikte instortring



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

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

$M_{Ed;st}$ = 70485 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2043 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 100638 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 100638 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2043 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} = 100638 / 108718,8 = 0,93 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 328,6 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2043 / 7174 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 58,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (329,0^2 + 3*58,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 344 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage F en F2

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

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

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74180	157649
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74122	157657
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9629	20378
	Comp. gl	4036	19619	41690
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100910	212097
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100769	212100
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100599	212109
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25127	52487
	Comp. gl	16332	50266	105824
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73676	156457
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73629	156466
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73572	156478
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10827	22947
	Comp. gl	5542	22113	47038
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	118454	199880
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	113403	192895
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	107265	184441
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	19085	31373
	Comp. gl	4040	30869	52708
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79960	160657
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79369	160158
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78672	159604
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10789	21228
	Comp. gl	4037	21025	42392
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	118675	224261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	116823	222436
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114635	220373
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30406	55385
	Comp. gl	16334	56902	108190
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78928	158439
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78401	158076
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77777	157679

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	11801	23398
	Comp. gl	5542	23339	47353
1a	380C1F1 / 380C2F1	14917	123814	207307
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14916	118362	199753
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14915	111722	190574
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1949	20059	32742
	Comp. gl	4040	32230	54613
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80606	161230
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79949	160648
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	79176	160000
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10923	21373
	Comp. gl	4037	21183	42528
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	120693	226319
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	118641	224227
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	116217	221853
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8086	30988	55896
	Comp. gl	16334	57618	108686
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79503	158859
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78919	158432
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	78228	157962
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11910	23487
	Comp. gl	5542	23469	47430
1a	380C1F1 / 380C2F1	11179	57785	112156
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56994	111294
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	56064	110322
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8116	15328
	Comp. gl	3028	15404	30103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61898	130388
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61812	130372
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61709	130356
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7963	16663
	Comp. gl	3027	16144	34035

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	91718	190117
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91471	190054
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	91176	189992
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24429	50253
	Comp. gl	15319	48561	101130
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62365	131388
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62285	131385
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62189	131384
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9383	19707
	Comp. gl	4531	19087	40346
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497
	GW / opgw	1460	6468	13870
	Comp. gl	3028	13424	28788
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	54216	108561
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53792	108198
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	53292	107797
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7375	14456
	Comp. gl	3028	14538	29256
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61496	130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61445	130339
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61383	130340
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7886	16640
	Comp. gl	3027	16045	34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90565	189911
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90418	189903
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90242	189899
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24080	50242
	Comp. gl	15319	48098	101176
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61989	131395
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61940	131400

W2E350+5 TOWER APPENDIX: **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61882	131408
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9315	19705
	Comp. gl	4531	18997	40356
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	113535	189336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	108119	181567
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	101477	172033
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18597	30325
	Comp. gl	3030	29376	49508
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68174	135384
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67462	134624
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66625	133769
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9264	17959
	Comp. gl	3027	17678	35215
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	109902	205450
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	107866	203231
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105460	200699
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29513	53473
	Comp. gl	15321	54907	103913
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67821	134621
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67217	134094
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66505	133508
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10387	20364
	Comp. gl	4531	20322	40883
1a	380C1F1 / 380C2F1	11187	119241	197506
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11186	113437	189195
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11185	106307	178966
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19608	31776
	Comp. gl	3030	30838	51628
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68954	136246
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	68161	135370
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	67229	134382
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9428	18166

W2E350+5 TOWER APPENDIX**:** **F**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	17869	35422
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	112117	207932
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	109864	205408
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	107199	202519
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	30115	54026
	Comp. gl	15321	55647	104462
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68481	135225
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67810	134611
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	67020	133927
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10509	20483
	Comp. gl	4531	20467	40993

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	58367	117326
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57958	117006
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57476	116653
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7923	15607
	Comp. gl	3365	15695	31704
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65890	139733
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65839	139735
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65777	139739
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8488	17925
	Comp. gl	3363	17277	36661
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83791	175308
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83636	175288
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83451	175270
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19827	41097
	Comp. gl	11555	39606	82930
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62782	133068
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62733	133074
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62673	133082
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9034	19096
	Comp. gl	4367	18474	39227
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56507	116043
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56282	115924
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	56014	115796
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7542	15268
	Comp. gl	3365	15242	31407
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65647	139755
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65616	139760
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65578	139767
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8442	17924
	Comp. gl	3363	17217	36667

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83064	175261
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82971	175265
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82858	175273
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19596	41092
	Comp. gl	11555	39299	82964
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62547	133104
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62516	133111
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62478	133120
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8991	19100
	Comp. gl	4367	18417	39239
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	90373	157721
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	86956	152956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82840	147267
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	14241	24172
	Comp. gl	3366	23590	41597
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69264	141327
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68896	141050
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68462	140746
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9168	18388
	Comp. gl	3363	18105	37029
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	94752	183044
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93529	181851
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	92087	180510
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	23204	43218
	Comp. gl	11556	43804	84720
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65925	134163
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65590	133956
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65192	133730
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9622	19361
	Comp. gl	4367	19214	39406
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	94024	162842
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	90310	157634

W2E350+5 TOWER **APPENDIX: F2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	85824	151386
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14920	25150
	Comp. gl	3366	24508	42891
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69665	141646
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	69257	141321
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68776	140963
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9251	18472
	Comp. gl	3363	18203	37105
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	96087	184395
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	94729	183021
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	93129	181472
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23606	43590
	Comp. gl	11556	44295	85080
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	66290	134405
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65919	134159
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65480	133891
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9691	19414
	Comp. gl	4367	19298	39452

VolkerWessels Telecom / NetwerkSolutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H400(+S)"

Mast 7 en 8

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H400(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - 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 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 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 veiligheidsklasse 3. 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 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 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)”

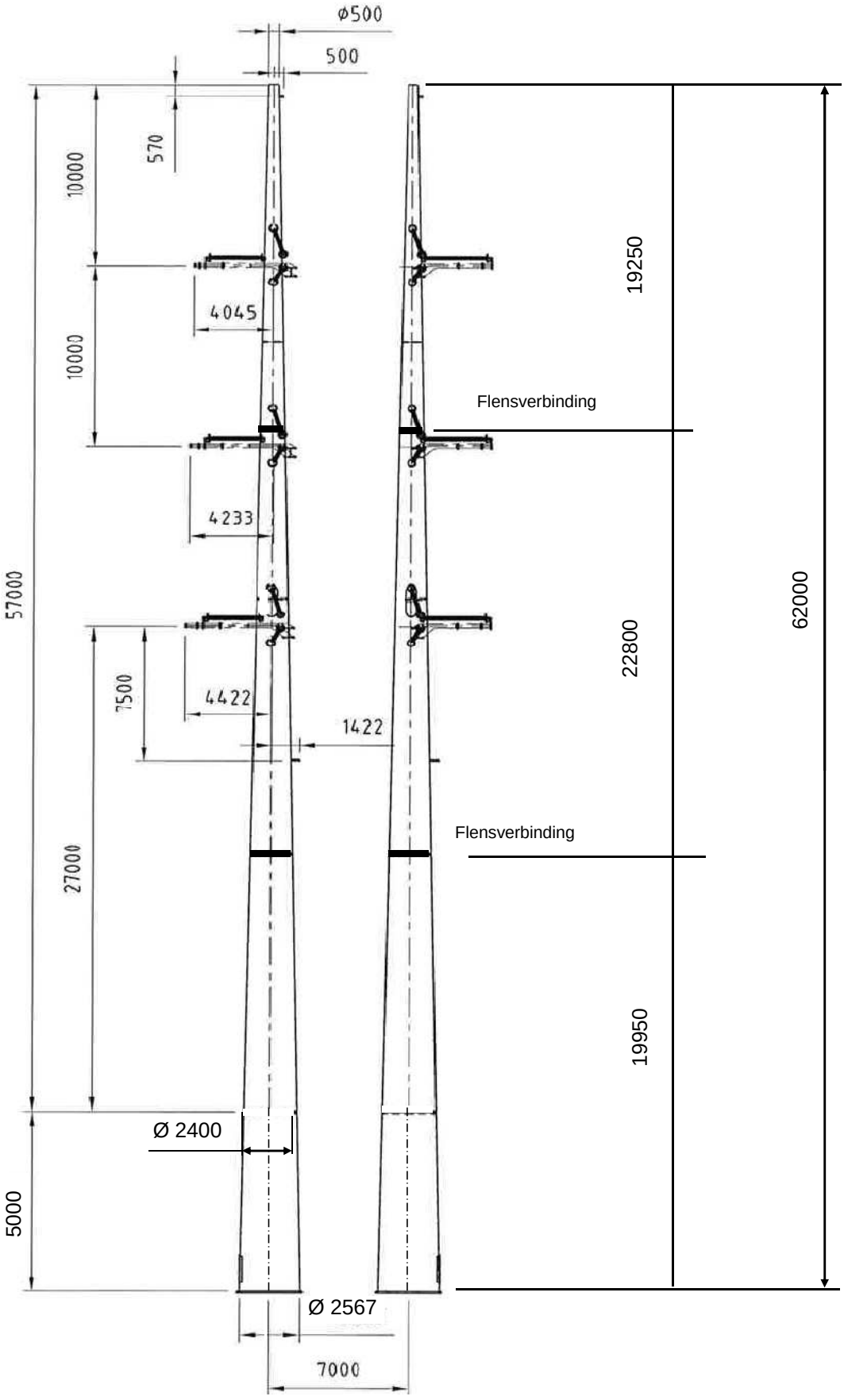
Berekening

W2H400+5

62,0 m - 2567 - 500

Mast 7 en 8

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	1617	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 (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	1684	28,0	145628	1143,18	4,99E+10	585,40	5,93E+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

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	1,46E+05	4,99E+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 travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1128	300	0,30	0,00	2,29E-02	818,23
2	2 -- 3	4684	3860	5,29	0,49	2,29E-02	805,20
3	3 -- 4	6745		9,97	17,13	2,28E-02	755,42
4	4 -- 5	7678		16,72	53,83	2,25E-02	693,14
5	5 -- 6	5372		24,40	110,36	2,20E-02	631,96
6	6 -- 7	3239	29696	59,46	157,75	2,16E-02	593,82
7	7 -- 8	11333		62,70	218,83	2,13E-02	572,35
8	8 -- 9	12452		74,04	406,85	2,05E-02	514,69
9	9 -- 10	13571		86,49	627,57	1,95E-02	459,51
10	10 -- 11	4720	4425	104,48	884,07	1,84E-02	407,23
11	11 -- 12	13757	30096	139,30	964,21	1,82E-02	393,51
12	12 -- 13	19946		153,06	1271,18	1,74E-02	356,17
13	13 -- 14	24224		173,00	1735,81	1,62E-02	308,24
14	14 -- 15	19841		197,23	2263,39	1,51E-02	263,58
15	15 -- 16	6053	30578	247,65	2719,11	1,42E-02	231,32
16	16 -- 17	27564		253,70	2882,05	1,39E-02	222,18
17	17 -- 18	29233		281,26	3644,37	1,27E-02	184,15
18	18 -- 19	13319		310,50	4487,62	1,14E-02	149,67
19	19 -- 20	20804	7694	331,51	4852,35	1,09E-02	136,81
20	20 -- 21	36371		352,31	5433,60	1,02E-02	118,83
21	21 -- 22	38240	20997	409,68	6489,52	9,01E-03	91,37
22	22 -- 23	40110		447,92	7711,60	7,78E-03	67,39
23	23 -- 24	41980		488,03	9045,33	6,52E-03	46,97
24	24 -- 25	43850		530,01	10496,04	5,24E-03	30,16
25	25 -- 26	45720		573,86	12069,05	3,95E-03	17,03
26	26 -- 27	47590		619,58	13769,71	2,64E-03	7,61
27	27 -- 28	49460		667,17	15603,33	1,32E-03	1,92
28			40168	756,80	17575,25	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	112,8	30,0	0,818	1139,17	94,420
2	2 -- 3	468,4	386,0	0,805	6634,87	535,489
3	3 -- 4	674,5		0,755	4792,67	353,845
4	4 -- 5	767,8		0,693	4990,37	337,038
5	5 -- 6	537,2		0,632	3229,63	201,773
6	6 -- 7	323,9	2969,6	0,594	19151,91	1157,272
7	7 -- 8	1133,3		0,572	6042,59	334,786
8	8 -- 9	1245,2		0,515	5950,11	295,440
9	9 -- 10	1357,1		0,460	5769,60	254,879
10	10 -- 11	472,0	442,5	0,407	3621,38	149,034
11	11 -- 12	1375,7	3009,6	0,394	16676,64	659,328
12	12 -- 13	1994,6		0,356	6500,26	220,123
13	13 -- 14	2422,4		0,308	6794,37	198,019
14	14 -- 15	1984,1		0,264	4816,46	121,491
15	15 -- 16	605,3	3057,8	0,231	8285,35	194,744
16	16 -- 17	2756,4		0,222	5493,49	113,769
17	17 -- 18	2923,3		0,184	4786,60	81,441
18	18 -- 19	1331,9		0,150	1871,61	27,329
19	19 -- 20	2080,4	769,4	0,137	3641,35	48,392
20	20 -- 21	3637,1		0,119	3749,94	40,176
21	21 -- 22	3824,0	2099,7	0,091	4859,96	41,627
22	22 -- 23	4011,0		0,067	2249,89	13,114
23	23 -- 24	4198,0		0,047	1588,19	6,243
24	24 -- 25	4385,0		0,030	1015,04	2,441
25	25 -- 26	4572,0		0,017	552,49	0,694
26	26 -- 27	4759,0		0,008	222,43	0,108
27	27 -- 28	4946,0		0,002	46,64	0,005
28			4016,8	0,000	0,00	0,000
				Som	134473	5483

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

$n_{1,x}$	=	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	928	0,992	0,570	0,56	520,42	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	426,03	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,52	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,41	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1967,50	1,31
6 -- 7	324	0,713	1,000	0,51	164,48	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	500,05	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	441,28	1,64
9 -- 10	654	0,530	2,750	0,77	504,81	1,46
10 -- 11	4642	0,489	0,750	0,18	833,57	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,71	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	328,78	1,16
13 -- 14	850	0,349	2,850	0,35	295,77	1,00
14 -- 15	2292	0,302	2,200	0,20	461,12	0,67
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,48	0,18
16 -- 17	967	0,248	2,850	0,18	169,93	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	121,64	0,58
18 -- 19	1827	0,175	1,150	0,04	64,40	0,20
19 -- 20	1224	0,156	1,700	0,04	50,77	0,27
20 -- 21	2013	0,128	2,850	0,05	94,65	0,37
21 -- 22	1342	0,097	2,850	0,03	35,99	0,28
22 -- 23	1407	0,070	2,850	0,01	19,59	0,20
23 -- 24	1473	0,047	2,850	0,01	9,33	0,13
24 -- 25	1539	0,029	2,850	0,00	3,65	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	3145	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,11	8382,10	21,45

m_e = 8382,1 / 13,1 = 639,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,79	Hz
b =	1,53	m
h =	62,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	86,51	

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

B^2 = 0,48

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	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,08

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,10	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,47	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	19,02	
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 =	0,78
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,62 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,62

$c_s c_d$ = 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	32,4	1,10E+06	0,77	0,81	0,63
2	32,3	1,19E+06	0,77	0,81	0,63
3	32,0	1,36E+06	0,77	0,81	0,63
4	31,8	1,54E+06	0,77	0,81	0,63
5	31,5	1,69E+06	0,77	0,81	0,63
6	31,4	1,78E+06	0,77	0,81	0,63
7	31,2	1,90E+06	0,77	0,81	0,62
8	30,8	2,07E+06	0,77	0,81	0,62
9	30,5	2,23E+06	0,77	0,81	0,62
10	30,3	2,33E+06	0,77	0,81	0,62
11	30,1	2,41E+06	0,77	0,81	0,62
12	29,7	2,55E+06	0,77	0,81	0,62
13	29,3	2,69E+06	0,76	0,81	0,62
14	28,9	2,82E+06	0,76	0,81	0,62
15	28,6	2,88E+06	0,76	0,81	0,62
16	28,3	2,96E+06	0,76	0,81	0,62
17	27,7	3,08E+06	0,76	0,81	0,62
18	27,3	3,07E+06	0,76	0,81	0,62
19	27,0	3,20E+06	0,76	0,81	0,62
20	26,4	3,26E+06	0,76	0,81	0,61
21	25,6	3,33E+06	0,75	0,81	0,61
22	24,7	3,36E+06	0,75	0,81	0,61
23	23,5	3,35E+06	0,75	0,81	0,61
24	22,1	3,29E+06	0,75	0,81	0,61
25	20,2	3,14E+06	0,74	0,81	0,60
26	17,3	2,80E+06	0,73	0,81	0,59
27	16,9	2,84E+06	0,73	0,81	0,59

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 REV 003 Appendix - N, N1 en N2		
1e traverse - 380C1F1	52,00	1			
2e traverse - 380C1F2	42,00	1			
3e traverse - 380C1F3	32,00	1			
Passieve run	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
Passieve run	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			
Passieve run	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	0,183	0,068	400	0,701
2	4357	327	4684	0,761	0,262	1618	0,742
3	6333	413	6745	1,100	0,330	2240	0,815
4	7266	413	7678	1,256	0,330	2454	0,893
5	5109	263	5372	0,881	0,210	1670	0,954
6	3089	150	3239	0,532	0,120	991	0,991
7	10920	413	11333	1,568	0,330	2858	1,039
8	12040	413	12452	1,723	0,330	3046	1,108
9	13159	413	13571	1,878	0,330	3224	1,172
10	4607	113	4720	0,539	0,090	909	1,211
11	13442	315	13757	1,571	0,252	2608	1,242
12	19519	428	19946	2,275	0,342	3682	1,292
13	23797	428	24224	2,440	0,342	3833	1,345
14	19511	330	19841	1,996	0,264	3050	1,387
15	5955	98	6053	0,608	0,078	915	1,408
16	27136	428	27564	2,767	0,342	4080	1,432
17	28806	428	29233	2,929	0,342	4172	1,464
18	13147	173	13319	1,194	0,138	1661	1,445
19	20549	255	20804	1,863	0,204	2534	1,491
20	35943	428	36371	3,250	0,342	4273	1,499
21	37813	428	38240	3,407	0,342	4271	1,499
22	39683	428	40110	3,561	0,342	4221	1,481
23	41553	428	41980	3,712	0,342	4108	1,441
24	43423	428	43850	3,856	0,342	3907	1,371
25	45292	428	45720	3,988	0,342	3570	1,253
26	47162	428	47590	4,092	0,342	2982	1,046
27	49032	428	49460	4,244	0,342	2997	1,052
	579686	9300	588986	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	76274

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2579	4632	4630	18668	6136
3	3 -- 4	2943				
4	4 -- 5	3350				
5	5 -- 6	3683				
6	6 -- 7	3887	35643	35623	60303	41657
7	7 -- 8	4945				
8	8 -- 9	5434				
9	9 -- 10	5922				
10	10 -- 11	7552	5309	5309	5309	5309
11	11 -- 12	7861	36122	36102	60782	42136
12	12 -- 13	8398				
13	13 -- 14	10200				
14	14 -- 15	10823				
15	15 -- 16	11174	36699	36681	61361	42715
16	16 -- 17	11606				
17	17 -- 18	12309				
18	18 -- 19	13898				
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			48202	48202	48202	48202

KEMA rapport - bijlage N - windhoek 90 graden

eg flenzen + ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	701				
2	2 -- 3	742	30124	17972	49018	19140
3	3 -- 4	815				
4	4 -- 5	893				
5	5 -- 6	954				
6	6 -- 7	991	188346	134720	193882	131344
7	7 -- 8	1039				
8	8 -- 9	1108				
9	9 -- 10	1172				
10	10 -- 11	1211				
11	11 -- 12	1242	180120	133816	190890	130514
12	12 -- 13	1292				
13	13 -- 14	1345				
14	14 -- 15	1387				
15	15 -- 16	1408	169778	132702	187214	129488
16	16 -- 17	1432				
17	17 -- 18	1464				
18	18 -- 19	1445				
19	19 -- 20	1491	48330	35300	91506	37994
20	20 -- 21	1499				
21	21 -- 22	1499				
22	22 -- 23	1481				
23	23 -- 24	1441				
24	24 -- 25	1371				
25	25 -- 26	1253				
26	26 -- 27	1046				
27	27 -- 28	1052				
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	1122				
2	2 -- 3	1188	40858	21496	64900	23680
3	3 -- 4	1303				
4	4 -- 5	1428				
5	5 -- 6	1527				
6	6 -- 7	1585	249960	158060	246154	158668
7	7 -- 8	1663				
8	8 -- 9	1772				
9	9 -- 10	1876				
10	10 -- 11	1938				
11	11 -- 12	1987	237744	156606	241614	157360
12	12 -- 13	2067				
13	13 -- 14	2152				
14	14 -- 15	2219				
15	15 -- 16	2253	222234	154820	236024	155744
16	16 -- 17	2291				
17	17 -- 18	2342				
18	18 -- 19	2312				
19	19 -- 20	2385	63902	41552	120024	46474
20	20 -- 21	2399				
21	21 -- 22	2398				
22	22 -- 23	2370				
23	23 -- 24	2306				
24	24 -- 25	2193				
25	25 -- 26	2004				
26	26 -- 27	1674				
27	27 -- 28	1683				
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	400		0	0,00E+00	3,65E-03	121
2	2 -- 3	1618		400	1,25E+05	3,65E-03	119
3	3 -- 4	2240		2018	2,84E+06	3,63E-03	111
4	4 -- 5	2454		4258	1,16E+07	3,57E-03	101
5	5 -- 6	1670		6713	2,70E+07	3,46E-03	91
6	6 -- 7	991		8382	4,05E+07	3,36E-03	86
7	7 -- 8	2858		9373	4,96E+07	3,30E-03	82
8	8 -- 9	3046		12231	7,99E+07	3,14E-03	73
9	9 -- 10	3224		15277	1,18E+08	2,95E-03	65
10	10 -- 11	909		18501	1,66E+08	2,74E-03	57
11	11 -- 12	2608		19409	1,80E+08	2,69E-03	55
12	12 -- 13	3682		22017	2,25E+08	2,55E-03	50
13	13 -- 14	3833		25699	2,94E+08	2,35E-03	43
14	14 -- 15	3050		29532	3,74E+08	2,16E-03	36
15	15 -- 16	915		32583	4,43E+08	2,01E-03	32
16	16 -- 17	4080		33498	4,65E+08	1,97E-03	30
17	17 -- 18	4172		37578	5,68E+08	1,78E-03	25
18	18 -- 19	1661		41750	6,82E+08	1,58E-03	20
19	19 -- 20	2534		43411	7,32E+08	1,51E-03	18
20	20 -- 21	4273		45945	8,09E+08	1,40E-03	16
21	21 -- 22	4271		50219	9,47E+08	1,22E-03	12
22	22 -- 23	4221		54490	1,10E+09	1,04E-03	9
23	23 -- 24	4108		58711	1,26E+09	8,67E-04	6
24	24 -- 25	3907		62819	1,43E+09	6,91E-04	4
25	25 -- 26	3570		66726	1,62E+09	5,16E-04	2
26	26 -- 27	2982		70296	1,82E+09	3,42E-04	1
27	27 -- 28	2997		73277	2,02E+09	1,70E-04	0
28				76274	2,23E+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	5,04E-02	1666
2	2 -- 3		30124	179832	1,50E+05	5,04E-02	1637
3	3 -- 4			1256955	6,69E+07	5,00E-02	1527
4	4 -- 5			3503772	1,52E+08	4,90E-02	1391
5	5 -- 6			6709090	2,38E+08	4,79E-02	1258
6	6 -- 7		188346	11767300	2,96E+08	4,71E-02	1174
7	7 -- 8			14662095	5,17E+08	4,65E-02	1128
8	8 -- 9			23815800	1,13E+09	4,44E-02	1002
9	9 -- 10			33931975	1,74E+09	4,17E-02	884
10	10 -- 11			45331387	2,35E+09	3,87E-02	773
11	11 -- 12		180120	49458716	2,52E+09	3,80E-02	744
12	12 -- 13			61180791	3,37E+09	3,59E-02	667
13	13 -- 14			77927499	4,52E+09	3,28E-02	568
14	14 -- 15			95373857	5,67E+09	3,00E-02	479
15	15 -- 16		169778	111092819	6,57E+09	2,78E-02	415
16	16 -- 17			115564986	6,94E+09	2,72E-02	397
17	17 -- 18			135938710	8,58E+09	2,42E-02	324
18	18 -- 19			155870855	1,02E+10	2,13E-02	259
19	19 -- 20		48330	163721741	1,09E+10	2,01E-02	235
20	20 -- 21			175180046	1,19E+10	1,86E-02	202
21	21 -- 22			195142423	1,37E+10	1,60E-02	153
22	22 -- 23			213728832	1,55E+10	1,34E-02	111
23	23 -- 24			230540885	1,73E+10	1,10E-02	76
24	24 -- 25			245183681	1,90E+10	8,60E-03	48
25	25 -- 26			257264804	2,08E+10	6,31E-03	27
26	26 -- 27			266393598	2,26E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			272180651	2,43E+10	2,01E-03	3
28	28 -- 29			274352702	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	1190
2	2 -- 3		17972	17972	1,05E+05	3,53E-02	1170
3	3 -- 4			17972	4,00E+07	3,51E-02	1093
4	4 -- 5			17972	9,10E+07	3,45E-02	997
5	5 -- 6			17972	1,43E+08	3,38E-02	903
6	6 -- 7		134720	152692	1,78E+08	3,34E-02	844
7	7 -- 8			152692	3,32E+08	3,30E-02	811
8	8 -- 9			152692	7,59E+08	3,16E-02	722
9	9 -- 10			152692	1,19E+09	2,97E-02	638
10	10 -- 11			152692	1,61E+09	2,77E-02	559
11	11 -- 12		133816	286508	1,73E+09	2,72E-02	538
12	12 -- 13			286508	2,34E+09	2,58E-02	482
13	13 -- 14			286508	3,17E+09	2,36E-02	412
14	14 -- 15			286508	4,00E+09	2,16E-02	347
15	15 -- 16		132702	419210	4,64E+09	2,01E-02	301
16	16 -- 17			419210	4,92E+09	1,96E-02	288
17	17 -- 18			419210	6,13E+09	1,76E-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	5,94E-02	1900
2	2 -- 3		49018	49018	1,77E+05	5,94E-02	1866
3	3 -- 4			49018	1,08E+08	5,88E-02	1737
4	4 -- 5			49018	2,46E+08	5,72E-02	1577
5	5 -- 6			49018	3,84E+08	5,53E-02	1422
6	6 -- 7		193882	242900	4,76E+08	5,41E-02	1326
7	7 -- 8			242900	7,22E+08	5,32E-02	1273
8	8 -- 9			242900	1,40E+09	5,05E-02	1130
9	9 -- 10			242900	2,08E+09	4,71E-02	995
10	10 -- 11			242900	2,76E+09	4,36E-02	870
11	11 -- 12		190890	433790	2,95E+09	4,28E-02	838
12	12 -- 13			433790	3,87E+09	4,04E-02	750
13	13 -- 14			433790	5,13E+09	3,69E-02	640
14	14 -- 15			433790	6,38E+09	3,37E-02	539
15	15 -- 16		187214	621004	7,35E+09	3,12E-02	468
16	16 -- 17			621004	7,76E+09	3,05E-02	448
17	17 -- 18			621004	9,56E+09	2,72E-02	366
18	18 -- 19			621004	1,13E+10	2,40E-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	3,51E-02	1175
2	2 -- 3		19140	19140	1,04E+05	3,51E-02	1155
3	3 -- 4			19140	4,26E+07	3,48E-02	1078
4	4 -- 5			19140	9,68E+07	3,42E-02	983
5	5 -- 6			19140	1,52E+08	3,35E-02	890
6	6 -- 7		131344	150484	1,89E+08	3,30E-02	832
7	7 -- 8			150484	3,41E+08	3,26E-02	799
8	8 -- 9			150484	7,61E+08	3,12E-02	711
9	9 -- 10			150484	1,18E+09	2,93E-02	628
10	10 -- 11			150484	1,60E+09	2,73E-02	550
11	11 -- 12		130514	280998	1,72E+09	2,68E-02	530
12	12 -- 13			280998	2,32E+09	2,54E-02	475
13	13 -- 14			280998	3,13E+09	2,33E-02	405
14	14 -- 15			280998	3,94E+09	2,13E-02	342
15	15 -- 16		129488	410486	4,57E+09	1,98E-02	297
16	16 -- 17			410486	4,84E+09	1,93E-02	284
17	17 -- 18			410486	6,03E+09	1,73E-02	232
18	18 -- 19			410486	7,21E+09	1,52E-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	7,84E-05	1
5	5 -- 6				2,82E+06	6,12E-05	1
6	6 -- 7				2,82E+06	5,31E-05	1
7	7 -- 8				2,82E+06	4,92E-05	1
8	8 -- 9				2,82E+06	4,19E-05	1
9	9 -- 10				2,82E+06	3,64E-05	1
10	10 -- 11				2,82E+06	3,23E-05	1
11	11 -- 12				2,82E+06	3,15E-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	2,34E-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

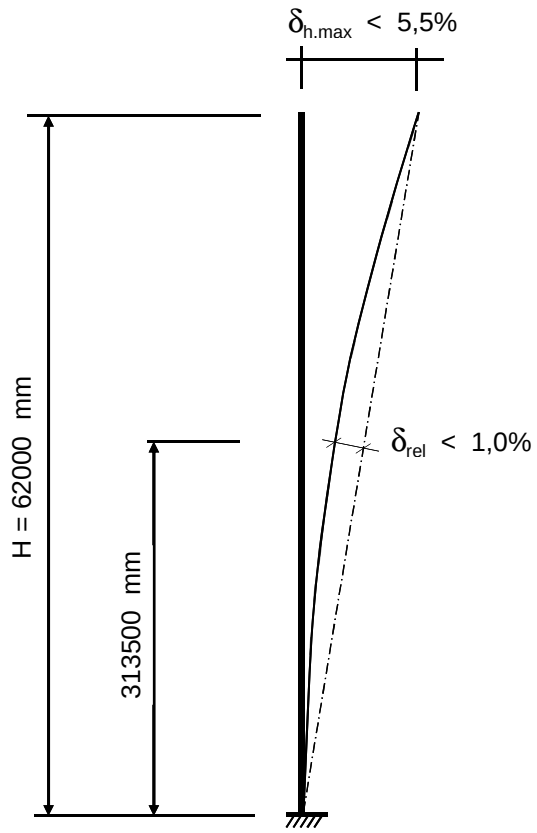
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	1938
2	2 -- 3	6,1E-02	1903
3	3 -- 4	6,0E-02	1772
4	4 -- 5	5,8E-02	1609
5	5 -- 6	5,6E-02	1451
6	6 -- 7	5,5E-02	1353
7	7 -- 8	5,4E-02	1298
8	8 -- 9	5,1E-02	1153
9	9 -- 10	4,8E-02	1015
10	10 -- 11	4,4E-02	888
11	11 -- 12	4,4E-02	855
12	12 -- 13	4,1E-02	766
13	13 -- 14	3,8E-02	653
14	14 -- 15	3,4E-02	551
15	15 -- 16	3,2E-02	478
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	55
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 = 1938 mm ----> δ_h *100 / 62000

Percentage uitbuig. = 3,13 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 16 ; Hoogte = 31350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 457 mm
α = 1,79 graden

δ_{rel} = 522 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	600	360	0	0,00E+00	5,39E-03	179
2	2 -- 3	2428	6346	600	1,71E+05	5,39E-03	176
3	3 -- 4	3360	11967	3027	4,12E+06	5,37E-03	164
4	4 -- 5	3682	20062	6388	1,71E+07	5,28E-03	150
5	5 -- 6	2504	29275	10069	3,97E+07	5,11E-03	135
6	6 -- 7	1486	71364	12574	5,95E+07	4,97E-03	127
7	7 -- 8	4287	75251	14060	7,28E+07	4,88E-03	122
8	8 -- 9	4569	88850	18347	1,17E+08	4,64E-03	109
9	9 -- 10	4836	103793	22915	1,74E+08	4,36E-03	96
10	10 -- 11	1363	125388	27751	2,44E+08	4,05E-03	85
11	11 -- 12	3912	167173	29114	2,65E+08	3,98E-03	82
12	12 -- 13	5523	183682	33026	3,30E+08	3,77E-03	73
13	13 -- 14	5749	207617	38549	4,32E+08	3,47E-03	63
14	14 -- 15	4576	236686	44298	5,50E+08	3,20E-03	54
15	15 -- 16	1373	297195	48874	6,53E+08	2,98E-03	47
16	16 -- 17	6120	304458	50246	6,85E+08	2,92E-03	45
17	17 -- 18	6258	337534	56367	8,37E+08	2,63E-03	37
18	18 -- 19	2492	372614	62625	1,01E+09	2,34E-03	30
19	19 -- 20	3801	397831	65117	1,08E+09	2,23E-03	27
20	20 -- 21	6410	422796	68918	1,19E+09	2,07E-03	24
21	21 -- 22	6407	491637	75328	1,40E+09	1,81E-03	18
22	22 -- 23	6332	537525	81735	1,62E+09	1,55E-03	13
23	23 -- 24	6162	585657	88066	1,87E+09	1,29E-03	9
24	24 -- 25	5861	636034	94228	2,13E+09	1,03E-03	6
25	25 -- 26	5354	688654	100089	2,40E+09	7,65E-04	3
26	26 -- 27	4472	743518	105444	2,69E+09	5,07E-04	1
27	27 -- 28	4496	800626	109916	3,00E+09	2,52E-04	0
28			908179	114411	3,32E+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	6,61E-02	2180
2	2 -- 3		40858	40858	0,00E+00	6,61E-02	2142
3	3 -- 4			40858	8,91E+07	6,56E-02	1999
4	4 -- 5			40858	2,01E+08	6,42E-02	1820
5	5 -- 6			40858	3,14E+08	6,27E-02	1645
6	6 -- 7		249960	290818	3,85E+08	6,17E-02	1536
7	7 -- 8			290818	6,76E+08	6,09E-02	1475
8	8 -- 9			290818	1,48E+09	5,81E-02	1311
9	9 -- 10			290818	2,28E+09	5,45E-02	1156
10	10 -- 11			290818	3,08E+09	5,06E-02	1011
11	11 -- 12		237744	528562	3,29E+09	4,97E-02	973
12	12 -- 13			528562	4,40E+09	4,70E-02	872
13	13 -- 14			528562	5,91E+09	4,29E-02	743
14	14 -- 15			528562	7,42E+09	3,92E-02	626
15	15 -- 16		222234	750796	8,58E+09	3,64E-02	543
16	16 -- 17			750796	9,07E+09	3,55E-02	519
17	17 -- 18			750796	1,12E+10	3,17E-02	423
18	18 -- 19			750796	1,33E+10	2,78E-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	1378
2	2 -- 3		21496	21496	0,00E+00	4,09E-02	1355
3	3 -- 4			21496	4,69E+07	4,07E-02	1266
4	4 -- 5			21496	1,06E+08	4,00E-02	1155
5	5 -- 6			21496	1,65E+08	3,92E-02	1046
6	6 -- 7		158060	179556	2,03E+08	3,86E-02	978
7	7 -- 8			179556	3,82E+08	3,82E-02	939
8	8 -- 9			179556	8,76E+08	3,66E-02	836
9	9 -- 10			179556	1,37E+09	3,44E-02	738
10	10 -- 11			179556	1,86E+09	3,20E-02	647
11	11 -- 12		156606	336162	2,00E+09	3,15E-02	623
12	12 -- 13			336162	2,70E+09	2,98E-02	559
13	13 -- 14			336162	3,66E+09	2,73E-02	477
14	14 -- 15			336162	4,62E+09	2,50E-02	402
15	15 -- 16		154820	490982	5,36E+09	2,32E-02	349
16	16 -- 17			490982	5,68E+09	2,27E-02	334
17	17 -- 18			490982	7,08E+09	2,03E-02	273
18	18 -- 19			490982	8,48E+09	1,79E-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	7,53E-02	2397
2	2 -- 3		64900	64900	0,00E+00	7,53E-02	2354
3	3 -- 4			64900	1,41E+08	7,45E-02	2191
4	4 -- 5			64900	3,20E+08	7,24E-02	1988
5	5 -- 6			64900	4,98E+08	6,99E-02	1793
6	6 -- 7		246154	311054	6,12E+08	6,83E-02	1672
7	7 -- 8			311054	9,23E+08	6,72E-02	1604
8	8 -- 9			311054	1,78E+09	6,37E-02	1423
9	9 -- 10			311054	2,63E+09	5,94E-02	1254
10	10 -- 11			311054	3,49E+09	5,49E-02	1096
11	11 -- 12		241614	552668	3,72E+09	5,39E-02	1055
12	12 -- 13			552668	4,88E+09	5,09E-02	945
13	13 -- 14			552668	6,46E+09	4,64E-02	806
14	14 -- 15			552668	8,03E+09	4,24E-02	680
15	15 -- 16		236024	788692	9,25E+09	3,93E-02	590
16	16 -- 17			788692	9,76E+09	3,84E-02	564
17	17 -- 18			788692	1,20E+10	3,43E-02	461
18	18 -- 19			788692	1,43E+10	3,02E-02	369
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	4,19E-02	1402
2	2 -- 3		23680	23680	0,00E+00	4,19E-02	1379
3	3 -- 4			23680	5,16E+07	4,16E-02	1287
4	4 -- 5			23680	1,17E+08	4,09E-02	1174
5	5 -- 6			23680	1,82E+08	3,99E-02	1063
6	6 -- 7		158668	182348	2,23E+08	3,94E-02	993
7	7 -- 8			182348	4,06E+08	3,89E-02	954
8	8 -- 9			182348	9,07E+08	3,72E-02	849
9	9 -- 10			182348	1,41E+09	3,50E-02	750
10	10 -- 11			182348	1,91E+09	3,25E-02	656
11	11 -- 12		157360	339708	2,05E+09	3,20E-02	632
12	12 -- 13			339708	2,76E+09	3,03E-02	567
13	13 -- 14			339708	3,73E+09	2,77E-02	484
14	14 -- 15			339708	4,70E+09	2,54E-02	408
15	15 -- 16		155744	495452	5,44E+09	2,36E-02	354
16	16 -- 17			495452	5,77E+09	2,30E-02	339
17	17 -- 18			495452	7,18E+09	2,06E-02	277
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	5,03E-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	3,78E-05	1
12	12 -- 13				3,38E+06	3,54E-05	1
13	13 -- 14				3,38E+06	3,27E-05	1
14	14 -- 15				3,38E+06	3,09E-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	2,81E-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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	20,38	65,08	14,09
3	3 -- 4	26,00	65,81	156,76
4	4 -- 5	34,10	66,82	339,12
5	5 -- 6	43,31	67,92	524,38
6	6 -- 7	110,06	314,83	643,90
7	7 -- 8	113,95	315,27	958,95
8	8 -- 9	127,55	316,56	1827,72
9	9 -- 10	142,49	317,93	2700,14
10	10 -- 11	164,08	320,42	3576,43
11	11 -- 12	230,53	561,40	3816,12
12	12 -- 13	247,04	563,79	4996,30
13	13 -- 14	270,97	569,68	6602,00
14	14 -- 15	300,04	575,81	8212,52
15	15 -- 16	385,21	803,35	9459,14
16	16 -- 17	392,48	804,39	9981,45
17	17 -- 18	425,55	810,92	12274,80
18	18 -- 19	460,63	817,60	14573,44
19	19 -- 20	513,97	928,25	15579,98
20	20 -- 21	538,93	929,39	17158,98
21	21 -- 22	607,77	931,31	19810,49
22	22 -- 23	653,66	933,24	22467,47
23	23 -- 24	701,79	935,14	25129,90
24	24 -- 25	752,17	936,98	27797,67
25	25 -- 26	804,79	938,74	30470,58
26	26 -- 27	859,65	940,35	33148,29
27	27 -- 28	916,76	941,69	35830,20
28		1024,32	943,04	38515,94

)** - 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	20,38	35	14,8	1032,6	0,02
2	500 / 867	156,76	26,00	132	160,9	1356,5	0,12
3	500 / 867	339,12	34,10	163	348,8	1828,2	0,19
4	500 / 867	524,38	43,31	158	540,9	2370,1	0,23
5	500 / 867	643,90	110,06	98	671,2	2751,6	0,25
6	500 / 867	958,95	113,95	55	992,5	2982,4	0,34
7	867 / 1142	1827,72	127,55	146	1879,8	4356,6	0,44
8	867 / 1142	2700,14	142,49	137	2771,8	5255,9	0,53
9	867 / 1142	3576,43	164,08	127	3669,0	6239,6	0,60
10	1142 / 1332	3816,12	230,53	33	3916,3	7889,9	0,50
11	1142 / 1332	4996,30	247,04	89	5118,5	8893,8	0,58
12	1142 / 1332	6602,00	270,97	112	6754,7	10352,4	0,66
13	1332/ 1712	8212,52	300,04	103	8396,0	13461,7	0,63
14	1332/ 1712	9459,14	385,21	73	9670,7	14919,8	0,66
15	1332/ 1712	9981,45	392,48	20	10201,0	15365,0	0,67
16	1332/ 1712	12274,80	425,55	84	12530,2	17394,0	0,73
17	1332/ 1712	14573,44	460,63	75	14863,2	19549,0	0,77
18	1750/ 2567	15579,98	513,97	27	15883,8	22790,6	0,71
19	1750/ 2567	17158,98	538,93	38	17483,2	24327,3	0,73
20	1750/ 2567	19810,49	607,77	57	20169,2	27016,0	0,76
21	1750/ 2567	22467,47	653,66	48	22857,9	29845,7	0,78
22	1750/ 2567	25129,90	701,79	40	25548,6	32816,4	0,79
23	1750/ 2567	27797,67	752,17	32	28240,7	35928,0	0,80
24	1750/ 2567	30470,58	804,79	25	30933,5	39180,6	0,80
25	1750/ 2567	33148,29	859,65	17	33626,0	42574,2	0,80
26	1750/ 2567	35830,20	916,76	10	36317,3	46108,7	0,80
27	1750/ 2567	38515,94	1024,32	3	39006,5	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 $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ 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
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	91,86	1,29	355	355	0,26
5	500 / 867	93,17	2,96	355	355	0,27
6	500 / 867	122,94	2,90	355	355	0,35
7	867 / 1142	169,44	2,52	355	355	0,48
8	867 / 1142	205,18	2,55	355	355	0,59
9	867 / 1142	227,03	2,69	355	340	0,65
10	1142 / 1332	180,16	2,95	355	355	0,52
11	1142 / 1332	216,72	3,03	355	355	0,62
12	1142 / 1332	249,54	3,11	355	351	0,71
13	1332/ 1712	237,36	2,82	355	355	0,68
14	1332/ 1712	242,08	3,41	355	353	0,69
15	1332/ 1712	239,17	3,36	355	350	0,68
16	1332/ 1712	271,83	3,51	355	335	0,78
17	1332/ 1712	285,90	3,58	355	323	0,82
18	1750/ 2567	267,91	3,53	355	343	0,76
19	1750/ 2567	263,52	3,50	355	336	0,75
20	1750/ 2567	279,10	3,78	355	324	0,80
21	1750/ 2567	285,59	3,87	355	314	0,82
22	1750/ 2567	289,64	3,96	355	305	0,83
23	1750/ 2567	291,82	4,05	355	296	0,84
24	1750/ 2567	292,55	4,15	355	288	0,84
25	1750/ 2567	292,15	4,25	355	281	0,84
26	1750/ 2567	290,87	4,35	355	274	0,84
27	1750/ 2567	288,91	4,67	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

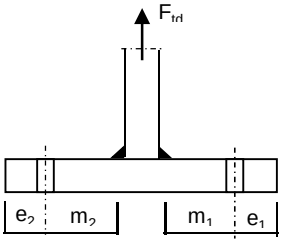
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

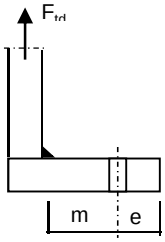
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

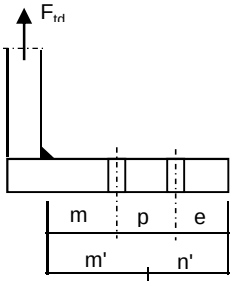
Flenzen en voetplaat:



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		2947,00					
st.c binnenkant		2180,00					
2563,5	96	615,36	9,82	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	647,71	11,64	22	M 48 - 10,9	1060,6	0,61
flenzen op 42,75 m hoogte.							
st.c buitenkant		955,00					
955,00	24	617,32	13,35	10	M 48 - 10,9	1060,6	0,58

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
2947,00	2180,00	183,2	125,0	125,0			142,7
2947,00	2180,00	158,7	126,5	126,5			192,9
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 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	2608,89	1463,61	1696,90	1463,61	1230,72	0,84
100	1,62E+08	4071,22	1885,38	1696,90	1696,90	1230,72	0,73
flenzen op 19,95 m hoogte.							
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1295,42	0,89
100	9,87E+07	2419,63	1455,91	2121,12	1455,91	1295,42	0,89
flenzen op 42,75 m hoogte.							
60	3,77E+07	1166,94	808,15	2121,12	808,15	617,32	0,76
60	3,77E+07	1098,89	782,51	2121,12	782,51	617,32	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	6,71

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	818	1,000		1,000			
2	805	0,984	1 -- 2	0,992	113	416	927,7
3	755	0,923	2 -- 3	0,954	468		214,9
4	693	0,847	3 -- 4	0,885	675		245,3
5	632	0,772	4 -- 5	0,810	768		279,2
6	594	0,726	5 -- 6	0,749	537	2970	2003,9
7	572	0,699	6 -- 7	0,713	324		323,9
8	515	0,629	7 -- 8	0,664	1133		412,1
9	460	0,562	8 -- 9	0,595	1245		452,8
10	407	0,498	9 -- 10	0,530	1357	442	654,4
11	394	0,481	10 -- 11	0,489	472	3010	4642,1
12	356	0,435	11 -- 12	0,458	1376		655,1
13	308	0,377	12 -- 13	0,406	1995		699,9
14	264	0,322	13 -- 14	0,349	2422		850,0
15	231	0,283	14 -- 15	0,302	1984	3058	2291,8
16	222	0,272	15 -- 16	0,277	605		931,2
17	184	0,225	16 -- 17	0,248	2756		967,1
18	150	0,183	17 -- 18	0,204	2923		1025,7
19	137	0,167	18 -- 19	0,175	1332	769	1827,2
20	119	0,145	19 -- 20	0,156	2080		1223,8
21	91	0,112	20 -- 21	0,128	3637	2100	2012,9
22	67	0,082	21 -- 22	0,097	3824		1341,8
23	47	0,057	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	4017	3144,8

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	928	0,992	0,570	0,56	520,42	0,57
2 -- 3	215	0,954	2,180	1,98	426,03	2,08
3 -- 4	245	0,885	2,750	2,15	528,52	2,43
4 -- 5	279	0,810	2,750	1,80	503,41	2,23
5 -- 6	2004	0,749	1,750	0,98	1967,50	1,31
6 -- 7	324	0,713	1,000	0,51	164,48	0,71
7 -- 8	412	0,664	2,750	1,21	500,05	1,83
8 -- 9	453	0,595	2,750	0,97	441,28	1,64
9 -- 10	654	0,530	2,750	0,77	504,81	1,46
10 -- 11	4642	0,489	0,750	0,18	833,57	0,37
11 -- 12	655	0,458	2,100	0,44	288,71	0,96
12 -- 13	700	0,406	2,850	0,47	328,78	1,16
13 -- 14	850	0,349	2,850	0,35	295,77	1,00
14 -- 15	2292	0,302	2,200	0,20	461,12	0,67
15 -- 16	931	0,277	0,650	0,05	46,48	0,18
16 -- 17	967	0,248	2,850	0,18	169,93	0,71
17 -- 18	1026	0,204	2,850	0,12	121,64	0,58
18 -- 19	1827	0,175	1,150	0,04	64,40	0,20
19 -- 20	1224	0,156	1,700	0,04	50,77	0,27
20 -- 21	2013	0,128	2,850	0,05	94,65	0,37
21 -- 22	1342	0,097	2,850	0,03	35,99	0,28
22 -- 23	1407	0,070	2,850	0,01	19,59	0,20
23 -- 24	1473	0,047	2,850	0,01	9,33	0,13
24 -- 25	1539	0,029	2,850	0,00	3,65	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	3145	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	62,00	13,11	8382,10	21,45

m_e = 8382,1 / 13,1 = 639,5 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 / 2567	639,5	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 = 21,45 / (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 * 6,71 / $15*10^{-6}$ = 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 / 21,45 = 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		134058	134058	0,00E+00	5,1E-02	1000
2	2 -- 3			134058	7,64E+07	5,1E-02	971
3	3 -- 4			134058	3,69E+08	4,8E-02	863
4	4 -- 5			134058	7,37E+08	4,3E-02	737
5	5 -- 6			134058	1,11E+09	3,7E-02	627
6	6 -- 7			134058	1,34E+09	3,4E-02	564
7	7 -- 8			134058	1,47E+09	3,2E-02	531
8	8 -- 9			134058	1,84E+09	2,8E-02	450
9	9 -- 10			134058	2,21E+09	2,4E-02	379
10	10 -- 11			134058	2,58E+09	2,0E-02	319
11	11 -- 12			134058	2,68E+09	1,9E-02	304
12	12 -- 13			134058	2,96E+09	1,7E-02	266
13	13 -- 14			134058	3,34E+09	1,5E-02	220
14	14 -- 15			134058	3,73E+09	1,3E-02	180
15	15 -- 16			134058	4,02E+09	1,2E-02	153
16	16 -- 17			134058	4,11E+09	1,1E-02	146
17	17 -- 18			134058	4,49E+09	9,5E-03	116
18	18 -- 19			134058	4,87E+09	8,1E-03	91
19	19 -- 20			134058	5,03E+09	7,5E-03	82
20	20 -- 21			134058	5,26E+09	6,8E-03	70
21	21 -- 22			134058	5,64E+09	5,7E-03	52
22	22 -- 23			134058	6,02E+09	4,7E-03	37
23	23 -- 24			134058	6,40E+09	3,8E-03	25
24	24 -- 25			134058	6,78E+09	2,9E-03	16
25	25 -- 26			134058	7,17E+09	2,1E-03	9
26	26 -- 27			134058	7,55E+09	1,3E-03	4
27	27 -- 28			134058	7,93E+09	6,5E-04	1
28	28 -- 29			134058	8,31E+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	2908675	26	0,0353	1,9
2	592	15,0	3821157	96	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	149	0,0353	10,5
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	8,3
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	88	0,0353	6,2
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

$V_{crit,1}$ = 6,71 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 = 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 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.

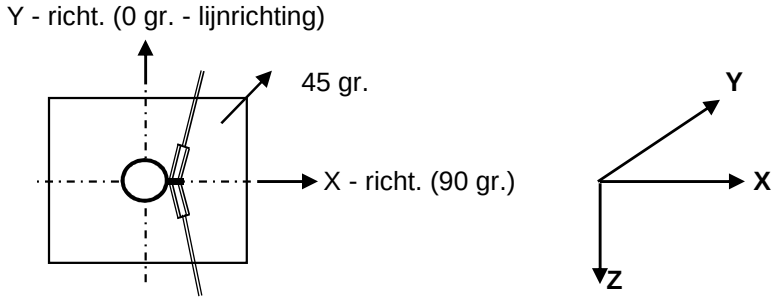
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	8,17	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
4	Lasnaad	12,13	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
5	Lasnaad	14,03	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
7	Lasnaad	14,87	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
8	Lasnaad	12,73	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
9	Lasnaad	12,66	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
10	flenzen	12,44	35	19,25	1,000E+10	2,77E+08	0,03
12	Lasnaad	10,02	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
13	Lasnaad	9,72	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
14	Lasnaad	8,33	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
16	Lasnaad	8,04	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
17	Lasnaad	7,77	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
18	Lasnaad	7,50	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
20	Lasnaad	6,50	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	5,68	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
25	Lasnaad	5,50	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
26	Lasnaad	5,33	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
27	Lasnaad	5,17	45	24,75	1,000E+10	2,77E+08	0,03
28	voetplaat	5,02	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			792			
2 - Windbelasting mast	122				3543	
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.)						
	937		908		37736	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	555		908		22776	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	943		**1024**		**38516**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	565		931		23131	

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	31576	kNm	38516	kNm	38516	kNm
Dwarskracht	789	kN	943	kN	943	kN
Verticale kracht	757	kN	1024	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		2947,00					
st.c binnenkant		2180,00					
2563,5	96	615,36	9,82	28	M 48 - 8,8	848,45	0,73
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2947,00					
st.c binnenkant		2180,00					
2563,5	96	505,35	8,22	28	M 48 - 8,8	848,45	0,60

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 615,4 kN

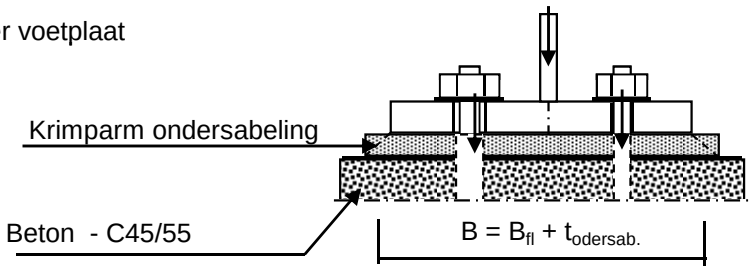
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 505,4 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 636,7 + 1,00 * 505,4 = 1142,1 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

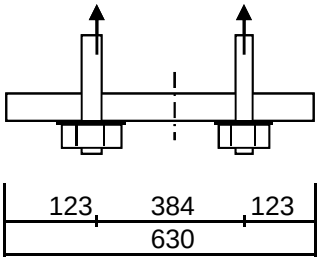
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	635,0	mm	D =	2563,5	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	96	
B =	675,0	mm			

A_{voetpl} = 675 * 2*π*D / n = 113252 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

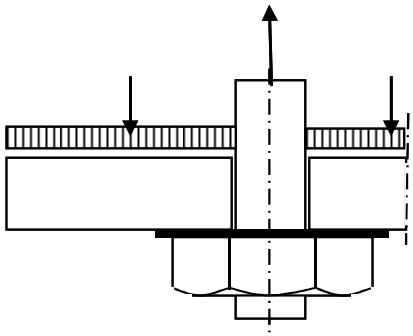


D = 2563,5 mm
n = 96

$A_{stortring}$ = 630 * $2*\pi*D / n$ = 105618 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,7 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 123 mm
L_{veld} = 384 mm

t = 40 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 88146 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2234 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 126076 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 126076 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2234 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} = 126076 / 142000,0 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 315,2 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2234 / 8198 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (315,0^2 + 3*56,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 330 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - 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	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	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	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
	Comp. gl	3461	15485	32682	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	65149	133659	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	64872	133536	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	64529	133402	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3239	12761	25380	0	0	0
	Comp. gl	6606	25101	51132	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	59156	124693	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	59079	124696	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58981	124702	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2271	8662	18188	0	0	0
	Comp. gl	4665	17660	37346	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	49433	106010	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	12781	49433	106010	0	0	0
	GW / opgw	1669	6441	13813	0	0	0
	Comp. gl	3462	13367	28666	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	51673	106197	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12781	51465	106111	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12781	51207	106018	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1669	6874	13917	0	0	0
	Comp. gl	3462	13901	28691	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	58647	124349	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	58597	124354	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	58535	124361	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	7543	15924	0	0	0
	Comp. gl	3461	15402	32684	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15538	63979	133237	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15538	63819	133203	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15538	63619	133169	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3238	12329	25139	0	0	0
	Comp. gl	6606	24590	50966	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15186	58821	124722	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	58773	124730	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	58713	124742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2271	8600	18190	0	0	0
	Comp. gl	4665	17581	37358	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	79869	138866	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12784	76688	134567	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	72715	129277	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1670	12565	21162	0	0	0
	Comp. gl	3463	20558	36215	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64146	127595	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	63519	127026	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	62750	126371	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	8672	16819	0	0	0
	Comp. gl	3461	16694	33380	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15541	84746	153890	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	82341	150899	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	79370	147304	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3240	19918	33574	0	0	0
	Comp. gl	6608	33469	59363	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	63819	126890	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15186	63265	126476	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	62582	126005	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2271	9546	18692	0	0	0
	Comp. gl	4665	18707	37695	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12785	82990	143126	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12785	79515	138386	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12784	75162	132522	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	13162	22007	0	0	0
	Comp. gl	3463	21310	37236	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	64772	128192	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	64075	127530	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	63221	126766	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	8804	16969	0	0	0
	Comp. gl	3461	16840	33512	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	15542	87128	156909	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15541	84477	153553	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15541	81195	149498	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3240	20730	34631	0	0	0
	Comp. gl	6608	34473	60583	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15187	64373	127328	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15187	63757	126842	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	15186	63001	126289	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2271	9652	18786	0	0	0
	Comp. gl	4665	18828	37773	0	0	0

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	58927	117336	14202	58927	-117336
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	58429	116970	14202	58429	-116970
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	57816	116556	14202	57816	-116556
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	8041	15633	1855	8041	-15633
	Comp. gl	3847	15792	31671	3847	15792	-31671
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63543	134464	14194	63543	-134464
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63480	134467	14194	63480	-134467
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63399	134474	14194	63399	-134474
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	8213	17290	1854	8213	-17290
	Comp. gl	3845	16749	35479	3845	16749	-35479
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	84618	176416	22419	84618	-176416
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	84425	176396	22419	84425	-176396
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	84184	176381	22419	84184	-176381
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	20638	42602	6530	20638	-42602
	Comp. gl	13213	41150	85996	13213	41150	-85996
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	62101	131369	16206	62101	-131369
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	62039	131376	16206	62039	-131376
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61960	131388	16206	61960	-131388
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	8891	18744	2356	8891	-18744
	Comp. gl	4850	18179	38547	4850	18179	-38547
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	56851	116000	14208	98189	-165882
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	56574	115867	14208	93717	-159769
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	56231	115721	14207	88077	-152129
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	7613	15270	1856	15816	-25944
	Comp. gl	3847	15304	31383	3849	25141	-43062
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	63266	134493	14195	67811	-136493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	63227	134500	14195	67309	-136112
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	63177	134510	14195	66693	-135679
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	8160	17289	1854	9080	-17879
	Comp. gl	3845	16682	35488	3846	17755	-35908
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	83790	176382	22421	98433	-186136

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	83673	176389	22421	96774	-184519
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	83526	176403	22420	94735	-182634
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	20371	42601	6531	24969	-45353
	Comp. gl	13213	40808	86040	13214	46287	-88135
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	61831	131414	16207	66084	-132786
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	61792	131422	16207	65626	-132496
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	61743	131435	16207	65059	-132172
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	8841	18749	2356	9651	-19102
	Comp. gl	4850	18115	38561	4850	19090	-38769
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	94173	160390	14208	94173	-160390
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14207	90060	154804	14207	90060	-154804
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14206	84889	147858	14206	84889	-147858
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	15062	24884	1856	15062	-24884
	Comp. gl	3848	24165	41727	3848	24165	-41727
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67360	136149	14195	67360	-136149
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	66908	135825	14195	66908	-135825
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66351	135458	14195	66351	-135458
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	8986	17788	1854	8986	-17788
	Comp. gl	3846	17650	35833	3846	17650	-35833
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	96941	184679	22421	96941	-184679
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22420	95445	183276	22420	95445	-183276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	93607	181648	22420	93607	-181648
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6531	24509	44940	6531	24509	-44940
	Comp. gl	13214	45753	87767	13214	45753	-87767
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	65672	132524	16207	65672	-132524
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65257	132281	16207	65257	-132281
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	64744	132009	16206	64744	-132009
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	9570	19041	2356	9570	-19041
	Comp. gl	4850	18997	38722	4850	18997	-38722
1a	380C1F1 / 380C2F1	14208	98189	165882	14202	56851	-116000
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14208	93717	159769	14202	56574	-115867
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14207	88077	152129	14202	56231	-115721

W2H400+5 TOWER **APPENDIX: N2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1856	15816	25944	1855	7613	-15270
	Comp. gl	3849	25141	43062	3847	15304	-31383
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	67811	136493	14194	63266	-134493
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	67309	136112	14194	63227	-134500
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	66693	135679	14194	63177	-134510
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	9080	17879	1854	8160	-17289
	Comp. gl	3846	17755	35908	3845	16682	-35488
3	380C1F1 / 380C2F1	22421	98433	186136	22419	83790	-176382
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	96774	184519	22419	83673	-176389
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22420	94735	182634	22419	83526	-176403
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	24969	45353	6530	20371	-42601
	Comp. gl	13214	46287	88135	13213	40808	-86040
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	66084	132786	16206	61831	-131414
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	65626	132496	16206	61792	-131422
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	65059	132172	16206	61743	-131435
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	9651	19102	2356	8841	-18749
	Comp. gl	4850	19090	38769	4850	18115	-38561

VolkerWessels Telecom 1Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S400(+5)"

Mast 4,9 t/rn 11 en 13 t/rn 16

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S400(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

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.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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)”

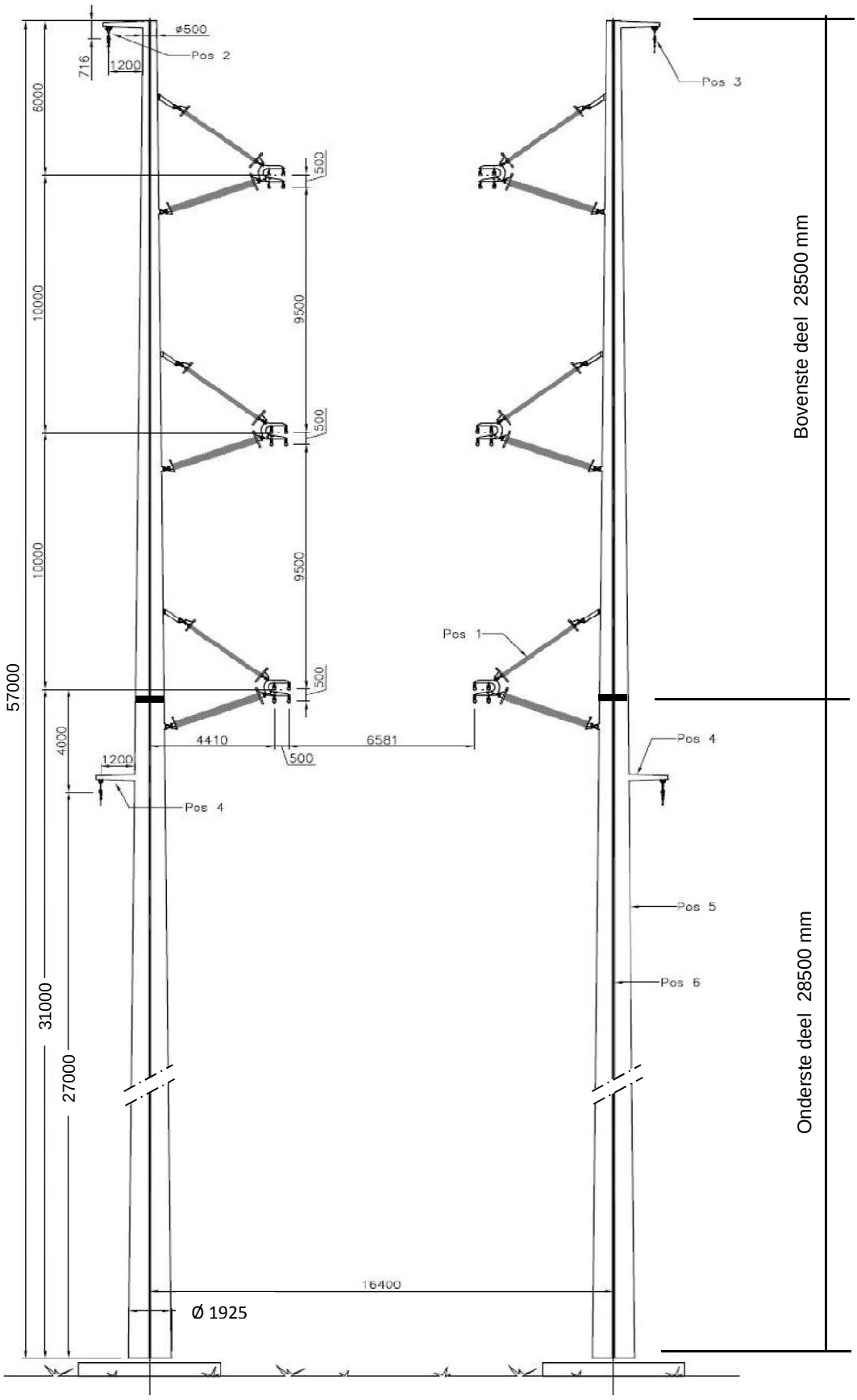
Berekening

W2S400+5

57,0 m - 1925 - 500

Mast 4, 9 t/m 11 en 13 t/m 16 (A + B)

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	1425	607	571	n.v.t.	2	1	53,44
4	1425	643	607	n.v.t.	2	1	52,01
5	300	650	643	n.v.t.	2	1	51,15
6	2550	714	650	n.v.t.	2	1	49,73
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	1750	900	856	n.v.t.	2	1	41,88
11	1100	928	900	n.v.t.	2	1	40,45
12	2850	999	928	n.v.t.	2	1	38,48
13	2850	1070	999	n.v.t.	2	1	35,63
14	2850	1141	1070	n.v.t.	2	1	32,78
15	350	1150	1141	n.v.t.	2	1	31,18
16	2500	1213	1150	n.v.t.	2	1	29,75
17	1500	1250	1213	n.v.t.	2	1	27,75
18	1350	1284	1213	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 (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	589	12,0	21755	170,77	9,06E+08	204,07	3,08E+06
4	625	12,0	23098	181,32	1,08E+09	216,66	3,47E+06
5	646	12,0	23911	187,70	1,20E+09	224,28	3,72E+06
6	682	12,0	25254	198,24	1,42E+09	236,87	4,16E+06
7	732	12,0	27127	212,95	1,76E+09	254,44	4,80E+06
8	767	12,0	28470	223,49	2,03E+09	267,03	5,29E+06
9	821	15,0	37964	298,02	3,08E+09	284,88	7,51E+06
10	878	15,0	40674	319,29	3,79E+09	305,21	8,63E+06
11	914	15,0	42353	332,47	4,28E+09	317,80	9,36E+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	1106	18,0	61504	482,80	9,10E+09	384,59	1,65E+07
15	1146	18,0	63766	500,56	1,01E+10	398,73	1,77E+07
16	1181	18,0	65780	516,37	1,11E+10	411,32	1,88E+07
17	1231	20,0	76105	597,42	1,40E+10	428,30	2,27E+07
18	1248	20,0	77165	605,75	1,46E+10	434,27	2,33E+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

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	1425	2,18E+04	9,06E+08
4	52725	4 -- 5	4	1425	2,31E+04	1,08E+09
5	51300	5 -- 6	5	300	2,39E+04	1,20E+09
6	51000	6 -- 7	6	2550	2,53E+04	1,42E+09
7	48450	7 -- 8	7	1425	2,71E+04	1,76E+09
8	47025	8 -- 9	8	1425	2,85E+04	2,03E+09
9	45600	9 -- 10	9	2850	3,80E+04	3,08E+09
10	42750	10 -- 11	10	1750	4,07E+04	3,79E+09
11	41000	11 -- 12	11	1100	4,24E+04	4,28E+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	2850	6,15E+04	9,10E+09
15	31350	15 -- 16	15	350	6,38E+04	1,01E+10
16	31000	16 -- 17	16	2500	6,58E+04	1,11E+10
17	28500	17 -- 18	17	1500	7,61E+04	1,40E+10
18	27000	18 -- 19	18	1350	7,72E+04	1,46E+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	53,44	0,21	1,17	31,59	0,18	1405
4	52,01	0,21	1,16	31,43	0,18	1395
5	51,15	0,21	1,16	31,34	0,18	1389
6	49,73	0,21	1,15	31,18	0,18	1379
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	41,88	0,21	1,12	30,21	0,19	1317
11	40,45	0,21	1,11	30,01	0,19	1305
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	32,78	0,21	1,07	28,82	0,20	1232
15	31,18	0,21	1,06	28,54	0,20	1215
16	29,75	0,21	1,05	28,28	0,20	1199
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	300	0,30	0,00	4,10E-02	1349,81
2	2 -- 3	3710	3860	5,29	0,61	4,10E-02	1321,14
3	3 -- 4	2647		9,00	15,98	4,08E-02	1233,16
4	4 -- 5	2798		11,65	30,69	4,07E-02	1175,07
5	5 -- 6	608		14,45	49,29	4,04E-02	1117,27
6	6 -- 7	5438	28404	43,46	53,72	4,04E-02	1105,15
7	7 -- 8	3248		48,90	171,47	3,94E-02	1003,22
8	8 -- 9	3398		52,15	243,47	3,86E-02	947,60
9	9 -- 10	8921		55,55	320,20	3,77E-02	893,22
10	10 -- 11	5850		64,47	491,21	3,59E-02	788,21
11	11 -- 12	3822	28404	98,72	609,15	3,47E-02	726,42
12	12 -- 13	10423		102,54	719,84	3,39E-02	688,70
13	13 -- 14	13286		112,97	1026,94	3,15E-02	595,33
14	14 -- 15	14187		126,25	1367,83	2,93E-02	508,47
15	15 -- 16	1804		140,44	1747,86	2,70E-02	428,04
16	16 -- 17	13284	28404	170,65	1797,33	2,67E-02	418,64
17	17 -- 18	9186	9037	192,97	2240,56	2,46E-02	354,43
18	18 -- 19	8380	7694	209,85	2536,90	2,33E-02	318,47
19	19 -- 20	18693		218,23	2825,85	2,22E-02	287,74
20	20 -- 21	21590		236,92	3474,44	1,97E-02	227,99
21	21 -- 22	22692		258,51	4180,43	1,73E-02	175,13
22	22 -- 23	23794		281,20	4949,53	1,49E-02	129,03
23	23 -- 24	24895		305,00	5784,87	1,25E-02	89,83
24	24 -- 25	25997		329,89	6689,59	1,00E-02	57,63
25	25 -- 26	27099		355,89	7666,83	7,54E-03	32,50
26	26 -- 27	28201		382,99	8719,73	5,04E-03	14,50
27	27 -- 28	29302		411,19	9851,44	2,52E-03	3,66
28			30510	471,00	11065,08	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,4	30,0	1,350	1882,97	256,918
2	2 -- 3	371,0	386,0	1,321	9650,64	1278,838
3	3 -- 4	264,7		1,233	3127,08	383,829
4	4 -- 5	279,8		1,175	3145,51	367,510
5	5 -- 6	60,8		1,117	662,88	75,087
6	6 -- 7	543,8	2840,4	1,105	36417,59	4073,421
7	7 -- 8	324,8		1,003	3108,15	309,043
8	8 -- 9	339,8		0,948	3068,54	287,901
9	9 -- 10	892,1		0,893	7357,55	630,540
10	10 -- 11	585,0		0,788	4346,18	335,518
11	11 -- 12	382,2	2840,4	0,726	22894,27	1690,199
12	12 -- 13	1042,3		0,689	6564,85	429,638
13	13 -- 14	1328,6		0,595	7193,24	404,685
14	14 -- 15	1418,7		0,508	6517,12	311,078
15	15 -- 16	180,4		0,428	749,38	32,339
16	16 -- 17	1328,4	2840,4	0,419	16702,27	696,274
17	17 -- 18	918,6	903,7	0,354	6173,96	217,503
18	18 -- 19	838,0	769,4	0,318	4895,59	155,028
19	19 -- 20	1869,3		0,288	4728,72	124,300
20	20 -- 21	2159,0		0,228	4269,08	87,715
21	21 -- 22	2269,2		0,175	3385,38	52,482
22	22 -- 23	2379,4		0,129	2554,19	28,491
23	23 -- 24	2489,5		0,090	1800,58	13,532
24	24 -- 25	2599,7		0,058	1149,31	5,280
25	25 -- 26	2709,9		0,033	624,81	1,497
26	26 -- 27	2820,1		0,015	251,27	0,233
27	27 -- 28	2930,2		0,004	52,63	0,010
28			3051,0	0,000	0,00	0,000
				Som	163274	12249

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

$n_{1,x}$	=	0,58	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	756	0,989	0,700	0,69	518,21	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	332,12	2,03
3 -- 4	186	0,892	1,425	1,13	210,66	1,27
4 -- 5	196	0,849	1,425	1,03	201,71	1,21
5 -- 6	9671	0,823	0,300	0,20	1966,18	0,25
6 -- 7	213	0,781	2,550	1,56	331,66	1,99
7 -- 8	228	0,723	1,425	0,74	169,62	1,03
8 -- 9	238	0,682	1,425	0,66	158,01	0,97
9 -- 10	313	0,623	2,850	1,11	346,07	1,78
10 -- 11	1957	0,561	1,750	0,55	1078,25	0,98
11 -- 12	347	0,524	1,100	0,30	105,02	0,58
12 -- 13	366	0,476	2,850	0,64	235,81	1,36
13 -- 14	466	0,409	2,850	0,48	222,11	1,17
14 -- 15	498	0,347	2,850	0,34	170,73	0,99
15 -- 16	8631	0,314	0,350	0,03	297,14	0,11
16 -- 17	893	0,286	2,500	0,21	183,03	0,72
17 -- 18	1125	0,249	1,500	0,09	104,88	0,37
18 -- 19	621	0,225	1,350	0,07	42,26	0,30
19 -- 20	656	0,191	2,850	0,10	68,22	0,54
20 -- 21	758	0,149	2,850	0,06	48,14	0,43
21 -- 22	796	0,113	2,850	0,04	28,80	0,32
22 -- 23	835	0,081	2,850	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	874	0,055	2,850	0,01	7,43	0,16
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,90	0,10
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,82	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	2099	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	12,00	6845,57	19,64

m_e = 6845,6 / 12,0 = 570,7 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,58	Hz
b =	1,21	m
h =	57,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	34,20	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	81,30	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,080	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,092	
$v_m(z_s)$ =	29,06	m/s
$v_m(z)$ =	31,95	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,48	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,28	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	13,11	
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 =	1,13	
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

$c_s c_d$ =	**1,17**	

3.4 - Bepaling krachtcoëfficiënt C_f

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

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

b is de diameter

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

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

k = 0,20 (gegalvaniseerd staal)

ψ_λ confom EN-1991-1-4 - 7,13

member number	$v(z_e)$ m/s	R_e	$C_{f,0}$	ψ_λ	C_f
1	31,9	1,08E+06	0,77	0,83	0,64
2	31,8	1,15E+06	0,77	0,83	0,64
3	31,6	1,24E+06	0,77	0,83	0,64
4	31,4	1,31E+06	0,77	0,83	0,64
5	31,3	1,35E+06	0,77	0,83	0,64
6	31,2	1,42E+06	0,77	0,83	0,64
7	30,9	1,51E+06	0,77	0,83	0,64
8	30,8	1,57E+06	0,77	0,83	0,64
9	30,5	1,67E+06	0,77	0,83	0,64
10	30,2	1,77E+06	0,77	0,83	0,64
11	30,0	1,83E+06	0,77	0,83	0,64
12	29,7	1,91E+06	0,77	0,83	0,63
13	29,3	2,02E+06	0,76	0,83	0,63
14	28,8	2,12E+06	0,76	0,83	0,63
15	28,5	2,18E+06	0,76	0,83	0,63
16	28,3	2,23E+06	0,76	0,83	0,63
17	27,9	2,29E+06	0,76	0,83	0,63
18	27,6	2,30E+06	0,76	0,83	0,63
19	27,1	2,39E+06	0,76	0,83	0,63
20	26,4	2,45E+06	0,76	0,83	0,63
21	25,6	2,49E+06	0,76	0,83	0,63
22	24,7	2,52E+06	0,75	0,83	0,62
23	23,5	2,52E+06	0,75	0,83	0,62
24	22,1	2,47E+06	0,75	0,83	0,62
25	20,2	2,35E+06	0,74	0,83	0,61
26	17,3	2,10E+06	0,73	0,83	0,60
27	16,9	2,13E+06	0,73	0,83	0,60

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	56,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - Q en Q2		
1e traverse - 380C1F1	51,00	1			
2e traverse - 380C1F2	41,00	1			
3e traverse - 380C1F3	31,00	1			
Passieve run	27,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	56,30	1,459
1e traverse - 380C1F1	51,00	4,410
2e traverse - 380C1F2	41,00	4,410
3e traverse - 380C1F3	31,00	4,410
Passieve run	27,00	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	56,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	51,00	1			
2e traverse - 380C1F2	41,00	1			
3e traverse - 380C1F3	31,00	1			
Passieve run	27,00	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	1029	105	1134	0,228	0,084	520	0,742
2	3387	323	3710	0,749	0,258	1665	0,775
3	2434	214	2647	0,537	0,171	1161	0,814
4	2584	214	2798	0,569	0,171	1205	0,845
5	563	45	608	0,124	0,036	259	0,864
6	5055	383	5438	1,110	0,306	2278	0,894
7	3034	214	3248	0,665	0,171	1331	0,934
8	3185	214	3398	0,696	0,171	1370	0,962
9	8494	428	8921	1,488	0,342	2856	1,002
10	5588	263	5850	0,977	0,210	1825	1,043
11	3657	165	3822	0,638	0,132	1174	1,067
12	9996	428	10423	1,742	0,342	3133	1,099
13	12859	428	13286	1,868	0,342	3253	1,141
14	13760	428	14187	1,993	0,342	3359	1,179
15	1752	53	1804	0,253	0,042	419	1,197
16	12909	375	13284	1,865	0,300	3030	1,212
17	8961	225	9186	1,165	0,180	1845	1,230
18	8178	203	8380	1,061	0,162	1654	1,225
19	18265	428	18693	2,365	0,342	3571	1,253
20	21163	428	21590	2,487	0,342	3596	1,262
21	22264	428	22692	2,607	0,342	3589	1,259
22	23366	428	23794	2,725	0,342	3543	1,243
23	24468	428	24895	2,839	0,342	3444	1,209
24	25570	428	25997	2,949	0,342	3272	1,148
25	26671	428	27099	3,049	0,342	2986	1,048
26	27773	428	28201	3,126	0,342	2492	0,874
27	28875	428	29302	3,242	0,342	2502	0,878
	325839	8550	334389	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	61334

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2071	4632	4630	18668	6136
3	3 -- 4	2229				
4	4 -- 5	2356				
5	5 -- 6	2432				
6	6 -- 7	2559	34090	34072	58752	40106
7	7 -- 8	2735				
8	8 -- 9	2862				
9	9 -- 10	3756				
10	10 -- 11	4011				
11	11 -- 12	4170	34090	34072	58752	40106
12	12 -- 13	4389				
13	13 -- 14	5594				
14	14 -- 15	5974				
15	15 -- 16	6187				
16	16 -- 17	6376	34090	34072	58752	40106
17	17 -- 18	7349	10844	10844	10844	10844
18	18 -- 19	7449	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			36612	36612	36612	36612

KEMA rapport - bijlage Q - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	742				
2	2 -- 3	775	10176	3240	12168	3354
3	3 -- 4	814				
4	4 -- 5	845				
5	5 -- 6	864				
6	6 -- 7	894	60112	21836	42312	21468
7	7 -- 8	934				
8	8 -- 9	962				
9	9 -- 10	1002				
10	10 -- 11	1043				
11	11 -- 12	1067	55920	21088	40160	20732
12	12 -- 13	1099				
13	13 -- 14	1141				
14	14 -- 15	1179				
15	15 -- 16	1197				
16	16 -- 17	1212	50600	20146	37446	19802
17	17 -- 18	1230				
18	18 -- 19	1225	14532	5508	19008	5780
19	19 -- 20	1253				
20	20 -- 21	1262				
21	21 -- 22	1259				
22	22 -- 23	1243				
23	23 -- 24	1209				
24	24 -- 25	1148				
25	25 -- 26	1048				
26	26 -- 27	874				
27	27 -- 28	878				
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	1187				
2	2 -- 3	1239	14796	4302	17356	4514
3	3 -- 4	1303				
4	4 -- 5	1353				
5	5 -- 6	1382				
6	6 -- 7	1430	86756	28240	58878	28266
7	7 -- 8	1494				
8	8 -- 9	1539				
9	9 -- 10	1603				
10	10 -- 11	1669				
11	11 -- 12	1708	80508	27106	55648	27152
12	12 -- 13	1759				
13	13 -- 14	1826				
14	14 -- 15	1886				
15	15 -- 16	1915				
16	16 -- 17	1939	72560	25676	51566	25746
17	17 -- 18	1968				
18	18 -- 19	1960	20912	7092	26732	7588
19	19 -- 20	2005				
20	20 -- 21	2019				
21	21 -- 22	2015				
22	22 -- 23	1989				
23	23 -- 24	1934				
24	24 -- 25	1837				
25	25 -- 26	1677				
26	26 -- 27	1399				
27	27 -- 28	1405				
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	520		0	0,00E+00	6,94E-03	223
2	2 -- 3	1665		520	2,07E+05	6,94E-03	218
3	3 -- 4	1161		2185	3,24E+06	6,92E-03	203
4	4 -- 5	1205		3345	7,30E+06	6,88E-03	193
5	5 -- 6	259		4550	1,31E+07	6,82E-03	184
6	6 -- 7	2278		4809	1,45E+07	6,80E-03	182
7	7 -- 8	1331		7088	3,05E+07	6,61E-03	164
8	8 -- 9	1370		8418	4,21E+07	6,47E-03	155
9	9 -- 10	2856		9789	5,55E+07	6,31E-03	146
10	10 -- 11	1825		12645	8,86E+07	6,00E-03	128
11	11 -- 12	1174		14470	1,13E+08	5,78E-03	118
12	12 -- 13	3133		15644	1,30E+08	5,63E-03	112
13	13 -- 14	3253		18777	1,81E+08	5,21E-03	96
14	14 -- 15	3359		22030	2,41E+08	4,83E-03	82
15	15 -- 16	419		25389	3,11E+08	4,42E-03	69
16	16 -- 17	3030		25808	3,20E+08	4,37E-03	67
17	17 -- 18	1845		28838	3,90E+08	3,99E-03	57
18	18 -- 19	1654		30683	4,36E+08	3,78E-03	51
19	19 -- 20	3571		32337	4,79E+08	3,58E-03	46
20	20 -- 21	3596		35908	5,79E+08	3,17E-03	36
21	21 -- 22	3589		39504	6,89E+08	2,78E-03	28
22	22 -- 23	3543		43093	8,08E+08	2,39E-03	20
23	23 -- 24	3444		46636	9,38E+08	1,99E-03	14
24	24 -- 25	3272		50081	1,08E+09	1,59E-03	9
25	25 -- 26	2986		53353	1,23E+09	1,19E-03	5
26	26 -- 27	2492		56340	1,38E+09	7,91E-04	2
27	27 -- 28	2502		58831	1,55E+09	3,94E-04	1
28				61334	1,72E+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	1309
2	2 -- 3		10176	166285	1,56E+05	4,32E-02	1279
3	3 -- 4			980748	2,28E+07	4,31E-02	1186
4	4 -- 5			1675879	3,80E+07	4,29E-02	1124
5	5 -- 6			2532829	5,34E+07	4,26E-02	1064
6	6 -- 7		60112	3133326	5,70E+07	4,25E-02	1051
7	7 -- 8			8236639	2,41E+08	4,12E-02	944
8	8 -- 9			11184449	3,44E+08	4,01E-02	886
9	9 -- 10			14229995	4,48E+08	3,88E-02	829
10	10 -- 11			20974087	6,55E+08	3,64E-02	722
11	11 -- 12		55920	27027538	7,84E+08	3,48E-02	660
12	12 -- 13			30799115	9,26E+08	3,38E-02	622
13	13 -- 14			40954995	1,30E+09	3,08E-02	530
14	14 -- 15			51300966	1,67E+09	2,81E-02	446
15	15 -- 16			61744580	2,04E+09	2,53E-02	370
16	16 -- 17		50600	63261200	2,08E+09	2,50E-02	361
17	17 -- 18			74464051	2,54E+09	2,25E-02	301
18	18 -- 19		14532	81193499	2,81E+09	2,12E-02	268
19	19 -- 20			87096466	3,07E+09	1,99E-02	241
20	20 -- 21			99351706	3,63E+09	1,72E-02	188
21	21 -- 22			110914964	4,19E+09	1,48E-02	142
22	22 -- 23			121640101	4,74E+09	1,25E-02	103
23	23 -- 24			131307877	5,30E+09	1,02E-02	71
24	24 -- 25			139701928	5,85E+09	8,00E-03	45
25	25 -- 26			146607895	6,40E+09	5,88E-03	25
26	26 -- 27			151812813	6,95E+09	3,83E-03	11
27	27 -- 28			155104666	7,50E+09	1,88E-03	3
28	28 -- 29			156352940	8,05E+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	1,57E-02	479
2	2 -- 3		3240	3240	5,65E+04	1,57E-02	468
3	3 -- 4			3240	7,32E+06	1,56E-02	435
4	4 -- 5			3240	1,22E+07	1,55E-02	412
5	5 -- 6			3240	1,71E+07	1,55E-02	390
6	6 -- 7		21836	25076	1,83E+07	1,54E-02	386
7	7 -- 8			25076	8,41E+07	1,50E-02	347
8	8 -- 9			25076	1,21E+08	1,46E-02	326
9	9 -- 10			25076	1,58E+08	1,41E-02	305
10	10 -- 11			25076	2,32E+08	1,33E-02	266
11	11 -- 12		21088	46164	2,78E+08	1,27E-02	243
12	12 -- 13			46164	3,30E+08	1,24E-02	229
13	13 -- 14			46164	4,65E+08	1,13E-02	196
14	14 -- 15			46164	6,01E+08	1,03E-02	165
15	15 -- 16			46164	7,36E+08	9,33E-03	137
16	16 -- 17		20146	66310	7,53E+08	9,20E-03	133
17	17 -- 18			66310	9,23E+08	8,31E-03	112
18	18 -- 19		5508	71818	1,02E+09	7,81E-03	99
19	19 -- 20			71818	1,12E+09	7,34E-03	89
20	20 -- 21			71818	1,33E+09	6,37E-03	70
21	21 -- 22			71818	1,54E+09	5,50E-03	53
22	22 -- 23			71818	1,75E+09	4,63E-03	38
23	23 -- 24			71818	1,96E+09	3,79E-03	26
24	24 -- 25			71818	2,17E+09	2,97E-03	17
25	25 -- 26			71818	2,37E+09	2,18E-03	9
26	26 -- 27			71818	2,58E+09	1,42E-03	4
27	27 -- 28			71818	2,79E+09	6,97E-04	1
28				71818	2,99E+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	1022
2	2 -- 3		12168	12168	1,24E+05	3,44E-02	998
3	3 -- 4			12168	2,69E+07	3,42E-02	924
4	4 -- 5			12168	4,48E+07	3,39E-02	876
5	5 -- 6			12168	6,28E+07	3,36E-02	827
6	6 -- 7		42312	54480	6,69E+07	3,35E-02	817
7	7 -- 8			54480	2,10E+08	3,23E-02	733
8	8 -- 9			54480	2,90E+08	3,14E-02	688
9	9 -- 10			54480	3,70E+08	3,03E-02	644
10	10 -- 11			54480	5,30E+08	2,83E-02	560
11	11 -- 12		40160	94640	6,30E+08	2,70E-02	512
12	12 -- 13			94640	7,37E+08	2,62E-02	483
13	13 -- 14			94640	1,01E+09	2,38E-02	411
14	14 -- 15			94640	1,29E+09	2,17E-02	346
15	15 -- 16			94640	1,57E+09	1,96E-02	287
16	16 -- 17		37446	132086	1,60E+09	1,93E-02	280
17	17 -- 18			132086	1,94E+09	1,74E-02	234
18	18 -- 19		19008	151094	2,15E+09	1,64E-02	209
19	19 -- 20			151094	2,36E+09	1,54E-02	187
20	20 -- 21			151094	2,80E+09	1,34E-02	146
21	21 -- 22			151094	3,24E+09	1,15E-02	111
22	22 -- 23			151094	3,67E+09	9,72E-03	80
23	23 -- 24			151094	4,11E+09	7,95E-03	55
24	24 -- 25			151094	4,55E+09	6,24E-03	35
25	25 -- 26			151094	4,99E+09	4,58E-03	19
26	26 -- 27			151094	5,42E+09	2,99E-03	8
27	27 -- 28			151094	5,85E+09	1,46E-03	2
28				151094	6,28E+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	1,55E-02	474
2	2 -- 3		3354	3354	5,61E+04	1,55E-02	463
3	3 -- 4			3354	7,56E+06	1,55E-02	430
4	4 -- 5			3354	1,26E+07	1,54E-02	408
5	5 -- 6			3354	1,77E+07	1,53E-02	386
6	6 -- 7		21468	24822	1,89E+07	1,53E-02	382
7	7 -- 8			24822	8,40E+07	1,49E-02	343
8	8 -- 9			24822	1,20E+08	1,45E-02	322
9	9 -- 10			24822	1,57E+08	1,40E-02	302
10	10 -- 11			24822	2,30E+08	1,32E-02	263
11	11 -- 12		20732	45554	2,76E+08	1,26E-02	241
12	12 -- 13			45554	3,27E+08	1,22E-02	227
13	13 -- 14			45554	4,61E+08	1,12E-02	193
14	14 -- 15			45554	5,94E+08	1,02E-02	163
15	15 -- 16			45554	7,28E+08	9,23E-03	135
16	16 -- 17		19802	65356	7,44E+08	9,10E-03	132
17	17 -- 18			65356	9,12E+08	8,22E-03	110
18	18 -- 19		5780	71136	1,01E+09	7,73E-03	98
19	19 -- 20			71136	1,11E+09	7,26E-03	88
20	20 -- 21			71136	1,32E+09	6,31E-03	69
21	21 -- 22			71136	1,52E+09	5,44E-03	52
22	22 -- 23			71136	1,73E+09	4,58E-03	38
23	23 -- 24			71136	1,94E+09	3,75E-03	26
24	24 -- 25			71136	2,14E+09	2,94E-03	16
25	25 -- 26			71136	2,35E+09	2,16E-03	9
26	26 -- 27			71136	2,55E+09	1,41E-03	4
27	27 -- 28			71136	2,76E+09	6,90E-04	1
28				71136	2,96E+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	7,32E-03	155
2	2 -- 3				5,41E+06	7,32E-03	150
3	3 -- 4				5,41E+06	7,24E-03	134
4	4 -- 5				5,41E+06	7,20E-03	124
5	5 -- 6				5,41E+06	7,16E-03	114
6	6 -- 7				1,31E+08	7,16E-03	111
7	7 -- 8				1,31E+08	6,04E-03	95
8	8 -- 9				1,31E+08	5,53E-03	86
9	9 -- 10				1,31E+08	5,10E-03	79
10	10 -- 11				1,31E+08	4,52E-03	65
11	11 -- 12				2,56E+08	4,23E-03	57
12	12 -- 13				2,56E+08	3,92E-03	53
13	13 -- 14				2,56E+08	3,23E-03	43
14	14 -- 15				2,56E+08	2,76E-03	34
15	15 -- 16				2,56E+08	2,38E-03	27
16	16 -- 17				3,81E+08	2,34E-03	26
17	17 -- 18				3,81E+08	1,93E-03	21
18	18 -- 19				3,95E+08	1,73E-03	18
19	19 -- 20				3,95E+08	1,56E-03	16
20	20 -- 21				3,95E+08	1,25E-03	12
21	21 -- 22				3,95E+08	1,01E-03	9
22	22 -- 23				3,95E+08	7,97E-04	6
23	23 -- 24				3,95E+08	6,17E-04	4
24	24 -- 25				3,95E+08	4,61E-04	2
25	25 -- 26				3,95E+08	3,23E-04	1
26	26 -- 27				3,95E+08	2,02E-04	1
27	27 -- 28				3,95E+08	9,53E-05	0
28					3,95E+08	0,00E+00	0

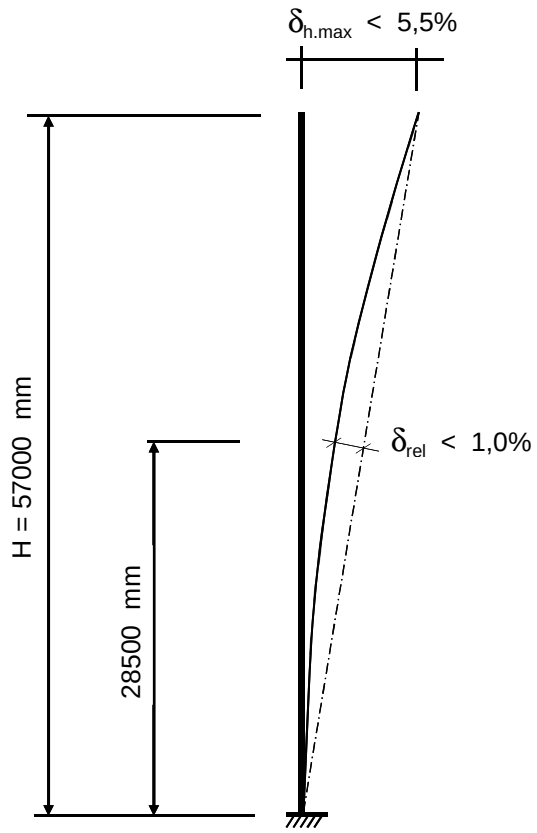
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	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	5,7E-02	1687
2	2 -- 3	5,7E-02	1646
3	3 -- 4	5,7E-02	1523
4	4 -- 5	5,7E-02	1442
5	5 -- 6	5,7E-02	1361
6	6 -- 7	5,6E-02	1344
7	7 -- 8	5,4E-02	1203
8	8 -- 9	5,2E-02	1127
9	9 -- 10	5,0E-02	1054
10	10 -- 11	4,7E-02	916
11	11 -- 12	4,5E-02	835
12	12 -- 13	4,3E-02	787
13	13 -- 14	3,9E-02	669
14	14 -- 15	3,6E-02	562
15	15 -- 16	3,2E-02	465
16	16 -- 17	3,2E-02	454
17	17 -- 18	2,8E-02	379
18	18 -- 19	2,7E-02	337
19	19 -- 20	2,5E-02	302
20	20 -- 21	2,2E-02	236
21	21 -- 22	1,9E-02	178
22	22 -- 23	1,6E-02	129
23	23 -- 24	1,3E-02	89
24	24 -- 25	1,0E-02	56
25	25 -- 26	7,4E-03	31
26	26 -- 27	4,8E-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 = 1687 mm ----> δ_h *100 / 57000

Percentage uitbuig. = 2,96 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 17 ; Hoogte = 28500 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 379 mm
α = 1,69 graden

δ_{rel} = 464 mm ----> δ_h *100 / 57000

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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	779	360	0	0,00E+00	1,01E-02	326
2	2 -- 3	2498	6353	779	2,73E+05	1,01E-02	319
3	3 -- 4	1741	10805	3277	4,63E+06	1,01E-02	297
4	4 -- 5	1807	13981	5018	1,05E+07	1,00E-02	283
5	5 -- 6	389	17338	6825	1,90E+07	9,95E-03	269
6	6 -- 7	3418	52158	7214	2,11E+07	9,92E-03	266
7	7 -- 8	1996	58683	10632	4,38E+07	9,65E-03	241
8	8 -- 9	2056	62581	12628	6,04E+07	9,45E-03	227
9	9 -- 10	4284	66659	14683	7,99E+07	9,22E-03	214
10	10 -- 11	2738	77365	18967	1,28E+08	8,76E-03	188
11	11 -- 12	1761	118475	21705	1,63E+08	8,44E-03	173
12	12 -- 13	4699	123061	23466	1,88E+08	8,23E-03	164
13	13 -- 14	4879	135569	28165	2,62E+08	7,62E-03	141
14	14 -- 15	5039	151512	33044	3,49E+08	7,07E-03	120
15	15 -- 16	628	168537	38083	4,50E+08	6,47E-03	101
16	16 -- 17	4545	204793	38712	4,64E+08	6,40E-03	99
17	17 -- 18	2768	231578	43257	5,66E+08	5,85E-03	83
18	18 -- 19	2481	251836	46024	6,33E+08	5,54E-03	75
19	19 -- 20	5357	261892	48505	6,97E+08	5,25E-03	67
20	20 -- 21	5394	284323	53862	8,43E+08	4,64E-03	53
21	21 -- 22	5384	310231	59256	1,00E+09	4,08E-03	41
22	22 -- 23	5315	337462	64640	1,18E+09	3,50E-03	30
23	23 -- 24	5167	366014	69955	1,37E+09	2,92E-03	21
24	24 -- 25	4908	395889	75121	1,58E+09	2,34E-03	13
25	25 -- 26	4480	427085	80030	1,80E+09	1,75E-03	8
26	26 -- 27	3737	459604	84509	2,03E+09	1,17E-03	3
27	27 -- 28	3754	493444	88247	2,28E+09	5,81E-04	1
28			565219	92001	2,54E+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	6,08E-02	1841
2	2 -- 3		14796	14796	0,00E+00	6,08E-02	1799
3	3 -- 4			14796	3,18E+07	6,06E-02	1668
4	4 -- 5			14796	5,29E+07	6,03E-02	1582
5	5 -- 6			14796	7,40E+07	5,99E-02	1496
6	6 -- 7		86756	101552	7,84E+07	5,98E-02	1478
7	7 -- 8			101552	3,37E+08	5,80E-02	1328
8	8 -- 9			101552	4,82E+08	5,64E-02	1246
9	9 -- 10			101552	6,27E+08	5,46E-02	1167
10	10 -- 11			101552	9,16E+08	5,12E-02	1016
11	11 -- 12		80508	182060	1,09E+09	4,89E-02	929
12	12 -- 13			182060	1,29E+09	4,75E-02	876
13	13 -- 14			182060	1,81E+09	4,33E-02	746
14	14 -- 15			182060	2,33E+09	3,95E-02	628
15	15 -- 16			182060	2,85E+09	3,56E-02	520
16	16 -- 17		72560	254620	2,91E+09	3,52E-02	508
17	17 -- 18			254620	3,55E+09	3,17E-02	424
18	18 -- 19		20912	275532	3,93E+09	2,98E-02	378
19	19 -- 20			275532	4,30E+09	2,80E-02	339
20	20 -- 21			275532	5,09E+09	2,43E-02	265
21	21 -- 22			275532	5,88E+09	2,09E-02	200
22	22 -- 23			275532	6,66E+09	1,76E-02	145
23	23 -- 24			275532	7,45E+09	1,44E-02	100
24	24 -- 25			275532	8,23E+09	1,13E-02	63
25	25 -- 26			275532	9,02E+09	8,29E-03	35
26	26 -- 27			275532	9,80E+09	5,41E-03	15
27	27 -- 28			275532	1,06E+10	2,65E-03	4
28				275532	1,14E+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	1,98E-02	604
2	2 -- 3		4302	4302	0,00E+00	1,98E-02	590
3	3 -- 4			4302	9,25E+06	1,97E-02	548
4	4 -- 5			4302	1,54E+07	1,96E-02	520
5	5 -- 6			4302	2,15E+07	1,95E-02	492
6	6 -- 7		28240	32542	2,28E+07	1,95E-02	486
7	7 -- 8			32542	1,06E+08	1,89E-02	437
8	8 -- 9			32542	1,52E+08	1,84E-02	410
9	9 -- 10			32542	1,99E+08	1,78E-02	384
10	10 -- 11			32542	2,91E+08	1,67E-02	335
11	11 -- 12		27106	59648	3,48E+08	1,60E-02	306
12	12 -- 13			59648	4,14E+08	1,56E-02	289
13	13 -- 14			59648	5,84E+08	1,42E-02	246
14	14 -- 15			59648	7,54E+08	1,30E-02	208
15	15 -- 16			59648	9,24E+08	1,17E-02	172
16	16 -- 17		25676	85324	9,45E+08	1,16E-02	168
17	17 -- 18			85324	1,16E+09	1,05E-02	141
18	18 -- 19		7092	92416	1,29E+09	9,84E-03	125
19	19 -- 20			92416	1,41E+09	9,25E-03	112
20	20 -- 21			92416	1,67E+09	8,03E-03	88
21	21 -- 22			92416	1,94E+09	6,93E-03	66
22	22 -- 23			92416	2,20E+09	5,84E-03	48
23	23 -- 24			92416	2,46E+09	4,78E-03	33
24	24 -- 25			92416	2,73E+09	3,75E-03	21
25	25 -- 26			92416	2,99E+09	2,75E-03	12
26	26 -- 27			92416	3,25E+09	1,80E-03	5
27	27 -- 28			92416	3,52E+09	8,80E-04	1
28				92416	3,78E+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	4,68E-02	1391
2	2 -- 3		17356	17356	0,00E+00	4,68E-02	1358
3	3 -- 4			17356	3,73E+07	4,66E-02	1257
4	4 -- 5			17356	6,20E+07	4,62E-02	1191
5	5 -- 6			17356	8,68E+07	4,57E-02	1126
6	6 -- 7		58878	76234	9,20E+07	4,56E-02	1112
7	7 -- 8			76234	2,86E+08	4,40E-02	997
8	8 -- 9			76234	3,95E+08	4,27E-02	936
9	9 -- 10			76234	5,04E+08	4,12E-02	876
10	10 -- 11			76234	7,21E+08	3,85E-02	762
11	11 -- 12		55648	131882	8,54E+08	3,67E-02	696
12	12 -- 13			131882	9,99E+08	3,56E-02	657
13	13 -- 14			131882	1,38E+09	3,24E-02	559
14	14 -- 15			131882	1,75E+09	2,95E-02	471
15	15 -- 16			131882	2,13E+09	2,66E-02	391
16	16 -- 17		51566	183448	2,17E+09	2,63E-02	381
17	17 -- 18			183448	2,63E+09	2,37E-02	319
18	18 -- 19		26732	210180	2,91E+09	2,23E-02	284
19	19 -- 20			210180	3,19E+09	2,10E-02	255
20	20 -- 21			210180	3,79E+09	1,82E-02	199
21	21 -- 22			210180	4,39E+09	1,57E-02	151
22	22 -- 23			210180	4,99E+09	1,32E-02	109
23	23 -- 24			210180	5,59E+09	1,08E-02	75
24	24 -- 25			210180	6,19E+09	8,50E-03	47
25	25 -- 26			210180	6,78E+09	6,25E-03	26
26	26 -- 27			210180	7,38E+09	4,08E-03	12
27	27 -- 28			210180	7,98E+09	2,00E-03	3
28				210180	8,58E+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	1,99E-02	609
2	2 -- 3		4514	4514	0,00E+00	1,99E-02	595
3	3 -- 4			4514	9,71E+06	1,99E-02	552
4	4 -- 5			4514	1,61E+07	1,98E-02	524
5	5 -- 6			4514	2,26E+07	1,96E-02	496
6	6 -- 7		28266	32780	2,39E+07	1,96E-02	490
7	7 -- 8			32780	1,08E+08	1,91E-02	440
8	8 -- 9			32780	1,54E+08	1,85E-02	413
9	9 -- 10			32780	2,01E+08	1,80E-02	387
10	10 -- 11			32780	2,94E+08	1,69E-02	338
11	11 -- 12		27152	59932	3,52E+08	1,62E-02	309
12	12 -- 13			59932	4,18E+08	1,57E-02	291
13	13 -- 14			59932	5,88E+08	1,43E-02	248
14	14 -- 15			59932	7,59E+08	1,31E-02	209
15	15 -- 16			59932	9,30E+08	1,18E-02	174
16	16 -- 17		25746	85678	9,51E+08	1,17E-02	170
17	17 -- 18			85678	1,17E+09	1,05E-02	142
18	18 -- 19		7588	93266	1,29E+09	9,92E-03	126
19	19 -- 20			93266	1,42E+09	9,32E-03	113
20	20 -- 21			93266	1,69E+09	8,09E-03	88
21	21 -- 22			93266	1,95E+09	6,98E-03	67
22	22 -- 23			93266	2,22E+09	5,88E-03	49
23	23 -- 24			93266	2,48E+09	4,81E-03	33
24	24 -- 25			93266	2,75E+09	3,78E-03	21
25	25 -- 26			93266	3,01E+09	2,78E-03	12
26	26 -- 27			93266	3,28E+09	1,81E-03	5
27	27 -- 28			93266	3,55E+09	8,87E-04	1
28				93266	3,81E+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	8,78E-03	186
2	2 -- 3				6,49E+06	8,78E-03	180
3	3 -- 4				6,49E+06	8,69E-03	161
4	4 -- 5				6,49E+06	8,64E-03	149
5	5 -- 6				6,49E+06	8,60E-03	136
6	6 -- 7				1,57E+08	8,59E-03	134
7	7 -- 8				1,57E+08	7,25E-03	114
8	8 -- 9				1,57E+08	6,64E-03	104
9	9 -- 10				1,57E+08	6,12E-03	95
10	10 -- 11				1,57E+08	5,43E-03	78
11	11 -- 12				3,07E+08	5,08E-03	69
12	12 -- 13				3,07E+08	4,70E-03	64
13	13 -- 14				3,07E+08	3,87E-03	51
14	14 -- 15				3,07E+08	3,31E-03	41
15	15 -- 16				3,07E+08	2,85E-03	32
16	16 -- 17				4,58E+08	2,80E-03	31
17	17 -- 18				4,58E+08	2,31E-03	25
18	18 -- 19				4,74E+08	2,08E-03	22
19	19 -- 20				4,74E+08	1,87E-03	19
20	20 -- 21				4,74E+08	1,50E-03	14
21	21 -- 22				4,74E+08	1,21E-03	10
22	22 -- 23				4,74E+08	9,57E-04	7
23	23 -- 24				4,74E+08	7,41E-04	5
24	24 -- 25				4,74E+08	5,53E-04	3
25	25 -- 26				4,74E+08	3,88E-04	2
26	26 -- 27				4,74E+08	2,43E-04	1
27	27 -- 28				4,74E+08	1,14E-04	0
28					4,74E+08	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,35	17,59	27,05
3	3 -- 4	10,80	18,34	65,67
4	4 -- 5	13,98	20,15	92,18
5	5 -- 6	17,34	22,08	119,44
6	6 -- 7	52,16	109,25	384,38
7	7 -- 8	58,68	112,89	585,60
8	8 -- 9	62,58	115,02	703,36
9	9 -- 10	66,66	117,21	868,83
10	10 -- 11	77,36	121,78	1209,40
11	11 -- 12	118,47	205,21	1575,41
12	12 -- 13	123,06	207,09	1802,18
13	13 -- 14	135,57	212,10	2399,53
14	14 -- 15	151,51	217,31	3011,44
15	15 -- 16	168,54	222,68	3638,42
16	16 -- 17	204,79	295,91	3866,82
17	17 -- 18	231,58	300,76	4612,66
18	18 -- 19	251,84	324,62	5082,86
19	19 -- 20	261,89	327,27	5522,89
20	20 -- 21	284,32	332,98	6463,76
21	21 -- 22	310,23	338,74	7420,96
22	22 -- 23	337,46	344,48	8394,55
23	23 -- 24	366,01	350,15	9384,40
24	24 -- 25	395,89	355,66	10390,18
25	25 -- 26	427,09	360,90	11411,28
26	26 -- 27	459,60	365,68	12446,65
27	27 -- 28	493,44	369,66	13494,50
28		565,22	373,67	14553,74

)* - 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 / 785	27,05	6,35	40	27,3	835,6	0,03
2	500 / 785	65,67	10,80	123	67,3	1024,9	0,07
3	500 / 785	92,18	13,98	81	94,9	1161,1	0,08
4	500 / 785	119,44	17,34	81	123,6	1305,7	0,10
5	500 / 785	384,38	52,16	17	389,4	1337,2	0,30
6	500 / 785	585,60	58,68	141	598,9	1620,4	0,38
7	500 / 785	703,36	62,58	76	721,4	1790,5	0,41
8	500 / 785	868,83	66,66	73	891,7	1969,1	0,46
9	785 / 999	1209,40	77,36	139	1243,0	2908,9	0,43
10	785 / 999	1575,41	118,47	80	1618,5	3222,0	0,51
11	785 / 999	1802,18	123,06	48	1851,3	3427,0	0,55
12	785 / 999	2399,53	135,57	118	2464,6	3987,6	0,63
13	999 / 1213	3011,44	151,51	107	3092,7	5462,4	0,57
14	999 / 1213	3638,42	168,54	97	3736,0	6233,8	0,61
15	999 / 1213	3866,82	204,79	11	3966,7	6332,0	0,64
16	999 / 1213	4612,66	231,58	75	4730,0	7056,1	0,68
17	1213/ 1355	5082,86	251,84	41	5210,6	8303,6	0,64
18	1213/ 1355	5522,89	261,89	35	5659,8	8769,2	0,65
19	1213/ 1355	6463,76	284,32	67	6619,5	9793,8	0,69
20	1355/ 1925	7420,96	310,23	57	7594,6	11912,0	0,65
21	1355/ 1925	8394,55	337,46	49	8584,7	13161,0	0,66
22	1355/ 1925	9384,40	366,01	41	9589,4	14472,2	0,67
23	1355/ 1925	10390,18	395,89	33	10608,1	15845,8	0,68
24	1355/ 1925	11411,28	427,09	25	11639,9	17281,6	0,68
25	1355/ 1925	12446,65	459,60	17	12683,3	18779,6	0,69
26	1355/ 1925	13494,50	493,44	10	13736,2	20340,0	0,69
27	1355/ 1925	14553,74	565,22	3	14797,4	21962,6	0,69

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ 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
518	12,0	43,13	0,81	355	355
571	12,0	47,60	0,81	355	355
607	12,0	50,57	0,81	355	355
643	12,0	53,54	0,81	355	355
650	12,0	54,17	0,81	355	355
714	12,0	59,48	0,81	355	355
749	12,0	62,45	0,81	344	355
785	12,0	65,42	0,81	333	355
856	15,0	57,08	0,81	355	355
900	15,0	60,00	0,81	353	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
1141	18,0	63,40	0,81	340	355
1150	18,0	63,89	0,81	338	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 / 785	12,02	0,34	355	355	0,03
2	500 / 785	25,74	0,54	355	355	0,07
3	500 / 785	30,86	0,64	355	355	0,09
4	500 / 785	35,60	0,75	355	355	0,10
5	500 / 785	104,61	2,18	355	355	0,30
6	500 / 785	144,10	2,32	355	355	0,41
7	500 / 785	150,25	2,31	355	344	0,43
8	500 / 785	168,49	2,34	355	333	0,48
9	785 / 999	165,53	2,04	355	355	0,47
10	785 / 999	187,56	2,91	355	353	0,54
11	785 / 999	197,73	2,91	355	346	0,57
12	785 / 999	236,34	3,03	355	329	0,67
13	999 / 1213	215,46	2,64	355	355	0,61
14	999 / 1213	227,04	2,74	355	340	0,65
15	999 / 1213	224,13	3,21	355	338	0,64
16	999 / 1213	251,02	3,52	355	326	0,72
17	1213/ 1355	229,77	3,31	355	343	0,66
18	1213/ 1355	242,71	3,39	355	337	0,69
19	1213/ 1355	253,38	3,48	355	325	0,72
20	1355/ 1925	238,36	3,28	355	335	0,68
21	1355/ 1925	243,25	3,39	355	324	0,70
22	1355/ 1925	246,53	3,50	355	314	0,71
23	1355/ 1925	248,55	3,62	355	305	0,71
24	1355/ 1925	249,59	3,74	355	297	0,72
25	1355/ 1925	249,83	3,86	355	289	0,72
26	1355/ 1925	249,40	3,97	355	282	0,72
27	1355/ 1925	248,45	4,38	355	276	0,72

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

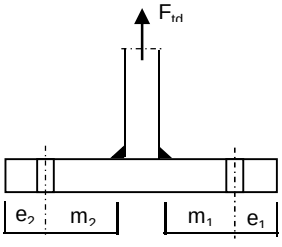
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

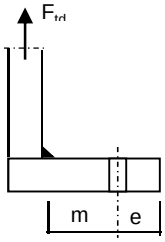
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

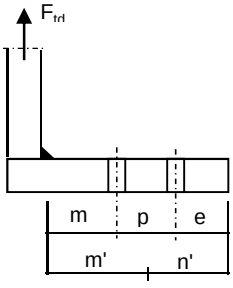
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	536,18	6,67	28	M 48 - 8,8	848,4	0,63
flenzen op 28,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		1020,00					
1020,00	24	744,05	12,53	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,70

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

Stc1	Stc2 mm	m mm	e mm	n mm	m' mm	n' mm	l_{ef} mm
voetplaat							
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	1072,36	0,65
60	7,05E+07	3853,58	1799,07	1696,90	1696,90	1072,36	0,63
flenzen op 28,5 m hoogte.							
80	7,16E+07	2060,57	1044,32	2121,12	1044,32	744,05	0,71
80	7,16E+07	2002,90	1028,43	2121,12	1028,43	744,05	0,72
	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	0,58	1,213	0,18	3,91

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	1350	1,000		1,000			
2	1321	0,979	1 -- 2	0,989	113	416	756,3
3	1233	0,914	2 -- 3	0,946	371		172,6
4	1175	0,871	3 -- 4	0,892	265		185,8
5	1117	0,828	4 -- 5	0,849	280		196,3
6	1105	0,819	5 -- 6	0,823	61	2840	9670,7
7	1003	0,743	6 -- 7	0,781	544		213,2
8	948	0,702	7 -- 8	0,723	325		227,9
9	893	0,662	8 -- 9	0,682	340		238,5
10	788	0,584	9 -- 10	0,623	892		313,0
11	726	0,538	10 -- 11	0,561	585	2840	1957,4
12	689	0,510	11 -- 12	0,524	382		347,5
13	595	0,441	12 -- 13	0,476	1042		365,7
14	508	0,377	13 -- 14	0,409	1329		466,2
15	428	0,317	14 -- 15	0,347	1419		497,8
16	419	0,310	15 -- 16	0,314	180	2840	8631,0
17	354	0,263	16 -- 17	0,286	1328	904	892,8
18	318	0,236	17 -- 18	0,249	919	769	1125,4
19	288	0,213	18 -- 19	0,225	838		620,7
20	228	0,169	19 -- 20	0,191	1869		655,9
21	175	0,130	20 -- 21	0,149	2159		757,6
22	129	0,096	21 -- 22	0,113	2269		796,2
23	90	0,067	22 -- 23	0,081	2379		834,9
24	58	0,043	23 -- 24	0,055	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	3051	2098,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	756	0,989	0,700	0,69	518,21	0,69
2 -- 3	173	0,946	2,150	1,92	332,12	2,03
3 -- 4	186	0,892	1,425	1,13	210,66	1,27
4 -- 5	196	0,849	1,425	1,03	201,71	1,21
5 -- 6	9671	0,823	0,300	0,20	1966,18	0,25
6 -- 7	213	0,781	2,550	1,56	331,66	1,99
7 -- 8	228	0,723	1,425	0,74	169,62	1,03
8 -- 9	238	0,682	1,425	0,66	158,01	0,97
9 -- 10	313	0,623	2,850	1,11	346,07	1,78
10 -- 11	1957	0,561	1,750	0,55	1078,25	0,98
11 -- 12	347	0,524	1,100	0,30	105,02	0,58
12 -- 13	366	0,476	2,850	0,64	235,81	1,36
13 -- 14	466	0,409	2,850	0,48	222,11	1,17
14 -- 15	498	0,347	2,850	0,34	170,73	0,99
15 -- 16	8631	0,314	0,350	0,03	297,14	0,11
16 -- 17	893	0,286	2,500	0,21	183,03	0,72
17 -- 18	1125	0,249	1,500	0,09	104,88	0,37
18 -- 19	621	0,225	1,350	0,07	42,26	0,30
19 -- 20	656	0,191	2,850	0,10	68,22	0,54
20 -- 21	758	0,149	2,850	0,06	48,14	0,43
21 -- 22	796	0,113	2,850	0,04	28,80	0,32
22 -- 23	835	0,081	2,850	0,02	15,64	0,23
23 -- 24	874	0,055	2,850	0,01	7,43	0,16
24 -- 25	912	0,033	2,850	0,00	2,90	0,10
25 -- 26	951	0,017	2,850	0,00	0,82	0,05
26 -- 27	989	0,007	2,850	0,00	0,13	0,02
27 -- 28	2099	0,001	2,850	0,00	0,01	0,00
		Σ	57,00	12,00	6845,57	19,64

m_e = 6845,6 / 12,0 = 570,7 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1925	570,7	0,030	1,25	1,213	18,6

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 = 18,6

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 = 19,64 / (4 * π * 12,00) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,213 * 3,91 / $15*10^{-6}$ = 3,2E+05

C_{lat} = 0,65

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 = 6,50 / 19,64 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,054 * 0,130 * 0,33 * 0,647918 = 0,046

$y_{F;max}$ = 1,213 * 0,046 = 0,056 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		69114	69114	0,00E+00	4,7E-02	1000
2	2 -- 3			69114	4,84E+07	4,7E-02	967
3	3 -- 4			69114	1,97E+08	4,6E-02	867
4	4 -- 5			69114	2,95E+08	4,4E-02	803
5	5 -- 6			69114	3,94E+08	4,2E-02	742
6	6 -- 7			69114	4,15E+08	4,1E-02	730
7	7 -- 8			69114	5,91E+08	3,7E-02	630
8	8 -- 9			69114	6,89E+08	3,4E-02	579
9	9 -- 10			69114	7,88E+08	3,2E-02	532
10	10 -- 11			69114	9,85E+08	2,8E-02	447
11	11 -- 12			69114	1,11E+09	2,6E-02	400
12	12 -- 13			69114	1,18E+09	2,4E-02	372
13	13 -- 14			69114	1,38E+09	2,1E-02	308
14	14 -- 15			69114	1,58E+09	1,8E-02	253
15	15 -- 16			69114	1,77E+09	1,6E-02	205
16	16 -- 17			69114	1,80E+09	1,5E-02	199
17	17 -- 18			69114	1,97E+09	1,3E-02	163
18	18 -- 19			69114	2,07E+09	1,2E-02	144
19	19 -- 20			69114	2,17E+09	1,1E-02	128
20	20 -- 21			69114	2,36E+09	9,5E-03	99
21	21 -- 22			69114	2,56E+09	8,0E-03	74
22	22 -- 23			69114	2,76E+09	6,6E-03	53
23	23 -- 24			69114	2,95E+09	5,3E-03	36
24	24 -- 25			69114	3,15E+09	4,1E-03	22
25	25 -- 26			69114	3,35E+09	3,0E-03	12
26	26 -- 27			69114	3,55E+09	1,9E-03	5
27	27 -- 28			69114	3,74E+09	9,3E-04	1
28	28 -- 29			69114	3,94E+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	0,0562	2,3
2	571	12,0	2887106	68	0,0562	7,7
3	607	12,0	3270587	90	0,0562	10,1
4	643	12,0	3677990	107	0,0562	12,0
5	650	12,0	3766807	110	0,0562	12,4
6	714	12,0	4564563	129	0,0562	14,5
7	749	12,0	5043734	137	0,0562	15,4
8	785	12,0	5546827	142	0,0562	16,0
9	856	15,0	8193960	120	0,0562	13,5
10	900	15,0	9075973	122	0,0562	13,7
11	928	15,0	9653464	122	0,0562	13,7
12	999	15,0	11232581	123	0,0562	13,8
13	1070	18,0	15386965	102	0,0562	11,5
14	1141	18,0	17559914	101	0,0562	11,3
15	1150	18,0	17836664	101	0,0562	11,3
16	1213	18,0	19876399	99	0,0562	11,1
17	1250	20,0	23390527	89	0,0562	10,0
18	1284	20,0	24701975	88	0,0562	9,9
19	1355	20,0	27588103	86	0,0562	9,6
20	1426	22,0	33554965	76	0,0562	8,6
21	1498	22,0	37073186	74	0,0562	8,4
22	1569	22,0	40766840	72	0,0562	8,1
23	1640	22,0	44635926	71	0,0562	7,9
24	1711	22,0	48680445	69	0,0562	7,7
25	1783	22,0	52900396	67	0,0562	7,5
26	1854	22,0	57295781	65	0,0562	7,3
27	1925	22,0	61866598	64	0,0562	7,2

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y} =$ 0,58 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1} =$ 3,91 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

$z_s =$ 53,3625 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,89 * [6,93 / 6,30]^2 * \exp[-(6,93 / 6,30)^2] =$ 1,46E+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.

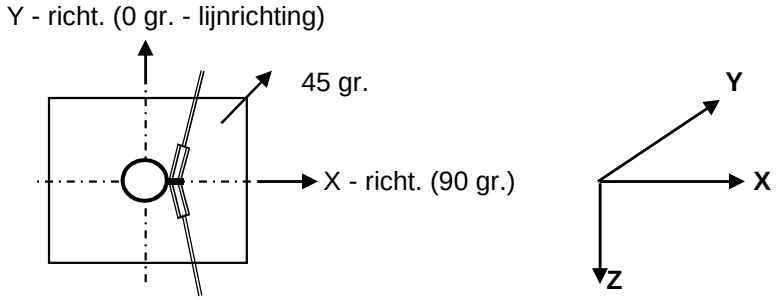
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	9,19	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		12,17					
5	Lasnaad	14,44	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		14,84					
7	Lasnaad	17,45	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		18,42					
9	Lasnaad	19,14	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
10	Lasnaad	16,20	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
		16,42					
12	Lasnaad	16,50	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
13	Lasnaad	16,54	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
14	Lasnaad	13,80	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
15	Lasnaad	13,61	45	24,75	1,000E+10		
17	flenzen	13,36	35	19,25	1,000E+10	1,46E+08	0,01
19	Lasnaad	11,82	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
20	Lasnaad	11,55	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
21	Lasnaad	10,28	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
22	Lasnaad	10,02	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
23	Lasnaad	9,77	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
24	Lasnaad	9,52	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
25	Lasnaad	9,27	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
26	Lasnaad	9,03	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
27	Lasnaad	8,80	45	24,75	1,000E+10	1,46E+08	0,01
28	voetplaat	8,58	35	19,25	1,000E+10	1,46E+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			449			
2 - Windbelasting mast	98				2707	
3 - Belasting geval 1a	276		116		11847	
4 - Belasting geval 1b	92		116		4255	
5 - Belasting geval 3	210		232		9454	
6 - Belasting geval 4	93		139		4374	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	374		**565**		**14554**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	111		565		4763	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	238		681		10216	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	112		588		4881	

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	9979	kNm	14554	kNm	14554	kNm
Dwarskracht	253	kN	374	kN	374	kN
Verticale kracht	471	kN	565	kN	424	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	536,18	6,67	28	M 48 - 8,8	848,45	0,63
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2085,00					
st.c binnenkant		1721,00					
1903	56	366,16	4,51	28	M 48 - 8,8	848,45	0,43

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 536,2 kN

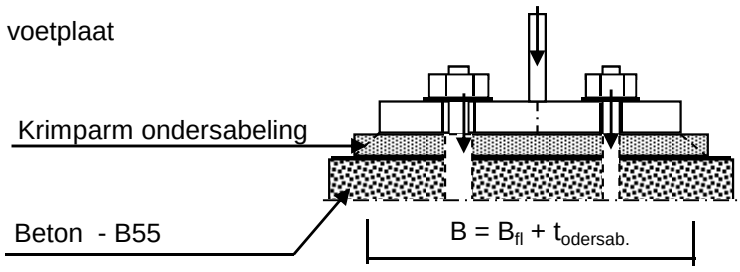
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 366,2 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 556,4 + 1,00 * 366,2 = 922,5 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

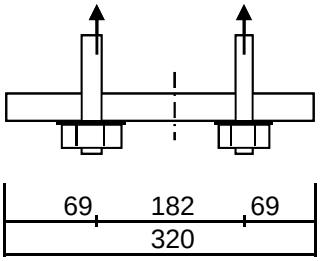
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	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 = 20,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

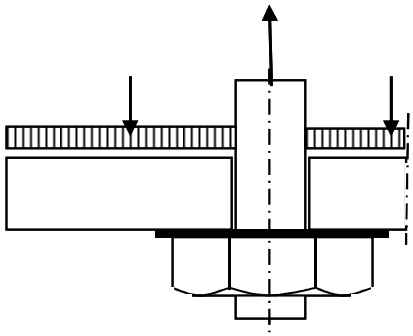


D = 1903 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 320 * $2*\pi*D / n$ = 68325 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 15,7 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

$M_{Ed;st}$ = 37362 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1428 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 27623 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 37362 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1428 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} = 37362 / 79875,0 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 166,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1428 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 47,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (166,0^2 + 3*48,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 185 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	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9188	143816	15788	9776	-144577
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	8940	143533	15788	9479	-144177
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	8627	143207	15788	9103	-143716
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2421	1447	21512	2421	1550	-21660
	Comp. gl	4966	2595	43682	4966	2732	-43815
1a	380C1F1 / 380C2F1	12793	42929	254216	12793	42929	-254216
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12792	39763	240668	12792	39763	-240668
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12791	35728	223269	12791	35728	-223269
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1671	7354	41259	1671	7354	-41259
	Comp. gl	3465	10311	63835	3465	10311	-63835
1b	380C1F1 / 380C2F1	12775	12849	148701	12775	12849	-148701
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	12262	147011	12775	12262	-147011
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12775	11521	145023	12775	11521	-145023
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	1991	20212	1669	1991	-20212
	Comp. gl	3461	3185	38518	3461	3185	-38518
3	380C1F1 / 380C2F1	25115	28522	246207	25115	28522	-246207
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25114	26877	241439	25114	26877	-241439
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25113	24801	235739	25113	24801	-235739
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8689	8583	65910	8689	8583	-65910
	Comp. gl	17521	13148	124374	17521	13148	-124374
4	380C1F1 / 380C2F1	15789	12933	150536	15789	12933	-150536
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15789	12363	149251	15789	12363	-149251
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	11643	147752	15788	11643	-147752
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2421	2105	22810	2421	2105	-22810
	Comp. gl	4966	3463	44876	4966	3463	-44876
1a	380C1F1 / 380C2F1	12786	25064	177259	12785	21663	-163009
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12786	23347	170010	12785	20233	-157183
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12785	21172	160994	12784	18424	-150020
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1670	4224	27536	1670	3622	-24855
	Comp. gl	3463	6069	45189	3463	5267	-41858
1b	380C1F1 / 380C2F1	12774	9607	140754	12774	9007	-139715
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	9304	140209	12774	8755	-139328

W2S400+5 TOWER

APPENDIX: Q

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12774	8920	139579	12774	8437	-138881
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1668	1408	18414	1668	1300	-18170
	Comp. gl	3461	2426	36811	3461	2285	-36591
3	380C1F1 / 380C2F1	25111	19418	223104	25110	17728	-219938
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25110	18564	221449	25110	17020	-218747
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25110	17485	219519	25110	16124	-217365
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8686	5750	60546	8686	5220	-59821
	Comp. gl	17519	9404	119147	17518	8701	-118475
4	380C1F1 / 380C2F1	15788	9776	144577	15788	9188	-143816
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15788	9479	144177	15788	8940	-143533
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	15788	9103	143716	15788	8627	-143207
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2421	1550	21660	2421	1447	-21512
	Comp. gl	4966	2732	43815	4966	2595	-43682

Appendixe

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14202	5604	127432	14202	5604	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14202	5601	127432	14202	5601	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14202	5597	127433	14202	5597	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1855	734	16643	1855	734	-16643
	Comp. gl	3847	1517	34520	3847	1517	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	6488	148420	14194	6488	-148420
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	6487	148420	14194	6487	-148420
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1854	835	19082	1854	835	-19082
	Comp. gl	3845	1712	39161	3845	1712	-39161
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	8527	194794	22419	8527	-194794
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	8526	194794	22419	8526	-194794
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	8523	194794	22419	8523	-194794
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6530	2063	47087	6530	2063	-47087
	Comp. gl	13213	4160	95055	13213	4160	-95055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	6341	145038	16206	6341	-145038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	6340	145038	16206	6340	-145038
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	6339	145038	16206	6339	-145038
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2356	905	20697	2356	905	-20697
	Comp. gl	4850	1860	42552	4850	1860	-42552
1a	380C1F1 / 380C2F1	14204	16175	148395	14205	18358	-155965
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14204	15262	145430	14205	17254	-152061
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14203	14111	141896	14204	15861	-147361
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1855	2622	21312	1855	3013	-22871
	Comp. gl	3848	3998	39053	3848	4509	-40744
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8459	149353	14194	8847	-149759
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8296	149203	14194	8651	-149545
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8089	149031	14194	8403	-149300
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1854	1181	19311	1854	1250	-19409

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3845	2177	39356	3845	2268	-39441
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	14095	198786	22419	15203	-200465
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	13630	198160	22419	14643	-199585
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13042	197437	22419	13936	-198566
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6530	3843	48220	6531	4196	-48696
	Comp. gl	13213	6545	96055	13214	7013	-96490
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8304	145779	16206	8688	-146105
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8142	145658	16206	8494	-145934
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	7937	145520	16206	8248	-145736
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2356	1249	20855	2356	1316	-20924
	Comp. gl	4850	2322	42686	4850	2412	-42746
1a	380C1F1 / 380C2F1	14210	30056	202579	14210	30056	-202579
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14209	27960	193836	14209	27960	-193836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14208	25300	182892	14208	25300	-182892
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	5088	31783	1856	5088	-31783
	Comp. gl	3849	7266	51574	3849	7266	-51574
1b	380C1F1 / 380C2F1	14195	10918	152991	14195	10918	-152991
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14195	10544	152286	14195	10544	-152286
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14195	10073	151469	14195	10073	-151469
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1854	1620	20172	1854	1620	-20172
	Comp. gl	3846	2754	40126	3846	2754	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	22422	21156	213242	22422	21156	-213242
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22421	20080	210534	22421	20080	-210534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22421	18723	207344	22421	18723	-207344
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6532	6084	52276	6532	6084	-52276
	Comp. gl	13215	9504	99911	13215	9504	-99911
4	380C1F1 / 380C2F1	16207	10734	148732	16207	10734	-148732
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16207	10366	148156	16207	10366	-148156
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16207	9901	147491	16207	9901	-147491
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2356	1677	21471	2356	1677	-21471
	Comp. gl	4850	2890	43235	4850	2890	-43235
1a	380C1F1 / 380C2F1	14205	18358	155965	14204	16175	-148395

W2S400+5 TOWER **APPENDIX: Q2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14205	17254	152061	14204	15262	-145430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14204	15861	147361	14203	14111	-141896
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1855	3013	22871	1855	2622	-21312
	Comp. gl	3848	4509	40744	3848	3998	-39053
1b	380C1F1 / 380C2F1	14194	8847	149759	14194	8459	-149353
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14194	8651	149545	14194	8296	-149203
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14194	8403	149300	14194	8089	-149031
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1854	1250	19409	1854	1181	-19311
	Comp. gl	3845	2268	39441	3845	2177	-39356
3	380C1F1 / 380C2F1	22419	15203	200465	22419	14095	-198786
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22419	14643	199585	22419	13630	-198160
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22419	13936	198566	22419	13042	-197437
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6531	4196	48696	6530	3843	-48220
	Comp. gl	13214	7013	96490	13213	6545	-96055
4	380C1F1 / 380C2F1	16206	8688	146105	16206	8304	-145779
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16206	8494	145934	16206	8142	-145658
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16206	8248	145736	16206	7937	-145520
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2356	1316	20924	2356	1249	-20855
	Comp. gl	4850	2412	42746	4850	2322	-42686

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S350(+17)"

Mast 12, 17 en 18

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S350(+17)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage J en J2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S350(+17) 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(+17) zijn de bijlage J (berekening maststerkte) en bijlage J2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. Referentieperiode 50 jaar. Mast bevindt zich in het gebied (windgebied II – onbebouwd) dat de terreincategorie II is van toepassing.

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

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

1.4 – Constructieonderdelen.

A - Mast constructie.

De mast is een buismast met een totale hoogte van 63,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,007 meter en verloopt conisch tot de top van de mast naar een diameter van 0,5 meter. De mast is opgebouwd uit drie segmenten. De segmenten zijn 20.7 meter, 22.0 meter en 20.3 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 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S350(+17) zijn de bijlage J (berekening maststerkte) en bijlage J2 (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(+17)”

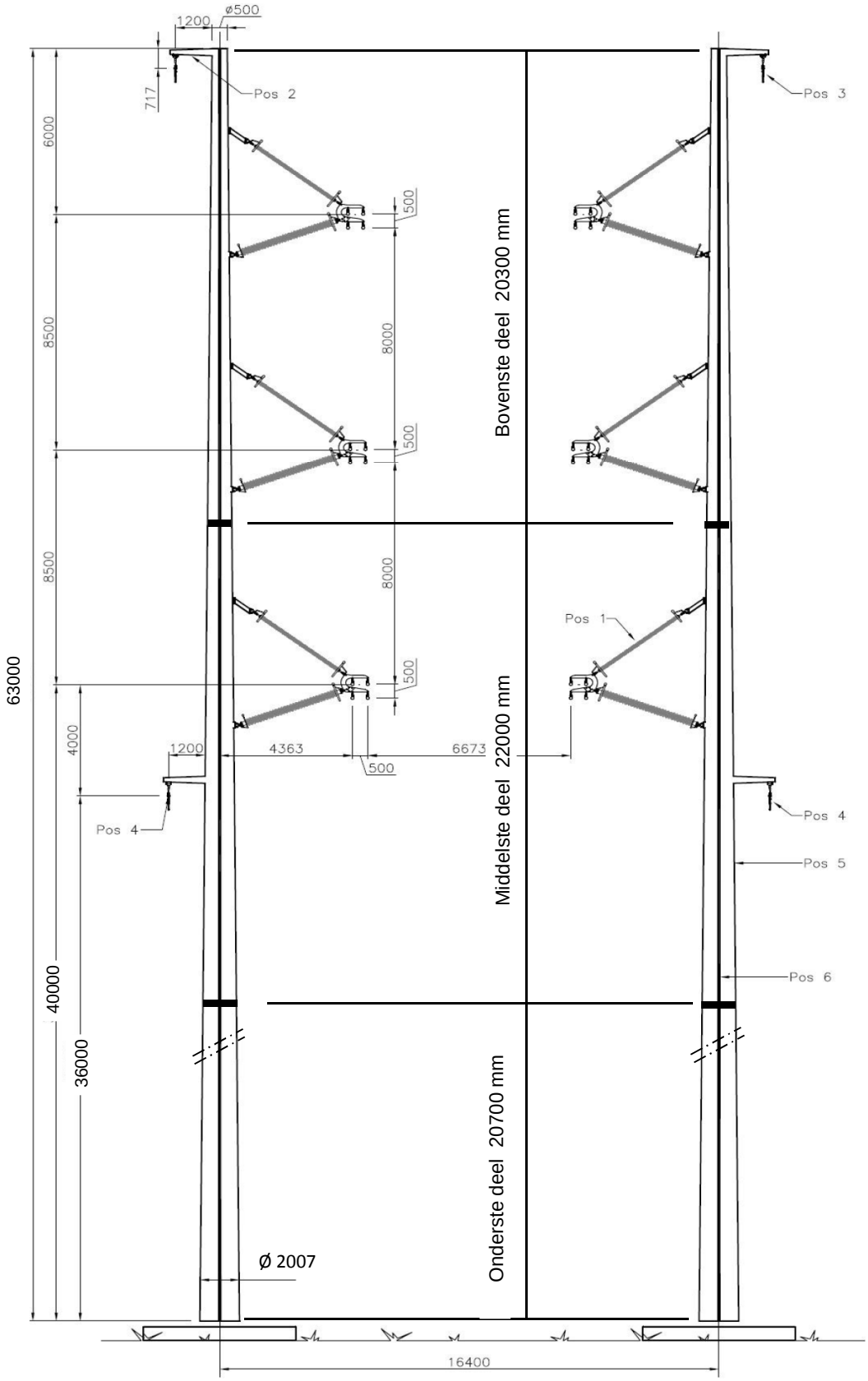
Berekening

W2S350+17

63,0 m - 2007 - 500

Mast 12 , 17 en 18

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S350(+17)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,253

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	62,65
2	2200	569	517	n.v.t.	2	1	61,20
3	1450	604	569	n.v.t.	2	1	59,38
4	1450	639	604	n.v.t.	2	1	57,93
5	200	643	639	n.v.t.	2	1	57,10
6	2700	708	643	n.v.t.	2	1	55,65
7	2900	777	708	n.v.t.	2	1	52,85
8	2900	847	777	n.v.t.	2	1	49,95
9	2900	916	847	n.v.t.	2	1	47,05
10	2900	985	916	n.v.t.	2	1	44,15
11	2600	1048	985	n.v.t.	2	1	41,40
12	100	1050	1048	n.v.t.	2	1	40,05
13	2500	1110	1050	n.v.t.	2	1	38,75
14	1500	1146	1110	n.v.t.	2	1	36,75
15	1100	1172	1146	n.v.t.	2	1	35,45
16	2600	1234	1172	n.v.t.	2	1	33,60
17	2900	1303	1234	n.v.t.	2	1	30,85
18	2900	1373	1234	n.v.t.	2	1	27,95
19	2900	1442	1373	n.v.t.	2	1	25,05
20	2900	1512	1442	n.v.t.	2	1	22,15
21	2900	1581	1512	n.v.t.	2	1	19,25
22	2900	1650	1581	n.v.t.	2	1	16,35
23	2900	1720	1650	n.v.t.	2	1	13,45
24	3000	1791	1720	n.v.t.	2	1	10,50
25	3000	1863	1791	n.v.t.	2	1	7,50
26	3000	1935	1863	n.v.t.	2	1	4,50
27	3000	2007	1935	n.v.t.	2	1	1,50
	63000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (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	587	12,0	21665	170,07	8,95E+08	203,23	3,05E+06
4	621	12,0	22972	180,33	1,07E+09	215,48	3,43E+06
5	641	12,0	23716	186,17	1,17E+09	222,46	3,66E+06
6	676	12,0	25023	196,43	1,38E+09	234,71	4,08E+06
7	743	12,0	27547	216,25	1,84E+09	258,38	4,95E+06
8	812	12,0	30162	236,77	2,41E+09	282,90	5,95E+06
9	881	15,0	40829	320,51	3,83E+09	306,37	8,70E+06
10	951	15,0	44097	346,16	4,83E+09	330,88	1,02E+07
11	1017	15,0	47196	370,49	5,92E+09	354,13	1,16E+07
12	1049	20,0	64642	507,44	8,56E+09	363,81	1,63E+07
13	1080	20,0	66595	522,77	9,35E+09	374,79	1,73E+07
14	1128	20,0	69600	546,36	1,07E+10	391,70	1,89E+07
15	1159	20,0	71553	561,69	1,16E+10	402,69	2,00E+07
16	1203	20,0	74333	583,51	1,30E+10	418,33	2,16E+07
17	1269	22,0	86173	676,46	1,67E+10	440,88	2,64E+07
18	1303	22,0	88569	695,27	1,82E+10	453,14	2,79E+07
19	1407	22,0	95759	751,71	2,30E+10	489,91	3,27E+07
20	1477	22,0	100552	789,33	2,66E+10	514,42	3,60E+07
21	1546	22,0	105345	826,96	3,06E+10	538,94	3,96E+07
22	1616	22,0	110138	864,58	3,50E+10	563,46	4,33E+07
23	1685	22,0	114931	902,21	3,97E+10	587,97	4,72E+07
24	1755	22,0	119806	940,48	4,50E+10	612,91	5,13E+07
25	1827	22,0	124765	979,40	5,08E+10	638,27	5,56E+07
26	1899	22,0	129723	1018,32	5,71E+10	663,63	6,02E+07
27	1971	22,0	134681	1057,25	6,39E+10	689,00	6,49E+07

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	63000	1 -- 2	1	700	1,87E+04	5,77E+08
2	62300	2 -- 3	2	2200	2,00E+04	7,06E+08
3	60100	3 -- 4	3	1450	2,17E+04	8,95E+08
4	58650	4 -- 5	4	1450	2,30E+04	1,07E+09
5	57200	5 -- 6	5	200	2,37E+04	1,17E+09
6	57000	6 -- 7	6	2700	2,50E+04	1,38E+09
7	54300	7 -- 8	7	2900	2,75E+04	1,84E+09
8	51400	8 -- 9	8	2900	3,02E+04	2,41E+09
9	48500	9 -- 10	9	2900	4,08E+04	3,83E+09
10	45600	10 -- 11	10	2900	4,41E+04	4,83E+09
11	42700	11 -- 12	11	2600	4,72E+04	5,92E+09
12	40100	12 -- 13	12	100	6,46E+04	8,56E+09
13	40000	13 -- 14	13	2500	6,66E+04	9,35E+09
14	37500	14 -- 15	14	1500	6,96E+04	1,07E+10
15	36000	15 -- 16	15	1100	7,16E+04	1,16E+10
16	34900	16 -- 17	16	2600	7,43E+04	1,30E+10
17	32300	17 -- 18	17	2900	8,62E+04	1,67E+10
18	29400	18 -- 19	18	2900	8,86E+04	1,82E+10
19	26500	19 -- 20	19	2900	9,58E+04	2,30E+10
20	23600	20 -- 21	20	2900	1,01E+05	2,66E+10
21	20700	21 -- 22	21	2900	1,05E+05	3,06E+10
22	17800	22 -- 23	22	2900	1,10E+05	3,50E+10
23	14900	23 -- 24	23	2900	1,15E+05	3,97E+10
24	12000	24 -- 25	24	3000	1,20E+05	4,50E+10
25	9000	25 -- 26	25	3000	1,25E+05	5,08E+10
26	6000	26 -- 27	26	3000	1,30E+05	5,71E+10
27	3000	27 -- 28	27	3000	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	62,65	0,21	1,20	32,49	0,17	1463
2	61,20	0,21	1,20	32,35	0,17	1454
3	59,38	0,21	1,19	32,18	0,18	1443
4	57,93	0,21	1,19	32,04	0,18	1434
5	57,10	0,21	1,18	31,96	0,18	1429
6	55,65	0,21	1,18	31,82	0,18	1420
7	52,85	0,21	1,17	31,52	0,18	1401
8	49,95	0,21	1,16	31,21	0,18	1380
9	47,05	0,21	1,14	30,87	0,18	1359
10	44,15	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
11	41,40	0,21	1,12	30,14	0,19	1313
12	40,05	0,21	1,11	29,96	0,19	1302
13	38,75	0,21	1,10	29,77	0,19	1290
14	36,75	0,21	1,09	29,47	0,19	1272
15	35,45	0,21	1,08	29,27	0,19	1259
16	33,60	0,21	1,07	28,96	0,20	1241
17	30,85	0,21	1,05	28,48	0,20	1211
18	27,95	0,21	1,03	27,92	0,20	1178
19	25,05	0,21	1,01	27,30	0,21	1141
20	22,15	0,21	0,99	26,61	0,21	1101
21	19,25	0,21	0,96	25,82	0,22	1055
22	16,35	0,21	0,92	24,89	0,23	1003
23	13,45	0,21	0,88	23,79	0,24	942
24	10,50	0,21	0,83	22,39	0,25	867
25	7,50	0,21	0,76	20,49	0,28	769
26	4,50	0,21	0,65	17,60	0,32	629
27	1,50	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	300	0,30	0,00	5,91E-02	2106,06
2	2 -- 3	3787	5022	6,46	0,61	5,91E-02	2064,66
3	3 -- 4	2684		10,24	18,97	5,90E-02	1934,66
4	4 -- 5	2832		12,93	35,77	5,88E-02	1849,25
5	5 -- 6	402		15,76	56,57	5,85E-02	1764,20
6	6 -- 7	5709	37300	53,46	59,76	5,84E-02	1752,51
7	7 -- 8	6706		59,17	211,81	5,72E-02	1596,08
8	8 -- 9	7301		65,88	393,13	5,49E-02	1433,17
9	9 -- 10	9730	37300	110,48	594,75	5,21E-02	1277,67
10	10 -- 11	10474		120,21	929,24	4,94E-02	1130,20
11	11 -- 12	10023	3713	134,39	1293,03	4,62E-02	991,35
12	12 -- 13	522		144,42	1655,48	4,31E-02	875,04
13	13 -- 14	13444	37300	182,24	1669,95	4,30E-02	870,74
14	14 -- 15	8420		195,68	2142,35	4,06E-02	766,05
15	15 -- 16	6344	10104	214,21	2442,19	3,91E-02	706,25
16	16 -- 17	15561		220,55	2681,31	3,79E-02	663,88
17	17 -- 18	20052		236,11	3274,97	3,51E-02	568,83
18	18 -- 19	20598		256,16	3988,77	3,21E-02	471,25
19	19 -- 20	22234		276,76	4761,51	2,88E-02	382,82
20	20 -- 21	23326		299,00	5596,36	2,57E-02	303,73
21	21 -- 22	24417	8333	330,65	6497,27	2,25E-02	233,69
22	22 -- 23	25508		355,07	7491,57	1,94E-02	172,79
23	23 -- 24	26599		380,58	8558,27	1,62E-02	121,05
24	24 -- 25	28664		407,18	9700,51	1,31E-02	78,51
25	25 -- 26	29832		435,84	10965,05	9,77E-03	44,18
26	26 -- 27	31000		465,67	12317,32	6,50E-03	19,67
27	27 -- 28	32167		496,67	13760,84	3,24E-03	4,95
28			10574	539,42	15299,12	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,3	30,0	2,106	2938,17	625,888
2	2 -- 3	378,7	502,2	2,065	17601,29	3655,229
3	3 -- 4	268,4		1,935	4980,66	960,571
4	4 -- 5	283,2		1,849	5020,00	924,545
5	5 -- 6	40,2		1,764	694,02	124,397
6	6 -- 7	570,9	3730,0	1,753	73503,02	13056,211
7	7 -- 8	670,6		1,596	9964,33	1538,451
8	8 -- 9	730,1		1,433	9708,31	1341,367
9	9 -- 10	973,0	3730,0	1,278	58242,81	7499,248
10	10 -- 11	1047,4		1,130	10899,06	1178,539
11	11 -- 12	1002,3	371,3	0,991	12786,26	1237,724
12	12 -- 13	52,2		0,875	447,37	39,806
13	13 -- 14	1344,4	3730,0	0,871	42654,95	3728,461
14	14 -- 15	842,0		0,766	6080,86	456,311
15	15 -- 16	634,4	1010,4	0,706	11263,56	801,688
16	16 -- 17	1556,1		0,664	9409,11	591,170
17	17 -- 18	2005,2		0,569	10229,90	542,302
18	18 -- 19	2059,8		0,471	8628,88	375,621
19	19 -- 20	2223,4		0,383	7487,48	262,003
20	20 -- 21	2332,6		0,304	6148,74	168,423
21	21 -- 22	2441,7	833,3	0,234	6778,46	146,364
22	22 -- 23	2550,8		0,173	3676,38	55,059
23	23 -- 24	2659,9		0,121	2603,64	26,483
24	24 -- 25	2866,4		0,079	1724,95	10,786
25	25 -- 26	2983,2		0,044	934,15	3,040
26	26 -- 27	3100,0		0,020	374,33	0,470
27	27 -- 28	3216,7		0,005	78,15	0,020
28			1057,4	0,000	0,00	0,000
				Som	324859	39350

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

$n_{1,x}$	=	0,46	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	922	0,990	0,700	0,69	632,90	0,69
2 -- 3	172	0,949	2,200	1,98	341,44	2,09
3 -- 4	185	0,898	1,450	1,17	216,57	1,30
4 -- 5	195	0,858	1,450	1,07	208,44	1,24
5 -- 6	18851	0,835	0,200	0,14	2628,11	0,17
6 -- 7	211	0,795	2,700	1,71	360,79	2,15
7 -- 8	231	0,719	2,900	1,50	346,85	2,09
8 -- 9	1538	0,644	2,900	1,20	1847,37	1,87
9 -- 10	336	0,572	2,900	0,95	317,95	1,66
10 -- 11	489	0,504	2,900	0,74	359,90	1,46
11 -- 12	385	0,443	2,600	0,51	196,78	1,15
12 -- 13	37822	0,414	0,100	0,02	649,72	0,04
13 -- 14	538	0,389	2,500	0,38	203,01	0,97
14 -- 15	1235	0,350	1,500	0,18	226,33	0,52
15 -- 16	577	0,325	1,100	0,12	67,12	0,36
16 -- 17	599	0,293	2,600	0,22	133,28	0,76
17 -- 18	691	0,247	2,900	0,18	122,26	0,72
18 -- 19	710	0,203	2,900	0,12	84,69	0,59
19 -- 20	767	0,163	2,900	0,08	59,07	0,47
20 -- 21	1092	0,128	2,900	0,05	51,54	0,37
21 -- 22	842	0,097	2,900	0,03	22,74	0,28
22 -- 23	880	0,070	2,900	0,01	12,41	0,20
23 -- 24	917	0,047	2,900	0,01	5,97	0,14
24 -- 25	955	0,029	3,000	0,00	2,43	0,09
25 -- 26	994	0,015	3,000	0,00	0,69	0,05
26 -- 27	1033	0,006	3,000	0,00	0,11	0,02
27 -- 28	1425	0,001	3,000	0,00	0,01	0,00
		Σ	63,00	13,04	9098,48	21,44

m_e = 9098,5 / 13,0 = 697,9 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,46	Hz
b =	1,25	m
h =	63,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	37,80	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	87,54	

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

B^2 = 0,48

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,087	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,099	
$v_m(z_s)$ =	29,63	m/s
$v_m(z)$ =	32,52	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,19	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,11

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,23	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,22	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	11,18	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,24	
R^2 =	1,31	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,39	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,49

$c_s c_d$ = **1,19**

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	32,5	1,10E+06	0,77	0,84	0,65
2	32,4	1,17E+06	0,77	0,84	0,65
3	32,2	1,26E+06	0,77	0,84	0,65
4	32,0	1,33E+06	0,77	0,84	0,65
5	32,0	1,37E+06	0,77	0,84	0,65
6	31,8	1,43E+06	0,77	0,84	0,64
7	31,5	1,56E+06	0,77	0,84	0,64
8	31,2	1,69E+06	0,77	0,84	0,64
9	30,9	1,81E+06	0,77	0,84	0,64
10	30,5	1,93E+06	0,77	0,84	0,64
11	30,1	2,04E+06	0,77	0,84	0,64
12	30,0	2,09E+06	0,77	0,84	0,64
13	29,8	2,14E+06	0,77	0,84	0,64
14	29,5	2,22E+06	0,76	0,84	0,64
15	29,3	2,26E+06	0,76	0,84	0,64
16	29,0	2,32E+06	0,76	0,84	0,64
17	28,5	2,41E+06	0,76	0,84	0,64
18	27,9	2,43E+06	0,76	0,84	0,64
19	27,3	2,56E+06	0,76	0,84	0,63
20	26,6	2,62E+06	0,76	0,84	0,63
21	25,8	2,66E+06	0,76	0,84	0,63
22	24,9	2,68E+06	0,75	0,84	0,63
23	23,8	2,67E+06	0,75	0,84	0,63
24	22,4	2,62E+06	0,75	0,84	0,62
25	20,5	2,50E+06	0,74	0,84	0,62
26	17,6	2,23E+06	0,73	0,84	0,61
27	16,9	2,22E+06	0,73	0,84	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	62,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - J en J2		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	48,50	1			
3e traverse - 380C1F3	40,00	1			
Passieve run	36,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	62,30	1,458
1e traverse - 380C1F1	57,00	4,410
2e traverse - 380C1F2	48,50	4,410
3e traverse - 380C1F3	40,00	4,410
Passieve run	36,00	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	62,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	57,00	1			
2e traverse - 380C1F2	48,50	1			
3e traverse - 380C1F3	40,00	1			
Passieve run	36,00	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	0,230	0,084	547	0,782
2	3457	330	3787	0,772	0,264	1795	0,816
3	2466	218	2684	0,550	0,174	1243	0,858
4	2615	218	2832	0,582	0,174	1290	0,890
5	372	30	402	0,083	0,024	182	0,908
6	5304	405	5709	1,177	0,324	2536	0,939
7	6271	435	6706	1,387	0,348	2894	0,998
8	6866	435	7301	1,515	0,348	3062	1,056
9	9295	435	9730	1,642	0,348	3220	1,110
10	10039	435	10474	1,769	0,348	3368	1,161
11	9633	390	10023	1,694	0,312	3136	1,206
12	507	15	522	0,067	0,012	123	1,227
13	13069	375	13444	1,728	0,300	3115	1,246
14	8195	225	8420	1,081	0,180	1910	1,273
15	6179	165	6344	0,814	0,132	1419	1,290
16	15171	390	15561	1,996	0,312	3410	1,311
17	19617	435	20052	2,345	0,348	3884	1,339
18	20163	435	20598	2,404	0,348	3860	1,331
19	21799	435	22234	2,591	0,348	3993	1,377
20	22891	435	23326	2,712	0,348	4010	1,383
21	23982	435	24417	2,832	0,348	3994	1,377
22	25073	435	25508	2,949	0,348	3938	1,358
23	26164	435	26599	3,064	0,348	3827	1,320
24	28214	450	28664	3,284	0,360	3762	1,254
25	29382	450	29832	3,391	0,360	3434	1,145
26	30550	450	31000	3,473	0,360	2870	0,957
27	31717	450	32167	3,592	0,360	2814	0,938
	380020	9450	389470	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	73637

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2066	5956	6268	22044	8056
3	3 -- 4	2221				
4	4 -- 5	2344				
5	5 -- 6	2414				
6	6 -- 7	2537	44158	46792	74306	52720
7	7 -- 8	2775				
8	8 -- 9	3021				
9	9 -- 10	4026	44158	46792	74306	52720
10	10 -- 11	4334				
11	11 -- 12	4626	4456	4456	4456	4456
12	12 -- 13	6269				
13	13 -- 14	6453	44158	46792	74306	52720
14	14 -- 15	6736				
15	15 -- 16	6920	11976	12568	44144	16162
16	16 -- 17	7182				
17	17 -- 18	8297				
18	18 -- 19	8523				
19	19 -- 20	9200				
20	20 -- 21	9652				
21	21 -- 22	10103	9999	9999	9999	9999
22	22 -- 23	10555				
23	23 -- 24	11006				
24	24 -- 25	11466				
25	25 -- 26	11933				
26	26 -- 27	12400				
27	27 -- 28	12867				
28			12689	12689	12689	12689

KEMA rapport - bijlage J - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	782				
2	2 -- 3	816	7754	2010	8870	1906
3	3 -- 4	858				
4	4 -- 5	890				
5	5 -- 6	908				
6	6 -- 7	939	46438	11752	29474	11054
7	7 -- 8	998				
8	8 -- 9	1056				
9	9 -- 10	1110	43794	10982	27622	10318
10	10 -- 11	1161				
11	11 -- 12	1206				
12	12 -- 13	1227				
13	13 -- 14	1246	40438	10010	25270	9396
14	14 -- 15	1273				
15	15 -- 16	1290	12516	3124	13864	2952
16	16 -- 17	1311				
17	17 -- 18	1339				
18	18 -- 19	1331				
19	19 -- 20	1377				
20	20 -- 21	1383				
21	21 -- 22	1377				
22	22 -- 23	1358				
23	23 -- 24	1320				
24	24 -- 25	1254				
25	25 -- 26	1145				
26	26 -- 27	957				
27	27 -- 28	938				
28						

KEMA rapport - bijlage J2 - 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	1251				
2	2 -- 3	1305	11192	2912	12942	2792
3	3 -- 4	1372				
4	4 -- 5	1424				
5	5 -- 6	1453				
6	6 -- 7	1503	66648	17066	42744	16208
7	7 -- 8	1597				
8	8 -- 9	1689				
9	9 -- 10	1777	62800	15966	40088	15140
10	10 -- 11	1858				
11	11 -- 12	1930				
12	12 -- 13	1963				
13	13 -- 14	1994	57946	14574	36710	13796
14	14 -- 15	2037				
15	15 -- 16	2064	17968	4554	20230	4336
16	16 -- 17	2098				
17	17 -- 18	2143				
18	18 -- 19	2130				
19	19 -- 20	2203				
20	20 -- 21	2213				
21	21 -- 22	2204				
22	22 -- 23	2172				
23	23 -- 24	2111				
24	24 -- 25	2006				
25	25 -- 26	1832				
26	26 -- 27	1531				
27	27 -- 28	1501				
28						

KEMA rapport - bijlage J - 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	547		0	0,00E+00	9,06E-03	319
2	2 -- 3	1795		547	2,31E+05	9,06E-03	312
3	3 -- 4	1243		2342	3,61E+06	9,04E-03	293
4	4 -- 5	1290		3586	8,07E+06	9,00E-03	279
5	5 -- 6	182		4876	1,44E+07	8,93E-03	266
6	6 -- 7	2536		5058	1,55E+07	8,91E-03	265
7	7 -- 8	2894		7594	3,39E+07	8,69E-03	241
8	8 -- 9	3062		10488	6,17E+07	8,35E-03	216
9	9 -- 10	3220		13550	9,91E+07	7,90E-03	192
10	10 -- 11	3368		16770	1,46E+08	7,47E-03	170
11	11 -- 12	3136		20138	2,02E+08	6,97E-03	149
12	12 -- 13	123		23274	2,61E+08	6,49E-03	132
13	13 -- 14	3115		23397	2,63E+08	6,48E-03	131
14	14 -- 15	1910		26512	3,29E+08	6,11E-03	115
15	15 -- 16	1419		28422	3,72E+08	5,87E-03	106
16	16 -- 17	3410		29841	4,05E+08	5,70E-03	100
17	17 -- 18	3884		33251	4,90E+08	5,27E-03	86
18	18 -- 19	3860		37135	5,96E+08	4,83E-03	71
19	19 -- 20	3993		40995	7,13E+08	4,33E-03	58
20	20 -- 21	4010		44988	8,41E+08	3,87E-03	46
21	21 -- 22	3994		48998	9,81E+08	3,40E-03	35
22	22 -- 23	3938		52993	1,13E+09	2,92E-03	26
23	23 -- 24	3827		56930	1,29E+09	2,44E-03	18
24	24 -- 25	3762		60757	1,47E+09	1,96E-03	12
25	25 -- 26	3434		64519	1,66E+09	1,47E-03	7
26	26 -- 27	2870		67953	1,86E+09	9,76E-04	3
27	27 -- 28	2814		70824	2,07E+09	4,86E-04	1
28				73637	2,28E+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	4,26E-02	1395
2	2 -- 3		7754	193194	1,85E+05	4,26E-02	1365
3	3 -- 4			1117004	1,82E+07	4,25E-02	1271
4	4 -- 5			1882317	3,02E+07	4,23E-02	1210
5	5 -- 6			2810785	4,23E+07	4,21E-02	1148
6	6 -- 7		46438	3290271	4,43E+07	4,20E-02	1140
7	7 -- 8			9691100	1,97E+08	4,09E-02	1028
8	8 -- 9			17049753	3,62E+08	3,89E-02	912
9	9 -- 10		43794	28719155	5,30E+08	3,63E-02	803
10	10 -- 11			40545942	8,26E+08	3,39E-02	700
11	11 -- 12			52792306	1,12E+09	3,12E-02	606
12	12 -- 13			63613285	1,39E+09	2,85E-02	528
13	13 -- 14		40438	64154608	1,40E+09	2,85E-02	525
14	14 -- 15			77131063	1,76E+09	2,65E-02	457
15	15 -- 16		12516	85158433	1,97E+09	2,52E-02	418
16	16 -- 17			90956019	2,15E+09	2,43E-02	391
17	17 -- 18			104710888	2,55E+09	2,21E-02	330
18	18 -- 19			119743071	3,00E+09	1,98E-02	269
19	19 -- 20			134154438	3,46E+09	1,73E-02	216
20	20 -- 21			147774477	3,91E+09	1,51E-02	168
21	21 -- 22			160823631	4,36E+09	1,30E-02	128
22	22 -- 23			172744473	4,81E+09	1,09E-02	93
23	23 -- 24			183361516	5,26E+09	8,93E-03	64
24	24 -- 25			192500742	5,70E+09	7,02E-03	41
25	25 -- 26			200226736	6,16E+09	5,14E-03	23
26	26 -- 27			205992311	6,62E+09	3,34E-03	10
27	27 -- 28			209606279	7,08E+09	1,63E-03	2
28	28 -- 29			210902769	7,53E+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	1,08E-02	352
2	2 -- 3		2010	2010	4,69E+04	1,08E-02	344
3	3 -- 4			2010	4,70E+06	1,07E-02	320
4	4 -- 5			2010	7,81E+06	1,07E-02	305
5	5 -- 6			2010	1,10E+07	1,06E-02	289
6	6 -- 7		11752	13762	1,15E+07	1,06E-02	287
7	7 -- 8			13762	5,02E+07	1,03E-02	259
8	8 -- 9			13762	9,20E+07	9,81E-03	230
9	9 -- 10		10982	24744	1,35E+08	9,17E-03	202
10	10 -- 11			24744	2,10E+08	8,55E-03	176
11	11 -- 12			24744	2,84E+08	7,85E-03	152
12	12 -- 13			24744	3,52E+08	7,19E-03	133
13	13 -- 14		10010	34754	3,54E+08	7,17E-03	132
14	14 -- 15			34754	4,44E+08	6,66E-03	115
15	15 -- 16		3124	37878	4,98E+08	6,35E-03	105
16	16 -- 17			37878	5,42E+08	6,11E-03	98
17	17 -- 18			37878	6,43E+08	5,55E-03	83
18	18 -- 19			37878	7,57E+08	4,98E-03	68
19	19 -- 20			37878	8,71E+08	4,36E-03	54
20	20 -- 21			37878	9,84E+08	3,80E-03	42
21	21 -- 22			37878	1,10E+09	3,26E-03	32
22	22 -- 23			37878	1,21E+09	2,74E-03	23
23	23 -- 24			37878	1,32E+09	2,24E-03	16
24	24 -- 25			37878	1,43E+09	1,77E-03	10
25	25 -- 26			37878	1,55E+09	1,29E-03	6
26	26 -- 27			37878	1,67E+09	8,41E-04	3
27	27 -- 28			37878	1,78E+09	4,10E-04	1
28				37878	1,89E+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	3,04E-02	975
2	2 -- 3		8870	8870	1,32E+05	3,04E-02	953
3	3 -- 4			8870	2,03E+07	3,03E-02	886
4	4 -- 5			8870	3,37E+07	3,00E-02	843
5	5 -- 6			8870	4,72E+07	2,98E-02	799
6	6 -- 7		29474	38344	4,93E+07	2,97E-02	793
7	7 -- 8			38344	1,57E+08	2,88E-02	714
8	8 -- 9			38344	2,74E+08	2,72E-02	633
9	9 -- 10		27622	65966	3,93E+08	2,53E-02	556
10	10 -- 11			65966	5,93E+08	2,36E-02	485
11	11 -- 12			65966	7,92E+08	2,16E-02	420
12	12 -- 13			65966	9,71E+08	1,98E-02	366
13	13 -- 14		25270	91236	9,78E+08	1,97E-02	364
14	14 -- 15			91236	1,22E+09	1,83E-02	316
15	15 -- 16		13864	105100	1,36E+09	1,75E-02	290
16	16 -- 17			105100	1,48E+09	1,68E-02	271
17	17 -- 18			105100	1,76E+09	1,53E-02	229
18	18 -- 19			105100	2,08E+09	1,37E-02	187
19	19 -- 20			105100	2,39E+09	1,20E-02	149
20	20 -- 21			105100	2,70E+09	1,05E-02	117
21	21 -- 22			105100	3,02E+09	9,00E-03	89
22	22 -- 23			105100	3,33E+09	7,57E-03	65
23	23 -- 24			105100	3,64E+09	6,19E-03	45
24	24 -- 25			105100	3,95E+09	4,87E-03	28
25	25 -- 26			105100	4,28E+09	3,57E-03	16
26	26 -- 27			105100	4,59E+09	2,32E-03	7
27	27 -- 28			105100	4,91E+09	1,13E-03	2
28				105100	5,23E+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	1,01E-02	331
2	2 -- 3		1906	1906	4,41E+04	1,01E-02	324
3	3 -- 4			1906	4,46E+06	1,01E-02	301
4	4 -- 5			1906	7,40E+06	1,01E-02	287
5	5 -- 6			1906	1,04E+07	1,00E-02	272
6	6 -- 7		11054	12960	1,09E+07	9,99E-03	270
7	7 -- 8			12960	4,74E+07	9,73E-03	244
8	8 -- 9			12960	8,67E+07	9,23E-03	216
9	9 -- 10		10318	23278	1,27E+08	8,63E-03	190
10	10 -- 11			23278	1,97E+08	8,05E-03	166
11	11 -- 12			23278	2,68E+08	7,39E-03	143
12	12 -- 13			23278	3,31E+08	6,76E-03	125
13	13 -- 14		9396	32674	3,33E+08	6,74E-03	124
14	14 -- 15			32674	4,18E+08	6,27E-03	108
15	15 -- 16		2952	35626	4,69E+08	5,97E-03	99
16	16 -- 17			35626	5,10E+08	5,75E-03	92
17	17 -- 18			35626	6,05E+08	5,22E-03	78
18	18 -- 19			35626	7,12E+08	4,68E-03	64
19	19 -- 20			35626	8,19E+08	4,10E-03	51
20	20 -- 21			35626	9,26E+08	3,58E-03	40
21	21 -- 22			35626	1,03E+09	3,07E-03	30
22	22 -- 23			35626	1,14E+09	2,58E-03	22
23	23 -- 24			35626	1,24E+09	2,11E-03	15
24	24 -- 25			35626	1,35E+09	1,66E-03	10
25	25 -- 26			35626	1,46E+09	1,22E-03	5
26	26 -- 27			35626	1,57E+09	7,91E-04	2
27	27 -- 28			35626	1,67E+09	3,86E-04	1
28				35626	1,78E+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	1,13E-02	247
2	2 -- 3				7,11E+06	1,13E-02	239
3	3 -- 4				7,11E+06	1,11E-02	215
4	4 -- 5				7,11E+06	1,11E-02	198
5	5 -- 6				7,11E+06	1,10E-02	182
6	6 -- 7				1,72E+08	1,10E-02	180
7	7 -- 8				1,72E+08	9,44E-03	153
8	8 -- 9				1,72E+08	8,15E-03	127
9	9 -- 10				3,36E+08	7,17E-03	105
10	10 -- 11				3,36E+08	5,96E-03	86
11	11 -- 12				3,36E+08	5,00E-03	70
12	12 -- 13				3,36E+08	4,29E-03	58
13	13 -- 14				5,01E+08	4,28E-03	57
14	14 -- 15				5,01E+08	3,64E-03	47
15	15 -- 16				5,18E+08	3,30E-03	42
16	16 -- 17				5,18E+08	3,07E-03	39
17	17 -- 18				5,18E+08	2,58E-03	31
18	18 -- 19				5,18E+08	2,15E-03	25
19	19 -- 20				5,18E+08	1,76E-03	19
20	20 -- 21				5,18E+08	1,44E-03	14
21	21 -- 22				5,18E+08	1,17E-03	10
22	22 -- 23				5,18E+08	9,41E-04	7
23	23 -- 24				5,18E+08	7,36E-04	5
24	24 -- 25				5,18E+08	5,56E-04	3
25	25 -- 26				5,18E+08	3,91E-04	2
26	26 -- 27				5,18E+08	2,46E-04	1
27	27 -- 28				5,18E+08	1,16E-04	0
28					5,18E+08	0,00E+00	0

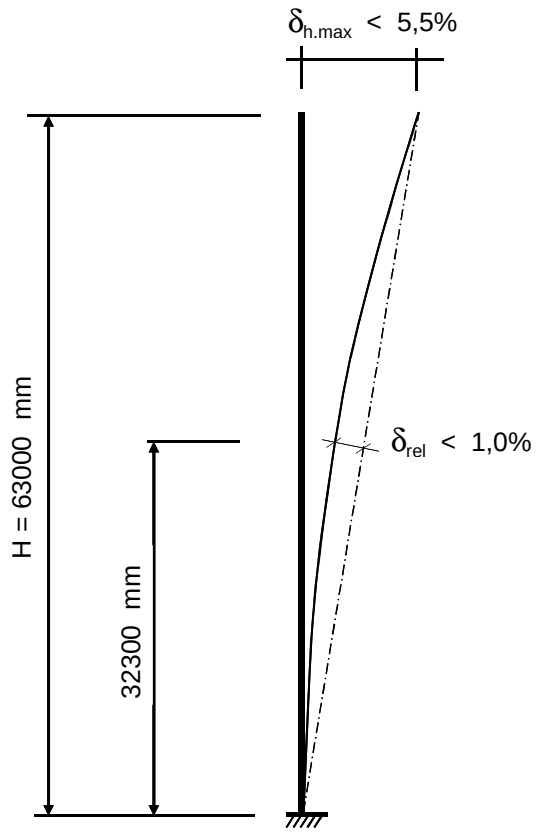
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	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	6,3E-02	1960
2	2 -- 3	6,3E-02	1916
3	3 -- 4	6,3E-02	1778
4	4 -- 5	6,2E-02	1688
5	5 -- 6	6,2E-02	1597
6	6 -- 7	6,2E-02	1585
7	7 -- 8	5,9E-02	1421
8	8 -- 9	5,5E-02	1255
9	9 -- 10	5,1E-02	1100
10	10 -- 11	4,7E-02	956
11	11 -- 12	4,3E-02	825
12	12 -- 13	3,9E-02	718
13	13 -- 14	3,9E-02	714
14	14 -- 15	3,6E-02	619
15	15 -- 16	3,4E-02	566
16	16 -- 17	3,3E-02	529
17	17 -- 18	3,0E-02	447
18	18 -- 19	2,7E-02	365
19	19 -- 20	2,3E-02	292
20	20 -- 21	2,0E-02	228
21	21 -- 22	1,8E-02	173
22	22 -- 23	1,5E-02	126
23	23 -- 24	1,2E-02	87
24	24 -- 25	9,5E-03	56
25	25 -- 26	7,0E-03	31
26	26 -- 27	4,6E-03	14
27	27 -- 28	2,2E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1960 mm ----> δ_h *100 / 63000

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 17 ; Hoogte = 32300 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 447 mm
α = 1,78 graden

δ_{rel} = 558 mm ----> δ_h *100 / 63000

Percentage uitbuig. = 0,89 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	821	360	0	0,00E+00	1,31E-02	461
2	2 -- 3	2692	7676	821	2,87E+05	1,31E-02	452
3	3 -- 4	1865	12221	3513	5,06E+06	1,30E-02	423
4	4 -- 5	1936	15441	5378	1,15E+07	1,30E-02	404
5	5 -- 6	272	18840	7314	2,07E+07	1,29E-02	386
6	6 -- 7	3805	63481	7586	2,22E+07	1,29E-02	383
7	7 -- 8	4341	70331	11391	4,78E+07	1,25E-02	349
8	8 -- 9	4593	78378	15732	8,71E+07	1,20E-02	313
9	9 -- 10	4830	131298	20325	1,39E+08	1,14E-02	279
10	10 -- 11	5052	142974	25155	2,05E+08	1,08E-02	247
11	11 -- 12	4705	159997	30207	2,86E+08	1,01E-02	217
12	12 -- 13	184	172025	34912	3,70E+08	9,39E-03	191
13	13 -- 14	4672	216809	35096	3,74E+08	9,37E-03	190
14	14 -- 15	2865	232943	39768	4,67E+08	8,84E-03	168
15	15 -- 16	2128	255023	42633	5,29E+08	8,50E-03	155
16	16 -- 17	5115	262635	44761	5,77E+08	8,25E-03	145
17	17 -- 18	5826	281309	49876	7,00E+08	7,65E-03	125
18	18 -- 19	5790	305372	55702	8,53E+08	7,01E-03	103
19	19 -- 20	5990	330089	61492	1,02E+09	6,30E-03	84
20	20 -- 21	6015	356770	67482	1,21E+09	5,63E-03	67
21	21 -- 22	5992	394760	73498	1,41E+09	4,95E-03	51
22	22 -- 23	5906	424060	79489	1,64E+09	4,26E-03	38
23	23 -- 24	5740	454670	85396	1,88E+09	3,57E-03	27
24	24 -- 25	5643	486589	91136	2,13E+09	2,87E-03	17
25	25 -- 26	5151	520986	96778	2,41E+09	2,15E-03	10
26	26 -- 27	4306	556784	101930	2,71E+09	1,43E-03	4
27	27 -- 28	4221	593984	106235	3,02E+09	7,12E-04	1
28			645273	110456	3,35E+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	5,89E-02	1931
2	2 -- 3		11192	11192	0,00E+00	5,89E-02	1890
3	3 -- 4			11192	2,46E+07	5,87E-02	1760
4	4 -- 5			11192	4,09E+07	5,85E-02	1675
5	5 -- 6			11192	5,71E+07	5,82E-02	1590
6	6 -- 7		66648	77840	5,93E+07	5,81E-02	1579
7	7 -- 8			77840	2,69E+08	5,66E-02	1424
8	8 -- 9			77840	4,95E+08	5,37E-02	1263
9	9 -- 10		62800	140640	7,21E+08	5,02E-02	1112
10	10 -- 11			140640	1,13E+09	4,69E-02	971
11	11 -- 12			140640	1,54E+09	4,31E-02	840
12	12 -- 13			140640	1,90E+09	3,95E-02	733
13	13 -- 14		57946	198586	1,92E+09	3,94E-02	729
14	14 -- 15			198586	2,41E+09	3,66E-02	633
15	15 -- 16		17968	216554	2,71E+09	3,49E-02	580
16	16 -- 17			216554	2,95E+09	3,36E-02	542
17	17 -- 18			216554	3,51E+09	3,06E-02	458
18	18 -- 19			216554	4,14E+09	2,74E-02	374
19	19 -- 20			216554	4,77E+09	2,40E-02	300
20	20 -- 21			216554	5,40E+09	2,10E-02	234
21	21 -- 22			216554	6,02E+09	1,80E-02	178
22	22 -- 23			216554	6,65E+09	1,52E-02	129
23	23 -- 24			216554	7,28E+09	1,24E-02	89
24	24 -- 25			216554	7,91E+09	9,77E-03	57
25	25 -- 26			216554	8,56E+09	7,16E-03	32
26	26 -- 27			216554	9,21E+09	4,66E-03	14
27	27 -- 28			216554	9,86E+09	2,28E-03	3
28				216554	1,05E+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	1,51E-02	493
2	2 -- 3		2912	2912	0,00E+00	1,51E-02	482
3	3 -- 4			2912	6,41E+06	1,50E-02	449
4	4 -- 5			2912	1,06E+07	1,50E-02	427
5	5 -- 6			2912	1,49E+07	1,49E-02	406
6	6 -- 7		17066	19978	1,54E+07	1,49E-02	403
7	7 -- 8			19978	6,94E+07	1,45E-02	363
8	8 -- 9			19978	1,27E+08	1,37E-02	322
9	9 -- 10		15966	35944	1,85E+08	1,28E-02	284
10	10 -- 11			35944	2,89E+08	1,20E-02	248
11	11 -- 12			35944	3,94E+08	1,10E-02	214
12	12 -- 13			35944	4,87E+08	1,01E-02	187
13	13 -- 14		14574	50518	4,91E+08	1,00E-02	186
14	14 -- 15			50518	6,17E+08	9,34E-03	161
15	15 -- 16		4554	55072	6,93E+08	8,90E-03	148
16	16 -- 17			55072	7,53E+08	8,58E-03	138
17	17 -- 18			55072	8,97E+08	7,79E-03	117
18	18 -- 19			55072	1,06E+09	6,99E-03	95
19	19 -- 20			55072	1,22E+09	6,12E-03	76
20	20 -- 21			55072	1,38E+09	5,35E-03	60
21	21 -- 22			55072	1,54E+09	4,59E-03	45
22	22 -- 23			55072	1,70E+09	3,86E-03	33
23	23 -- 24			55072	1,85E+09	3,16E-03	23
24	24 -- 25			55072	2,01E+09	2,49E-03	15
25	25 -- 26			55072	2,18E+09	1,82E-03	8
26	26 -- 27			55072	2,35E+09	1,19E-03	4
27	27 -- 28			55072	2,51E+09	5,79E-04	1
28				55072	2,68E+09	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,26E-02	1366
2	2 -- 3		12942	12942	0,00E+00	4,26E-02	1336
3	3 -- 4			12942	2,85E+07	4,24E-02	1242
4	4 -- 5			12942	4,72E+07	4,21E-02	1181
5	5 -- 6			12942	6,60E+07	4,17E-02	1120
6	6 -- 7		42744	55686	6,86E+07	4,17E-02	1112
7	7 -- 8			55686	2,19E+08	4,03E-02	1001
8	8 -- 9			55686	3,80E+08	3,81E-02	887
9	9 -- 10		40088	95774	5,42E+08	3,54E-02	780
10	10 -- 11			95774	8,20E+08	3,30E-02	681
11	11 -- 12			95774	1,10E+09	3,02E-02	589
12	12 -- 13			95774	1,35E+09	2,77E-02	514
13	13 -- 14		36710	132484	1,36E+09	2,76E-02	511
14	14 -- 15			132484	1,69E+09	2,57E-02	444
15	15 -- 16		20230	152714	1,89E+09	2,45E-02	407
16	16 -- 17			152714	2,05E+09	2,36E-02	380
17	17 -- 18			152714	2,45E+09	2,14E-02	322
18	18 -- 19			152714	2,89E+09	1,92E-02	263
19	19 -- 20			152714	3,34E+09	1,69E-02	210
20	20 -- 21			152714	3,78E+09	1,47E-02	164
21	21 -- 22			152714	4,22E+09	1,26E-02	125
22	22 -- 23			152714	4,67E+09	1,06E-02	91
23	23 -- 24			152714	5,11E+09	8,71E-03	63
24	24 -- 25			152714	5,55E+09	6,86E-03	40
25	25 -- 26			152714	6,01E+09	5,03E-03	22
26	26 -- 27			152714	6,47E+09	3,27E-03	10
27	27 -- 28			152714	6,93E+09	1,60E-03	2
28				152714	7,38E+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	1,43E-02	468
2	2 -- 3		2792	2792	0,00E+00	1,43E-02	458
3	3 -- 4			2792	6,14E+06	1,43E-02	427
4	4 -- 5			2792	1,02E+07	1,42E-02	406
5	5 -- 6			2792	1,42E+07	1,41E-02	385
6	6 -- 7		16208	19000	1,48E+07	1,41E-02	383
7	7 -- 8			19000	6,61E+07	1,37E-02	345
8	8 -- 9			19000	1,21E+08	1,30E-02	306
9	9 -- 10		15140	34140	1,76E+08	1,22E-02	269
10	10 -- 11			34140	2,75E+08	1,14E-02	235
11	11 -- 12			34140	3,74E+08	1,04E-02	203
12	12 -- 13			34140	4,63E+08	9,57E-03	177
13	13 -- 14		13796	47936	4,66E+08	9,54E-03	176
14	14 -- 15			47936	5,86E+08	8,87E-03	153
15	15 -- 16		4336	52272	6,58E+08	8,46E-03	140
16	16 -- 17			52272	7,16E+08	8,14E-03	131
17	17 -- 18			52272	8,52E+08	7,40E-03	111
18	18 -- 19			52272	1,00E+09	6,63E-03	91
19	19 -- 20			52272	1,15E+09	5,82E-03	72
20	20 -- 21			52272	1,31E+09	5,08E-03	57
21	21 -- 22			52272	1,46E+09	4,36E-03	43
22	22 -- 23			52272	1,61E+09	3,67E-03	31
23	23 -- 24			52272	1,76E+09	3,00E-03	22
24	24 -- 25			52272	1,91E+09	2,36E-03	14
25	25 -- 26			52272	2,07E+09	1,73E-03	8
26	26 -- 27			52272	2,23E+09	1,13E-03	3
27	27 -- 28			52272	2,38E+09	5,50E-04	1
28				52272	2,54E+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	1,33E-02	293
2	2 -- 3				8,42E+06	1,33E-02	283
3	3 -- 4				8,42E+06	1,32E-02	254
4	4 -- 5				8,42E+06	1,31E-02	235
5	5 -- 6				8,42E+06	1,31E-02	216
6	6 -- 7				2,03E+08	1,31E-02	213
7	7 -- 8				2,03E+08	1,12E-02	181
8	8 -- 9				2,03E+08	9,65E-03	150
9	9 -- 10				3,98E+08	8,49E-03	124
10	10 -- 11				3,98E+08	7,06E-03	102
11	11 -- 12				3,98E+08	5,92E-03	83
12	12 -- 13				3,98E+08	5,08E-03	68
13	13 -- 14				5,93E+08	5,06E-03	68
14	14 -- 15				5,93E+08	4,31E-03	56
15	15 -- 16				6,14E+08	3,91E-03	50
16	16 -- 17				6,14E+08	3,63E-03	46
17	17 -- 18				6,14E+08	3,05E-03	37
18	18 -- 19				6,14E+08	2,54E-03	29
19	19 -- 20				6,14E+08	2,08E-03	22
20	20 -- 21				6,14E+08	1,71E-03	17
21	21 -- 22				6,14E+08	1,39E-03	12
22	22 -- 23				6,14E+08	1,11E-03	9
23	23 -- 24				6,14E+08	8,71E-04	6
24	24 -- 25				6,14E+08	6,58E-04	4
25	25 -- 26				6,14E+08	4,63E-04	2
26	26 -- 27				6,14E+08	2,91E-04	1
27	27 -- 28				6,14E+08	1,37E-04	0
28					6,14E+08	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	7,68	13,19	31,97
3	3 -- 4	12,22	14,94	61,87
4	4 -- 5	15,44	16,93	82,57
5	5 -- 6	18,84	18,99	104,10
6	6 -- 7	63,48	85,93	434,83
7	7 -- 8	70,33	89,99	592,86
8	8 -- 9	78,38	94,62	791,33
9	9 -- 10	131,30	162,32	1271,02
10	10 -- 11	142,97	167,47	1745,77
11	11 -- 12	160,00	172,86	2239,26
12	12 -- 13	172,02	177,88	2695,22
13	13 -- 14	216,81	236,02	2907,75
14	14 -- 15	232,94	241,01	3504,04
15	15 -- 16	255,02	262,03	3889,07
16	16 -- 17	262,64	264,30	4178,55
17	17 -- 18	281,31	269,76	4872,82
18	18 -- 19	305,37	275,97	5664,12
19	19 -- 20	330,09	282,15	6473,39
20	20 -- 21	356,77	288,54	7300,87
21	21 -- 22	394,76	294,95	8146,93
22	22 -- 23	424,06	301,34	9011,56
23	23 -- 24	454,67	307,64	9894,58
24	24 -- 25	486,59	313,77	10795,63
25	25 -- 26	520,99	319,78	11745,95
26	26 -- 27	556,78	325,28	12713,55
27	27 -- 28	593,98	329,87	13696,27
28		645,27	334,37	14692,64

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 10 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 9

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 / 847	31,97	7,68	44	32,3	833,1	0,04
2	500 / 847	61,87	12,22	138	63,9	1017,9	0,06
3	500 / 847	82,57	15,44	91	86,0	1149,8	0,08
4	500 / 847	104,10	18,84	90	109,2	1289,8	0,09
5	500 / 847	434,83	63,48	12	440,7	1309,8	0,34
6	500 / 847	592,86	70,33	164	610,3	1594,0	0,39
7	500 / 847	791,33	78,38	166	821,8	1930,3	0,43
8	500 / 847	1271,02	131,30	155	1321,8	2298,7	0,59
9	847 / 1048	1745,77	142,97	143	1817,1	3341,1	0,55
10	847 / 1048	2239,26	160,00	131	2331,6	3879,6	0,61
11	847 / 1048	2695,22	172,02	107	2806,0	4396,5	0,65
12	1048 / 1234	2907,75	216,81	4	3019,4	5805,4	0,53
13	1048 / 1234	3504,04	232,94	94	3637,7	6505,4	0,57
14	1048 / 1234	3889,07	255,02	53	4036,2	6944,6	0,59
15	1048 / 1234	4178,55	262,64	37	4335,5	7275,7	0,61
16	1048 / 1234	4872,82	281,31	82	5052,8	8089,1	0,64
17	1234/ 2007	5664,12	305,37	82	5869,2	9906,0	0,60
18	1234/ 2007	6473,39	330,09	73	6702,5	11016,4	0,62
19	1234/ 2007	7300,87	356,77	64	7552,7	12185,7	0,63
20	1234/ 2007	8146,93	394,76	55	8420,6	13414,1	0,64
21	1234/ 2007	9011,56	424,06	47	9305,1	14701,4	0,64
22	1234/ 2007	9894,58	454,67	39	10205,9	16047,8	0,65
23	1234/ 2007	10795,63	486,59	31	11122,2	17453,2	0,65
24	1234/ 2007	11745,95	520,99	25	12085,5	18969,0	0,65
25	1234/ 2007	12713,55	556,78	17	13062,8	20548,1	0,65
26	1234/ 2007	13696,27	593,98	10	14051,6	22190,3	0,65
27	1234/ 2007	14692,64	645,27	3	15050,1	23895,6	0,64

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ 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
517	12,0	43,06	0,81	355	355
569	12,0	47,45	0,81	355	355
604	12,0	50,34	0,81	355	355
639	12,0	53,22	0,81	355	355
643	12,0	53,62	0,81	355	355
708	12,0	59,00	0,81	355	355
777	12,0	64,78	0,81	335	355
847	12,0	70,56	0,81	316	355
916	15,0	61,07	0,81	349	355
985	15,0	65,70	0,81	332	355
1048	15,0	69,84	0,81	318	355
1050	20,0	52,50	0,81	355	355
1110	20,0	55,49	0,81	355	355
1146	20,0	57,28	0,81	355	355
1172	20,0	58,60	0,81	355	355
1234	20,0	61,71	0,81	346	355
1303	22,0	59,25	0,81	355	355
1373	22,0	62,40	0,81	344	355
1442	22,0	65,55	0,81	332	355
1512	22,0	68,71	0,81	322	355
1581	22,0	71,86	0,81	313	355
1650	22,0	75,01	0,81	304	355
1720	22,0	78,16	0,81	296	355
1791	22,0	81,42	0,81	288	355
1863	22,0	84,68	0,81	281	355
1935	22,0	87,94	0,81	275	355
2007	22,0	91,21	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 / 847	14,24	0,41	355	355	0,04
2	500 / 847	24,57	0,61	355	355	0,07
3	500 / 847	28,19	0,71	355	355	0,08
4	500 / 847	31,81	0,82	355	355	0,09
5	500 / 847	120,38	2,68	355	355	0,35
6	500 / 847	149,58	2,81	355	355	0,43
7	500 / 847	165,94	2,85	355	335	0,48
8	500 / 847	222,34	4,35	355	316	0,64
9	847 / 1048	208,97	3,50	355	349	0,60
10	847 / 1048	229,58	3,63	355	332	0,66
11	847 / 1048	240,96	3,64	355	318	0,69
12	1048 / 1234	185,07	3,35	355	355	0,53
13	1048 / 1234	209,97	3,50	355	355	0,60
14	1048 / 1234	213,12	3,66	355	355	0,61
15	1048 / 1234	216,49	3,67	355	355	0,62
16	1048 / 1234	233,65	3,78	355	346	0,67
17	1234/ 2007	222,30	3,54	355	355	0,64
18	1234/ 2007	240,20	3,73	355	344	0,69
19	1234/ 2007	231,27	3,73	355	332	0,66
20	1234/ 2007	233,68	3,93	355	322	0,67
21	1234/ 2007	235,10	4,03	355	313	0,68
22	1234/ 2007	235,77	4,13	355	304	0,68
23	1234/ 2007	235,82	4,23	355	296	0,68
24	1234/ 2007	235,69	4,35	355	288	0,68
25	1234/ 2007	234,79	4,46	355	281	0,68
26	1234/ 2007	233,52	4,58	355	275	0,67
27	1234/ 2007	231,94	4,79	355	269	0,67

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

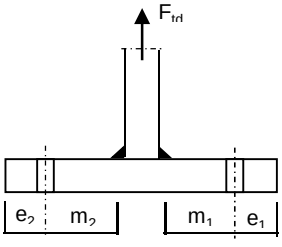
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

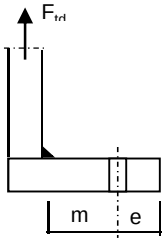
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

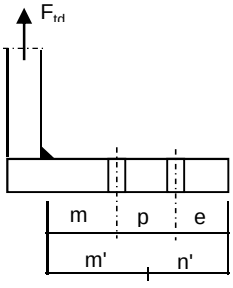
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2165					
st.c binnenkant		1805					
1985	56	517,18	5,97	28	M 48 - 8,8	848,4	0,61
flenzen op 20,7 m hoogte.							
st.c buitenkant		1320,00					
1320,00	36	674,80	8,19	21	M 48 - 10,9	1060,6	0,64
flenzen op 42,7 m hoogte.							
st.c buitenkant		805,00					
805,00	20	548,34	8,64	11	M 48 - 10,9	1060,6	0,52

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							
2165,00	1805,00	72,5	90,0	90,0			202,5
2165,00	1805,00	72,0	90,0	90,0			242,9
flenzen op 20,7 m hoogte.							
1320,00	1320,0	67,0	60,0	60,0			115,2
1320,00	1320,0	67,0	60,0	60,0			115,2
flenzen op 42,7 m hoogte.							
805,00	805,0	68,4	60,0	60,0			126,4
805,00	805,0	68,4	60,0	60,0			126,4

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	6,11E+07	3371,07	1691,83	1696,90	1691,83	1034,36	0,61
60	7,32E+07	4070,38	1847,25	1696,90	1696,90	1034,36	0,61
flenzen op 20,7 m hoogte.							
80	6,17E+07	1843,84	987,43	2121,12	987,43	674,80	0,68
80	6,17E+07	1843,84	987,43	2121,12	987,43	674,80	0,68
flenzen op 42,7 m hoogte.							
60	3,81E+07	1114,28	792,33	2121,12	792,33	548,34	0,69
60	3,81E+07	1114,28	792,33	2121,12	792,33	548,34	0,69
	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 / 2007	0,46	1,253	0,18	3,18

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	2106	1,000		1,000			
2	2065	0,980	1 -- 2	0,990	113	532	922,2
3	1935	0,919	2 -- 3	0,949	379		172,2
4	1849	0,878	3 -- 4	0,898	268		185,1
5	1764	0,838	4 -- 5	0,858	283		195,3
6	1753	0,832	5 -- 6	0,835	40	3730	18851,2
7	1596	0,758	6 -- 7	0,795	571		211,4
8	1433	0,680	7 -- 8	0,719	671		231,2
9	1278	0,607	8 -- 9	0,644	730	3730	1538,0
10	1130	0,537	9 -- 10	0,572	973		335,5
11	991	0,471	10 -- 11	0,504	1047	371	489,2
12	875	0,415	11 -- 12	0,443	1002		385,5
13	871	0,413	12 -- 13	0,414	52	3730	37822,4
14	766	0,364	13 -- 14	0,389	1344		537,8
15	706	0,335	14 -- 15	0,350	842	1010	1235,0
16	664	0,315	15 -- 16	0,325	634		576,7
17	569	0,270	16 -- 17	0,293	1556		598,5
18	471	0,224	17 -- 18	0,247	2005		691,5
19	383	0,182	18 -- 19	0,203	2060		710,3
20	304	0,144	19 -- 20	0,163	2223		766,7
21	234	0,111	20 -- 21	0,128	2333	833	1091,7
22	173	0,082	21 -- 22	0,097	2442		842,0
23	121	0,057	22 -- 23	0,070	2551		879,6
24	79	0,037	23 -- 24	0,047	2660		917,2
25	44	0,021	24 -- 25	0,029	2866		955,5
26	20	0,009	25 -- 26	0,015	2983		994,4
27	5	0,002	26 -- 27	0,006	3100		1033,3
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3217	1057	1424,7

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	922	0,990	0,700	0,69	632,90	0,69
2 -- 3	172	0,949	2,200	1,98	341,44	2,09
3 -- 4	185	0,898	1,450	1,17	216,57	1,30
4 -- 5	195	0,858	1,450	1,07	208,44	1,24
5 -- 6	18851	0,835	0,200	0,14	2628,11	0,17
6 -- 7	211	0,795	2,700	1,71	360,79	2,15
7 -- 8	231	0,719	2,900	1,50	346,85	2,09
8 -- 9	1538	0,644	2,900	1,20	1847,37	1,87
9 -- 10	336	0,572	2,900	0,95	317,95	1,66
10 -- 11	489	0,504	2,900	0,74	359,90	1,46
11 -- 12	385	0,443	2,600	0,51	196,78	1,15
12 -- 13	37822	0,414	0,100	0,02	649,72	0,04
13 -- 14	538	0,389	2,500	0,38	203,01	0,97
14 -- 15	1235	0,350	1,500	0,18	226,33	0,52
15 -- 16	577	0,325	1,100	0,12	67,12	0,36
16 -- 17	599	0,293	2,600	0,22	133,28	0,76
17 -- 18	691	0,247	2,900	0,18	122,26	0,72
18 -- 19	710	0,203	2,900	0,12	84,69	0,59
19 -- 20	767	0,163	2,900	0,08	59,07	0,47
20 -- 21	1092	0,128	2,900	0,05	51,54	0,37
21 -- 22	842	0,097	2,900	0,03	22,74	0,28
22 -- 23	880	0,070	2,900	0,01	12,41	0,20
23 -- 24	917	0,047	2,900	0,01	5,97	0,14
24 -- 25	955	0,029	3,000	0,00	2,43	0,09
25 -- 26	994	0,015	3,000	0,00	0,69	0,05
26 -- 27	1033	0,006	3,000	0,00	0,11	0,02
27 -- 28	1425	0,001	3,000	0,00	0,01	0,00
		Σ	63,00	13,04	9098,48	21,44

m_e = 9098,5 / 13,0 = 697,9 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 / 2007	697,9	0,030	1,25	1,253	21,3

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 = 21,3

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 21,44 / (4 * π * 13,04) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,253 * 3,18 / $15*10^{-6}$ = 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 = 7,52 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,70 / 21,44 = 0,31

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,047 * 0,131 * 0,31 * 0,7 = 0,041

$y_{F;max}$ = 1,253 * 0,041 = 0,052 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		57213	57213	0,00E+00	4,4E-02	1000
2	2 -- 3			57213	4,00E+07	4,4E-02	969
3	3 -- 4			57213	1,66E+08	4,3E-02	873
4	4 -- 5			57213	2,49E+08	4,1E-02	813
5	5 -- 6			57213	3,32E+08	3,9E-02	754
6	6 -- 7			57213	3,43E+08	3,9E-02	747
7	7 -- 8			57213	4,98E+08	3,5E-02	647
8	8 -- 9			57213	6,64E+08	3,1E-02	551
9	9 -- 10			57213	8,30E+08	2,6E-02	469
10	10 -- 11			57213	9,96E+08	2,3E-02	397
11	11 -- 12			57213	1,16E+09	2,0E-02	335
12	12 -- 13			57213	1,31E+09	1,7E-02	286
13	13 -- 14			57213	1,32E+09	1,7E-02	284
14	14 -- 15			57213	1,46E+09	1,6E-02	243
15	15 -- 16			57213	1,54E+09	1,5E-02	221
16	16 -- 17			57213	1,61E+09	1,4E-02	205
17	17 -- 18			57213	1,76E+09	1,2E-02	171
18	18 -- 19			57213	1,92E+09	1,1E-02	138
19	19 -- 20			57213	2,09E+09	9,2E-03	109
20	20 -- 21			57213	2,25E+09	7,9E-03	85
21	21 -- 22			57213	2,42E+09	6,6E-03	64
22	22 -- 23			57213	2,59E+09	5,5E-03	46
23	23 -- 24			57213	2,75E+09	4,5E-03	32
24	24 -- 25			57213	2,92E+09	3,5E-03	20
25	25 -- 26			57213	3,09E+09	2,5E-03	11
26	26 -- 27			57213	3,26E+09	1,6E-03	5
27	27 -- 28			57213	3,43E+09	7,9E-04	1
28	28 -- 29			57213	3,60E+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	517	12,0	2346638	17	0,0519	1,8
2	569	12,0	2867303	58	0,0519	6,0
3	604	12,0	3238991	77	0,0519	8,0
4	639	12,0	3633341	91	0,0519	9,5
5	643	12,0	3689513	93	0,0519	9,7
6	708	12,0	4490028	111	0,0519	11,5
7	777	12,0	5437364	122	0,0519	12,7
8	847	12,0	6475348	128	0,0519	13,3
9	916	15,0	9411621	106	0,0519	11,0
10	985	15,0	10928374	106	0,0519	11,0
11	1048	15,0	12384557	106	0,0519	11,0
12	1050	20,0	16353301	80	0,0519	8,4
13	1110	20,0	18325138	80	0,0519	8,3
14	1146	20,0	19562134	79	0,0519	8,2
15	1172	20,0	20494954	78	0,0519	8,1
16	1234	20,0	22786209	77	0,0519	8,0
17	1303	22,0	27904217	69	0,0519	7,2
18	1373	22,0	31032008	67	0,0519	7,0
19	1442	22,0	34325989	66	0,0519	6,8
20	1512	22,0	37786159	64	0,0519	6,7
21	1581	22,0	41412519	62	0,0519	6,5
22	1650	22,0	45205069	61	0,0519	6,3
23	1720	22,0	49163809	59	0,0519	6,2
24	1791	22,0	53433943	58	0,0519	6,0
25	1863	22,0	57881926	56	0,0519	5,9
26	1935	22,0	62507758	55	0,0519	5,7
27	2007	22,0	67311440	54	0,0519	5,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,46 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 3,18 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 = 59,24022 m - hoogte waar wervelvorming plaatsvindt = $L_{mast} - L_j / 2$

Wedgebied II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

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

z_0 = 0,200 m

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

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

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

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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,19

$V_m(z)$ = 32,2 m/s

V_o = 32,2 * 20 / 100 = 6,43 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,46 * [3,19 / 6,43]^2 * \exp[-(3,19 / 6,43)^2]$ = 8,42E+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.

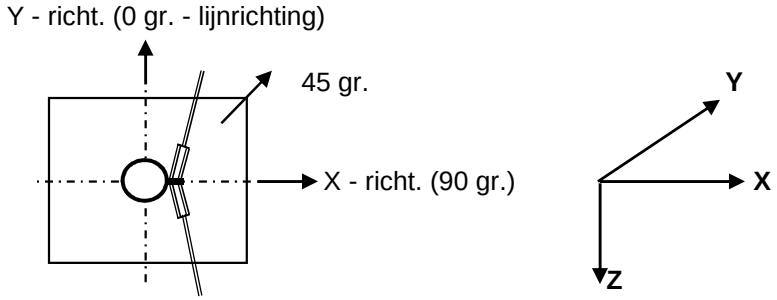
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	7,21	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
		9,58					
5	Lasnaad	11,39	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
		11,60					
7	Lasnaad	13,82	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
		15,22					
9	Lasnaad	15,97	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
11	Lasnaad	13,25	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
13	Lasnaad	10,03	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
15	Lasnaad	9,84	45	24,75	1,000E+10		
17	Lasnaad	9,61	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
18	flenzen	8,59	35	19,25	1,000E+10	8,42E+07	0,01
20	Lasnaad	8,19	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
21	Lasnaad	7,98	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
22	Lasnaad	7,79	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
23	Lasnaad	7,59	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
24	Lasnaad	7,40	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
25	Lasnaad	7,21	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
26	Lasnaad	7,02	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
27	Lasnaad	6,85	45	24,75	1,000E+10	8,42E+07	0,01
28	voetplaat	6,68	35	19,25	1,000E+10	8,42E+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			495			
2 - Windbelasting mast	118				3572	
3 - Belasting geval 1a	217		150		11121	
4 - Belasting geval 1b	55		159		3326	
5 - Belasting geval 3	153		289		8477	
6 - Belasting geval 4	52		182		3278	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	334		**645**		**14693**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	77		654		3995	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	186		784		9482	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	74		677		3947	

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	10073	kNm	14693	kNm	14693	kNm
Dwarskracht	225	kN	334	kN	334	kN
Verticale kracht	539	kN	645	kN	485	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		2165,00					
st.c binnenkant		1805,00					
1985	56	517,18	5,97	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2165,00					
st.c binnenkant		1805,00					
1985	56	352,84	4,01	28	M 48 - 8,8	848,45	0,42

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 517,2 kN

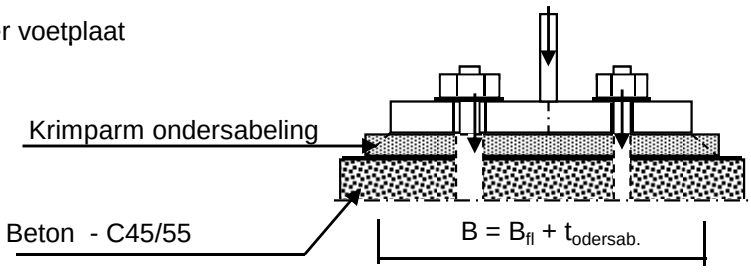
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 352,8 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 540,2 + 1,00 * 352,8 = 893,1 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

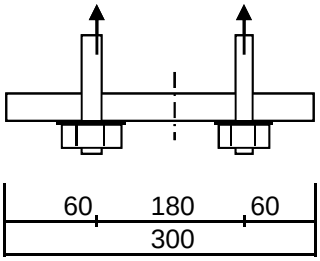
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	360,0	mm	D =	1985	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	56	
B =	400,0	mm			

A_{voetpl} = 400 * 2*π*D / n = 89087 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

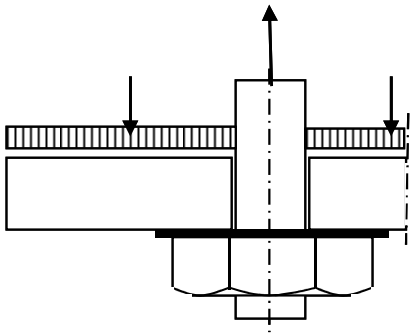


D = 1985 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 66815 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 15,5 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

$M_{Ed;st}$ = 27866 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1393 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 34832 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 34832 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1393 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} = 34832 / 79875,0 = 0,44 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 154,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1393 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 46,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (155,0^2 + 3*46,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 174 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage J en J2

W2S350+17 TOWER **APPENDIX: J**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	22079	0	146795	22079	0	-146795
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22079	0	146795	22079	0	-146795
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22079	0	146795	22079	0	-146795
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2888	0	19260	2888	0	-19260
	Comp. gl	5988	0	39905	5988	0	-39905
1b	380C1F1 / 380C2F1	23396	0	174147	23396	0	-174147
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23396	0	174147	23396	0	-174147
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23396	0	174147	23396	0	-174147
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3044	0	22512	3044	0	-22512
	Comp. gl	6284	0	46052	6284	0	-46052
3	380C1F1 / 380C2F1	37153	0	234443	37153	0	-234443
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	37153	0	234443	37153	0	-234443
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	37153	0	234443	37153	0	-234443
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10932	0	58071	10932	0	-58071
	Comp. gl	22072	0	117029	22072	0	-117029
4	380C1F1 / 380C2F1	26360	0	172844	26360	0	-172844
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26360	0	172844	26360	0	-172844
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	26360	0	172844	26360	0	-172844
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3938	0	25354	3938	0	-25354
	Comp. gl	8081	0	51957	8081	0	-51957
6	380C1F1 / 380C2F1	24620	0	160588	24620	0	-160588
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24620	0	160588	24620	0	-160588
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	24620	0	160588	24620	0	-160588
	GW / opgw	3223	0	21130	3223	0	-21130
	Comp. gl	6681	0	43748	6681	0	-43748
1a	380C1F1 / 380C2F1	19754	18583	186629	19754	18583	-186629
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19950	17490	182221	19950	17490	-182221
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20202	16095	176905	20202	16095	-176905
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2475	3112	27829	2475	3112	-27829
	Comp. gl	5369	5008	50862	5369	5008	-50862
1b	380C1F1 / 380C2F1	23201	4365	176163	23201	4365	-176163

W2S350+17 TOWER **APPENDIX: J**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23226	4073	175901	23226	4073	-175901
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23255	3705	175598	23255	3705	-175598
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3002	755	23002	3002	755	-23002
	Comp. gl	6234	1163	46609	6234	1163	-46609
3	380C1F1 / 380C2F1	36514	11136	241896	36514	11136	-241896
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	36593	10401	240941	36593	10401	-240941
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	36686	9476	239833	36686	9476	-239833
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10767	3353	59989	10767	3353	-59989
	Comp. gl	21874	5176	119286	21874	5176	-119286
4	380C1F1 / 380C2F1	26232	4107	174406	26232	4107	-174406
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26249	3830	174202	26249	3830	-174202
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	26268	3483	173967	26268	3483	-173967
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3913	710	25668	3913	710	-25668
	Comp. gl	8053	1095	52318	8053	1095	-52318
1a	380C1F1 / 380C2F1	17712	33324	258376	17712	33324	-258376
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17908	31400	248346	17908	31400	-248346
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18183	28973	235817	18183	28973	-235817
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2225	5596	41159	2225	5596	-41159
	Comp. gl	4816	8984	70749	4816	8984	-70749
1b	380C1F1 / 380C2F1	22678	8533	181949	22678	8533	-181949
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22764	7983	180962	22764	7983	-180962
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22865	7287	179812	22865	7287	-179812
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2895	1456	24364	2895	1456	-24364
	Comp. gl	6102	2277	48208	6102	2277	-48208
3	380C1F1 / 380C2F1	35038	21372	261992	35038	21372	-261992
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	35260	20044	258680	35260	20044	-258680
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	35532	18355	254766	35532	18355	-254766
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	10391	6471	65140	10391	6471	-65140
	Comp. gl	21372	10115	125615	21372	10115	-125615
4	380C1F1 / 380C2F1	25879	8104	178947	25879	8104	-178947
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25938	7570	178166	25938	7570	-178166
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	26007	6898	177259	26007	6898	-177259

W2S350+17 TOWER **APPENDIX: J**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3847	1396	26572	3847	1396	-26572
	Comp. gl	7972	2168	53375	7972	2168	-53375
1a	380C1F1 / 380C2F1	19754	18583	186629	19754	18583	-186629
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19950	17490	182221	19950	17490	-182221
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	20202	16095	176905	20202	16095	-176905
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2475	3112	27829	2475	3112	-27829
	Comp. gl	5369	5008	50862	5369	5008	-50862
1b	380C1F1 / 380C2F1	23201	4365	176163	23201	4365	-176163
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23226	4073	175901	23226	4073	-175901
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	23255	3705	175598	23255	3705	-175598
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3002	755	23002	3002	755	-23002
	Comp. gl	6234	1163	46609	6234	1163	-46609
3	380C1F1 / 380C2F1	36514	11136	241896	36514	11136	-241896
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	36593	10401	240941	36593	10401	-240941
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	36686	9476	239833	36686	9476	-239833
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	10767	3353	59989	10767	3353	-59989
	Comp. gl	21874	5176	119286	21874	5176	-119286
4	380C1F1 / 380C2F1	26232	4107	174406	26232	4107	-174406
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	26249	3830	174202	26249	3830	-174202
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	26268	3483	173967	26268	3483	-173967
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3913	710	25668	3913	710	-25668
	Comp. gl	8053	1095	52318	8053	1095	-52318
1a	380C1F1 / 380C2F1	16916	0	117509	16916	0	-117509
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16916	0	117509	16916	0	-117509
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	16916	0	117509	16916	0	-117509
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2207	0	15304	2207	0	-15304
	Comp. gl	4579	0	31765	4579	0	-31765
1b	380C1F1 / 380C2F1	18193	0	143978	18193	0	-143978
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18193	0	143978	18193	0	-143978
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	18193	0	143978	18193	0	-143978
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2355	0	18376	2355	0	-18376
	Comp. gl	4860	0	37585	4860	0	-37585

W2S350+17 TOWER **APPENDIX: J**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
3	380C1F1 / 380C2F1	32216	0	209875	32216	0	-209875
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	32216	0	209875	32216	0	-209875
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	32216	0	209875	32216	0	-209875
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	10321	0	55585	10321	0	-55585
	Comp. gl	20805	0	111891	20805	0	-111891
4	380C1F1 / 380C2F1	21273	0	145166	21273	0	-145166
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21273	0	145166	21273	0	-145166
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21273	0	145166	21273	0	-145166
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3275	0	21773	3275	0	-21773
	Comp. gl	6709	0	44580	6709	0	-44580
6	380C1F1 / 380C2F1	16916	0	117509	16916	0	-117509
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16916	0	117509	16916	0	-117509
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16916	0	117509	16916	0	-117509
	GW / opgw	2207	0	15304	2207	0	-15304
	Comp. gl	4579	0	31765	4579	0	-31765
1a	380C1F1 / 380C2F1	14394	18054	168967	14394	18054	-168967
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14565	17025	163692	14565	17025	-163692
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14793	15714	157233	14793	15714	-157233
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1794	3007	25919	1794	3007	-25919
	Comp. gl	3911	4864	45902	3911	4864	-45902
1b	380C1F1 / 380C2F1	17912	4493	146911	17912	4493	-146911
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17947	4196	146532	17947	4196	-146532
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17989	3822	146094	17989	3822	-146094
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2296	770	19083	2296	770	-19083
	Comp. gl	4790	1192	38394	4790	1192	-38394
3	380C1F1 / 380C2F1	31455	11222	218958	31455	11222	-218958
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31547	10489	217804	31547	10489	-217804
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	31655	9564	216462	31655	9564	-216462
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	10144	3361	57660	10144	3361	-57660
	Comp. gl	20592	5194	114344	20592	5194	-114344
4	380C1F1 / 380C2F1	21107	4173	147277	21107	4173	-147277
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21128	3893	147003	21128	3893	-147003

W2S350+17 TOWER **APPENDIX: J**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21153	3542	146686	21153	3542	-146686
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3244	718	22177	3244	718	-22177
	Comp. gl	6673	1109	45049	6673	1109	-45049
1a	380C1F1 / 380C2F1	12866	32276	248967	12866	32276	-248967
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12997	30385	238201	12997	30385	-238201
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	13185	28013	224618	13185	28013	-224618
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1624	5444	40232	1624	5444	-40232
	Comp. gl	3496	8696	68088	3496	8696	-68088
1b	380C1F1 / 380C2F1	17215	8637	155067	17215	8637	-155067
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17324	8100	153700	17324	8100	-153700
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17456	7417	152095	17456	7417	-152095
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2164	1451	20953	2164	1451	-20953
	Comp. gl	4616	2297	40647	4616	2297	-40647
3	380C1F1 / 380C2F1	29829	21283	242664	29829	21283	-242664
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	30063	19990	238824	30063	19990	-238824
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	30354	18342	234254	30354	18342	-234254
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	9752	6463	63164	9752	6463	-63164
	Comp. gl	20061	10121	121160	20061	10121	-121160
4	380C1F1 / 380C2F1	20661	8170	153315	20661	8170	-153315
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	20734	7641	152286	20734	7641	-152286
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	20820	6972	151088	20820	6972	-151088
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3165	1401	23323	3165	1401	-23323
	Comp. gl	6573	2186	46405	6573	2186	-46405
1a	380C1F1 / 380C2F1	14394	18054	168967	14394	18054	-168967
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14565	17025	163692	14565	17025	-163692
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14793	15714	157233	14793	15714	-157233
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1794	3007	25919	1794	3007	-25919
	Comp. gl	3911	4864	45902	3911	4864	-45902
1b	380C1F1 / 380C2F1	17912	4493	146911	17912	4493	-146911
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17947	4196	146532	17947	4196	-146532
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17989	3822	146094	17989	3822	-146094
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2296	770	19083	2296	770	-19083

W2S350+17 TOWER **APPENDIX: J**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4790	1192	38394	4790	1192	-38394
3	380C1F1 / 380C2F1	31455	11222	218958	31455	11222	-218958
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	31547	10489	217804	31547	10489	-217804
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	31655	9564	216462	31655	9564	-216462
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	10144	3361	57660	10144	3361	-57660
	Comp. gl	20592	5194	114344	20592	5194	-114344
4	380C1F1 / 380C2F1	21107	4173	147277	21107	4173	-147277
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21128	3893	147003	21128	3893	-147003
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21153	3542	146686	21153	3542	-146686
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3244	718	22177	3244	718	-22177
	Comp. gl	6673	1109	45049	6673	1109	-45049

W2S350+17 TOWER APPENDIX: **J2**

Loadcases for tower strength (Serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	18650	0	127555	18650	0	-127555
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18650	0	127555	18650	0	-127555
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	18650	0	127555	18650	0	-127555
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2436	0	16659	2436	0	-16659
	Comp. gl	5052	0	34554	5052	0	-34554
1b	380C1F1 / 380C2F1	19943	0	154362	19943	0	-154362
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19943	0	154362	19943	0	-154362
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19943	0	154362	19943	0	-154362
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2587	0	19799	2587	0	-19799
	Comp. gl	5339	0	40498	5339	0	-40498
3	380C1F1 / 380C2F1	29069	0	193678	29069	0	-193678
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29069	0	193678	29069	0	-193678
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	29069	0	193678	29069	0	-193678
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7936	0	45442	7936	0	-45442
	Comp. gl	16047	0	91713	16047	0	-91713
4	380C1F1 / 380C2F1	21605	0	147016	21605	0	-147016
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21605	0	147016	21605	0	-147016
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	21605	0	147016	21605	0	-147016
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3154	0	21099	3154	0	-21099
	Comp. gl	6484	0	43334	6484	0	-43334
1a	380C1F1 / 380C2F1	17153	12909	151591	17153	12909	-151591
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17296	12131	148797	17296	12131	-148797
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17477	11139	145466	17477	11139	-145466
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2156	2169	21962	2156	2169	-21962
	Comp. gl	4657	3475	41143	4657	3475	-41143
1b	380C1F1 / 380C2F1	19831	2985	155509	19831	2985	-155509
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19845	2784	155359	19845	2784	-155359
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19862	2532	155186	19862	2532	-155186
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2563	516	20078	2563	516	-20078
	Comp. gl	5311	793	40814	5311	793	-40814
3	380C1F1 / 380C2F1	28661	7634	198452	28661	7634	-198452

W2S350+17 TOWER APPENDIX: **J2**

Loadcases for tower strength (Serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	28712	7127	197836	28712	7127	-197836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	28772	6490	197124	28772	6490	-197124
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7821	2297	46798	7821	2297	-46798
	Comp. gl	15909	3545	93304	15909	3545	-93304
4	380C1F1 / 380C2F1	21531	2791	147941	21531	2791	-147941
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21540	2602	147820	21540	2602	-147820
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	21552	2366	147680	21552	2366	-147680
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3139	483	21290	3139	483	-21290
	Comp. gl	6467	744	43554	6467	744	-43554
1a	380C1F1 / 380C2F1	15426	23219	199982	15426	23219	-199982
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15610	21897	192969	15610	21897	-192969
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	15862	20219	184299	15862	20219	-184299
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1927	3877	31257	1927	3877	-31257
	Comp. gl	4193	6258	54505	4193	6258	-54505
1b	380C1F1 / 380C2F1	19519	5876	158853	19519	5876	-158853
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19571	5491	158277	19571	5491	-158277
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19633	5005	157609	19633	5005	-157609
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2498	1005	20875	2498	1005	-20875
	Comp. gl	5233	1562	41738	5233	1562	-41738
3	380C1F1 / 380C2F1	27666	14737	211620	27666	14737	-211620
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	27820	13811	209423	27820	13811	-209423
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	28007	12635	206839	28007	12635	-206839
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7551	4435	50479	7551	4435	-50479
	Comp. gl	15554	6932	97796	15554	6932	-97796
4	380C1F1 / 380C2F1	21320	5527	150655	21320	5527	-150655
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21356	5159	150186	21356	5159	-150186
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	21398	4698	149642	21398	4698	-149642
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3099	953	21848	3099	953	-21848
	Comp. gl	6418	1476	44200	6418	1476	-44200
1a	380C1F1 / 380C2F1	17153	12909	151591	17153	12909	-151591
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17296	12131	148797	17296	12131	-148797
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17477	11139	145466	17477	11139	-145466

W2S350+17 TOWER APPENDIX: **J2**

Loadcases for tower strength (Serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2156	2169	21962	2156	2169	-21962
	Comp. gl	4657	3475	41143	4657	3475	-41143
1b	380C1F1 / 380C2F1	19831	2985	155509	19831	2985	-155509
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19845	2784	155359	19845	2784	-155359
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19862	2532	155186	19862	2532	-155186
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2563	516	20078	2563	516	-20078
	Comp. gl	5311	793	40814	5311	793	-40814
3	380C1F1 / 380C2F1	28661	7634	198452	28661	7634	-198452
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	28712	7127	197836	28712	7127	-197836
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	28772	6490	197124	28772	6490	-197124
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7821	2297	46798	7821	2297	-46798
	Comp. gl	15909	3545	93304	15909	3545	-93304
4	380C1F1 / 380C2F1	21531	2791	147941	21531	2791	-147941
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21540	2602	147820	21540	2602	-147820
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	21552	2366	147680	21552	2366	-147680
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3139	483	21290	3139	483	-21290
	Comp. gl	6467	744	43554	6467	744	-43554

VolkerWessels Telecom | NetwerkSolutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S350(+5)"

Mast 19 en 21 t/m 24

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S350(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

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.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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)”

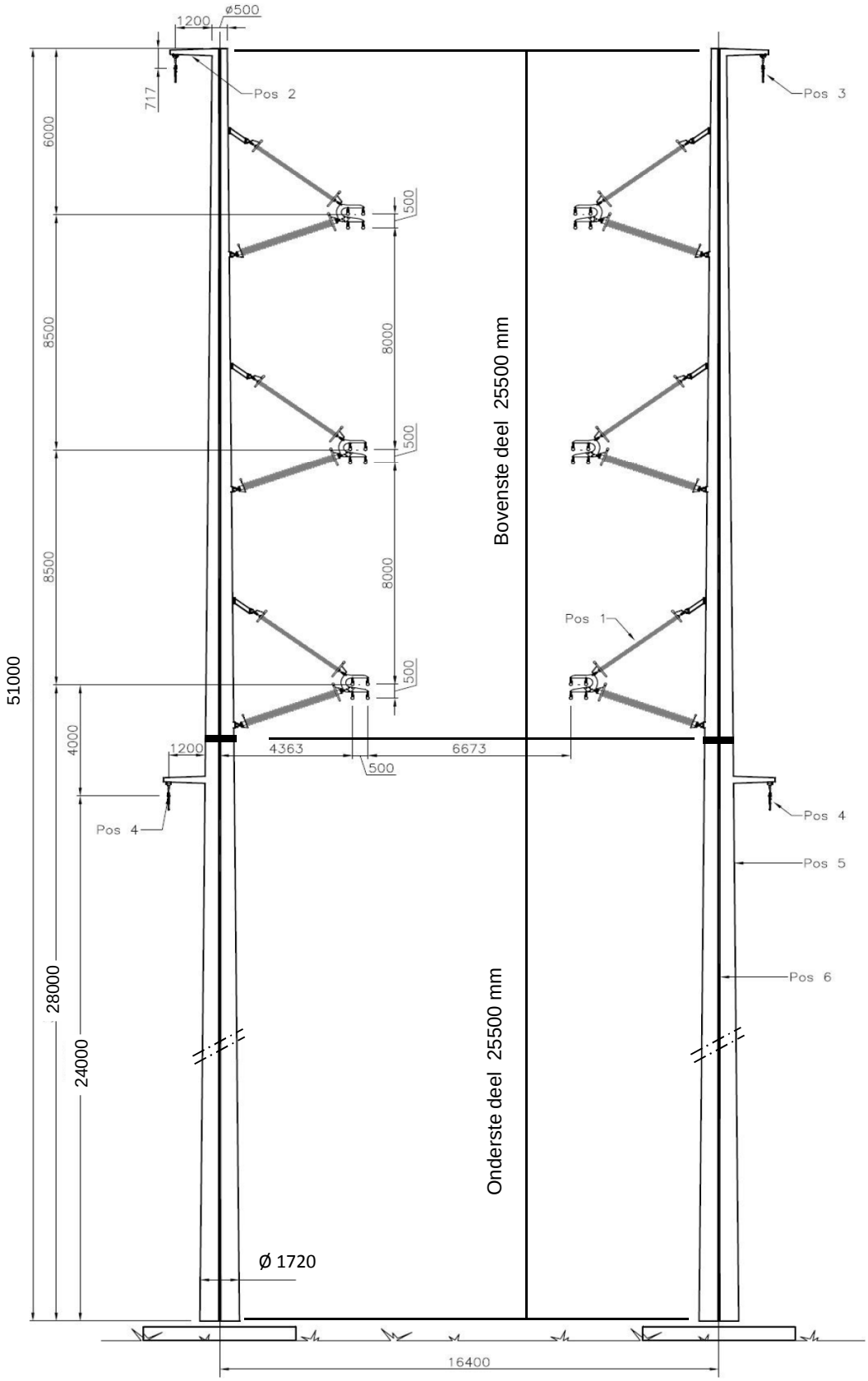
Berekening

W2S350+5

51,0 m - 1720 - 500

Mast 19 en 21 t/m 24

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	1450	604	569	n.v.t.	2	1	47,38
4	1450	639	604	n.v.t.	2	1	45,93
5	200	643	639	n.v.t.	2	1	45,10
6	2700	708	643	n.v.t.	2	1	43,65
7	1450	743	708	n.v.t.	2	1	41,58
8	1450	777	743	n.v.t.	2	1	40,13
9	1450	812	777	n.v.t.	2	1	38,68
10	1450	847	812	n.v.t.	2	1	37,23
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	2700	1050	985	n.v.t.	2	1	29,35
16	200	1055	1050	n.v.t.	2	1	27,90
17	2300	1110	1055	n.v.t.	2	1	26,65
18	1500	1146	1055	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 (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	587	12,0	21665	170,07	8,95E+08	203,23	3,05E+06
4	621	12,0	22972	180,33	1,07E+09	215,48	3,43E+06
5	641	12,0	23716	186,17	1,17E+09	222,46	3,66E+06
6	676	12,0	25023	196,43	1,38E+09	234,71	4,08E+06
7	725	12,0	26894	211,12	1,71E+09	252,25	4,72E+06
8	760	12,0	28201	221,38	1,97E+09	264,51	5,19E+06
9	795	12,0	29508	231,64	2,26E+09	276,77	5,69E+06
10	829	12,0	30815	241,90	2,57E+09	289,03	6,21E+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	15,0	43280	339,75	4,56E+09	324,76	9,78E+06
14	968	15,0	44914	352,57	5,10E+09	337,01	1,05E+07
15	1018	15,0	47252	370,93	5,94E+09	354,55	1,17E+07
16	1052	15,0	48886	383,76	6,58E+09	366,81	1,25E+07
17	1082	18,0	60184	472,44	8,52E+09	376,34	1,58E+07
18	1100	18,0	61198	480,40	8,96E+09	382,68	1,63E+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

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	1450	2,17E+04	8,95E+08
4	46650	4 -- 5	4	1450	2,30E+04	1,07E+09
5	45200	5 -- 6	5	200	2,37E+04	1,17E+09
6	45000	6 -- 7	6	2700	2,50E+04	1,38E+09
7	42300	7 -- 8	7	1450	2,69E+04	1,71E+09
8	40850	8 -- 9	8	1450	2,82E+04	1,97E+09
9	39400	9 -- 10	9	1450	2,95E+04	2,26E+09
10	37950	10 -- 11	10	1450	3,08E+04	2,57E+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	4,33E+04	4,56E+09
14	32150	14 -- 15	14	1450	4,49E+04	5,10E+09
15	30700	15 -- 16	15	2700	4,73E+04	5,94E+09
16	28000	16 -- 17	16	200	4,89E+04	6,58E+09
17	27800	17 -- 18	17	2300	6,02E+04	8,52E+09
18	25500	18 -- 19	18	1500	6,12E+04	8,96E+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	47,38	0,21	1,14	30,91	0,18	1361
4	45,93	0,21	1,14	30,73	0,18	1350
5	45,10	0,21	1,13	30,63	0,18	1344
6	43,65	0,21	1,13	30,44	0,19	1332
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	38,68	0,21	1,10	29,76	0,19	1290
10	37,23	0,21	1,09	29,54	0,19	1276
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	29,35	0,21	1,04	28,20	0,20	1194
16	27,90	0,21	1,03	27,91	0,20	1177
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	300	0,30	0,00	3,88E-02	1167,23
2	2 -- 3	3787	3394	4,83	0,61	3,88E-02	1140,09
3	3 -- 4	2684		8,61	15,39	3,87E-02	1054,89
4	4 -- 5	2832		11,30	29,83	3,85E-02	998,94
5	5 -- 6	402		14,13	48,27	3,82E-02	943,31
6	6 -- 7	5709	24842	39,37	51,13	3,82E-02	935,66
7	7 -- 8	3279		45,08	165,15	3,72E-02	833,64
8	8 -- 9	3427		48,36	232,90	3,64E-02	780,25
9	9 -- 10	3576		51,79	305,51	3,55E-02	728,13
10	10 -- 11	3725		55,37	383,20	3,44E-02	677,45
11	11 -- 12	4772	24842	83,93	466,18	3,33E-02	628,36
12	12 -- 13	4958		88,70	591,34	3,23E-02	580,83
13	13 -- 14	5144		93,66	723,56	3,11E-02	534,83
14	14 -- 15	5330		98,81	863,10	2,99E-02	490,52
15	15 -- 16	10420		104,14	1010,23	2,87E-02	448,00
16	16 -- 17	798	24842	139,40	1305,47	2,62E-02	373,81
17	17 -- 18	11211		140,20	1333,42	2,60E-02	368,59
18	18 -- 19	7431	5836	157,24	1668,77	2,41E-02	310,96
19	19 -- 20	4159	6730	171,40	1910,21	2,26E-02	275,92
20	20 -- 21	15644		175,56	2048,99	2,19E-02	258,10
21	21 -- 22	18298		191,21	2580,81	1,92E-02	198,39
22	22 -- 23	19289		209,50	3161,84	1,66E-02	146,43
23	23 -- 24	20281		228,79	3797,38	1,39E-02	102,09
24	24 -- 25	21273		249,08	4490,29	1,12E-02	65,57
25	25 -- 26	22265		270,35	5243,45	8,43E-03	37,03
26	26 -- 27	23257		292,61	6059,75	5,63E-03	16,54
27	27 -- 28	24249		315,87	6942,05	2,82E-03	4,18
28			9559	349,68	7893,24	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,3	30,0	1,167	1626,08	191,703
2	2 -- 3	378,7	339,4	1,140	7873,59	897,341
3	3 -- 4	268,4		1,055	2703,40	282,994
4	4 -- 5	283,2		0,999	2698,28	267,112
5	5 -- 6	40,2		0,943	370,81	35,512
6	6 -- 7	570,9	2484,2	0,936	27756,38	2621,604
7	7 -- 8	327,9		0,834	2595,47	213,497
8	8 -- 9	342,7		0,780	2535,86	194,957
9	9 -- 10	357,6		0,728	2465,61	176,637
10	10 -- 11	372,5		0,677	2385,90	158,794
11	11 -- 12	477,2	2484,2	0,628	18143,35	1155,279
12	12 -- 13	495,8		0,581	2713,08	154,275
13	13 -- 14	514,4		0,535	2587,02	135,200
14	14 -- 15	533,0		0,491	2453,56	117,366
15	15 -- 16	1042,0		0,448	4200,31	175,936
16	16 -- 17	79,8	2484,2	0,374	9400,16	358,116
17	17 -- 18	1121,1		0,369	3736,96	129,433
18	18 -- 19	743,1	583,6	0,311	3919,52	120,423
19	19 -- 20	415,9	673,0	0,276	2910,98	80,887
20	20 -- 21	1564,4		0,258	3502,94	81,502
21	21 -- 22	1829,8		0,198	3094,72	54,389
22	22 -- 23	1928,9		0,146	2351,30	29,782
23	23 -- 24	2028,1		0,102	1667,90	14,253
24	24 -- 25	2127,3		0,066	1070,58	5,598
25	25 -- 26	2226,5		0,037	584,97	1,597
26	26 -- 27	2325,7		0,017	236,37	0,250
27	27 -- 28	2424,9		0,004	49,74	0,011
28			955,9	0,000	0,00	0,000
				Som	115635	7654

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

$n_{1,x}$	=	0,62	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	690	0,988	0,700	0,68	471,56	0,69
2 -- 3	172	0,940	2,200	1,94	334,84	2,07
3 -- 4	185	0,880	1,450	1,12	207,71	1,28
4 -- 5	195	0,832	1,450	1,00	196,06	1,21
5 -- 6	12622	0,805	0,200	0,13	1635,42	0,16
6 -- 7	211	0,758	2,700	1,55	327,92	2,05
7 -- 8	226	0,691	1,450	0,69	156,70	1,00
8 -- 9	236	0,646	1,450	0,61	143,10	0,94
9 -- 10	247	0,602	1,450	0,53	129,65	0,87
10 -- 11	1970	0,559	1,450	0,45	893,82	0,81
11 -- 12	329	0,518	1,450	0,39	128,03	0,75
12 -- 13	342	0,478	1,450	0,33	113,24	0,69
13 -- 14	355	0,439	1,450	0,28	99,23	0,64
14 -- 15	368	0,402	1,450	0,23	86,14	0,58
15 -- 16	1306	0,352	2,700	0,33	437,00	0,95
16 -- 17	399	0,318	0,200	0,02	8,07	0,06
17 -- 18	487	0,291	2,300	0,19	95,00	0,67
18 -- 19	944	0,251	1,500	0,09	89,50	0,38
19 -- 20	520	0,229	0,800	0,04	21,76	0,18
20 -- 21	539	0,196	2,900	0,11	59,82	0,57
21 -- 22	631	0,148	2,900	0,06	39,92	0,43
22 -- 23	665	0,106	2,900	0,03	21,86	0,31
23 -- 24	699	0,072	2,900	0,01	10,46	0,21
24 -- 25	734	0,044	2,900	0,01	4,11	0,13
25 -- 26	768	0,023	2,900	0,00	1,17	0,07
26 -- 27	802	0,009	2,900	0,00	0,18	0,03
27 -- 28	1166	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,86	5712,29	17,72

m_e = 5712,3 / 10,9 = 525,8 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,62	Hz
b =	1,11	m
h =	51,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	74,88	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,073	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,085	
$v_m(z_s)$ =	28,44	m/s
$v_m(z)$ =	31,32	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,48	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,28	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	12,76	
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 =	1,25	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,52	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,57

$c_s c_d$ =	**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	31,3	1,06E+06	0,77	0,83	0,64
2	31,1	1,13E+06	0,77	0,83	0,64
3	30,9	1,21E+06	0,77	0,83	0,64
4	30,7	1,27E+06	0,77	0,83	0,64
5	30,6	1,31E+06	0,77	0,83	0,64
6	30,4	1,37E+06	0,77	0,83	0,63
7	30,2	1,46E+06	0,77	0,83	0,63
8	30,0	1,52E+06	0,77	0,83	0,63
9	29,8	1,58E+06	0,77	0,83	0,63
10	29,5	1,63E+06	0,77	0,83	0,63
11	29,3	1,69E+06	0,77	0,83	0,63
12	29,1	1,74E+06	0,76	0,83	0,63
13	28,8	1,79E+06	0,76	0,83	0,63
14	28,6	1,84E+06	0,76	0,83	0,63
15	28,2	1,91E+06	0,76	0,83	0,63
16	27,9	1,96E+06	0,76	0,83	0,63
17	27,7	2,00E+06	0,76	0,83	0,63
18	27,2	2,00E+06	0,76	0,83	0,63
19	27,0	2,08E+06	0,76	0,83	0,63
20	26,5	2,12E+06	0,76	0,83	0,63
21	25,7	2,17E+06	0,76	0,83	0,62
22	24,8	2,21E+06	0,75	0,83	0,62
23	23,6	2,22E+06	0,75	0,83	0,62
24	22,2	2,19E+06	0,75	0,83	0,62
25	20,3	2,09E+06	0,74	0,83	0,61
26	17,4	1,87E+06	0,73	0,83	0,60
27	16,9	1,90E+06	0,73	0,83	0,60

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	45,00	1			
2e traverse - 380C1F2	36,50	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	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	45,00	4,410
2e traverse - 380C1F2	36,50	4,410
3e traverse - 380C1F3	28,00	4,410
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	45,00	1			
2e traverse - 380C1F2	36,50	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	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	0,227	0,084	518	0,739
2	3457	330	3787	0,761	0,264	1694	0,770
3	2466	218	2684	0,541	0,174	1170	0,807
4	2615	218	2832	0,573	0,174	1212	0,836
5	372	30	402	0,081	0,024	170	0,852
6	5304	405	5709	1,158	0,324	2374	0,879
7	3061	218	3279	0,667	0,174	1329	0,917
8	3210	218	3427	0,698	0,174	1366	0,942
9	3359	218	3576	0,730	0,174	1401	0,966
10	3508	218	3725	0,761	0,174	1434	0,989
11	4554	218	4772	0,792	0,174	1466	1,011
12	4740	218	4958	0,823	0,174	1496	1,032
13	4926	218	5144	0,854	0,174	1524	1,051
14	5112	218	5330	0,885	0,174	1550	1,069
15	10015	405	10420	1,730	0,324	2950	1,092
16	768	30	798	0,132	0,024	221	1,107
17	10866	345	11211	1,564	0,276	2571	1,118
18	7206	225	7431	1,036	0,180	1662	1,108
19	4039	120	4159	0,579	0,096	911	1,138
20	15209	435	15644	2,177	0,348	3323	1,146
21	17863	435	18298	2,297	0,348	3333	1,149
22	18854	435	19289	2,414	0,348	3304	1,139
23	19846	435	20281	2,528	0,348	3225	1,112
24	20838	435	21273	2,637	0,348	3076	1,061
25	21830	435	22265	2,738	0,348	2818	0,972
26	22822	435	23257	2,818	0,348	2360	0,814
27	23814	435	24249	2,932	0,348	2358	0,813
	241684	7650	249334	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	50816

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2066	4074	4072	16346	5578
3	3 -- 4	2221				
4	4 -- 5	2344				
5	5 -- 6	2414				
6	6 -- 7	2537	29814	29800	51382	35826
7	7 -- 8	2713				
8	8 -- 9	2837				
9	9 -- 10	2960				
10	10 -- 11	3083				
11	11 -- 12	3949	29814	29800	51382	35826
12	12 -- 13	4103				
13	13 -- 14	4257				
14	14 -- 15	4411				
15	15 -- 16	4631				
16	16 -- 17	4785	29814	29800	51382	35826
17	17 -- 18	5849				
18	18 -- 19	5945	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)

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	739				
2	2 -- 3	770	9046	3088	10918	3174
3	3 -- 4	807				
4	4 -- 5	836				
5	5 -- 6	852				
6	6 -- 7	879	53494	21090	38654	20384
7	7 -- 8	917				
8	8 -- 9	942				
9	9 -- 10	966				
10	10 -- 11	989				
11	11 -- 12	1011	50066	20484	36906	19788
12	12 -- 13	1032				
13	13 -- 14	1051				
14	14 -- 15	1069				
15	15 -- 16	1092				
16	16 -- 17	1107	45750	19724	34718	19040
17	17 -- 18	1118				
18	18 -- 19	1108				
19	19 -- 20	1138	14008	5508	18118	5728
20	20 -- 21	1146				
21	21 -- 22	1149				
22	22 -- 23	1139				
23	23 -- 24	1112				
24	24 -- 25	1061				
25	25 -- 26	972				
26	26 -- 27	814				
27	27 -- 28	813				
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	1183				
2	2 -- 3	1232	13078	4024	15464	4220
3	3 -- 4	1292				
4	4 -- 5	1337				
5	5 -- 6	1363				
6	6 -- 7	1407	76654	26718	53156	26472
7	7 -- 8	1467				
8	8 -- 9	1507				
9	9 -- 10	1546				
10	10 -- 11	1583				
11	11 -- 12	1618	71550	25798	50532	25570
12	12 -- 13	1651				
13	13 -- 14	1682				
14	14 -- 15	1711				
15	15 -- 16	1748				
16	16 -- 17	1771	65112	24646	47244	24440
17	17 -- 18	1788				
18	18 -- 19	1773				
19	19 -- 20	1821	20068	7004	25354	7464
20	20 -- 21	1833				
21	21 -- 22	1839				
22	22 -- 23	1823				
23	23 -- 24	1779				
24	24 -- 25	1697				
25	25 -- 26	1555				
26	26 -- 27	1302				
27	27 -- 28	1301				
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	518		0	0,00E+00	6,84E-03	201
2	2 -- 3	1694		518	2,04E+05	6,84E-03	196
3	3 -- 4	1170		2211	3,33E+06	6,82E-03	181
4	4 -- 5	1212		3382	7,50E+06	6,78E-03	171
5	5 -- 6	170		4594	1,34E+07	6,71E-03	161
6	6 -- 7	2374		4764	1,44E+07	6,70E-03	160
7	7 -- 8	1329		7138	3,13E+07	6,50E-03	142
8	8 -- 9	1366		8468	4,30E+07	6,35E-03	133
9	9 -- 10	1401		9834	5,67E+07	6,18E-03	124
10	10 -- 11	1434		11235	7,25E+07	5,98E-03	115
11	11 -- 12	1466		12669	9,05E+07	5,76E-03	107
12	12 -- 13	1496		14135	1,11E+08	5,57E-03	98
13	13 -- 14	1524		15631	1,33E+08	5,37E-03	90
14	14 -- 15	1550		17155	1,57E+08	5,15E-03	83
15	15 -- 16	2950		18706	1,84E+08	4,92E-03	75
16	16 -- 17	221		21655	2,40E+08	4,46E-03	63
17	17 -- 18	2571		21877	2,45E+08	4,42E-03	62
18	18 -- 19	1662		24447	3,00E+08	4,08E-03	52
19	19 -- 20	911		26109	3,39E+08	3,82E-03	46
20	20 -- 21	3323		27020	3,60E+08	3,69E-03	43
21	21 -- 22	3333		30343	4,45E+08	3,22E-03	33
22	22 -- 23	3304		33676	5,40E+08	2,78E-03	24
23	23 -- 24	3225		36980	6,44E+08	2,32E-03	17
24	24 -- 25	3076		40205	7,58E+08	1,86E-03	11
25	25 -- 26	2818		43281	8,80E+08	1,40E-03	6
26	26 -- 27	2360		46098	1,01E+09	9,31E-04	3
27	27 -- 28	2358		48458	1,15E+09	4,65E-04	1
28				50816	1,29E+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	4,27E-02	1209
2	2 -- 3		9046	149612	1,41E+05	4,27E-02	1179
3	3 -- 4			937079	2,08E+07	4,25E-02	1085
4	4 -- 5			1614621	3,46E+07	4,23E-02	1024
5	5 -- 6			2457272	4,86E+07	4,21E-02	963
6	6 -- 7		53494	2833422	5,07E+07	4,20E-02	954
7	7 -- 8			7759304	2,24E+08	4,08E-02	842
8	8 -- 9			10509632	3,18E+08	3,97E-02	784
9	9 -- 10			13368501	4,11E+08	3,84E-02	727
10	10 -- 11			16320574	5,05E+08	3,70E-02	672
11	11 -- 12		50066	20675914	6,00E+08	3,55E-02	620
12	12 -- 13			25053150	7,68E+08	3,42E-02	569
13	13 -- 14			29493638	9,35E+08	3,28E-02	521
14	14 -- 15			33970328	1,10E+09	3,12E-02	474
15	15 -- 16			38457744	1,27E+09	2,96E-02	430
16	16 -- 17		45750	48845295	1,59E+09	2,66E-02	354
17	17 -- 18			49569041	1,62E+09	2,63E-02	349
18	18 -- 19			58470760	1,99E+09	2,40E-02	291
19	19 -- 20		14008	64307772	2,23E+09	2,23E-02	256
20	20 -- 21			67314676	2,38E+09	2,15E-02	238
21	21 -- 22			78143654	2,89E+09	1,84E-02	180
22	22 -- 23			88243042	3,40E+09	1,55E-02	131
23	23 -- 24			97447088	3,90E+09	1,28E-02	90
24	24 -- 25			105513176	4,41E+09	1,00E-02	57
25	25 -- 26			112202796	4,92E+09	7,37E-03	32
26	26 -- 27			117280294	5,42E+09	4,81E-03	14
27	27 -- 28			120511993	5,93E+09	2,35E-03	3
28	28 -- 29			121698000	6,43E+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	480
2	2 -- 3		3088	3088	5,52E+04	1,68E-02	468
3	3 -- 4			3088	7,16E+06	1,67E-02	431
4	4 -- 5			3088	1,19E+07	1,67E-02	407
5	5 -- 6			3088	1,67E+07	1,66E-02	383
6	6 -- 7		21090	24178	1,75E+07	1,65E-02	380
7	7 -- 8			24178	8,47E+07	1,61E-02	335
8	8 -- 9			24178	1,21E+08	1,57E-02	312
9	9 -- 10			24178	1,57E+08	1,52E-02	290
10	10 -- 11			24178	1,93E+08	1,47E-02	268
11	11 -- 12		20484	44662	2,30E+08	1,41E-02	247
12	12 -- 13			44662	2,96E+08	1,36E-02	227
13	13 -- 14			44662	3,63E+08	1,30E-02	208
14	14 -- 15			44662	4,30E+08	1,24E-02	190
15	15 -- 16			44662	4,96E+08	1,18E-02	172
16	16 -- 17		19724	64386	6,21E+08	1,06E-02	142
17	17 -- 18			64386	6,34E+08	1,05E-02	140
18	18 -- 19			64386	7,86E+08	9,60E-03	116
19	19 -- 20		5508	69894	8,85E+08	8,93E-03	103
20	20 -- 21			69894	9,42E+08	8,60E-03	96
21	21 -- 22			69894	1,15E+09	7,36E-03	72
22	22 -- 23			69894	1,36E+09	6,23E-03	53
23	23 -- 24			69894	1,56E+09	5,12E-03	36
24	24 -- 25			69894	1,77E+09	4,02E-03	23
25	25 -- 26			69894	1,97E+09	2,96E-03	13
26	26 -- 27			69894	2,18E+09	1,93E-03	6
27	27 -- 28			69894	2,38E+09	9,46E-04	1
28				69894	2,59E+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	3,46E-02	966
2	2 -- 3		10918	10918	1,14E+05	3,46E-02	942
3	3 -- 4			10918	2,48E+07	3,45E-02	866
4	4 -- 5			10918	4,12E+07	3,42E-02	816
5	5 -- 6			10918	5,77E+07	3,39E-02	767
6	6 -- 7		38654	49572	6,01E+07	3,38E-02	760
7	7 -- 8			49572	1,98E+08	3,27E-02	670
8	8 -- 9			49572	2,72E+08	3,17E-02	623
9	9 -- 10			49572	3,46E+08	3,06E-02	578
10	10 -- 11			49572	4,20E+08	2,95E-02	534
11	11 -- 12		36906	86478	4,96E+08	2,82E-02	492
12	12 -- 13			86478	6,25E+08	2,72E-02	452
13	13 -- 14			86478	7,53E+08	2,60E-02	414
14	14 -- 15			86478	8,82E+08	2,48E-02	377
15	15 -- 16			86478	1,01E+09	2,35E-02	342
16	16 -- 17		34718	121196	1,25E+09	2,11E-02	282
17	17 -- 18			121196	1,28E+09	2,09E-02	277
18	18 -- 19			121196	1,56E+09	1,90E-02	231
19	19 -- 20		18118	139314	1,75E+09	1,77E-02	204
20	20 -- 21			139314	1,86E+09	1,71E-02	190
21	21 -- 22			139314	2,28E+09	1,46E-02	144
22	22 -- 23			139314	2,69E+09	1,24E-02	105
23	23 -- 24			139314	3,10E+09	1,02E-02	72
24	24 -- 25			139314	3,51E+09	7,99E-03	45
25	25 -- 26			139314	3,92E+09	5,88E-03	25
26	26 -- 27			139314	4,33E+09	3,84E-03	11
27	27 -- 28			139314	4,73E+09	1,88E-03	3
28				139314	5,14E+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	1,64E-02	467
2	2 -- 3		3174	3174	5,39E+04	1,64E-02	456
3	3 -- 4			3174	7,34E+06	1,63E-02	420
4	4 -- 5			3174	1,22E+07	1,62E-02	396
5	5 -- 6			3174	1,71E+07	1,61E-02	373
6	6 -- 7		20384	23558	1,79E+07	1,61E-02	370
7	7 -- 8			23558	8,34E+07	1,57E-02	326
8	8 -- 9			23558	1,19E+08	1,53E-02	304
9	9 -- 10			23558	1,54E+08	1,48E-02	282
10	10 -- 11			23558	1,89E+08	1,43E-02	261
11	11 -- 12		19788	43346	2,25E+08	1,37E-02	241
12	12 -- 13			43346	2,90E+08	1,32E-02	221
13	13 -- 14			43346	3,54E+08	1,27E-02	203
14	14 -- 15			43346	4,19E+08	1,21E-02	185
15	15 -- 16			43346	4,83E+08	1,15E-02	167
16	16 -- 17		19040	62386	6,04E+08	1,03E-02	138
17	17 -- 18			62386	6,17E+08	1,02E-02	136
18	18 -- 19			62386	7,64E+08	9,34E-03	113
19	19 -- 20		5728	68114	8,60E+08	8,69E-03	100
20	20 -- 21			68114	9,16E+08	8,37E-03	93
21	21 -- 22			68114	1,12E+09	7,17E-03	70
22	22 -- 23			68114	1,32E+09	6,07E-03	51
23	23 -- 24			68114	1,52E+09	4,98E-03	35
24	24 -- 25			68114	1,72E+09	3,91E-03	22
25	25 -- 26			68114	1,92E+09	2,88E-03	12
26	26 -- 27			68114	2,12E+09	1,88E-03	5
27	27 -- 28			68114	2,32E+09	9,21E-04	1
28				68114	2,52E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,39E-03	152
2	2 -- 3				4,73E+06	7,39E-03	147
3	3 -- 4				4,73E+06	7,32E-03	130
4	4 -- 5				4,73E+06	7,28E-03	120
5	5 -- 6				4,73E+06	7,25E-03	109
6	6 -- 7				1,14E+08	7,25E-03	108
7	7 -- 8				1,14E+08	6,18E-03	90
8	8 -- 9				1,14E+08	5,72E-03	81
9	9 -- 10				1,14E+08	5,32E-03	73
10	10 -- 11				1,14E+08	4,97E-03	66
11	11 -- 12				2,24E+08	4,66E-03	59
12	12 -- 13				2,24E+08	4,24E-03	52
13	13 -- 14				2,24E+08	3,86E-03	46
14	14 -- 15				2,24E+08	3,52E-03	41
15	15 -- 16				2,24E+08	3,21E-03	36
16	16 -- 17				3,33E+08	2,73E-03	28
17	17 -- 18				3,33E+08	2,68E-03	28
18	18 -- 19				3,33E+08	2,25E-03	22
19	19 -- 20				3,45E+08	1,99E-03	19
20	20 -- 21				3,45E+08	1,86E-03	17
21	21 -- 22				3,45E+08	1,45E-03	12
22	22 -- 23				3,45E+08	1,14E-03	9
23	23 -- 24				3,45E+08	8,75E-04	6
24	24 -- 25				3,45E+08	6,48E-04	3
25	25 -- 26				3,45E+08	4,52E-04	2
26	26 -- 27				3,45E+08	2,81E-04	1
27	27 -- 28				3,45E+08	1,32E-04	0
28					3,45E+08	0,00E+00	0

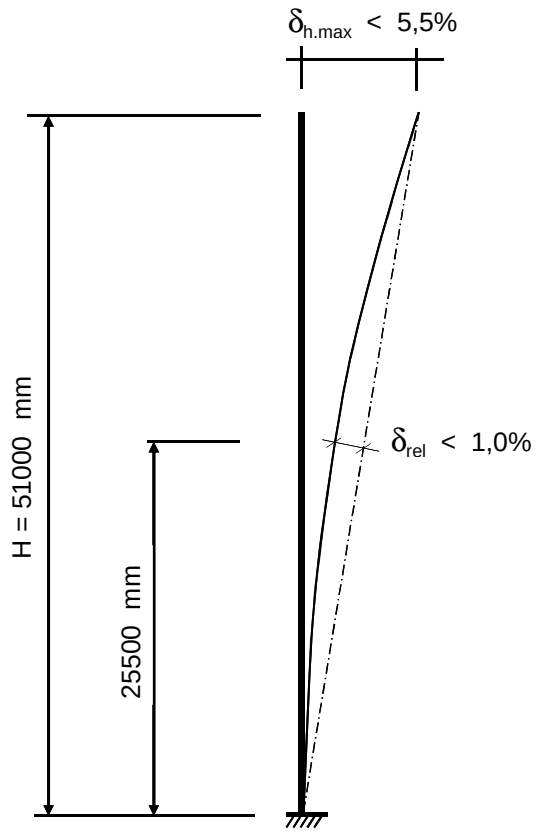
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	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	5,7E-02	1562
2	2 -- 3	5,7E-02	1522
3	3 -- 4	5,7E-02	1397
4	4 -- 5	5,6E-02	1315
5	5 -- 6	5,6E-02	1233
6	6 -- 7	5,6E-02	1222
7	7 -- 8	5,3E-02	1074
8	8 -- 9	5,2E-02	998
9	9 -- 10	5,0E-02	924
10	10 -- 11	4,8E-02	853
11	11 -- 12	4,6E-02	785
12	12 -- 13	4,4E-02	720
13	13 -- 14	4,2E-02	657
14	14 -- 15	4,0E-02	598
15	15 -- 16	3,8E-02	541
16	16 -- 17	3,4E-02	445
17	17 -- 18	3,3E-02	438
18	18 -- 19	3,0E-02	365
19	19 -- 20	2,8E-02	321
20	20 -- 21	2,7E-02	299
21	21 -- 22	2,3E-02	226
22	22 -- 23	1,9E-02	164
23	23 -- 24	1,6E-02	113
24	24 -- 25	1,3E-02	71
25	25 -- 26	9,2E-03	40
26	26 -- 27	6,0E-03	17
27	27 -- 28	2,9E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1562 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 3,06 % 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
$\delta_{knoop\ x}$ = 365 mm
α = 1,75 graden

δ_{rel} = 416 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	776	360	0	0,00E+00	9,99E-03	294
2	2 -- 3	2541	5794	776	2,72E+05	9,99E-03	287
3	3 -- 4	1756	10339	3317	4,77E+06	9,96E-03	265
4	4 -- 5	1818	13559	5073	1,09E+07	9,90E-03	251
5	5 -- 6	256	16958	6891	1,95E+07	9,81E-03	236
6	6 -- 7	3561	47255	7147	2,09E+07	9,79E-03	234
7	7 -- 8	1994	54105	10708	4,50E+07	9,49E-03	208
8	8 -- 9	2049	58039	12702	6,20E+07	9,27E-03	195
9	9 -- 10	2101	62152	14751	8,19E+07	9,02E-03	181
10	10 -- 11	2151	66444	16852	1,05E+08	8,74E-03	169
11	11 -- 12	2199	100728	19004	1,31E+08	8,42E-03	156
12	12 -- 13	2244	106454	21203	1,60E+08	8,15E-03	144
13	13 -- 14	2286	112404	23447	1,92E+08	7,85E-03	133
14	14 -- 15	2326	118576	25733	2,28E+08	7,53E-03	121
15	15 -- 16	4425	124972	28058	2,67E+08	7,19E-03	111
16	16 -- 17	332	167290	32483	3,49E+08	6,53E-03	92
17	17 -- 18	3856	168247	32815	3,55E+08	6,48E-03	91
18	18 -- 19	2493	188704	36671	4,35E+08	5,97E-03	76
19	19 -- 20	1366	205697	39164	4,92E+08	5,60E-03	68
20	20 -- 21	4985	210687	40530	5,24E+08	5,42E-03	63
21	21 -- 22	4999	229461	45515	6,49E+08	4,72E-03	49
22	22 -- 23	4956	251418	50514	7,88E+08	4,08E-03	36
23	23 -- 24	4838	274565	55470	9,42E+08	3,41E-03	25
24	24 -- 25	4614	298903	60307	1,11E+09	2,74E-03	16
25	25 -- 26	4226	324431	64921	1,29E+09	2,06E-03	9
26	26 -- 27	3540	351149	69147	1,49E+09	1,37E-03	4
27	27 -- 28	3537	379058	72687	1,69E+09	6,85E-04	1
28			419627	76224	1,91E+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	5,96E-02	1689
2	2 -- 3		13078	13078	0,00E+00	5,96E-02	1648
3	3 -- 4			13078	2,88E+07	5,94E-02	1517
4	4 -- 5			13078	4,77E+07	5,91E-02	1431
5	5 -- 6			13078	6,67E+07	5,87E-02	1345
6	6 -- 7		76654	89732	6,93E+07	5,87E-02	1334
7	7 -- 8			89732	3,12E+08	5,69E-02	1177
8	8 -- 9			89732	4,42E+08	5,54E-02	1096
9	9 -- 10			89732	5,72E+08	5,36E-02	1016
10	10 -- 11			89732	7,02E+08	5,17E-02	940
11	11 -- 12		71550	161282	8,32E+08	4,96E-02	867
12	12 -- 13			161282	1,07E+09	4,78E-02	796
13	13 -- 14			161282	1,30E+09	4,58E-02	728
14	14 -- 15			161282	1,53E+09	4,36E-02	663
15	15 -- 16			161282	1,77E+09	4,14E-02	601
16	16 -- 17		65112	226394	2,20E+09	3,71E-02	495
17	17 -- 18			226394	2,25E+09	3,68E-02	488
18	18 -- 19			226394	2,77E+09	3,36E-02	407
19	19 -- 20		20068	246462	3,11E+09	3,12E-02	358
20	20 -- 21			246462	3,31E+09	3,00E-02	334
21	21 -- 22			246462	4,02E+09	2,57E-02	253
22	22 -- 23			246462	4,74E+09	2,18E-02	184
23	23 -- 24			246462	5,45E+09	1,79E-02	126
24	24 -- 25			246462	6,16E+09	1,40E-02	80
25	25 -- 26			246462	6,88E+09	1,03E-02	44
26	26 -- 27			246462	7,59E+09	6,74E-03	19
27	27 -- 28			246462	8,31E+09	3,30E-03	5
28				246462	9,02E+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	2,07E-02	593
2	2 -- 3		4024	4024	0,00E+00	2,07E-02	578
3	3 -- 4			4024	8,85E+06	2,07E-02	533
4	4 -- 5			4024	1,47E+07	2,06E-02	503
5	5 -- 6			4024	2,05E+07	2,05E-02	473
6	6 -- 7		26718	30742	2,13E+07	2,04E-02	469
7	7 -- 8			30742	1,04E+08	1,99E-02	414
8	8 -- 9			30742	1,49E+08	1,93E-02	386
9	9 -- 10			30742	1,93E+08	1,87E-02	358
10	10 -- 11			30742	2,38E+08	1,81E-02	331
11	11 -- 12		25798	56540	2,83E+08	1,74E-02	306
12	12 -- 13			56540	3,65E+08	1,68E-02	281
13	13 -- 14			56540	4,47E+08	1,61E-02	257
14	14 -- 15			56540	5,29E+08	1,53E-02	234
15	15 -- 16			56540	6,11E+08	1,46E-02	213
16	16 -- 17		24646	81186	7,63E+08	1,31E-02	175
17	17 -- 18			81186	7,79E+08	1,30E-02	173
18	18 -- 19			81186	9,66E+08	1,19E-02	144
19	19 -- 20		7004	88190	1,09E+09	1,10E-02	127
20	20 -- 21			88190	1,16E+09	1,06E-02	118
21	21 -- 22			88190	1,41E+09	9,10E-03	90
22	22 -- 23			88190	1,67E+09	7,71E-03	65
23	23 -- 24			88190	1,93E+09	6,33E-03	45
24	24 -- 25			88190	2,18E+09	4,97E-03	28
25	25 -- 26			88190	2,44E+09	3,66E-03	16
26	26 -- 27			88190	2,69E+09	2,39E-03	7
27	27 -- 28			88190	2,95E+09	1,17E-03	2
28				88190	3,20E+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	1301
2	2 -- 3		15464	15464	0,00E+00	4,67E-02	1268
3	3 -- 4			15464	3,40E+07	4,64E-02	1166
4	4 -- 5			15464	5,64E+07	4,61E-02	1099
5	5 -- 6			15464	7,89E+07	4,56E-02	1032
6	6 -- 7		53156	68620	8,20E+07	4,56E-02	1023
7	7 -- 8			68620	2,67E+08	4,40E-02	902
8	8 -- 9			68620	3,67E+08	4,27E-02	839
9	9 -- 10			68620	4,66E+08	4,12E-02	778
10	10 -- 11			68620	5,66E+08	3,96E-02	719
11	11 -- 12		50532	119152	6,65E+08	3,80E-02	663
12	12 -- 13			119152	8,38E+08	3,66E-02	609
13	13 -- 14			119152	1,01E+09	3,50E-02	557
14	14 -- 15			119152	1,18E+09	3,33E-02	507
15	15 -- 16			119152	1,36E+09	3,16E-02	460
16	16 -- 17		47244	166396	1,68E+09	2,83E-02	379
17	17 -- 18			166396	1,71E+09	2,81E-02	374
18	18 -- 19			166396	2,09E+09	2,56E-02	312
19	19 -- 20		25354	191750	2,34E+09	2,39E-02	275
20	20 -- 21			191750	2,50E+09	2,30E-02	256
21	21 -- 22			191750	3,05E+09	1,97E-02	194
22	22 -- 23			191750	3,61E+09	1,67E-02	141
23	23 -- 24			191750	4,17E+09	1,37E-02	97
24	24 -- 25			191750	4,72E+09	1,08E-02	61
25	25 -- 26			191750	5,28E+09	7,93E-03	34
26	26 -- 27			191750	5,83E+09	5,19E-03	15
27	27 -- 28			191750	6,39E+09	2,54E-03	4
28				191750	6,95E+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	2,07E-02	592
2	2 -- 3		4220	4220	0,00E+00	2,07E-02	577
3	3 -- 4			4220	9,28E+06	2,07E-02	532
4	4 -- 5			4220	1,54E+07	2,06E-02	502
5	5 -- 6			4220	2,15E+07	2,04E-02	472
6	6 -- 7		26472	30692	2,24E+07	2,04E-02	468
7	7 -- 8			30692	1,05E+08	1,98E-02	414
8	8 -- 9			30692	1,50E+08	1,93E-02	385
9	9 -- 10			30692	1,94E+08	1,87E-02	358
10	10 -- 11			30692	2,39E+08	1,81E-02	331
11	11 -- 12		25570	56262	2,83E+08	1,74E-02	305
12	12 -- 13			56262	3,65E+08	1,67E-02	280
13	13 -- 14			56262	4,46E+08	1,60E-02	257
14	14 -- 15			56262	5,28E+08	1,53E-02	234
15	15 -- 16			56262	6,10E+08	1,45E-02	212
16	16 -- 17		24440	80702	7,61E+08	1,31E-02	175
17	17 -- 18			80702	7,78E+08	1,29E-02	172
18	18 -- 19			80702	9,63E+08	1,18E-02	144
19	19 -- 20		7464	88166	1,08E+09	1,10E-02	127
20	20 -- 21			88166	1,15E+09	1,06E-02	118
21	21 -- 22			88166	1,41E+09	9,08E-03	89
22	22 -- 23			88166	1,67E+09	7,69E-03	65
23	23 -- 24			88166	1,92E+09	6,32E-03	45
24	24 -- 25			88166	2,18E+09	4,97E-03	28
25	25 -- 26			88166	2,43E+09	3,66E-03	16
26	26 -- 27			88166	2,69E+09	2,39E-03	7
27	27 -- 28			88166	2,94E+09	1,17E-03	2
28				88166	3,20E+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	8,87E-03	182
2	2 -- 3				5,68E+06	8,87E-03	176
3	3 -- 4				5,68E+06	8,78E-03	157
4	4 -- 5				5,68E+06	8,74E-03	144
5	5 -- 6				5,68E+06	8,70E-03	131
6	6 -- 7				1,37E+08	8,70E-03	129
7	7 -- 8				1,37E+08	7,42E-03	108
8	8 -- 9				1,37E+08	6,87E-03	97
9	9 -- 10				1,37E+08	6,39E-03	88
10	10 -- 11				1,37E+08	5,97E-03	79
11	11 -- 12				2,69E+08	5,60E-03	70
12	12 -- 13				2,69E+08	5,08E-03	63
13	13 -- 14				2,69E+08	4,63E-03	56
14	14 -- 15				2,69E+08	4,22E-03	49
15	15 -- 16				2,69E+08	3,86E-03	43
16	16 -- 17				4,00E+08	3,28E-03	34
17	17 -- 18				4,00E+08	3,22E-03	33
18	18 -- 19				4,00E+08	2,70E-03	26
19	19 -- 20				4,14E+08	2,39E-03	22
20	20 -- 21				4,14E+08	2,23E-03	21
21	21 -- 22				4,14E+08	1,74E-03	15
22	22 -- 23				4,14E+08	1,37E-03	10
23	23 -- 24				4,14E+08	1,05E-03	7
24	24 -- 25				4,14E+08	7,78E-04	4
25	25 -- 26				4,14E+08	5,42E-04	2
26	26 -- 27				4,14E+08	3,37E-04	1
27	27 -- 28				4,14E+08	1,58E-04	0
28					4,14E+08	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	5,79	15,70	23,66
3	3 -- 4	10,34	16,62	59,03
4	4 -- 5	13,56	18,49	83,28
5	5 -- 6	16,96	20,43	108,30
6	6 -- 7	47,25	97,36	338,41
7	7 -- 8	54,11	101,15	530,92
8	8 -- 9	58,04	103,28	645,00
9	9 -- 10	62,15	105,47	796,35
10	10 -- 11	66,44	107,71	950,90
11	11 -- 12	100,73	181,55	1240,22
12	12 -- 13	106,45	183,90	1505,17
13	13 -- 14	112,40	186,29	1773,56
14	14 -- 15	118,58	188,73	2045,45
15	15 -- 16	124,97	191,21	2320,90
16	16 -- 17	167,29	261,04	2975,03
17	17 -- 18	168,25	261,40	3027,27
18	18 -- 19	188,70	265,51	3633,21
19	19 -- 20	205,70	288,24	4047,79
20	20 -- 21	210,69	289,69	4278,96
21	21 -- 22	229,46	295,01	5126,78
22	22 -- 23	251,42	300,34	5990,05
23	23 -- 24	274,56	305,63	6868,71
24	24 -- 25	298,90	310,79	7762,52
25	25 -- 26	324,43	315,71	8670,94
26	26 -- 27	351,15	320,22	9593,04
27	27 -- 28	379,06	323,99	10527,15
28		419,63	327,77	11472,21

)* - 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 / 847	23,66	5,79	40	23,9	833,1	0,03
2	500 / 847	59,03	10,34	125	60,6	1017,9	0,06
3	500 / 847	83,28	13,56	82	85,9	1149,8	0,08
4	500 / 847	108,30	16,96	82	112,3	1289,8	0,09
5	500 / 847	338,41	47,25	11	343,0	1309,8	0,27
6	500 / 847	530,92	54,11	148	543,5	1594,0	0,35
7	500 / 847	645,00	58,04	76	662,0	1758,1	0,38
8	500 / 847	796,35	62,15	74	817,9	1930,3	0,43
9	500 / 847	950,90	66,44	71	977,2	2110,5	0,47
10	500 / 847	1240,22	100,73	68	1273,4	2298,8	0,56
11	847 / 1055	1505,17	106,45	65	1545,3	3087,0	0,51
12	847 / 1055	1773,56	112,40	62	1820,7	3341,1	0,55
13	847 / 1055	2045,45	118,58	59	2099,6	3605,3	0,59
14	847 / 1055	2320,90	124,97	56	2382,1	3879,6	0,62
15	847 / 1055	2975,03	167,29	97	3052,4	4417,1	0,70
16	847 / 1055	3027,27	168,25	7	3105,8	4458,3	0,71
17	1055 / 1234	3633,21	188,70	73	3725,6	5886,8	0,64
18	1055 / 1234	4047,79	205,70	44	4149,2	6283,1	0,67
19	1055 / 1234	4278,96	210,69	22	4385,0	6499,8	0,68
20	1055 / 1234	5126,78	229,46	73	5249,5	7315,9	0,73
21	1234/ 1720	5990,05	251,42	62	6128,3	9047,3	0,69
22	1234/ 1720	6868,71	274,56	51	7021,1	10059,0	0,71
23	1234/ 1720	7762,52	298,90	41	7927,3	11124,4	0,72
24	1234/ 1720	8670,94	324,43	32	8846,0	12243,4	0,73
25	1234/ 1720	9593,04	351,15	22	9775,9	13416,1	0,74
26	1234/ 1720	10527,15	379,06	13	10714,9	14642,4	0,74
27	1234/ 1720	11472,21	419,63	4	11661,8	15922,3	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 $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ 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
517	12,0	43,06	0,81	355	355
569	12,0	47,45	0,81	355	355
604	12,0	50,34	0,81	355	355
639	12,0	53,22	0,81	355	355
643	12,0	53,62	0,81	355	355
708	12,0	59,00	0,81	355	355
743	12,0	61,89	0,81	346	355
777	12,0	64,78	0,81	335	355
812	12,0	67,67	0,81	325	355
847	12,0	70,56	0,81	316	355
881	15,0	58,76	0,81	355	355
916	15,0	61,07	0,81	349	355
951	15,0	63,38	0,81	340	355
985	15,0	65,70	0,81	332	355
1050	15,0	70,00	0,81	318	355
1055	15,0	70,32	0,81	317	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 / 847	10,53	0,31	355	355	0,03
2	500 / 847	23,29	0,52	355	355	0,07
3	500 / 847	28,16	0,63	355	355	0,08
4	500 / 847	32,71	0,74	355	355	0,09
5	500 / 847	93,67	1,99	355	355	0,27
6	500 / 847	133,21	2,16	355	355	0,38
7	500 / 847	140,30	2,16	355	346	0,40
8	500 / 847	157,53	2,20	355	335	0,45
9	500 / 847	171,79	2,25	355	325	0,49
10	500 / 847	205,14	3,27	355	316	0,59
11	847 / 1055	185,10	2,66	355	355	0,53
12	847 / 1055	201,17	2,70	355	349	0,57
13	847 / 1055	214,68	2,74	355	340	0,61
14	847 / 1055	226,04	2,78	355	332	0,65
15	847 / 1055	261,49	3,54	355	318	0,75
16	847 / 1055	248,45	3,44	355	317	0,71
17	1055 / 1234	236,52	3,14	355	347	0,68
18	1055 / 1234	254,69	3,36	355	339	0,73
19	1055 / 1234	243,57	3,28	355	335	0,70
20	1055 / 1234	270,01	3,43	355	322	0,77
21	1234/ 1720	254,11	3,20	355	334	0,73
22	1234/ 1720	261,09	3,32	355	322	0,75
23	1234/ 1720	265,87	3,43	355	312	0,76
24	1234/ 1720	268,93	3,54	355	302	0,77
25	1234/ 1720	270,64	3,66	355	294	0,77
26	1234/ 1720	271,26	3,78	355	286	0,78
27	1234/ 1720	271,02	4,01	355	279	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

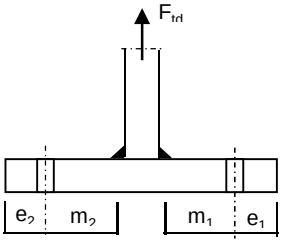
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

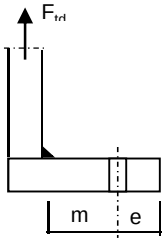
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

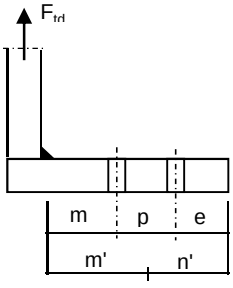
Flenzen en voetplaat:



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		1880					
st.c binnenkant		1520					
1700	48	553,62	6,83	28	M 48 - 8,8	848,4	0,65
flenzen op 25,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		920,00					
920,00	24	650,33	11,06	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,61

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	1107,24	0,66
60	7,42E+07	4065,74	1846,22	1696,90	1696,90	1107,24	0,65
flenzen op 25,5 m hoogte.							
80	6,45E+07	1841,52	985,23	2121,12	985,23	650,33	0,66
80	6,45E+07	1841,52	985,23	2121,12	985,23	650,33	0,66
	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	0,62	1,110	0,18	3,81

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	1167	1,000		1,000			
2	1140	0,977	1 -- 2	0,988	113	369	689,6
3	1055	0,904	2 -- 3	0,940	379		172,2
4	999	0,856	3 -- 4	0,880	268		185,1
5	943	0,808	4 -- 5	0,832	283		195,3
6	936	0,802	5 -- 6	0,805	40	2484	12622,2
7	834	0,714	6 -- 7	0,758	571		211,4
8	780	0,668	7 -- 8	0,691	328		226,1
9	728	0,624	8 -- 9	0,646	343		236,4
10	677	0,580	9 -- 10	0,602	358		246,6
11	628	0,538	10 -- 11	0,559	373	2484	1970,1
12	581	0,498	11 -- 12	0,518	477		329,1
13	535	0,458	12 -- 13	0,478	496		341,9
14	491	0,420	13 -- 14	0,439	514		354,7
15	448	0,384	14 -- 15	0,402	533		367,6
16	374	0,320	15 -- 16	0,352	1042	2484	1306,0
17	369	0,316	16 -- 17	0,318	80		398,8
18	311	0,266	17 -- 18	0,291	1121		487,4
19	276	0,236	18 -- 19	0,251	743	673	944,1
20	258	0,221	19 -- 20	0,229	416		519,8
21	198	0,170	20 -- 21	0,196	1564		539,5
22	146	0,125	21 -- 22	0,148	1830		630,9
23	102	0,087	22 -- 23	0,106	1929		665,2
24	66	0,056	23 -- 24	0,072	2028		699,4
25	37	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	690	0,988	0,700	0,68	471,56	0,69
2 -- 3	172	0,940	2,200	1,94	334,84	2,07
3 -- 4	185	0,880	1,450	1,12	207,71	1,28
4 -- 5	195	0,832	1,450	1,00	196,06	1,21
5 -- 6	12622	0,805	0,200	0,13	1635,42	0,16
6 -- 7	211	0,758	2,700	1,55	327,92	2,05
7 -- 8	226	0,691	1,450	0,69	156,70	1,00
8 -- 9	236	0,646	1,450	0,61	143,10	0,94
9 -- 10	247	0,602	1,450	0,53	129,65	0,87
10 -- 11	1970	0,559	1,450	0,45	893,82	0,81
11 -- 12	329	0,518	1,450	0,39	128,03	0,75
12 -- 13	342	0,478	1,450	0,33	113,24	0,69
13 -- 14	355	0,439	1,450	0,28	99,23	0,64
14 -- 15	368	0,402	1,450	0,23	86,14	0,58
15 -- 16	1306	0,352	2,700	0,33	437,00	0,95
16 -- 17	399	0,318	0,200	0,02	8,07	0,06
17 -- 18	487	0,291	2,300	0,19	95,00	0,67
18 -- 19	944	0,251	1,500	0,09	89,50	0,38
19 -- 20	520	0,229	0,800	0,04	21,76	0,18
20 -- 21	539	0,196	2,900	0,11	59,82	0,57
21 -- 22	631	0,148	2,900	0,06	39,92	0,43
22 -- 23	665	0,106	2,900	0,03	21,86	0,31
23 -- 24	699	0,072	2,900	0,01	10,46	0,21
24 -- 25	734	0,044	2,900	0,01	4,11	0,13
25 -- 26	768	0,023	2,900	0,00	1,17	0,07
26 -- 27	802	0,009	2,900	0,00	0,18	0,03
27 -- 28	1166	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,86	5712,29	17,72

m_e = 5712,3 / 10,9 = 525,8 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 1720	525,8	0,030	1,25	1,110	20,5

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 = 20,5

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 = 17,72 / (4 * π * 10,86) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,110 * 3,81 / $15*10^{-6}$ = 2,8E+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 = 5,90 / 17,72 = 0,33

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,049 * 0,130 * 0,33 * 0,7 = 0,046

$y_{F;max}$ = 1,110 * 0,046 = 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		67401	67401	0,00E+00	5,0E-02	1000
2	2 -- 3			67401	4,72E+07	5,0E-02	965
3	3 -- 4			67401	1,95E+08	4,8E-02	858
4	4 -- 5			67401	2,93E+08	4,6E-02	790
5	5 -- 6			67401	3,91E+08	4,4E-02	725
6	6 -- 7			67401	4,04E+08	4,3E-02	716
7	7 -- 8			67401	5,86E+08	3,9E-02	605
8	8 -- 9			67401	6,84E+08	3,6E-02	551
9	9 -- 10			67401	7,82E+08	3,4E-02	500
10	10 -- 11			67401	8,80E+08	3,1E-02	454
11	11 -- 12			67401	9,77E+08	2,9E-02	410
12	12 -- 13			67401	1,08E+09	2,7E-02	370
13	13 -- 14			67401	1,17E+09	2,5E-02	333
14	14 -- 15			67401	1,27E+09	2,3E-02	299
15	15 -- 16			67401	1,37E+09	2,1E-02	267
16	16 -- 17			67401	1,55E+09	1,8E-02	214
17	17 -- 18			67401	1,56E+09	1,8E-02	211
18	18 -- 19			67401	1,72E+09	1,6E-02	173
19	19 -- 20			67401	1,82E+09	1,4E-02	150
20	20 -- 21			67401	1,87E+09	1,3E-02	139
21	21 -- 22			67401	2,07E+09	1,1E-02	104
22	22 -- 23			67401	2,26E+09	9,2E-03	74
23	23 -- 24			67401	2,46E+09	7,3E-03	50
24	24 -- 25			67401	2,66E+09	5,7E-03	31
25	25 -- 26			67401	2,85E+09	4,1E-03	17
26	26 -- 27			67401	3,05E+09	2,6E-03	8
27	27 -- 28			67401	3,24E+09	1,3E-03	2
28	28 -- 29			67401	3,44E+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	517	12,0	2346639	20	0,0506	2,0
2	569	12,0	2867306	68	0,0506	6,9
3	604	12,0	3238997	91	0,0506	9,2
4	639	12,0	3633350	108	0,0506	10,9
5	643	12,0	3689521	110	0,0506	11,1
6	708	12,0	4490042	131	0,0506	13,2
7	743	12,0	4952382	138	0,0506	14,0
8	777	12,0	5437384	144	0,0506	14,5
9	812	12,0	5945049	148	0,0506	15,0
10	847	12,0	6475376	151	0,0506	15,3
11	881	15,0	8695775	124	0,0506	12,5
12	916	15,0	9411665	125	0,0506	12,6
13	951	15,0	10155884	125	0,0506	12,7
14	985	15,0	10928430	125	0,0506	12,7
15	1050	15,0	12442451	125	0,0506	12,6
16	1055	15,0	12558508	125	0,0506	12,6
17	1110	18,0	16582612	104	0,0506	10,5
18	1146	18,0	17698958	103	0,0506	10,4
19	1165	18,0	18309217	102	0,0506	10,4
20	1234	18,0	20608150	100	0,0506	10,2
21	1303	20,0	25485269	89	0,0506	9,0
22	1373	20,0	28335272	87	0,0506	8,8
23	1442	20,0	31336358	85	0,0506	8,6
24	1512	20,0	34488527	83	0,0506	8,4
25	1581	20,0	37791780	81	0,0506	8,2
26	1650	20,0	41246116	79	0,0506	8,0
27	1720	20,0	44851536	77	0,0506	7,8

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,62 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 3,81 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 = 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,62 * [3,81 / 6,19]^2 * \exp[-(3,81 / 6,19)^2]$ = 1,54E+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.

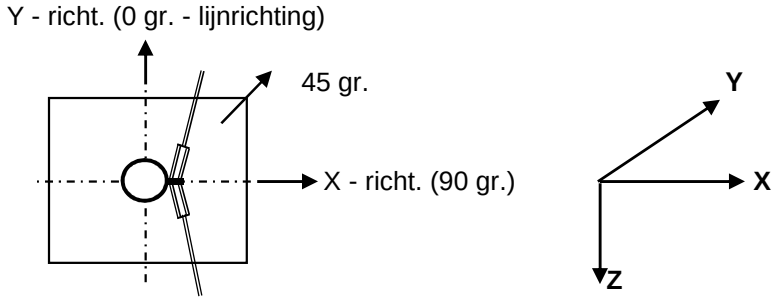
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	8,28	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
		10,99					
5	Lasnaad	13,06	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
		13,31					
7	Lasnaad	15,86	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
		16,77					
9	Lasnaad	17,46	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
11	Lasnaad	18,32	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
13	Lasnaad	15,13	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
15	Lasnaad	15,20	45	24,75	1,000E+10		
17	Lasnaad	15,12	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
18	flenzen	12,58	35	19,25	1,000E+10	1,54E+08	0,02
20	Lasnaad	12,43	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
21	Lasnaad	12,19	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
22	Lasnaad	10,79	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
23	Lasnaad	10,54	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
24	Lasnaad	10,29	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
25	Lasnaad	10,04	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
26	Lasnaad	9,79	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
27	Lasnaad	9,54	45	24,75	1,000E+10	1,54E+08	0,02
28	voetplaat	9,31	35	19,25	1,000E+10	1,54E+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			318			
2 - Windbelasting mast	81				2034	
3 - Belasting geval 1a	246		101		9438	
4 - Belasting geval 1b	88		101		3619	
5 - Belasting geval 3	192		203		7707	
6 - Belasting geval 4	88		124		3702	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	328		**420**		**11472**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	103		420		4000	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	215		521		8279	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	103		442		4083	

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	7924	kNm	11472	kNm	11472	kNm
Dwarskracht	223	kN	328	kN	328	kN
Verticale kracht	350	kN	420	kN	315	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	553,62	6,83	28	M 48 - 8,8	848,45	0,65
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		1880,00					
st.c binnenkant		1520,00					
1700	48	381,12	4,65	28	M 48 - 8,8	848,45	0,45

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 553,6 kN

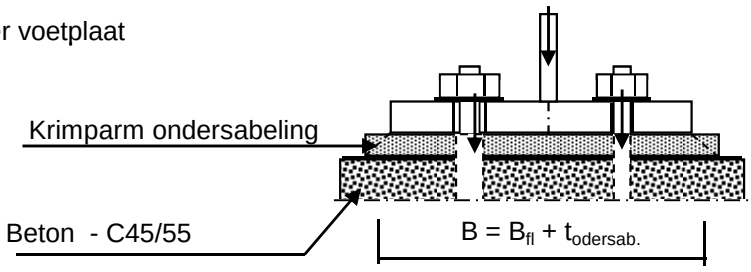
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 381,1 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 571,1 + 1,00 * 381,1 = 952,2 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

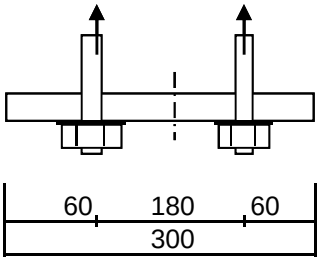
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	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

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,4 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

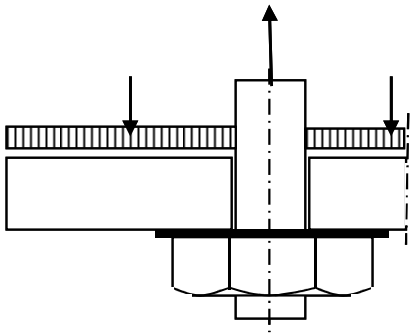


D = 1700 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 66759 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 16,6 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

$M_{Ed;st}$ = 29854 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1493 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 37318 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 37318 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1493 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} = 37318 / 79875,0 = 0,47 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 165,9 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1493 / 6149 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 49,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (166,0^2 + 3*50,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 187 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage I en I2

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	6455	146657	14907	6455	-146657
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	6451	146657	14907	6451	-146657
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	6446	146657	14907	6446	-146657
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	849	19242	1947	849	-19242
	Comp. gl	4038	1754	39867	4038	1754	-39867
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	7606	173968	14900	7606	-173968
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	7605	173968	14900	7605	-173968
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	7604	173968	14900	7604	-173968
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	984	22489	1946	984	-22489
	Comp. gl	4036	2011	46005	4036	2011	-46005
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	10256	234233	25691	10256	-234233
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	10254	234233	25691	10254	-234233
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	10251	234233	25691	10251	-234233
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8083	2543	58024	8083	2543	-58024
	Comp. gl	16332	5119	116933	16332	5119	-116933
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	7550	172685	17913	7550	-172685
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	7549	172685	17913	7549	-172685
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	7548	172685	17913	7548	-172685
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	1108	25331	2699	1108	-25331
	Comp. gl	5542	2269	51910	5542	2269	-51910
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	7005	160442	16772	7005	-160442
	GW / opgw	2190	922	21111	2190	922	-21111
	Comp. gl	4543	1908	43708	4543	1908	-43708
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	20279	178767	14912	23138	-189670
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	19149	174662	14911	21776	-184396
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	17734	169727	14910	20067	-177988
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	3334	26317	1948	3847	-28499

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4039	5336	48171	4039	6079	-51032
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10153	175454	14900	10657	-176091
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	9954	175230	14900	10417	-175775
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	9703	174974	14900	10116	-175411
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	1435	22861	1946	1525	-23017
	Comp. gl	4036	2672	46388	4036	2802	-46552
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	17440	239845	25692	18873	-242182
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	16873	239019	25692	18190	-241025
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	16162	238064	25692	17334	-239686
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8084	4842	59459	8084	5298	-60060
	Comp. gl	16332	8489	118455	16333	9151	-119112
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	10083	173811	17914	10581	-174301
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	9886	173639	17914	10344	-174057
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	9637	173443	17913	10046	-173777
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	1553	25562	2699	1641	-25661
	Comp. gl	5542	2923	52147	5542	3051	-52252
1a	380C1F1 / 380C2F1	14918	38327	252760	14918	38327	-252760
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14917	35775	241952	14917	35775	-241952
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14916	32556	228346	14916	32556	-228346
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1949	6539	40255	1949	6539	-40255
	Comp. gl	4041	10034	67819	4041	10034	-67819
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	13359	181105	14900	13359	-181105
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	12899	180081	14900	12899	-180081
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	12323	178890	14900	12323	-178890
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	2012	24212	1946	2012	-24212
	Comp. gl	4037	3502	47847	4037	3502	-47847
3	380C1F1 / 380C2F1	25695	26578	259690	25695	26578	-259690
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25695	25266	256221	25695	25266	-256221
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25694	23622	252124	25694	23622	-252124
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8086	7732	64556	8086	7732	-64556
	Comp. gl	16335	12677	124217	16335	12677	-124217
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	13236	178213	17914	13236	-178213

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	12785	177407	17914	12785	-177407
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	12220	176474	17914	12220	-176474
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	2110	26448	2699	2110	-26448
	Comp. gl	5542	3732	53097	5542	3732	-53097
1a	380C1F1 / 380C2F1	14912	23138	189670	14910	20279	-178767
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14911	21776	184396	14910	19149	-174662
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14910	20067	177988	14909	17734	-169727
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	3847	28499	1947	3334	-26317
	Comp. gl	4039	6079	51032	4039	5336	-48171
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	10657	176091	14900	10153	-175454
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	10417	175775	14900	9954	-175230
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	10116	175411	14900	9703	-174974
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	1525	23017	1946	1435	-22861
	Comp. gl	4036	2802	46552	4036	2672	-46388
3	380C1F1 / 380C2F1	25692	18873	242182	25692	17440	-239845
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25692	18190	241025	25692	16873	-239019
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25692	17334	239686	25691	16162	-238064
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8084	5298	60060	8084	4842	-59459
0	Comp. gl	16333	9151	119112	16332	8489	-118455
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	10581	174301	17913	10083	-173811
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	10344	174057	17913	9886	-173639
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	10046	173777	17913	9637	-173443
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	1641	25661	2699	1553	-25562
	Comp. gl	5542	3051	52252	5542	2923	-52147
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	5177	117394	11178	5177	-117394
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5174	117394	11178	5174	-117394
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	5169	117394	11178	5169	-117394
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	677	15289	1460	677	-15289
	Comp. gl	3028	1399	31734	3028	1399	-31734
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	6290	143819	11172	6290	-143819
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	6289	143819	11172	6289	-143819
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	6288	143819	11172	6288	-143819

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	803	18356	1459	803	-18356
	Comp. gl	3027	1642	37544	3027	1642	-37544
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	9184	209682	21959	9184	-209682
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	9182	209682	21959	9182	-209682
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	9179	209682	21959	9179	-209682
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	2434	55540	7595	2434	-55540
	Comp. gl	15319	4895	111800	15319	4895	-111800
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	6342	145028	14184	6342	-145028
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	6342	145028	14184	6342	-145028
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	6341	145028	14184	6341	-145028
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	952	21752	2211	952	-21752
	Comp. gl	4531	1947	44539	4531	1947	-44539
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	5126	117395	11178	5126	-117395
	GW / opgw	1460	668	15289	1460	668	-15289
	Comp. gl	3028	1386	31734	3028	1386	-31734
1a	380C1F1 / 380C2F1	11181	19444	159676	11182	22396	-172725
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11181	18273	154641	11182	20991	-166465
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11180	16805	148484	11181	19225	-158726
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	3242	24215	1461	3768	-26690
	Comp. gl	3029	5097	42700	3029	5865	-46147
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	8868	146034	11173	9385	-146964
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	8664	145707	11172	9139	-146503
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8408	145330	11172	8830	-145971
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	1262	18902	1459	1355	-19126
	Comp. gl	3027	2310	38113	3027	2444	-38353
3	380C1F1 / 380C2F1	21960	16424	216603	21961	17878	-219437
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	15850	215596	21960	17185	-218037
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	15129	214430	21960	16316	-216409
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7596	4739	57102	7596	5196	-57751
	Comp. gl	15319	8270	113466	15320	8935	-114181

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	8894	146589	14184	9399	-147257
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	8694	146355	14184	9159	-146926
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8442	146086	14184	8857	-146544
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	1400	22056	2211	1489	-22185
	Comp. gl	4531	2605	44856	4531	2734	-44993
1a	380C1F1 / 380C2F1	11188	37902	243059	11188	37902	-243059
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11187	35313	231406	11187	35313	-231406
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11186	32039	216560	11186	32039	-216560
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1462	6497	39301	1462	6497	-39301
	Comp. gl	3030	9909	64971	3030	9909	-64971
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	12178	154081	11173	12178	-154081
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	11700	152650	11173	11700	-152650
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	11103	150973	11173	11103	-150973
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	1862	20775	1459	1862	-20775
	Comp. gl	3027	3168	40194	3027	3168	-40194
3	380C1F1 / 380C2F1	21964	25723	240154	21964	25723	-240154
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21963	24386	236112	21963	24386	-236112
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	22711	231302	21962	22711	-231302
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7598	7644	62562	7598	7644	-62562
	Comp. gl	15322	12479	119694	15322	12479	-119694
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	12112	152494	14184	12112	-152494
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	11650	151426	14184	11650	-151426
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	11071	150183	14184	11071	-150183
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	1968	23187	2212	1968	-23187
	Comp. gl	4531	3426	46086	4531	3426	-46086
1a	380C1F1 / 380C2F1	11182	22396	172725	11181	19444	-159676
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11182	20991	166465	11181	18273	-154641
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11181	19225	158726	11180	16805	-148484
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	3768	26690	1460	3242	-24215
	Comp. gl	3029	5865	46147	3029	5097	-42700
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	9385	146964	11172	8868	-146034
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	9139	146503	11172	8664	-145707

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15		**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	8830	145971	11172	8408	-145330
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	1355	19126	1459	1262	-18902
	Comp. gl	3027	2444	38353	3027	2310	-38113
3	380C1F1 / 380C2F1	21961	17878	219437	21960	16424	-216603
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21960	17185	218037	21960	15850	-215596
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	21960	16316	216409	21960	15129	-214430
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7596	5196	57751	7596	4739	-57102
0	Comp. gl	15320	8935	114181	15319	8270	-113466
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	9399	147257	14184	8894	-146589
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	9159	146926	14184	8694	-146355
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	8857	146544	14184	8442	-146086
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2211	1489	22185	2211	1400	-22056
	Comp. gl	4531	2734	44993	4531	2605	-44856

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	5598	127433	12421	5598	-127433
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	5596	127433	12421	5596	-127433
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	5593	127433	12421	5593	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	733	16643	1622	733	-16643
	Comp. gl	3365	1516	34520	3365	1516	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	6739	154196	12415	6739	-154196
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	6739	154196	12415	6739	-154196
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	6738	154196	12415	6738	-154196
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	865	19778	1621	865	-19778
	Comp. gl	3363	1768	40455	3363	1768	-40455
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	8468	193497	19607	8468	-193497
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	8466	193497	19607	8466	-193497
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	8464	193497	19607	8464	-193497
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	1989	45404	5711	1989	-45404
	Comp. gl	11555	4010	91636	11555	4010	-91636
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	6420	146877	14424	6420	-146877
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	6419	146877	14424	6419	-146877
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	6419	146877	14424	6419	-146877
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	922	21079	2123	922	-21079
	Comp. gl	4367	1892	43294	4367	1892	-43294
1a	380C1F1 / 380C2F1	12422	14713	146571	12423	16603	-153485
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12422	13968	144014	12423	15702	-150118
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	13036	140978	12422	14574	-146083
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	2372	20964	1623	2713	-22404
	Comp. gl	3365	3877	39438	3365	4367	-41236
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8430	155030	12415	8764	-155393
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8298	154904	12415	8605	-155213
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8132	154758	12415	8406	-155006
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	1164	19988	1621	1223	-20077
	Comp. gl	3363	2206	40669	3363	2293	-40762

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	13249	197078	19607	14201	-198583
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	12872	196548	19607	13747	-197838
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	12399	195937	19607	13178	-196976
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	3523	46421	5711	3828	-46848
	Comp. gl	11555	6258	92713	11555	6700	-93178
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8104	147534	14424	8434	-147824
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	7973	147433	14424	8277	-147680
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	7808	147318	14424	8080	-147515
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	1218	21219	2123	1276	-21280
	Comp. gl	4367	2327	43436	4367	2413	-43500
1a	380C1F1 / 380C2F1	12427	26747	196063	12427	26747	-196063
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12426	25033	188534	12426	25033	-188534
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12425	22875	179172	12425	22875	-179172
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	4523	30615	1623	4523	-30615
	Comp. gl	3366	7004	52466	3366	7004	-52466
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	10545	158280	12415	10545	-158280
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	10242	157685	12415	10242	-157685
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	9862	156996	12415	9862	-156996
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	1544	20775	1621	1544	-20775
	Comp. gl	3363	2754	41506	3363	2754	-41506
3	380C1F1 / 380C2F1	19609	19327	210048	19609	19327	-210048
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19609	18453	207752	19609	18453	-207752
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	17359	205055	19608	17359	-205055
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5712	5459	50066	5712	5459	-50066
	Comp. gl	11556	9059	96804	11556	9059	-96804
4	380C1F1 / 380C2F1	14425	10192	150154	14425	10192	-150154
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14425	9894	149671	14425	9894	-149671
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	9520	149114	14424	9520	-149114
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	1587	21763	2123	1587	-21763
	Comp. gl	4367	2864	44015	4367	2864	-44015
1a	380C1F1 / 380C2F1	12423	16603	153485	12422	14713	-146571
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12423	15702	150118	12422	13968	-144014

W2S350+5 TOWER **APPENDIX: I2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	**AHEAD** Transverse [N]	**AHEAD** Longitudinal [N]	**BACK** Vertical [N]	**BACK** Transverse [N]	**BACK** Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12422	14574	146083	12422	13036	-140978
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	2713	22404	1622	2372	-20964
	Comp. gl	3365	4367	41236	3365	3877	-39438
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	8764	155393	12415	8430	-155030
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	8605	155213	12415	8298	-154904
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	8406	155006	12415	8132	-154758
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	1223	20077	1621	1164	-19988
	Comp. gl	3363	2293	40762	3363	2206	-40669
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	14201	198583	19607	13249	-197078
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	13747	197838	19607	12872	-196548
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	13178	196976	19607	12399	-195937
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5711	3828	46848	5711	3523	-46421
	Comp. gl	11555	6700	93178	11555	6258	-92713
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	8434	147824	14424	8104	-147534
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	8277	147680	14424	7973	-147433
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	8080	147515	14424	7808	-147318
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	1276	21280	2123	1218	-21219
	Comp. gl	4367	2413	43500	4367	2327	-43436

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H350(+5)"

Mast 2 en 25

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-'12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H350(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - 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 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 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 veiligheidsklasse 3. 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 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 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)”

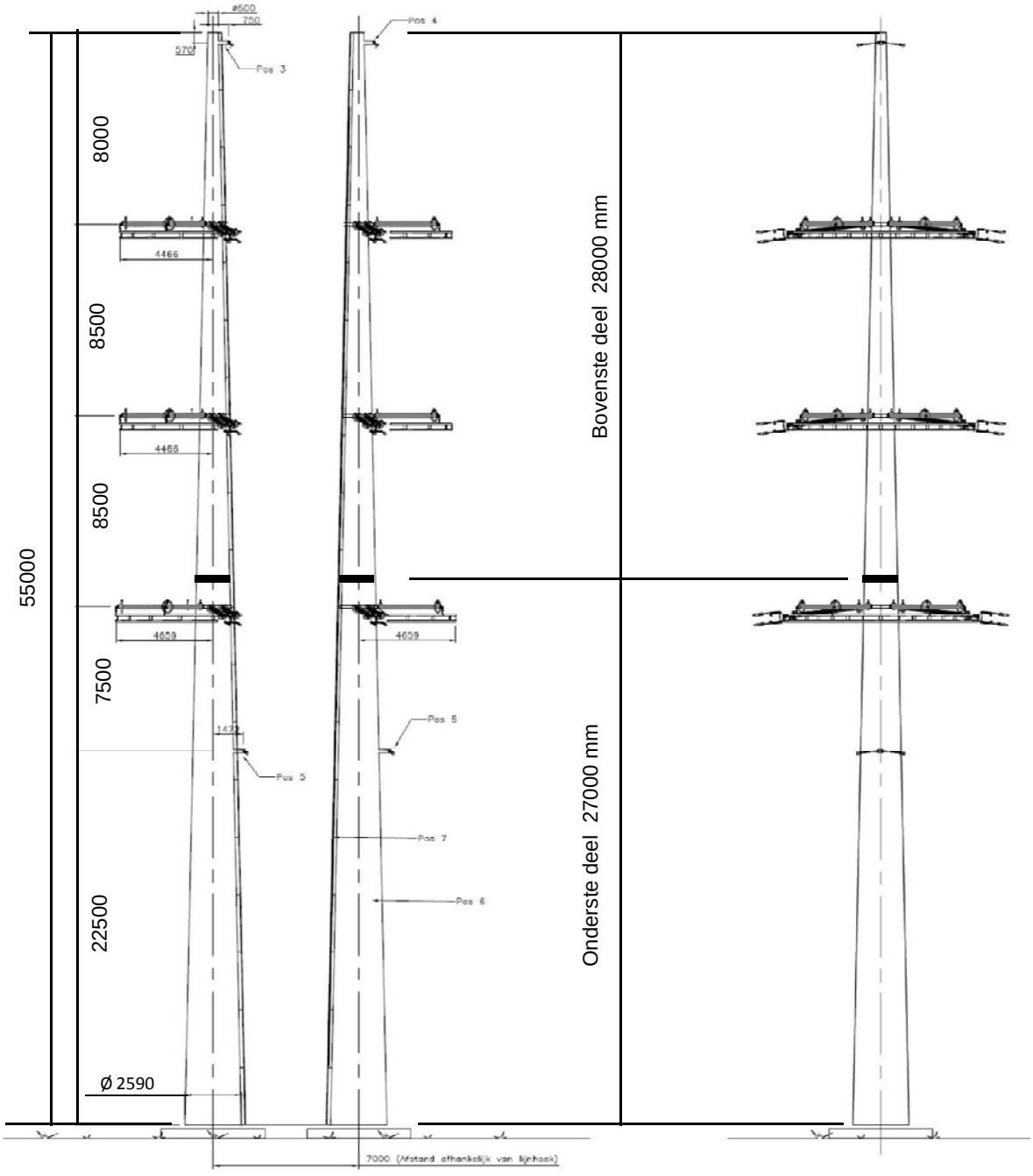
Berekening

W2H350+5

55,0 m - 2590 - 500

Mast 2 en 25

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	1564	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 (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	1650	22,0	112485	883,01	3,72E+10	575,46	4,52E+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

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	1,12E+05	3,72E+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 travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1131	300	0,30	0,00	1,71E-02	542,84
2	2 -- 3	4981	3394	4,82	0,49	1,71E-02	533,08
3	3 -- 4	3484		9,81	17,17	1,70E-02	494,12
4	4 -- 5	3769		13,29	33,63	1,69E-02	469,92
5	5 -- 6	6686		17,06	55,25	1,67E-02	445,93
6	6 -- 7	1709	26134	49,88	102,18	1,64E-02	407,78
7	7 -- 8	5489		51,59	130,08	1,63E-02	398,79
8	8 -- 9	5832		57,08	207,50	1,60E-02	375,75
9	9 -- 10	12691		62,91	293,00	1,57E-02	353,15
10	10 -- 11	12148		75,60	490,37	1,49E-02	309,54
11	11 -- 12	3400	26534	114,28	674,14	1,42E-02	276,80
12	12 -- 13	17070		117,68	743,73	1,40E-02	268,34
13	13 -- 14	18593		134,75	1103,45	1,31E-02	229,66
14	14 -- 15	16876		153,35	1513,99	1,20E-02	193,85
15	15 -- 16	5177	27016	197,24	1869,91	1,12E-02	168,23
16	16 -- 17	19444		202,41	1999,80	1,10E-02	160,99
17	17 -- 18	24199	8716	230,57	2498,32	1,02E-02	136,08
18	18 -- 19	15715		254,77	3165,67	9,09E-03	109,56
19	19 -- 20	9547	6730	277,22	3625,27	8,33E-03	94,30
20	20 -- 21	30935		286,77	3907,27	7,93E-03	86,16
21	21 -- 22	32707		317,70	4738,41	6,95E-03	65,66
22	22 -- 23	34479		350,41	5657,06	5,95E-03	47,89
23	23 -- 24	36251		384,89	6668,09	4,93E-03	32,89
24	24 -- 25	38022		421,14	7776,37	3,92E-03	20,68
25	25 -- 26	39794		459,16	8986,78	2,89E-03	11,29
26	26 -- 27	37714		498,95	10304,18	1,87E-03	4,71
27	27 -- 28	39178		536,67	11598,71	9,34E-04	1,19
28			31251	607,10	12989,36	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,1	30,0	0,543	756,63	41,572
2	2 -- 3	498,1	339,4	0,533	4284,35	227,832
3	3 -- 4	348,4		0,494	1647,45	80,949
4	4 -- 5	376,9		0,470	1693,34	79,045
5	5 -- 6	668,6		0,446	2799,81	121,826
6	6 -- 7	170,9	2613,4	0,408	11130,67	462,366
7	7 -- 8	548,9		0,399	2085,39	82,324
8	8 -- 9	583,2		0,376	2084,97	77,458
9	9 -- 10	1269,1		0,353	4125,18	139,332
10	10 -- 11	1214,8		0,310	3493,81	104,411
11	11 -- 12	340,0	2653,4	0,277	8114,09	228,558
12	12 -- 13	1707,0		0,268	4169,72	105,836
13	13 -- 14	1859,3		0,230	3862,26	83,369
14	14 -- 15	1687,6		0,194	2997,10	55,309
15	15 -- 16	517,7	2701,6	0,168	5294,41	90,482
16	16 -- 17	1944,4		0,161	2833,20	42,898
17	17 -- 18	2419,9	871,6	0,136	4079,32	52,646
18	18 -- 19	1571,5		0,110	1571,45	16,329
19	19 -- 20	954,7	673,0	0,094	1467,68	13,758
20	20 -- 21	3093,5		0,086	2303,73	17,827
21	21 -- 22	3270,7		0,066	1821,60	10,542
22	22 -- 23	3447,9		0,048	1366,09	5,624
23	23 -- 24	3625,1		0,033	952,59	2,601
24	24 -- 25	3802,2		0,021	596,31	0,972
25	25 -- 26	3979,4		0,011	312,35	0,255
26	26 -- 27	3771,4		0,005	109,18	0,033
27	27 -- 28	3917,8		0,001	22,85	0,001
28			3125,1	0,000	0,00	0,000
				Som	75976	2144

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

$n_{1,x}$	=	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	846	0,991	0,570	0,56	473,86	0,56
2 -- 3	218	0,946	2,280	2,04	445,85	2,16
3 -- 4	244	0,888	1,425	1,12	274,70	1,27
4 -- 5	265	0,844	1,425	1,01	268,24	1,20
5 -- 6	1427	0,786	2,300	1,42	2029,37	1,81
6 -- 7	311	0,743	0,550	0,30	94,32	0,41
7 -- 8	385	0,713	1,425	0,73	279,37	1,02
8 -- 9	409	0,671	1,425	0,64	262,86	0,96
9 -- 10	445	0,610	2,850	1,06	472,83	1,74
10 -- 11	1719	0,540	2,250	0,66	1128,22	1,22
11 -- 12	567	0,502	0,600	0,15	85,71	0,30
12 -- 13	599	0,459	2,850	0,60	359,16	1,31
13 -- 14	652	0,390	2,850	0,43	282,91	1,11
14 -- 15	1995	0,333	2,200	0,24	488,16	0,73
15 -- 16	796	0,303	0,650	0,06	47,60	0,20
16 -- 17	1198	0,274	2,350	0,18	210,84	0,64
17 -- 18	880	0,226	2,750	0,14	123,88	0,62
18 -- 19	1283	0,188	1,750	0,06	79,14	0,33
19 -- 20	955	0,166	1,000	0,03	26,38	0,17
20 -- 21	1125	0,140	2,750	0,05	60,50	0,38
21 -- 22	1189	0,105	2,750	0,03	35,77	0,29
22 -- 23	1254	0,074	2,750	0,02	19,09	0,20
23 -- 24	1318	0,049	2,750	0,01	8,83	0,14
24 -- 25	1383	0,029	2,750	0,00	3,30	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,86	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	11,55	7561,89	18,90

m_e = 7561,9 / 11,6 = 654,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,95	Hz
b =	1,55	m
h =	55,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	33,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	79,18	

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

B^2 =	0,49	
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	

$$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3} = 0,07$$

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,36	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,58	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	20,76	
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 =	0,81	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,75	Hz

$$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\} = 3,67$$

$c_s c_d$ =	**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	31,7	1,08E+06	0,77	0,80	0,62
2	31,6	1,19E+06	0,77	0,80	0,62
3	31,4	1,33E+06	0,77	0,80	0,62
4	31,2	1,43E+06	0,77	0,80	0,62
5	31,0	1,57E+06	0,77	0,80	0,61
6	30,8	1,67E+06	0,77	0,80	0,61
7	30,7	1,74E+06	0,77	0,80	0,61
8	30,5	1,84E+06	0,77	0,80	0,61
9	30,2	1,99E+06	0,77	0,80	0,61
10	29,9	2,16E+06	0,77	0,80	0,61
11	29,7	2,25E+06	0,77	0,80	0,61
12	29,4	2,36E+06	0,76	0,80	0,61
13	29,0	2,53E+06	0,76	0,80	0,61
14	28,5	2,68E+06	0,76	0,80	0,61
15	28,3	2,76E+06	0,76	0,80	0,61
16	28,0	2,83E+06	0,76	0,80	0,61
17	27,4	2,96E+06	0,76	0,80	0,61
18	26,9	2,96E+06	0,76	0,80	0,61
19	26,6	3,11E+06	0,76	0,80	0,60
20	26,1	3,17E+06	0,76	0,80	0,60
21	25,2	3,25E+06	0,75	0,80	0,60
22	24,3	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,1	3,29E+06	0,75	0,80	0,60
24	21,6	3,23E+06	0,74	0,80	0,59
25	19,6	3,06E+06	0,74	0,80	0,59
26	16,9	2,76E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,87E+06	0,73	0,80	0,58

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 REV 003 Appendix - H, H1 en H2		
1e traverse - 380C1F1	47,00	1			
2e traverse - 380C1F2	38,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	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
Passieve run	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			
Passieve run	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	0,180	0,068	390	0,685
2	4639	342	4981	0,794	0,274	1668	0,732
3	3270	214	3484	0,557	0,171	1128	0,791
4	3556	214	3769	0,604	0,171	1192	0,836
5	6341	345	6686	1,074	0,276	2055	0,894
6	1627	83	1709	0,275	0,066	515	0,936
7	5275	214	5489	0,745	0,171	1375	0,965
8	5618	214	5832	0,792	0,171	1433	1,006
9	12264	428	12691	1,723	0,342	3035	1,065
10	11811	338	12148	1,492	0,270	2546	1,132
11	3310	90	3400	0,417	0,072	700	1,167
12	16643	428	17070	2,095	0,342	3443	1,208
13	18165	428	18593	2,280	0,342	3622	1,271
14	16546	330	16876	1,886	0,264	2906	1,321
15	5080	98	5177	0,578	0,078	875	1,346
16	19091	353	19444	2,169	0,282	3222	1,371
17	23787	413	24199	2,696	0,330	3870	1,407
18	15453	263	15715	1,748	0,210	2437	1,393
19	9397	150	9547	1,061	0,120	1444	1,444
20	30523	413	30935	3,031	0,330	4001	1,455
21	32295	413	32707	3,195	0,330	4011	1,459
22	34066	413	34479	3,357	0,330	3973	1,445
23	35838	413	36251	3,514	0,330	3868	1,407
24	37610	413	38022	3,665	0,330	3671	1,335
25	39382	413	39794	3,802	0,330	3327	1,210
26	37339	375	37714	3,555	0,300	2566	1,027
27	38803	375	39178	3,694	0,300	2659	1,063
	468772	8250	477022	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	65931

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2621	4074	4072	16348	5578
3	3 -- 4	2934				
4	4 -- 5	3174				
5	5 -- 6	3488				
6	6 -- 7	3729	31367	31351	52933	37377
7	7 -- 8	4622				
8	8 -- 9	4911				
9	9 -- 10	5344				
10	10 -- 11	6479				
11	11 -- 12	6800	31844	31830	53412	37856
12	12 -- 13	7188				
13	13 -- 14	7829				
14	14 -- 15	9205				
15	15 -- 16	9558	32423	32409	53991	38435
16	16 -- 17	9929				
17	17 -- 18	10560	10460	10460	10460	10460
18	18 -- 19	10776				
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)

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	685				
2	2 -- 3	732	28482	18336	46408	19244
3	3 -- 4	791				
4	4 -- 5	836				
5	5 -- 6	894				
6	6 -- 7	936	180746	138528	189504	131850
7	7 -- 8	965				
8	8 -- 9	1006				
9	9 -- 10	1065				
10	10 -- 11	1132				
11	11 -- 12	1167	173912	137792	187058	131180
12	12 -- 13	1208				
13	13 -- 14	1271				
14	14 -- 15	1321				
15	15 -- 16	1346	165680	136924	184174	130384
16	16 -- 17	1371				
17	17 -- 18	1407				
18	18 -- 19	1393				
19	19 -- 20	1444	47180	36210	87608	38428
20	20 -- 21	1455				
21	21 -- 22	1459				
22	22 -- 23	1445				
23	23 -- 24	1407				
24	24 -- 25	1335				
25	25 -- 26	1210				
26	26 -- 27	1027				
27	27 -- 28	1063				
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	1095				
2	2 -- 3	1171	38170	21578	60812	23602
3	3 -- 4	1266				
4	4 -- 5	1338				
5	5 -- 6	1430				
6	6 -- 7	1498	236908	159920	237350	157856
7	7 -- 8	1544				
8	8 -- 9	1609				
9	9 -- 10	1704				
10	10 -- 11	1811				
11	11 -- 12	1867	226806	158738	233646	156802
12	12 -- 13	1933				
13	13 -- 14	2033				
14	14 -- 15	2113				
15	15 -- 16	2154	214530	157344	229270	155554
16	16 -- 17	2194				
17	17 -- 18	2251				
18	18 -- 19	2228				
19	19 -- 20	2310	61738	42050	113804	46678
20	20 -- 21	2328				
21	21 -- 22	2334				
22	22 -- 23	2311				
23	23 -- 24	2251				
24	24 -- 25	2136				
25	25 -- 26	1936				
26	26 -- 27	1642				
27	27 -- 28	1702				
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	390		0	0,00E+00	2,63E-03	79
2	2 -- 3	1668		390	1,18E+05	2,62E-03	77
3	3 -- 4	1128		2058	2,97E+06	2,61E-03	71
4	4 -- 5	1192		3186	6,75E+06	2,59E-03	68
5	5 -- 6	2055		4378	1,22E+07	2,55E-03	64
6	6 -- 7	515		6433	2,49E+07	2,47E-03	58
7	7 -- 8	1375		6948	2,87E+07	2,45E-03	57
8	8 -- 9	1433		8323	3,97E+07	2,39E-03	53
9	9 -- 10	3035		9756	5,28E+07	2,33E-03	50
10	10 -- 11	2546		12791	8,54E+07	2,19E-03	44
11	11 -- 12	700		15337	1,18E+08	2,07E-03	39
12	12 -- 13	3443		16037	1,27E+08	2,04E-03	38
13	13 -- 14	3622		19480	1,79E+08	1,88E-03	32
14	14 -- 15	2906		23102	2,40E+08	1,72E-03	27
15	15 -- 16	875		26008	2,95E+08	1,60E-03	23
16	16 -- 17	3222		26883	3,12E+08	1,56E-03	22
17	17 -- 18	3870		30105	3,80E+08	1,43E-03	19
18	18 -- 19	2437		33974	4,69E+08	1,27E-03	15
19	19 -- 20	1444		36412	5,31E+08	1,16E-03	13
20	20 -- 21	4001		37856	5,69E+08	1,10E-03	12
21	21 -- 22	4011		41856	6,79E+08	9,56E-04	9
22	22 -- 23	3973		45868	8,01E+08	8,13E-04	6
23	23 -- 24	3868		49840	9,33E+08	6,71E-04	4
24	24 -- 25	3671		53709	1,08E+09	5,29E-04	3
25	25 -- 26	3327		57380	1,23E+09	3,88E-04	2
26	26 -- 27	2566		60706	1,39E+09	2,49E-04	1
27	27 -- 28	2659		63273	1,55E+09	1,24E-04	0
28				65931	1,71E+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	4,38E-02	1293
2	2 -- 3		28482	147509	1,19E+05	4,38E-02	1268
3	3 -- 4			1112416	6,60E+07	4,34E-02	1168
4	4 -- 5			1921635	1,07E+08	4,30E-02	1107
5	5 -- 6			2949559	1,49E+08	4,25E-02	1046
6	6 -- 7		180746	7909648	2,19E+08	4,17E-02	949
7	7 -- 8			9076521	3,36E+08	4,15E-02	926
8	8 -- 9			12382603	6,37E+08	4,07E-02	867
9	9 -- 10			15943043	9,39E+08	3,96E-02	810
10	10 -- 11			24124267	1,54E+09	3,70E-02	701
11	11 -- 12		173912	33460216	2,02E+09	3,50E-02	620
12	12 -- 13			35883922	2,26E+09	3,44E-02	599
13	13 -- 14			48443027	3,36E+09	3,15E-02	505
14	14 -- 15			61421440	4,46E+09	2,84E-02	419
15	15 -- 16		165680	73308824	5,32E+09	2,62E-02	359
16	16 -- 17			76671968	5,68E+09	2,55E-02	342
17	17 -- 18			89713953	6,98E+09	2,31E-02	285
18	18 -- 19			104735149	8,51E+09	2,02E-02	225
19	19 -- 20		47180	113993420	9,48E+09	1,82E-02	192
20	20 -- 21			119002690	1,01E+10	1,71E-02	174
21	21 -- 22			132763047	1,17E+10	1,46E-02	131
22	22 -- 23			145593709	1,34E+10	1,22E-02	94
23	23 -- 24			157191446	1,50E+10	9,87E-03	63
24	24 -- 25			167256092	1,67E+10	7,63E-03	39
25	25 -- 26			175489561	1,83E+10	5,49E-03	21
26	26 -- 27			181595174	2,00E+10	3,46E-03	9
27	27 -- 28			185030318	2,15E+10	1,69E-03	2
28	28 -- 29			186314953	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	3,31E-02	991
2	2 -- 3		18336	18336	8,98E+04	3,31E-02	972
3	3 -- 4			18336	4,26E+07	3,28E-02	897
4	4 -- 5			18336	6,94E+07	3,26E-02	850
5	5 -- 6			18336	9,63E+07	3,23E-02	804
6	6 -- 7		138528	156864	1,42E+08	3,17E-02	730
7	7 -- 8			156864	2,29E+08	3,16E-02	713
8	8 -- 9			156864	4,55E+08	3,10E-02	668
9	9 -- 10			156864	6,82E+08	3,02E-02	625
10	10 -- 11			156864	1,13E+09	2,83E-02	541
11	11 -- 12		137792	294656	1,49E+09	2,68E-02	479
12	12 -- 13			294656	1,67E+09	2,64E-02	463
13	13 -- 14			294656	2,52E+09	2,42E-02	391
14	14 -- 15			294656	3,37E+09	2,19E-02	325
15	15 -- 16		136924	431580	4,03E+09	2,02E-02	278
16	16 -- 17			431580	4,31E+09	1,97E-02	265
17	17 -- 18			431580	5,34E+09	1,78E-02	221
18	18 -- 19			431580	6,54E+09	1,56E-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	5,94E-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	5,15E-02	1483
2	2 -- 3		46408	46408	1,40E+05	5,15E-02	1454
3	3 -- 4			46408	1,07E+08	5,09E-02	1337
4	4 -- 5			46408	1,74E+08	5,03E-02	1265
5	5 -- 6			46408	2,41E+08	4,95E-02	1194
6	6 -- 7		189504	235912	3,54E+08	4,82E-02	1081
7	7 -- 8			235912	4,85E+08	4,78E-02	1055
8	8 -- 9			235912	8,25E+08	4,67E-02	988
9	9 -- 10			235912	1,17E+09	4,54E-02	922
10	10 -- 11			235912	1,85E+09	4,22E-02	797
11	11 -- 12		187058	422970	2,39E+09	3,98E-02	705
12	12 -- 13			422970	2,64E+09	3,91E-02	681
13	13 -- 14			422970	3,86E+09	3,58E-02	574
14	14 -- 15			422970	5,08E+09	3,22E-02	477
15	15 -- 16		184174	607144	6,03E+09	2,97E-02	409
16	16 -- 17			607144	6,43E+09	2,89E-02	390
17	17 -- 18			607144	7,87E+09	2,62E-02	325
18	18 -- 19			607144	9,56E+09	2,29E-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	3,20E-02	955
2	2 -- 3		19244	19244	8,70E+04	3,20E-02	937
3	3 -- 4			19244	4,47E+07	3,18E-02	864
4	4 -- 5			19244	7,27E+07	3,15E-02	819
5	5 -- 6			19244	1,01E+08	3,12E-02	774
6	6 -- 7		131850	151094	1,49E+08	3,06E-02	703
7	7 -- 8			151094	2,33E+08	3,05E-02	686
8	8 -- 9			151094	4,50E+08	2,99E-02	643
9	9 -- 10			151094	6,68E+08	2,91E-02	601
10	10 -- 11			151094	1,10E+09	2,73E-02	520
11	11 -- 12		131180	282274	1,45E+09	2,58E-02	461
12	12 -- 13			282274	1,62E+09	2,54E-02	445
13	13 -- 14			282274	2,44E+09	2,33E-02	376
14	14 -- 15			282274	3,25E+09	2,10E-02	312
15	15 -- 16		130384	412658	3,88E+09	1,94E-02	268
16	16 -- 17			412658	4,15E+09	1,89E-02	255
17	17 -- 18			412658	5,13E+09	1,72E-02	213
18	18 -- 19			412658	6,28E+09	1,50E-02	168
19	19 -- 20		38428	451086	7,01E+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	1,50E+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	5,78E-05	1
6	6 -- 7				2,47E+06	4,67E-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	3,71E-05	1
10	10 -- 11				2,47E+06	3,19E-05	1
11	11 -- 12				2,47E+06	2,91E-05	1
12	12 -- 13				2,47E+06	2,84E-05	1
13	13 -- 14				2,47E+06	2,59E-05	0
14	14 -- 15				2,47E+06	2,39E-05	0
15	15 -- 16				2,47E+06	2,28E-05	0
16	16 -- 17				2,47E+06	2,25E-05	0
17	17 -- 18				2,47E+06	2,15E-05	0
18	18 -- 19				2,47E+06	2,06E-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

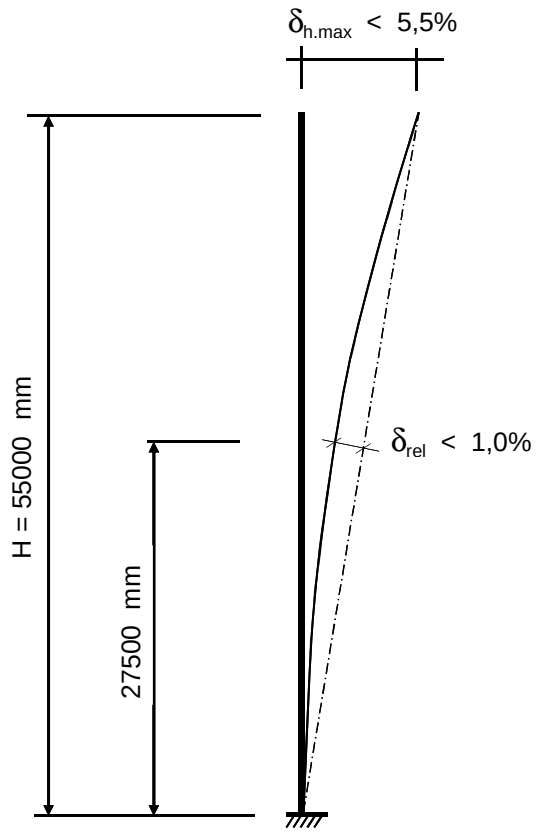
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	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	5,2E-02	1509
2	2 -- 3	5,2E-02	1479
3	3 -- 4	5,2E-02	1360
4	4 -- 5	5,1E-02	1286
5	5 -- 6	5,0E-02	1214
6	6 -- 7	4,9E-02	1100
7	7 -- 8	4,9E-02	1073
8	8 -- 9	4,7E-02	1005
9	9 -- 10	4,6E-02	938
10	10 -- 11	4,3E-02	811
11	11 -- 12	4,0E-02	717
12	12 -- 13	4,0E-02	693
13	13 -- 14	3,6E-02	584
14	14 -- 15	3,3E-02	485
15	15 -- 16	3,0E-02	416
16	16 -- 17	2,9E-02	397
17	17 -- 18	2,7E-02	331
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 = 1509 mm ----> δ_h *100 / 55000

Percentage uitbuig. = 2,74 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 17 ; Hoogte = 27000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 331 mm
α = 1,57 graden

δ_{rel} = 410 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	585	360	0	0,00E+00	3,89E-03	117
2	2 -- 3	2502	5791	585	1,67E+05	3,89E-03	115
3	3 -- 4	1692	11768	3087	4,35E+06	3,87E-03	106
4	4 -- 5	1788	15949	4779	9,96E+06	3,84E-03	101
5	5 -- 6	3083	20472	6566	1,80E+07	3,79E-03	95
6	6 -- 7	772	59862	9649	3,67E+07	3,67E-03	87
7	7 -- 8	2063	61913	10421	4,22E+07	3,63E-03	85
8	8 -- 9	2150	68500	12484	5,85E+07	3,55E-03	79
9	9 -- 10	4552	75498	14634	7,79E+07	3,46E-03	74
10	10 -- 11	3819	90728	19187	1,26E+08	3,24E-03	65
11	11 -- 12	1050	137149	23006	1,74E+08	3,07E-03	58
12	12 -- 13	5164	141229	24056	1,88E+08	3,03E-03	56
13	13 -- 14	5433	161713	29221	2,64E+08	2,79E-03	48
14	14 -- 15	4359	184025	34654	3,55E+08	2,55E-03	40
15	15 -- 16	1313	236699	39012	4,36E+08	2,37E-03	35
16	16 -- 17	4833	242911	40325	4,61E+08	2,31E-03	33
17	17 -- 18	5804	276703	45157	5,62E+08	2,12E-03	28
18	18 -- 19	3656	305742	50962	6,94E+08	1,88E-03	22
19	19 -- 20	2166	332676	54618	7,86E+08	1,72E-03	19
20	20 -- 21	6001	344132	56784	8,42E+08	1,63E-03	17
21	21 -- 22	6017	381255	62784	1,01E+09	1,42E-03	13
22	22 -- 23	5959	420503	68801	1,19E+09	1,21E-03	10
23	23 -- 24	5803	461878	74760	1,38E+09	9,98E-04	7
24	24 -- 25	5507	505379	80563	1,60E+09	7,87E-04	4
25	25 -- 26	4990	551006	86070	1,83E+09	5,78E-04	2
26	26 -- 27	3850	598759	91060	2,07E+09	3,71E-04	1
27	27 -- 28	3988	644016	94909	2,30E+09	1,84E-04	0
28			728531	98897	2,55E+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	5,68E-02	1676
2	2 -- 3		38170	38170	0,00E+00	5,68E-02	1643
3	3 -- 4			38170	8,70E+07	5,64E-02	1514
4	4 -- 5			38170	1,41E+08	5,58E-02	1434
5	5 -- 6			38170	1,96E+08	5,52E-02	1355
6	6 -- 7		236908	275078	2,84E+08	5,41E-02	1229
7	7 -- 8			275078	4,35E+08	5,38E-02	1200
8	8 -- 9			275078	8,27E+08	5,27E-02	1124
9	9 -- 10			275078	1,22E+09	5,13E-02	1050
10	10 -- 11			275078	2,00E+09	4,79E-02	908
11	11 -- 12		226806	501884	2,62E+09	4,53E-02	803
12	12 -- 13			501884	2,92E+09	4,46E-02	776
13	13 -- 14			501884	4,35E+09	4,08E-02	654
14	14 -- 15			501884	5,78E+09	3,68E-02	543
15	15 -- 16		214530	716414	6,89E+09	3,39E-02	465
16	16 -- 17			716414	7,35E+09	3,30E-02	443
17	17 -- 18			716414	9,04E+09	2,99E-02	369
18	18 -- 19			716414	1,10E+10	2,61E-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	3,78E-02	1132
2	2 -- 3		21578	21578	0,00E+00	3,78E-02	1111
3	3 -- 4			21578	4,92E+07	3,75E-02	1025
4	4 -- 5			21578	7,99E+07	3,72E-02	972
5	5 -- 6			21578	1,11E+08	3,69E-02	919
6	6 -- 7		159920	181498	1,60E+08	3,62E-02	835
7	7 -- 8			181498	2,60E+08	3,61E-02	815
8	8 -- 9			181498	5,19E+08	3,54E-02	764
9	9 -- 10			181498	7,77E+08	3,45E-02	714
10	10 -- 11			181498	1,29E+09	3,23E-02	618
11	11 -- 12		158738	340236	1,70E+09	3,07E-02	547
12	12 -- 13			340236	1,91E+09	3,02E-02	529
13	13 -- 14			340236	2,88E+09	2,77E-02	446
14	14 -- 15			340236	3,85E+09	2,50E-02	371
15	15 -- 16		157344	497580	4,60E+09	2,31E-02	318
16	16 -- 17			497580	4,92E+09	2,25E-02	303
17	17 -- 18			497580	6,09E+09	2,04E-02	253
18	18 -- 19			497580	7,46E+09	1,79E-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	6,45E-02	1852
2	2 -- 3		60812	60812	0,00E+00	6,45E-02	1815
3	3 -- 4			60812	1,39E+08	6,38E-02	1668
4	4 -- 5			60812	2,25E+08	6,29E-02	1578
5	5 -- 6			60812	3,12E+08	6,19E-02	1489
6	6 -- 7		237350	298162	4,52E+08	6,02E-02	1349
7	7 -- 8			298162	6,16E+08	5,97E-02	1316
8	8 -- 9			298162	1,04E+09	5,83E-02	1232
9	9 -- 10			298162	1,47E+09	5,66E-02	1150
10	10 -- 11			298162	2,32E+09	5,26E-02	994
11	11 -- 12		233646	531808	2,99E+09	4,96E-02	878
12	12 -- 13			531808	3,31E+09	4,88E-02	849
13	13 -- 14			531808	4,82E+09	4,46E-02	715
14	14 -- 15			531808	6,34E+09	4,01E-02	594
15	15 -- 16		229270	761078	7,51E+09	3,70E-02	510
16	16 -- 17			761078	8,00E+09	3,60E-02	486
17	17 -- 18			761078	9,79E+09	3,26E-02	405
18	18 -- 19			761078	1,19E+10	2,85E-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	3,80E-02	1133
2	2 -- 3		23602	23602	0,00E+00	3,80E-02	1111
3	3 -- 4			23602	5,38E+07	3,77E-02	1025
4	4 -- 5			23602	8,74E+07	3,74E-02	971
5	5 -- 6			23602	1,21E+08	3,70E-02	918
6	6 -- 7		157856	181458	1,75E+08	3,63E-02	834
7	7 -- 8			181458	2,75E+08	3,61E-02	814
8	8 -- 9			181458	5,34E+08	3,55E-02	763
9	9 -- 10			181458	7,92E+08	3,46E-02	713
10	10 -- 11			181458	1,31E+09	3,23E-02	618
11	11 -- 12		156802	338260	1,72E+09	3,06E-02	547
12	12 -- 13			338260	1,92E+09	3,02E-02	528
13	13 -- 14			338260	2,88E+09	2,77E-02	446
14	14 -- 15			338260	3,85E+09	2,50E-02	371
15	15 -- 16		155554	493814	4,59E+09	2,30E-02	318
16	16 -- 17			493814	4,91E+09	2,25E-02	303
17	17 -- 18			493814	6,07E+09	2,03E-02	253
18	18 -- 19			493814	7,43E+09	1,78E-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	1,28E-04	2
2	2 -- 3				2,96E+06	1,28E-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	4,45E-05	1
10	10 -- 11				2,96E+06	3,82E-05	1
11	11 -- 12				2,96E+06	3,49E-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	2,87E-05	0
15	15 -- 16				2,96E+06	2,73E-05	0
16	16 -- 17				2,96E+06	2,70E-05	0
17	17 -- 18				2,96E+06	2,58E-05	0
18	18 -- 19				2,96E+06	2,47E-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	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	18,07	60,99	12,35
3	3 -- 4	24,04	61,74	152,26
4	4 -- 5	28,22	62,25	240,60
5	5 -- 6	32,75	62,78	329,68
6	6 -- 7	93,70	301,06	475,14
7	7 -- 8	95,75	301,29	640,79
8	8 -- 9	102,34	301,91	1070,56
9	9 -- 10	109,34	302,55	1501,24
10	10 -- 11	124,57	303,92	2365,46
11	11 -- 12	192,56	538,71	3050,56
12	12 -- 13	196,64	539,02	3373,89
13	13 -- 14	217,12	540,57	4912,31
14	14 -- 15	239,43	542,20	6455,27
15	15 -- 16	313,67	772,78	7649,56
16	16 -- 17	319,89	773,18	8152,00
17	17 -- 18	353,68	774,63	9970,66
18	18 -- 19	382,72	776,37	12103,28
19	19 -- 20	434,24	891,27	13530,41
20	20 -- 21	445,70	891,92	14422,00
21	21 -- 22	482,82	893,72	16877,25
22	22 -- 23	522,07	895,52	19337,45
23	23 -- 24	563,44	897,31	21802,60
24	24 -- 25	606,94	899,05	24272,59
25	25 -- 26	652,57	900,70	26747,26
26	26 -- 27	700,32	902,20	29226,25
27	27 -- 28	745,58	903,35	31483,19
28		830,09	904,55	33743,07

)** - 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	18,07	30	12,9	1043,6	0,01
2	500 / 825	152,26	24,04	119	155,7	1436,8	0,11
3	500 / 825	240,60	28,22	73	246,1	1714,4	0,15
4	500 / 825	329,68	32,75	72	337,5	2016,5	0,17
5	500 / 825	475,14	93,70	114	493,7	2555,9	0,20
6	500 / 825	640,79	95,75	27	661,9	2694,3	0,25
7	825 / 1042	1070,56	102,34	68	1098,7	3646,3	0,31
8	825 / 1042	1501,24	109,34	67	1536,7	4124,1	0,38
9	825 / 1042	2365,46	124,57	127	2416,7	5168,1	0,47
10	1042 / 1366	3050,56	192,56	94	3119,9	6714,4	0,47
11	1042 / 1366	3373,89	196,64	24	3447,9	6996,3	0,50
12	1042 / 1366	4912,31	217,12	109	5010,0	8414,2	0,60
13	1042 / 1366	6455,27	239,43	99	6576,6	9963,0	0,67
14	1366/ 1773	7649,56	313,67	69	7792,6	12321,4	0,64
15	1366/ 1773	8152,00	319,89	19	8301,2	12754,5	0,66
16	1366/ 1773	9970,66	353,68	66	10143,2	14382,9	0,71
17	1366/ 1773	12103,28	382,72	69	12302,1	16412,6	0,76
18	1366/ 1773	13530,41	434,24	39	13746,1	17774,0	0,78
19	1366/ 1773	14422,00	445,70	20	14646,8	18576,3	0,80
20	1773/ 2590	16877,25	482,82	51	17126,6	23606,5	0,73
21	1773/ 2590	19337,45	522,07	43	19609,2	26363,2	0,75
22	1773/ 2590	21802,60	563,44	35	22094,3	29272,1	0,76
23	1773/ 2590	24272,59	606,94	28	24581,3	32333,2	0,77
24	1773/ 2590	26747,26	652,57	21	27069,8	35546,6	0,77
25	1773/ 2590	29226,25	700,32	14	29558,8	38912,2	0,77
26	1773/ 2590	31483,19	745,58	8	31821,4	42104,0	0,77
27	1773/ 2590	33743,07	830,09	2	34083,4	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 $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ 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	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	0,97	355	355	0,16
4	500 / 825	64,34	1,03	355	355	0,18
5	500 / 825	76,93	2,67	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	2,18	355	355	0,40
9	825 / 1042	185,24	2,27	355	355	0,53
10	1042 / 1366	178,59	2,88	355	355	0,51
11	1042 / 1366	178,57	2,80	355	355	0,51
12	1042 / 1366	231,31	2,92	355	342	0,66
13	1042 / 1366	254,54	2,95	355	323	0,73
14	1366/ 1773	238,37	3,27	355	331	0,68
15	1366/ 1773	235,06	3,21	355	327	0,67
16	1366/ 1773	265,62	3,42	355	315	0,76
17	1366/ 1773	283,94	3,47	355	302	0,81
18	1366/ 1773	304,35	3,86	355	294	0,87
19	1366/ 1773	286,12	3,72	355	290	0,82
20	1773/ 2590	272,82	3,41	355	304	0,78
21	1773/ 2590	278,83	3,49	355	293	0,80
22	1773/ 2590	282,15	3,57	355	284	0,81
23	1773/ 2590	283,47	3,66	355	275	0,81
24	1773/ 2590	283,30	3,75	355	268	0,81
25	1773/ 2590	282,00	3,84	355	261	0,81
26	1773/ 2590	278,98	3,92	355	255	0,80
27	1773/ 2590	276,58	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

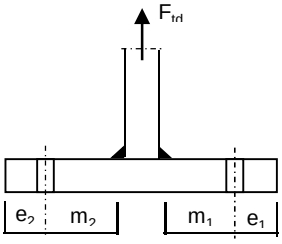
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

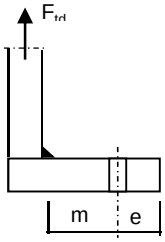
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

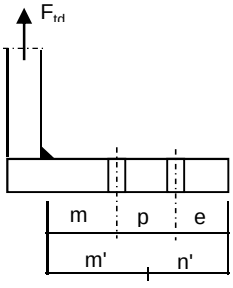
Flenzen en voetplaat:



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	588,53	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	798,83	21,52	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,75

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							
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 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							
90	1,08E+08	2807,29	1522,89	1696,90	1522,89	1177,06	0,77
90	1,41E+08	3679,83	1783,43	1696,90	1696,90	1177,06	0,69
flenzen op 27,0 m hoogte.							
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	798,83	0,80
80	6,41E+07	1878,90	996,13	2121,12	996,13	798,83	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	8,13

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	543	1,000		1,000			
2	533	0,982	1 -- 2	0,991	113	369	846,5
3	494	0,910	2 -- 3	0,946	498		218,4
4	470	0,866	3 -- 4	0,888	348		244,5
5	446	0,821	4 -- 5	0,844	377		264,5
6	408	0,751	5 -- 6	0,786	669	2613	1427,0
7	399	0,735	6 -- 7	0,743	171		310,7
8	376	0,692	7 -- 8	0,713	549		385,2
9	353	0,651	8 -- 9	0,671	583		409,2
10	310	0,570	9 -- 10	0,610	1269		445,3
11	277	0,510	10 -- 11	0,540	1215	2653	1719,2
12	268	0,494	11 -- 12	0,502	340		566,6
13	230	0,423	12 -- 13	0,459	1707		599,0
14	194	0,357	13 -- 14	0,390	1859		652,4
15	168	0,310	14 -- 15	0,333	1688	2702	1995,1
16	161	0,297	15 -- 16	0,303	518		796,5
17	136	0,251	16 -- 17	0,274	1944	872	1198,3
18	110	0,202	17 -- 18	0,226	2420		880,0
19	94	0,174	18 -- 19	0,188	1572	673	1282,6
20	86	0,159	19 -- 20	0,166	955		954,7
21	66	0,121	20 -- 21	0,140	3094		1124,9
22	48	0,088	21 -- 22	0,105	3271		1189,3
23	33	0,061	22 -- 23	0,074	3448		1253,8
24	21	0,038	23 -- 24	0,049	3625		1318,2
25	11	0,021	24 -- 25	0,029	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	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	846	0,991	0,570	0,56	473,86	0,56
2 -- 3	218	0,946	2,280	2,04	445,85	2,16
3 -- 4	244	0,888	1,425	1,12	274,70	1,27
4 -- 5	265	0,844	1,425	1,01	268,24	1,20
5 -- 6	1427	0,786	2,300	1,42	2029,37	1,81
6 -- 7	311	0,743	0,550	0,30	94,32	0,41
7 -- 8	385	0,713	1,425	0,73	279,37	1,02
8 -- 9	409	0,671	1,425	0,64	262,86	0,96
9 -- 10	445	0,610	2,850	1,06	472,83	1,74
10 -- 11	1719	0,540	2,250	0,66	1128,22	1,22
11 -- 12	567	0,502	0,600	0,15	85,71	0,30
12 -- 13	599	0,459	2,850	0,60	359,16	1,31
13 -- 14	652	0,390	2,850	0,43	282,91	1,11
14 -- 15	1995	0,333	2,200	0,24	488,16	0,73
15 -- 16	796	0,303	0,650	0,06	47,60	0,20
16 -- 17	1198	0,274	2,350	0,18	210,84	0,64
17 -- 18	880	0,226	2,750	0,14	123,88	0,62
18 -- 19	1283	0,188	1,750	0,06	79,14	0,33
19 -- 20	955	0,166	1,000	0,03	26,38	0,17
20 -- 21	1125	0,140	2,750	0,05	60,50	0,38
21 -- 22	1189	0,105	2,750	0,03	35,77	0,29
22 -- 23	1254	0,074	2,750	0,02	19,09	0,20
23 -- 24	1318	0,049	2,750	0,01	8,83	0,14
24 -- 25	1383	0,029	2,750	0,00	3,30	0,08
25 -- 26	1447	0,015	2,750	0,00	0,86	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	11,55	7561,89	18,90

m_e = 7561,9 / 11,6 = 654,5 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 / 2590	654,5	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

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

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

K = 18,90 / (4 * π * 11,55) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,545 * 8,13 / $15*10^{-6}$ = 8,4E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

K_w = 7,92 / 18,90 = 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		182143	182143	0,00E+00	5,5E-02	1000
2	2 -- 3			182143	1,04E+08	5,5E-02	969
3	3 -- 4			182143	5,19E+08	5,1E-02	847
4	4 -- 5			182143	7,79E+08	4,8E-02	776
5	5 -- 6			182143	1,04E+09	4,5E-02	709
6	6 -- 7			182143	1,46E+09	3,9E-02	612
7	7 -- 8			182143	1,56E+09	3,8E-02	591
8	8 -- 9			182143	1,82E+09	3,5E-02	539
9	9 -- 10			182143	2,08E+09	3,2E-02	491
10	10 -- 11			182143	2,60E+09	2,8E-02	405
11	11 -- 12			182143	3,01E+09	2,4E-02	346
12	12 -- 13			182143	3,11E+09	2,4E-02	332
13	13 -- 14			182143	3,63E+09	2,0E-02	270
14	14 -- 15			182143	4,15E+09	1,7E-02	217
15	15 -- 16			182143	4,55E+09	1,5E-02	182
16	16 -- 17			182143	4,67E+09	1,4E-02	172
17	17 -- 18			182143	5,10E+09	1,3E-02	141
18	18 -- 19			182143	5,60E+09	1,1E-02	109
19	19 -- 20			182143	5,92E+09	9,2E-03	92
20	20 -- 21			182143	6,10E+09	8,6E-03	83
21	21 -- 22			182143	6,60E+09	7,1E-03	61
22	22 -- 23			182143	7,10E+09	5,8E-03	43
23	23 -- 24			182143	7,60E+09	4,6E-03	29
24	24 -- 25			182143	8,11E+09	3,5E-03	18
25	25 -- 26			182143	8,61E+09	2,5E-03	9
26	26 -- 27			182143	9,11E+09	1,5E-03	4
27	27 -- 28			182143	9,56E+09	7,4E-04	1
28	28 -- 29			182143	1,00E+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	128	0,0395	10,1
3	662	15,0	4829251	161	0,0395	12,7
4	717	15,0	5680304	183	0,0395	14,5
5	804	15,0	7199677	202	0,0395	16,0
6	825	15,0	7589672	205	0,0395	16,2
7	879	18,0	10271259	177	0,0395	14,0
8	933	18,0	11617259	179	0,0395	14,1
9	1042	18,0	14557975	178	0,0395	14,1
10	1127	20,0	18913877	159	0,0395	12,6
11	1150	20,0	19707810	158	0,0395	12,5
12	1258	20,0	23702011	153	0,0395	12,1
13	1366	20,0	28064684	148	0,0395	11,7
14	1450	22,0	34708213	131	0,0395	10,4
15	1475	22,0	35928268	130	0,0395	10,3
16	1564	22,0	40515138	126	0,0395	10,0
17	1669	22,0	46232682	121	0,0395	9,6
18	1735	22,0	50067603	118	0,0395	9,3
19	1773	22,0	52327600	117	0,0395	9,2
20	1878	25,0	66497249	99	0,0395	7,9
21	1982	25,0	74262503	96	0,0395	7,6
22	2087	25,0	82456593	92	0,0395	7,3
23	2191	25,0	91079518	89	0,0395	7,0
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	78	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

$V_{crit,1}$ = 8,13 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 = 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,95 * [8,13 / 6,25]^2 * \exp[-(8,13 / 6,25)^2]$ = 2,83E+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.

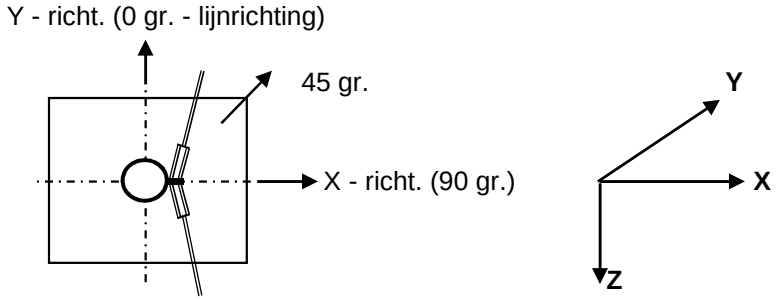
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	12,17	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
5	Lasnaad	17,34	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
7	Lasnaad	19,47	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
9	Lasnaad	16,96	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
10	Lasnaad	16,91	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
12	Lasnaad	14,99	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
13	Lasnaad	14,55	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
14	Lasnaad	14,04	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
16	Lasnaad	12,34	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
17	flenzen	11,94	35	19,25	1,000E+10	2,83E+08	0,03
18	Lasnaad	11,49	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
20	Lasnaad	11,06	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
21	Lasnaad	9,42	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
22	Lasnaad	9,08	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
23	Lasnaad	8,75	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
24	Lasnaad	8,44	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
25	Lasnaad	8,15	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
26	Lasnaad	7,88	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
27	Lasnaad	7,65	45	24,75	1,000E+10	2,83E+08	0,03
28	voetplaat	7,43	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			627			
2 - Windbelasting mast	105				2715	
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.)						
	884		729		32504	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	559		728		20997	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	905		**830**		**33743**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	560		751		20994	

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	27844	kNm	33743	kNm	33743	kNm
Dwarskracht	761	kN	905	kN	905	kN
Verticale kracht	607	kN	830	kN	546	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	588,53	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	486,53	8,64	28	M 48 - 8,8	848,45	0,57

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 588,5 kN

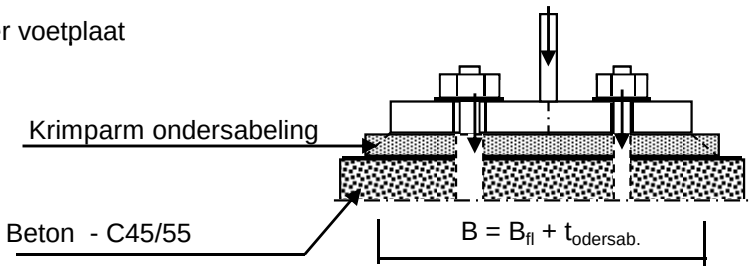
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 486,5 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 607,4 + 1,00 * 486,5 = 1093,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

B_{fl} = 550,0 mm D = 2565 mm

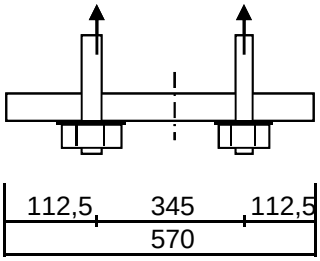
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 88

B = 590,0 mm

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

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

B - drukspanning onder instortring

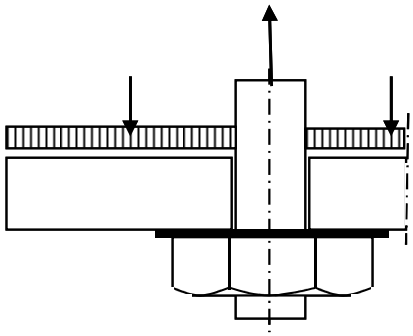


D = 2565 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 570 * $2*\pi*D / n$ = 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

$M_{Ed;st}$ = 71353 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1945 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 96406 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 96406 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1945 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} = 96406 / 108718,8 = 0,89 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 314,8 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1945 / 7174 = 0,27 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 55,6 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (315,0^2 + 3*56,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 329 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage H, H1 en H2

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]
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	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	**BACK** 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	Attachment point	AHEAD Vertical [N]	AHEAD Transverse [N]	AHEAD Longitudinal [N]	BACK Vertical [N]	BACK Transverse [N]	BACK Longitudinal [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		AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
	Attachment point	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[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

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H300(+10)"

Mast 26 en 27

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H300(+10)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage B, B1 en B2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H300(+10) 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 W2H300(+10) zijn de bijlage B en B1 (berekening maststerkte) en bijlage B2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 2,863 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 25.35 meter en 25.65 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 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H300(+10) zijn de bijlage B en B1 (berekening maststerkte) en bijlage B2 (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 “W2H300(+10)”

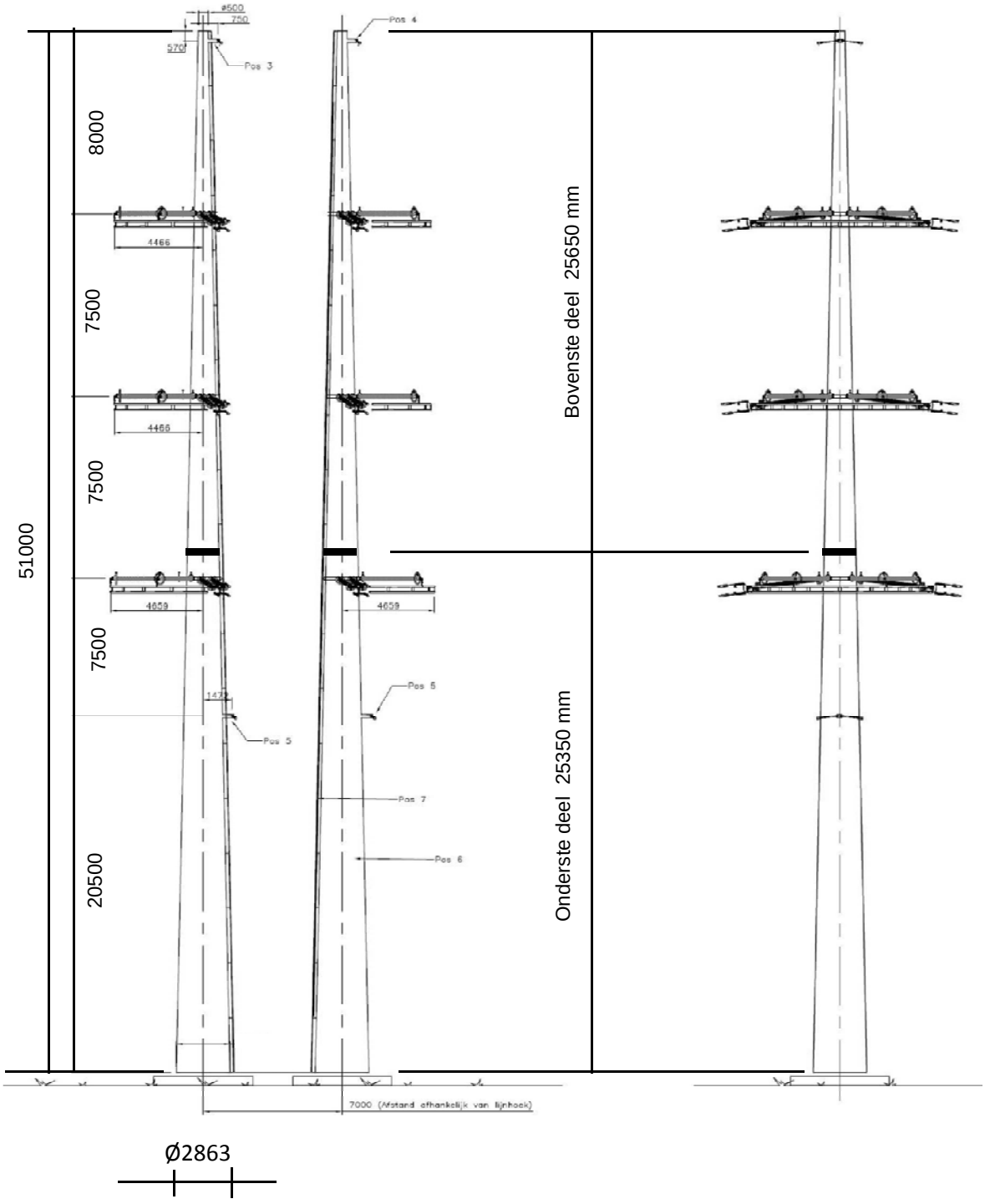
Berekening

W2H300+10

51,0 m - 2863 - 500

Mast 26 en 27

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H300(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,682

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	526	500	n.v.t.	2	1	50,72
2	2280	632	526	n.v.t.	2	1	49,29
3	1425	698	632	n.v.t.	2	1	47,44
4	1425	764	698	n.v.t.	2	1	46,01
5	2300	871	764	n.v.t.	2	1	44,15
6	550	896	871	n.v.t.	2	1	42,73
7	1425	962	896	n.v.t.	2	1	41,74
8	1425	1028	962	n.v.t.	2	1	40,31
9	2850	1160	1028	n.v.t.	2	1	38,18
10	1250	1218	1160	n.v.t.	2	1	36,13
11	1600	1292	1218	n.v.t.	2	1	34,70
12	2850	1424	1292	n.v.t.	2	1	32,48
13	2850	1556	1424	n.v.t.	2	1	29,63
14	200	1566	1556	n.v.t.	2	1	28,10
15	2650	1688	1566	n.v.t.	2	1	26,68
16	1455	1756	1688	n.v.t.	2	1	24,62
17	1455	1823	1756	n.v.t.	2	1	23,17
18	1940	1913	1756	n.v.t.	2	1	21,47
19	970	1958	1913	n.v.t.	2	1	20,02
20	1455	2026	1958	n.v.t.	2	1	18,80
21	1455	2093	2026	n.v.t.	2	1	17,35
22	2905	2228	2093	n.v.t.	2	1	15,17
23	2905	2362	2228	n.v.t.	2	1	12,26
24	2905	2497	2362	n.v.t.	2	1	9,36
25	2905	2631	2497	n.v.t.	2	1	6,45
26	2500	2747	2631	n.v.t.	2	1	3,75
27	2500	2863	2747	n.v.t.	2	1	1,25
	51000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	513	20,0	30989	243,26	9,44E+08	174,52	3,68E+06
2	579	20,0	35137	275,83	1,38E+09	197,84	4,75E+06
3	665	20,0	40530	318,16	2,11E+09	228,17	6,35E+06
4	731	20,0	44679	350,73	2,83E+09	251,51	7,73E+06
5	817	22,0	54973	431,54	4,35E+09	281,32	1,06E+07
6	883	22,0	59536	467,36	5,53E+09	304,65	1,25E+07
7	929	22,0	62699	492,18	6,45E+09	320,82	1,39E+07
8	995	22,0	67262	528,01	7,97E+09	344,16	1,60E+07
9	1094	22,0	74107	581,74	1,07E+10	379,17	1,95E+07
10	1189	22,0	80672	633,27	1,37E+10	412,74	2,31E+07
11	1255	22,0	85235	669,09	1,62E+10	436,08	2,58E+07
12	1358	22,0	92360	725,03	2,06E+10	472,53	3,04E+07
13	1490	22,0	101487	796,67	2,74E+10	519,21	3,67E+07
14	1561	22,0	106370	835,01	3,15E+10	544,19	4,04E+07
15	1627	22,0	110934	870,83	3,57E+10	567,53	4,39E+07
16	1722	22,0	117506	922,43	4,25E+10	601,15	4,93E+07
17	1790	22,0	122166	959,00	4,77E+10	624,98	5,33E+07
18	1835	22,0	125272	983,39	5,15E+10	640,87	5,61E+07
19	1936	22,0	132261	1038,25	6,06E+10	676,62	6,26E+07
20	1992	22,0	136144	1068,73	6,60E+10	696,48	6,63E+07
21	2059	22,0	140803	1105,31	7,31E+10	720,31	7,10E+07
22	2160	22,0	147784	1160,11	8,45E+10	756,02	7,82E+07
23	2295	22,0	157087	1233,13	1,01E+11	803,61	8,84E+07
24	2429	22,0	166390	1306,16	1,21E+11	851,19	9,92E+07
25	2564	22,0	175693	1379,19	1,42E+11	898,78	1,11E+08
26	2689	22,0	184347	1447,12	1,64E+11	943,05	1,22E+08
27	2805	22,0	192353	1509,97	1,86E+11	984,00	1,33E+08

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	570	3,10E+04	9,44E+08
2	50430	2 -- 3	2	2280	3,51E+04	1,38E+09
3	48150	3 -- 4	3	1425	4,05E+04	2,11E+09
4	46725	4 -- 5	4	1425	4,47E+04	2,83E+09
5	45300	5 -- 6	5	2300	5,50E+04	4,35E+09
6	43000	6 -- 7	6	550	5,95E+04	5,53E+09
7	42450	7 -- 8	7	1425	6,27E+04	6,45E+09
8	41025	8 -- 9	8	1425	6,73E+04	7,97E+09
9	39600	9 -- 10	9	2850	7,41E+04	1,07E+10
10	36750	10 -- 11	10	1250	8,07E+04	1,37E+10
11	35500	11 -- 12	11	1600	8,52E+04	1,62E+10
12	33900	12 -- 13	12	2850	9,24E+04	2,06E+10
13	31050	13 -- 14	13	2850	1,01E+05	2,74E+10
14	28200	14 -- 15	14	200	1,06E+05	3,15E+10
15	28000	15 -- 16	15	2650	1,11E+05	3,57E+10
16	25350	16 -- 17	16	1455	1,18E+05	4,25E+10
17	23895	17 -- 18	17	1455	1,22E+05	4,77E+10
18	22440	18 -- 19	18	1940	1,25E+05	5,15E+10
19	20500	19 -- 20	19	970	1,32E+05	6,06E+10
20	19530	20 -- 21	20	1455	1,36E+05	6,60E+10
21	18075	21 -- 22	21	1455	1,41E+05	7,31E+10
22	16620	22 -- 23	22	2905	1,48E+05	8,45E+10
23	13715	23 -- 24	23	2905	1,57E+05	1,01E+11
24	10810	24 -- 25	24	2905	1,66E+05	1,21E+11
25	7905	25 -- 26	25	2905	1,76E+05	1,42E+11
26	5000	26 -- 27	26	2500	1,84E+05	1,64E+11
27	2500	27 -- 28	27	2500	1,92E+05	1,86E+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	50,72	0,21	1,16	31,29	0,18	1386
2	49,29	0,21	1,15	31,13	0,18	1376
3	47,44	0,21	1,14	30,91	0,18	1362
4	46,01	0,21	1,14	30,74	0,18	1351
5	44,15	0,21	1,13	30,51	0,19	1336
6	42,73	0,21	1,12	30,32	0,19	1325
7	41,74	0,21	1,12	30,19	0,19	1316
8	40,31	0,21	1,11	29,99	0,19	1304
9	38,18	0,21	1,10	29,69	0,19	1285
10	36,13	0,21	1,09	29,37	0,19	1266
11	34,70	0,21	1,08	29,15	0,19	1252
12	32,48	0,21	1,07	28,77	0,20	1229
13	29,63	0,21	1,05	28,25	0,20	1198
14	28,10	0,21	1,04	27,95	0,20	1180
15	26,68	0,21	1,02	27,66	0,20	1162
16	24,62	0,21	1,01	27,21	0,21	1136
17	23,17	0,21	0,99	26,86	0,21	1115
18	21,47	0,21	0,98	26,43	0,21	1090
19	20,02	0,21	0,96	26,04	0,22	1068
20	18,80	0,21	0,95	25,68	0,22	1047
21	17,35	0,21	0,93	25,23	0,22	1022
22	15,17	0,21	0,91	24,47	0,23	979
23	12,26	0,21	0,86	23,27	0,24	914
24	9,36	0,21	0,81	21,74	0,26	833
25	6,45	0,21	0,73	19,64	0,29	727
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 travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1472	300	0,30	0,00	1,20E-02	360,29
2	2 -- 3	6631	2930	4,70	0,59	1,20E-02	353,47
3	3 -- 4	4748		11,33	18,87	1,19E-02	326,22
4	4 -- 5	5212		16,08	38,40	1,18E-02	309,31
5	5 -- 6	10270		21,29	65,03	1,17E-02	292,56
6	6 -- 7	2653	22623	54,19	125,81	1,15E-02	265,91
7	7 -- 8	7227		56,84	156,35	1,14E-02	259,63
8	8 -- 9	7738		64,07	242,49	1,12E-02	243,53
9	9 -- 10	17007		71,80	339,30	1,09E-02	227,77
10	10 -- 11	8103		88,81	568,17	1,04E-02	197,35
11	11 -- 12	10946	23086	120,00	684,25	1,01E-02	184,56
12	12 -- 13	21091		130,95	885,01	9,72E-03	168,70
13	13 -- 14	23133		152,04	1288,26	9,01E-03	141,95
14	14 -- 15	1700		175,17	1754,53	8,26E-03	117,28
15	15 -- 16	23474	23549	200,42	1789,73	8,20E-03	115,64
16	16 -- 17	13640	9472	233,37	2351,95	7,48E-03	94,82
17	17 -- 18	14172		247,00	2701,41	7,06E-03	84,23
18	18 -- 19	19369		261,18	3071,12	6,64E-03	74,26
19	19 -- 20	10217	5766	286,31	3596,59	6,05E-03	61,93
20	20 -- 21	15768		296,53	3879,26	5,76E-03	56,20
21	21 -- 22	16300		312,30	4322,18	5,33E-03	48,13
22	22 -- 23	34137		328,60	4788,43	4,90E-03	40,68
23	23 -- 24	36258		362,73	5792,59	4,03E-03	27,66
24	24 -- 25	38380		398,99	6898,99	3,17E-03	17,16
25	25 -- 26	40501		437,37	8113,81	2,31E-03	9,17
26	26 -- 27	36553		477,87	9443,20	1,46E-03	3,67
27	27 -- 28	38124		514,43	10683,57	7,25E-04	0,92
28			21860	574,41	12017,29	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	147,2	30,0	0,360	621,42	22,643
2	2 -- 3	663,1	293,0	0,353	3226,62	113,190
3	3 -- 4	474,8		0,326	1479,97	47,939
4	4 -- 5	521,2		0,309	1538,57	47,198
5	5 -- 6	1027,0		0,293	2813,34	80,079
6	6 -- 7	265,3	2262,3	0,266	6585,29	178,281
7	7 -- 8	722,7		0,260	1783,71	45,744
8	8 -- 9	773,8		0,244	1788,77	42,969
9	9 -- 10	1700,7		0,228	3546,32	76,840
10	10 -- 11	810,3		0,197	1518,01	29,549
11	11 -- 12	1094,6	2308,6	0,185	6076,53	112,790
12	12 -- 13	2109,1		0,169	3213,67	50,883
13	13 -- 14	2313,3		0,142	2941,36	38,863
14	14 -- 15	170,0		0,117	194,22	2,306
15	15 -- 16	2347,4	2354,9	0,116	5094,60	57,482
16	16 -- 17	1364,0	947,2	0,095	2078,97	19,448
17	17 -- 18	1417,2		0,084	1101,70	8,899
18	18 -- 19	1936,9		0,074	1293,81	8,981
19	19 -- 20	1021,7	576,6	0,062	942,29	5,776
20	20 -- 21	1576,8		0,056	806,91	4,291
21	21 -- 22	1630,0		0,048	710,03	3,214
22	22 -- 23	3413,7		0,041	1144,31	3,986
23	23 -- 24	3625,8		0,028	797,18	1,821
24	24 -- 25	3838,0		0,017	495,66	0,665
25	25 -- 26	4050,1		0,009	255,00	0,167
26	26 -- 27	3655,3		0,004	82,33	0,019
27	27 -- 28	3812,4		0,001	17,28	0,001
28			2186,0	0,000	0,00	0,000
				Som	52148	1004

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

$n_{1,x}$	=	1,15	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	825	0,991	0,570	0,56	461,34	0,56
2 -- 3	291	0,943	2,280	2,03	589,96	2,15
3 -- 4	333	0,882	1,425	1,11	369,30	1,26
4 -- 5	366	0,835	1,425	0,99	363,59	1,19
5 -- 6	1430	0,775	2,300	1,38	1975,78	1,78
6 -- 7	482	0,729	0,550	0,29	141,11	0,40
7 -- 8	507	0,698	1,425	0,69	352,39	1,00
8 -- 9	543	0,654	1,425	0,61	331,01	0,93
9 -- 10	597	0,590	2,850	0,99	591,95	1,68
10 -- 11	2495	0,530	1,250	0,35	876,15	0,66
11 -- 12	684	0,490	1,600	0,38	263,07	0,78
12 -- 13	740	0,431	2,850	0,53	391,98	1,23
13 -- 14	812	0,360	2,850	0,37	299,38	1,03
14 -- 15	12624	0,323	0,200	0,02	263,81	0,06
15 -- 16	1243	0,292	2,650	0,23	281,04	0,77
16 -- 17	937	0,248	1,455	0,09	84,21	0,36
17 -- 18	974	0,220	1,455	0,07	68,56	0,32
18 -- 19	1296	0,189	1,940	0,07	89,78	0,37
19 -- 20	1053	0,164	0,970	0,03	27,46	0,16
20 -- 21	1084	0,145	1,455	0,03	33,05	0,21
21 -- 22	1120	0,123	1,455	0,02	24,76	0,18
22 -- 23	1175	0,095	2,905	0,03	30,71	0,28
23 -- 24	1248	0,062	2,905	0,01	14,03	0,18
24 -- 25	1321	0,037	2,905	0,00	5,12	0,11
25 -- 26	1394	0,018	2,905	0,00	1,29	0,05
26 -- 27	1462	0,006	2,500	0,00	0,15	0,02
27 -- 28	2399	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	51,00	10,89	7930,99	17,72

m_e = 7931,0 / 10,9 = 728,1 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,15	Hz
b =	1,68	m
h =	51,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	74,88	

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

B^2 = 0,49

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,043	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,055	
$v_m(z_s)$ =	28,44	m/s
$v_m(z)$ =	31,32	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,74
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,78
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	23,66
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 =	0,79
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,90 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,72

$c_s c_d$ = **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	31,3	1,07E+06	0,77	0,78	0,60
2	31,1	1,20E+06	0,77	0,78	0,60
3	30,9	1,37E+06	0,77	0,78	0,60
4	30,7	1,50E+06	0,77	0,78	0,60
5	30,5	1,66E+06	0,77	0,78	0,60
6	30,3	1,79E+06	0,77	0,78	0,60
7	30,2	1,87E+06	0,77	0,78	0,60
8	30,0	1,99E+06	0,77	0,78	0,60
9	29,7	2,17E+06	0,77	0,78	0,60
10	29,4	2,33E+06	0,76	0,78	0,60
11	29,1	2,44E+06	0,76	0,78	0,60
12	28,8	2,61E+06	0,76	0,78	0,60
13	28,3	2,81E+06	0,76	0,78	0,59
14	28,0	2,91E+06	0,76	0,78	0,59
15	27,7	3,00E+06	0,76	0,78	0,59
16	27,2	3,12E+06	0,76	0,78	0,59
17	26,9	3,20E+06	0,76	0,78	0,59
18	26,4	3,23E+06	0,76	0,78	0,59
19	26,0	3,36E+06	0,76	0,78	0,59
20	25,7	3,41E+06	0,76	0,78	0,59
21	25,2	3,46E+06	0,75	0,78	0,59
22	24,5	3,52E+06	0,75	0,78	0,59
23	23,3	3,56E+06	0,75	0,78	0,58
24	21,7	3,52E+06	0,74	0,78	0,58
25	19,6	3,36E+06	0,74	0,78	0,58
26	16,9	3,04E+06	0,73	0,78	0,57
27	16,9	3,17E+06	0,73	0,78	0,57

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	50,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - B, B1 en B2		
1e traverse - 380C1F1	43,00	1			
2e traverse - 380C1F2	35,50	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Passieve run	20,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	50,43	0,763
1e traverse - 380C1F1	43,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	35,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	28,00	0,000
Passieve run	20,50	2,157

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	50,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	43,00	1			
2e traverse - 380C1F2	35,50	1			
3e traverse - 380C1F3	28,00	1			
Passieve run	20,50	1			

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1387	86	1472	0,176	0,068	379	0,665
2	6289	342	6631	0,795	0,274	1643	0,721
3	4534	214	4748	0,570	0,171	1128	0,791
4	4998	214	5212	0,626	0,171	1203	0,844
5	9925	345	10270	1,128	0,276	2097	0,912
6	2570	83	2653	0,291	0,066	529	0,962
7	7014	214	7227	0,793	0,171	1419	0,996
8	7524	214	7738	0,849	0,171	1487	1,043
9	16580	428	17007	1,865	0,342	3170	1,112
10	7916	188	8103	0,888	0,150	1468	1,175
11	10706	240	10946	1,199	0,192	1946	1,216
12	20663	428	21091	2,307	0,342	3639	1,277
13	22705	428	23133	2,527	0,342	3841	1,348
14	1670	30	1700	0,186	0,024	276	1,382
15	23077	398	23474	2,560	0,318	3739	1,411
16	13421	218	13640	1,486	0,175	2107	1,448
17	13953	218	14172	1,542	0,175	2140	1,471
18	19078	291	19369	2,105	0,233	2849	1,469
19	10071	146	10217	1,109	0,116	1462	1,507
20	15550	218	15768	1,710	0,175	2206	1,516
21	16082	218	16300	1,765	0,175	2215	1,522
22	33701	436	34137	3,687	0,349	4417	1,520
23	35823	436	36258	3,900	0,349	4339	1,494
24	37944	436	38380	4,104	0,349	4146	1,427
25	40065	436	40501	4,293	0,349	3770	1,298
26	36178	375	36553	3,823	0,300	2756	1,102
27	37749	375	38124	3,989	0,300	2867	1,147
	457173	7650	464823	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	63236

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	3099	360	360	360	360
2	2 -- 3	3490	3516	3514	14030	5018
3	3 -- 4	3998				
4	4 -- 5	4389				
5	5 -- 6	5358				
6	6 -- 7	5788	27151	27139	45629	33161
7	7 -- 8	6086				
8	8 -- 9	6516				
9	9 -- 10	7161				
10	10 -- 11	7779				
11	11 -- 12	8209	27706	27694	46184	33716
12	12 -- 13	8880				
13	13 -- 14	9740				
14	14 -- 15	10200				
15	15 -- 16	10630	28262	28250	46740	34272
16	16 -- 17	11249	11367	11367	11367	11367
17	17 -- 18	11688				
18	18 -- 19	11981				
19	19 -- 20	12639	6920	6916	27982	9926
20	20 -- 21	13005				
21	21 -- 22	13444				
22	22 -- 23	14101				
23	23 -- 24	14978				
24	24 -- 25	15854				
25	25 -- 26	16730				
26	26 -- 27	17545				
27	27 -- 28	18300				
28			26232	26232	26232	26232

KEMA rapport - bijlage B - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	665				
2	2 -- 3	721	27038	18962	43698	19402
3	3 -- 4	791				
4	4 -- 5	844				
5	5 -- 6	912				
6	6 -- 7	962	172516	144088	184686	132522
7	7 -- 8	996				
8	8 -- 9	1043				
9	9 -- 10	1112				
10	10 -- 11	1175				
11	11 -- 12	1216	166694	143484	182640	131970
12	12 -- 13	1277				
13	13 -- 14	1348				
14	14 -- 15	1382				
15	15 -- 16	1411	159710	142774	180238	131318
16	16 -- 17	1448				
17	17 -- 18	1471				
18	18 -- 19	1469				
19	19 -- 20	1507	45222	37474	82788	38846
20	20 -- 21	1516				
21	21 -- 22	1522				
22	22 -- 23	1520				
23	23 -- 24	1494				
24	24 -- 25	1427				
25	25 -- 26	1298				
26	26 -- 27	1102				
27	27 -- 28	1147				
28						

KEMA rapport - bijlage B2 - 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	1064				
2	2 -- 3	1153	35750	21856	56610	23554
3	3 -- 4	1266				
4	4 -- 5	1351				
5	5 -- 6	1459				
6	6 -- 7	1539	222728	162852	227502	156864
7	7 -- 8	1593				
8	8 -- 9	1669				
9	9 -- 10	1779				
10	10 -- 11	1879				
11	11 -- 12	1946	214152	161878	224406	155998
12	12 -- 13	2043				
13	13 -- 14	2156				
14	14 -- 15	2211				
15	15 -- 16	2257	203774	160734	220764	154978
16	16 -- 17	2317				
17	17 -- 18	2353				
18	18 -- 19	2350				
19	19 -- 20	2412	58302	42692	106296	46742
20	20 -- 21	2426				
21	21 -- 22	2435				
22	22 -- 23	2433				
23	23 -- 24	2390				
24	24 -- 25	2283				
25	25 -- 26	2076				
26	26 -- 27	1764				
27	27 -- 28	1835				
28						

KEMA rapport - bijlage B - 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	379		0	0,00E+00	1,64E-03	48
2	2 -- 3	1643		379	1,12E+05	1,64E-03	47
3	3 -- 4	1128		2022	2,89E+06	1,63E-03	43
4	4 -- 5	1203		3150	6,61E+06	1,61E-03	41
5	5 -- 6	2097		4353	1,20E+07	1,59E-03	38
6	6 -- 7	529		6450	2,46E+07	1,55E-03	35
7	7 -- 8	1419		6979	2,84E+07	1,53E-03	34
8	8 -- 9	1487		8398	3,95E+07	1,50E-03	32
9	9 -- 10	3170		9884	5,26E+07	1,46E-03	30
10	10 -- 11	1468		13054	8,57E+07	1,37E-03	26
11	11 -- 12	1946		14522	1,03E+08	1,33E-03	24
12	12 -- 13	3639		16468	1,28E+08	1,28E-03	22
13	13 -- 14	3841		20107	1,81E+08	1,18E-03	18
14	14 -- 15	276		23948	2,44E+08	1,07E-03	15
15	15 -- 16	3739		24224	2,49E+08	1,06E-03	15
16	16 -- 17	2107		27963	3,19E+08	9,65E-04	12
17	17 -- 18	2140		30070	3,61E+08	9,09E-04	11
18	18 -- 19	2849		32210	4,07E+08	8,54E-04	9
19	19 -- 20	1462		35059	4,73E+08	7,75E-04	8
20	20 -- 21	2206		36521	5,08E+08	7,37E-04	7
21	21 -- 22	2215		38727	5,63E+08	6,81E-04	6
22	22 -- 23	4417		40942	6,21E+08	6,25E-04	5
23	23 -- 24	4339		45359	7,47E+08	5,13E-04	4
24	24 -- 25	4146		49697	8,86E+08	4,02E-04	2
25	25 -- 26	3770		53843	1,04E+09	2,92E-04	1
26	26 -- 27	2756		57613	1,20E+09	1,83E-04	0
27	27 -- 28	2867		60369	1,35E+09	9,09E-05	0
28				63236	1,50E+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	2,70E-02	774
2	2 -- 3		27038	98851	7,18E+04	2,70E-02	759
3	3 -- 4			789094	6,24E+07	2,68E-02	697
4	4 -- 5			1394757	1,02E+08	2,65E-02	659
5	5 -- 6			2188336	1,41E+08	2,62E-02	622
6	6 -- 7		172516	5576642	2,06E+08	2,58E-02	562
7	7 -- 8			6374437	3,17E+08	2,57E-02	548
8	8 -- 9			8678895	6,03E+08	2,52E-02	512
9	9 -- 10			11204715	8,90E+08	2,45E-02	476
10	10 -- 11			17195963	1,47E+09	2,31E-02	408
11	11 -- 12		166694	20743254	1,72E+09	2,24E-02	380
12	12 -- 13			25298652	2,31E+09	2,14E-02	345
13	13 -- 14			34132032	3,36E+09	1,96E-02	286
14	14 -- 15			43364901	4,41E+09	1,76E-02	233
15	15 -- 16		159710	44223260	4,49E+09	1,75E-02	230
16	16 -- 17			54424736	5,89E+09	1,57E-02	185
17	17 -- 18			59833614	6,66E+09	1,46E-02	163
18	18 -- 19			65166794	7,43E+09	1,36E-02	143
19	19 -- 20		45222	72335988	8,46E+09	1,22E-02	118
20	20 -- 21			75723172	9,02E+09	1,15E-02	106
21	21 -- 22			80702561	9,85E+09	1,05E-02	90
22	22 -- 23			85475785	1,07E+10	9,56E-03	76
23	23 -- 24			94517003	1,24E+10	7,67E-03	51
24	24 -- 25			102337495	1,40E+10	5,87E-03	31
25	25 -- 26			108696632	1,57E+10	4,17E-03	16
26	26 -- 27			113355848	1,74E+10	2,56E-03	6
27	27 -- 28			115798868	1,88E+10	1,25E-03	2
28	28 -- 29			116699431	2,02E+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	2,22E-02	646
2	2 -- 3		18962	18962	5,91E+04	2,22E-02	634
3	3 -- 4			18962	4,39E+07	2,21E-02	583
4	4 -- 5			18962	7,14E+07	2,19E-02	552
5	5 -- 6			18962	9,91E+07	2,17E-02	521
6	6 -- 7		144088	163050	1,45E+08	2,14E-02	471
7	7 -- 8			163050	2,36E+08	2,13E-02	459
8	8 -- 9			163050	4,70E+08	2,09E-02	429
9	9 -- 10			163050	7,04E+08	2,04E-02	400
10	10 -- 11			163050	1,17E+09	1,92E-02	343
11	11 -- 12		143484	306534	1,38E+09	1,87E-02	319
12	12 -- 13			306534	1,87E+09	1,79E-02	290
13	13 -- 14			306534	2,76E+09	1,64E-02	241
14	14 -- 15			306534	3,64E+09	1,48E-02	196
15	15 -- 16		142774	449308	3,70E+09	1,47E-02	194
16	16 -- 17			449308	4,90E+09	1,32E-02	157
17	17 -- 18			449308	5,56E+09	1,23E-02	138
18	18 -- 19			449308	6,22E+09	1,15E-02	121
19	19 -- 20		37474	486782	7,09E+09	1,03E-02	99
20	20 -- 21			486782	7,57E+09	9,72E-03	90
21	21 -- 22			486782	8,28E+09	8,89E-03	76
22	22 -- 23			486782	8,99E+09	8,07E-03	64
23	23 -- 24			486782	1,04E+10	6,48E-03	43
24	24 -- 25			486782	1,18E+10	4,96E-03	26
25	25 -- 26			486782	1,33E+10	3,53E-03	14
26	26 -- 27			486782	1,47E+10	2,16E-03	5
27	27 -- 28			486782	1,59E+10	1,05E-03	1
28				486782	1,71E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,21E-02	900
2	2 -- 3		43698	43698	8,54E+04	3,21E-02	882
3	3 -- 4			43698	1,01E+08	3,17E-02	809
4	4 -- 5			43698	1,64E+08	3,13E-02	764
5	5 -- 6			43698	2,27E+08	3,08E-02	720
6	6 -- 7		184686	228384	3,31E+08	3,01E-02	650
7	7 -- 8			228384	4,58E+08	2,99E-02	633
8	8 -- 9			228384	7,86E+08	2,93E-02	591
9	9 -- 10			228384	1,11E+09	2,85E-02	550
10	10 -- 11			228384	1,77E+09	2,66E-02	471
11	11 -- 12		182640	411024	2,06E+09	2,58E-02	438
12	12 -- 13			411024	2,72E+09	2,47E-02	398
13	13 -- 14			411024	3,91E+09	2,25E-02	330
14	14 -- 15			411024	5,09E+09	2,03E-02	269
15	15 -- 16		180238	591262	5,17E+09	2,01E-02	265
16	16 -- 17			591262	6,75E+09	1,80E-02	214
17	17 -- 18			591262	7,62E+09	1,69E-02	189
18	18 -- 19			591262	8,48E+09	1,57E-02	165
19	19 -- 20		82788	674050	9,64E+09	1,41E-02	136
20	20 -- 21			674050	1,03E+10	1,33E-02	123
21	21 -- 22			674050	1,13E+10	1,22E-02	105
22	22 -- 23			674050	1,23E+10	1,11E-02	88
23	23 -- 24			674050	1,42E+10	8,88E-03	59
24	24 -- 25			674050	1,62E+10	6,81E-03	36
25	25 -- 26			674050	1,82E+10	4,84E-03	19
26	26 -- 27			674050	2,01E+10	2,97E-03	7
27	27 -- 28			674050	2,18E+10	1,45E-03	2
28				674050	2,35E+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	2,08E-02	602
2	2 -- 3		19402	19402	5,54E+04	2,08E-02	590
3	3 -- 4			19402	4,48E+07	2,07E-02	543
4	4 -- 5			19402	7,29E+07	2,05E-02	514
5	5 -- 6			19402	1,01E+08	2,03E-02	485
6	6 -- 7		132522	151924	1,48E+08	2,00E-02	438
7	7 -- 8			151924	2,32E+08	1,99E-02	427
8	8 -- 9			151924	4,51E+08	1,95E-02	399
9	9 -- 10			151924	6,69E+08	1,90E-02	372
10	10 -- 11			151924	1,11E+09	1,79E-02	319
11	11 -- 12		131970	283894	1,30E+09	1,74E-02	297
12	12 -- 13			283894	1,76E+09	1,67E-02	270
13	13 -- 14			283894	2,57E+09	1,52E-02	224
14	14 -- 15			283894	3,39E+09	1,38E-02	183
15	15 -- 16		131318	415212	3,45E+09	1,37E-02	180
16	16 -- 17			415212	4,56E+09	1,23E-02	146
17	17 -- 18			415212	5,16E+09	1,15E-02	128
18	18 -- 19			415212	5,77E+09	1,07E-02	112
19	19 -- 20		38846	454058	6,58E+09	9,56E-03	93
20	20 -- 21			454058	7,03E+09	9,04E-03	84
21	21 -- 22			454058	7,69E+09	8,27E-03	71
22	22 -- 23			454058	8,35E+09	7,51E-03	59
23	23 -- 24			454058	9,68E+09	6,03E-03	40
24	24 -- 25			454058	1,10E+10	4,62E-03	24
25	25 -- 26			454058	1,23E+10	3,28E-03	13
26	26 -- 27			454058	1,37E+10	2,01E-03	5
27	27 -- 28			454058	1,48E+10	9,82E-04	1
28				454058	1,59E+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	6,14E-05	1
2	2 -- 3				2,12E+06	6,14E-05	1
3	3 -- 4				2,12E+06	4,47E-05	1
4	4 -- 5				2,12E+06	3,79E-05	1
5	5 -- 6				2,12E+06	3,28E-05	1
6	6 -- 7				2,12E+06	2,74E-05	1
7	7 -- 8				2,12E+06	2,64E-05	0
8	8 -- 9				2,12E+06	2,42E-05	0
9	9 -- 10				2,12E+06	2,24E-05	0
10	10 -- 11				2,12E+06	1,97E-05	0
11	11 -- 12				2,12E+06	1,88E-05	0
12	12 -- 13				2,12E+06	1,78E-05	0
13	13 -- 14				2,12E+06	1,64E-05	0
14	14 -- 15				2,12E+06	1,53E-05	0
15	15 -- 16				2,12E+06	1,52E-05	0
16	16 -- 17				2,12E+06	1,45E-05	0
17	17 -- 18				2,12E+06	1,42E-05	0
18	18 -- 19				2,12E+06	1,38E-05	0
19	19 -- 20				1,46E+07	1,35E-05	0
20	20 -- 21				1,46E+07	1,24E-05	0
21	21 -- 22				1,46E+07	1,08E-05	0
22	22 -- 23				1,46E+07	9,45E-06	0
23	23 -- 24				1,46E+07	7,06E-06	0
24	24 -- 25				1,46E+07	5,08E-06	0
25	25 -- 26				1,46E+07	3,41E-06	0
26	26 -- 27				1,46E+07	1,99E-06	0
27	27 -- 28				1,46E+07	9,30E-07	0
28					1,46E+07	0,00E+00	0

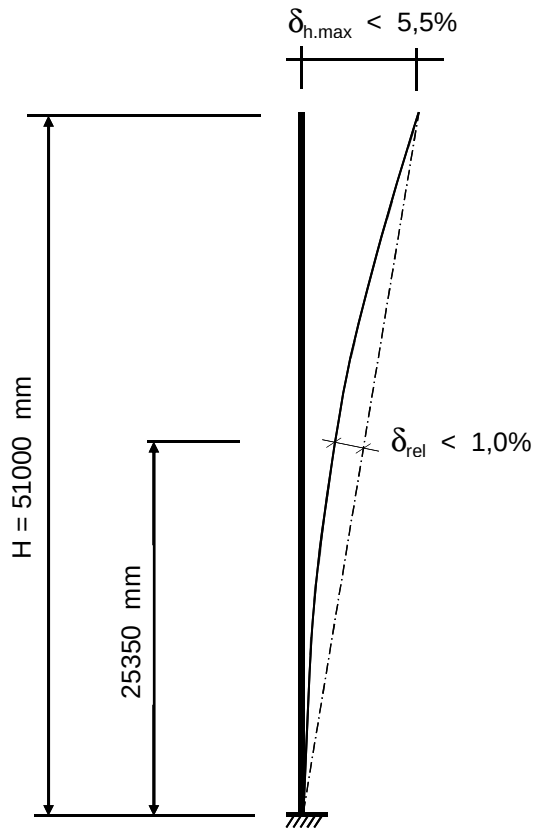
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	3,3E-02	915
2	2 -- 3	3,3E-02	897
3	3 -- 4	3,2E-02	822
4	4 -- 5	3,2E-02	777
5	5 -- 6	3,1E-02	732
6	6 -- 7	3,1E-02	661
7	7 -- 8	3,0E-02	644
8	8 -- 9	3,0E-02	601
9	9 -- 10	2,9E-02	559
10	10 -- 11	2,7E-02	479
11	11 -- 12	2,6E-02	446
12	12 -- 13	2,5E-02	404
13	13 -- 14	2,3E-02	336
14	14 -- 15	2,1E-02	274
15	15 -- 16	2,0E-02	270
16	16 -- 17	1,8E-02	218
17	17 -- 18	1,7E-02	192
18	18 -- 19	1,6E-02	168
19	19 -- 20	1,4E-02	139
20	20 -- 21	1,4E-02	125
21	21 -- 22	1,2E-02	106
22	22 -- 23	1,1E-02	89
23	23 -- 24	9,0E-03	60
24	24 -- 25	6,9E-03	36
25	25 -- 26	4,9E-03	19
26	26 -- 27	3,0E-03	8
27	27 -- 28	1,5E-03	2
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 915 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 1,79 % 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 = 25350 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 218 mm
α = 1,03 graden

δ_{rel} = 237 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 0,46 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	569	360	0	0,00E+00	2,44E-03	71
2	2 -- 3	2465	5642	569	1,62E+05	2,44E-03	69
3	3 -- 4	1691	13600	3033	4,27E+06	2,42E-03	64
4	4 -- 5	1805	19297	4724	9,80E+06	2,40E-03	60
5	5 -- 6	3145	25551	6529	1,78E+07	2,37E-03	57
6	6 -- 7	793	65026	9675	3,64E+07	2,30E-03	52
7	7 -- 8	2128	68210	10468	4,20E+07	2,28E-03	50
8	8 -- 9	2230	76883	12596	5,84E+07	2,23E-03	47
9	9 -- 10	4754	86168	14827	7,80E+07	2,17E-03	44
10	10 -- 11	2202	106576	19581	1,27E+08	2,04E-03	38
11	11 -- 12	2918	144007	21783	1,53E+08	1,98E-03	35
12	12 -- 13	5459	157142	24702	1,90E+08	1,90E-03	32
13	13 -- 14	5761	182451	30160	2,68E+08	1,75E-03	27
14	14 -- 15	415	210210	35921	3,62E+08	1,60E-03	22
15	15 -- 16	5608	240512	36336	3,70E+08	1,58E-03	22
16	16 -- 17	3161	280048	41944	4,73E+08	1,44E-03	18
17	17 -- 18	3210	296415	45105	5,37E+08	1,35E-03	16
18	18 -- 19	4273	313421	48315	6,05E+08	1,27E-03	14
19	19 -- 20	2193	343584	52589	7,02E+08	1,15E-03	12
20	20 -- 21	3309	355844	54782	7,55E+08	1,10E-03	11
21	21 -- 22	3322	374765	58091	8,37E+08	1,02E-03	9
22	22 -- 23	6625	394326	61413	9,24E+08	9,32E-04	8
23	23 -- 24	6508	435290	68038	1,11E+09	7,65E-04	5
24	24 -- 25	6218	478800	74546	1,32E+09	6,00E-04	3
25	25 -- 26	5655	524856	80764	1,54E+09	4,36E-04	2
26	26 -- 27	4134	573457	86419	1,79E+09	2,73E-04	1
27	27 -- 28	4300	617321	90554	2,01E+09	1,36E-04	0
28			689302	94853	2,24E+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	3,47E-02	992
2	2 -- 3		35750	35750	0,00E+00	3,47E-02	972
3	3 -- 4			35750	8,15E+07	3,43E-02	893
4	4 -- 5			35750	1,32E+08	3,40E-02	844
5	5 -- 6			35750	1,83E+08	3,36E-02	796
6	6 -- 7		222728	258478	2,66E+08	3,30E-02	720
7	7 -- 8			258478	4,08E+08	3,29E-02	701
8	8 -- 9			258478	7,76E+08	3,23E-02	655
9	9 -- 10			258478	1,14E+09	3,14E-02	610
10	10 -- 11			258478	1,88E+09	2,95E-02	522
11	11 -- 12		214152	472630	2,20E+09	2,86E-02	486
12	12 -- 13			472630	2,96E+09	2,74E-02	441
13	13 -- 14			472630	4,31E+09	2,50E-02	366
14	14 -- 15			472630	5,65E+09	2,26E-02	298
15	15 -- 16		203774	676404	5,75E+09	2,24E-02	294
16	16 -- 17			676404	7,54E+09	2,00E-02	237
17	17 -- 18			676404	8,53E+09	1,87E-02	209
18	18 -- 19			676404	9,51E+09	1,74E-02	183
19	19 -- 20		58302	734706	1,08E+10	1,56E-02	151
20	20 -- 21			734706	1,15E+10	1,47E-02	136
21	21 -- 22			734706	1,26E+10	1,35E-02	116
22	22 -- 23			734706	1,37E+10	1,22E-02	97
23	23 -- 24			734706	1,58E+10	9,82E-03	65
24	24 -- 25			734706	1,79E+10	7,52E-03	39
25	25 -- 26			734706	2,01E+10	5,34E-03	21
26	26 -- 27			734706	2,22E+10	3,28E-03	8
27	27 -- 28			734706	2,40E+10	1,60E-03	2
28				734706	2,59E+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	2,50E-02	726
2	2 -- 3		21856	21856	0,00E+00	2,50E-02	711
3	3 -- 4			21856	4,98E+07	2,48E-02	654
4	4 -- 5			21856	8,10E+07	2,46E-02	619
5	5 -- 6			21856	1,12E+08	2,43E-02	584
6	6 -- 7		162852	184708	1,62E+08	2,40E-02	529
7	7 -- 8			184708	2,64E+08	2,39E-02	516
8	8 -- 9			184708	5,27E+08	2,35E-02	482
9	9 -- 10			184708	7,90E+08	2,29E-02	449
10	10 -- 11			184708	1,32E+09	2,16E-02	385
11	11 -- 12		161878	346586	1,55E+09	2,10E-02	359
12	12 -- 13			346586	2,10E+09	2,01E-02	326
13	13 -- 14			346586	3,09E+09	1,84E-02	271
14	14 -- 15			346586	4,08E+09	1,66E-02	221
15	15 -- 16		160734	507320	4,15E+09	1,65E-02	217
16	16 -- 17			507320	5,49E+09	1,48E-02	176
17	17 -- 18			507320	6,23E+09	1,38E-02	155
18	18 -- 19			507320	6,97E+09	1,29E-02	135
19	19 -- 20		42692	550012	7,95E+09	1,15E-02	112
20	20 -- 21			550012	8,49E+09	1,09E-02	101
21	21 -- 22			550012	9,29E+09	9,98E-03	86
22	22 -- 23			550012	1,01E+10	9,06E-03	72
23	23 -- 24			550012	1,17E+10	7,28E-03	48
24	24 -- 25			550012	1,33E+10	5,58E-03	29
25	25 -- 26			550012	1,49E+10	3,96E-03	15
26	26 -- 27			550012	1,65E+10	2,43E-03	6
27	27 -- 28			550012	1,79E+10	1,19E-03	1
28				550012	1,92E+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	3,97E-02	1109
2	2 -- 3		56610	56610	0,00E+00	3,97E-02	1087
3	3 -- 4			56610	1,29E+08	3,92E-02	997
4	4 -- 5			56610	2,10E+08	3,87E-02	941
5	5 -- 6			56610	2,90E+08	3,81E-02	886
6	6 -- 7		227502	284112	4,21E+08	3,72E-02	800
7	7 -- 8			284112	5,77E+08	3,69E-02	779
8	8 -- 9			284112	9,82E+08	3,61E-02	727
9	9 -- 10			284112	1,39E+09	3,51E-02	677
10	10 -- 11			284112	2,20E+09	3,28E-02	580
11	11 -- 12		224406	508518	2,55E+09	3,18E-02	539
12	12 -- 13			508518	3,37E+09	3,04E-02	489
13	13 -- 14			508518	4,81E+09	2,77E-02	406
14	14 -- 15			508518	6,26E+09	2,50E-02	331
15	15 -- 16		220764	729282	6,37E+09	2,48E-02	326
16	16 -- 17			729282	8,30E+09	2,22E-02	264
17	17 -- 18			729282	9,36E+09	2,07E-02	233
18	18 -- 19			729282	1,04E+10	1,93E-02	203
19	19 -- 20		106296	835578	1,18E+10	1,73E-02	168
20	20 -- 21			835578	1,26E+10	1,64E-02	152
21	21 -- 22			835578	1,39E+10	1,50E-02	129
22	22 -- 23			835578	1,51E+10	1,36E-02	108
23	23 -- 24			835578	1,75E+10	1,09E-02	72
24	24 -- 25			835578	1,99E+10	8,38E-03	44
25	25 -- 26			835578	2,24E+10	5,96E-03	23
26	26 -- 27			835578	2,48E+10	3,66E-03	9
27	27 -- 28			835578	2,69E+10	1,78E-03	2
28				835578	2,90E+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	2,46E-02	709
2	2 -- 3		23554	23554	0,00E+00	2,46E-02	695
3	3 -- 4			23554	5,37E+07	2,43E-02	639
4	4 -- 5			23554	8,73E+07	2,41E-02	605
5	5 -- 6			23554	1,21E+08	2,39E-02	570
6	6 -- 7		156864	180418	1,75E+08	2,35E-02	516
7	7 -- 8			180418	2,74E+08	2,34E-02	503
8	8 -- 9			180418	5,31E+08	2,30E-02	470
9	9 -- 10			180418	7,88E+08	2,24E-02	438
10	10 -- 11			180418	1,30E+09	2,11E-02	376
11	11 -- 12		155998	336416	1,53E+09	2,05E-02	350
12	12 -- 13			336416	2,07E+09	1,96E-02	318
13	13 -- 14			336416	3,03E+09	1,79E-02	264
14	14 -- 15			336416	3,98E+09	1,62E-02	215
15	15 -- 16		154978	491394	4,05E+09	1,61E-02	212
16	16 -- 17			491394	5,35E+09	1,44E-02	171
17	17 -- 18			491394	6,07E+09	1,35E-02	151
18	18 -- 19			491394	6,78E+09	1,26E-02	132
19	19 -- 20		46742	538136	7,74E+09	1,12E-02	109
20	20 -- 21			538136	8,26E+09	1,06E-02	98
21	21 -- 22			538136	9,04E+09	9,73E-03	84
22	22 -- 23			538136	9,82E+09	8,84E-03	70
23	23 -- 24			538136	1,14E+10	7,10E-03	47
24	24 -- 25			538136	1,30E+10	5,44E-03	29
25	25 -- 26			538136	1,45E+10	3,86E-03	15
26	26 -- 27			538136	1,61E+10	2,37E-03	6
27	27 -- 28			538136	1,74E+10	1,16E-03	1
28				538136	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} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	7,37E-05	1
2	2 -- 3				2,55E+06	7,37E-05	1
3	3 -- 4				2,55E+06	5,36E-05	1
4	4 -- 5				2,55E+06	4,54E-05	1
5	5 -- 6				2,55E+06	3,93E-05	1
6	6 -- 7				2,55E+06	3,29E-05	1
7	7 -- 8				2,55E+06	3,17E-05	1
8	8 -- 9				2,55E+06	2,90E-05	1
9	9 -- 10				2,55E+06	2,69E-05	1
10	10 -- 11				2,55E+06	2,36E-05	0
11	11 -- 12				2,55E+06	2,25E-05	0
12	12 -- 13				2,55E+06	2,13E-05	0
13	13 -- 14				2,55E+06	1,96E-05	0
14	14 -- 15				2,55E+06	1,84E-05	0
15	15 -- 16				2,55E+06	1,83E-05	0
16	16 -- 17				2,55E+06	1,74E-05	0
17	17 -- 18				2,55E+06	1,70E-05	0
18	18 -- 19				2,55E+06	1,66E-05	0
19	19 -- 20				1,75E+07	1,62E-05	0
20	20 -- 21				1,75E+07	1,48E-05	0
21	21 -- 22				1,75E+07	1,30E-05	0
22	22 -- 23				1,75E+07	1,13E-05	0
23	23 -- 24				1,75E+07	8,47E-06	0
24	24 -- 25				1,75E+07	6,09E-06	0
25	25 -- 26				1,75E+07	4,09E-06	0
26	26 -- 27				1,75E+07	2,39E-06	0
27	27 -- 28				1,75E+07	1,12E-06	0
28					1,75E+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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	16,16	56,78	10,62
3	3 -- 4	24,11	57,52	140,92
4	4 -- 5	29,81	58,03	223,25
5	5 -- 6	36,06	58,57	306,32
6	6 -- 7	94,02	287,01	442,12
7	7 -- 8	97,20	287,25	600,04
8	8 -- 9	105,87	287,89	1009,83
9	9 -- 10	115,16	288,56	1420,55
10	10 -- 11	135,57	289,99	2244,98
11	11 -- 12	191,48	515,05	2607,88
12	12 -- 13	204,61	515,93	3432,66
13	13 -- 14	229,92	517,57	4905,39
14	14 -- 15	257,68	519,29	6382,92
15	15 -- 16	306,46	740,18	6486,79
16	16 -- 17	346,00	741,87	8450,50
17	17 -- 18	362,36	742,81	9530,61
18	18 -- 19	379,37	743,78	10612,10
19	19 -- 20	430,59	851,35	12116,62
20	20 -- 21	442,85	852,01	12942,75
21	21 -- 22	461,78	853,01	14183,15
22	22 -- 23	481,34	854,00	15425,00
23	23 -- 24	522,30	855,99	17908,76
24	24 -- 25	565,81	857,94	20398,24
25	25 -- 26	611,87	859,81	22893,27
26	26 -- 27	660,47	861,50	25393,48
27	27 -- 28	704,33	862,74	27548,79
28		776,31	864,03	29707,26

)** - 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 / 764	10,62	16,16	19	10,9	1377,9	0,01
2	500 / 764	140,92	24,11	74	143,0	2025,0	0,07
3	500 / 764	223,25	29,81	46	226,7	2492,6	0,09
4	500 / 764	306,32	36,06	45	311,4	3008,9	0,11
5	764 / 2863	442,12	94,02	71	453,9	4309,2	0,11
6	764 / 2863	600,04	97,20	17	613,4	4575,0	0,14
7	764 / 2863	1009,83	105,87	43	1027,8	5300,9	0,20
8	764 / 2863	1420,55	115,16	42	1443,3	6080,3	0,24
9	764 / 2863	2244,98	135,57	80	2278,6	7799,5	0,30
10	764 / 2863	2607,88	191,48	33	2647,9	8621,0	0,31
11	764 / 2863	3432,66	204,61	41	3481,1	9732,6	0,36
12	764 / 2863	4905,39	229,92	69	4969,6	11879,6	0,43
13	764 / 2863	6382,92	257,68	62	6463,1	14240,5	0,46
14	764 / 2863	6486,79	306,46	4	6568,2	14414,2	0,46
15	764 / 2863	8450,50	346,00	52	8549,8	16815,3	0,52
16	764 / 2863	9530,61	362,36	26	9639,2	18212,3	0,54
17	764 / 2863	10612,10	379,37	24	10729,9	19665,1	0,55
18	764 / 2863	12116,62	430,59	29	12247,0	21688,8	0,57
19	764 / 2863	12942,75	442,85	14	13079,2	22737,9	0,58
20	764 / 2863	14183,15	461,78	19	14328,3	24357,9	0,60
21	764 / 2863	15425,00	481,34	17	15578,4	26033,7	0,61
22	764 / 2863	17908,76	522,30	30	18077,6	29546,3	0,62
23	764 / 2863	20398,24	565,81	23	20580,3	33281,1	0,63
24	764 / 2863	22893,27	611,87	17	23085,9	37238,2	0,63
25	764 / 2863	25393,48	660,47	12	25593,7	41417,6	0,63
26	764 / 2863	27548,79	704,33	6	27753,0	45192,2	0,62
27	764 / 2863	29707,26	776,31	2	29913,0	49131,4	0,62

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
526	20,0	26,32	0,81	355	355
632	20,0	31,60	0,81	355	355
698	20,0	34,90	0,81	355	355
764	20,0	38,21	0,81	355	355
871	22,0	39,58	0,81	355	355
896	22,0	40,73	0,81	355	355
962	22,0	43,74	0,81	355	355
1028	22,0	46,74	0,81	355	355
1160	22,0	52,74	0,81	355	355
1218	22,0	55,37	0,81	355	355
1292	22,0	58,74	0,81	355	355
1424	22,0	64,74	0,81	335	355
1556	22,0	70,75	0,81	316	355
1566	22,0	71,17	0,81	315	355
1688	22,0	76,75	0,81	299	355
1756	22,0	79,81	0,81	292	355
1823	22,0	82,88	0,81	285	355
1913	22,0	86,96	0,81	277	355
1958	22,0	89,01	0,81	273	355
2026	22,0	92,07	0,81	267	355
2093	22,0	95,13	0,81	262	355
2228	22,0	101,25	0,81	253	355
2362	22,0	107,37	0,81	244	351
2497	22,0	113,49	0,81	237	343
2631	22,0	119,61	0,81	230	337
2747	22,0	124,87	0,81	225	332
2863	22,0	130,14	0,81	220	327

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 / 764	2,97	0,52	355	355	0,01
2	500 / 764	30,11	0,69	355	355	0,09
3	500 / 764	35,72	0,74	355	355	0,10
4	500 / 764	40,28	0,81	355	355	0,12
5	764 / 2863	42,64	1,71	355	355	0,12
6	764 / 2863	49,04	1,63	355	355	0,14
7	764 / 2863	73,99	1,69	355	355	0,21
8	764 / 2863	90,15	1,71	355	355	0,26
9	764 / 2863	117,01	1,83	355	355	0,33
10	764 / 2863	114,56	2,37	355	355	0,33
11	764 / 2863	134,79	2,40	355	355	0,39
12	764 / 2863	163,66	2,49	355	335	0,47
13	764 / 2863	176,04	2,54	355	316	0,50
14	764 / 2863	162,75	2,88	355	315	0,47
15	764 / 2863	194,67	3,12	355	299	0,56
16	764 / 2863	195,46	3,08	355	292	0,56
17	764 / 2863	201,20	3,11	355	285	0,58
18	764 / 2863	218,34	3,44	355	277	0,63
19	764 / 2863	209,05	3,35	355	273	0,60
20	764 / 2863	216,07	3,39	355	267	0,62
21	764 / 2863	219,56	3,42	355	262	0,63
22	764 / 2863	231,16	3,53	355	253	0,67
23	764 / 2863	232,78	3,60	351	244	0,68
24	764 / 2863	232,62	3,68	343	237	0,69
25	764 / 2863	231,19	3,76	337	230	0,70
26	764 / 2863	227,62	3,82	332	225	0,70
27	764 / 2863	225,26	4,04	327	220	0,71

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

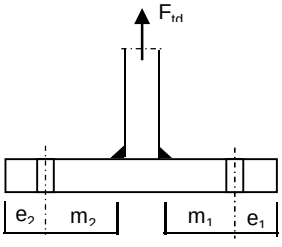
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

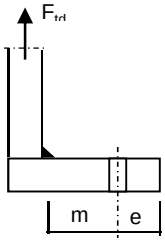
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

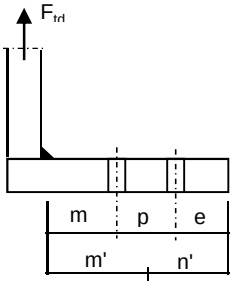
Flenzen en voetplaat:



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		3053,00					
st.c binnenkant		2629,00					
2841	72	570,14	12,00	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 24,35 m hoogte.							
st.c buitenkant		1495,00					
1495,00	32	695,75	23,18	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,66

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							
3053,00	2629,00	88,2	89,0	89,0			229,4
3053,00	2629,00	88,2	89,0	89,0			266,4
flenzen op 24,35 m hoogte.							
1495,00	1495,0	67,9	60,0	60,0			146,8
1495,00	1495,0	67,9	60,0	60,0			146,8

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							
80	1,23E+08	5576,17	2240,06	1696,90	1696,90	1140,28	0,67
80	1,43E+08	6475,49	2463,89	1696,90	1696,90	1140,28	0,67
flenzen op 24,35 m hoogte.							
80	7,87E+07	2315,96	1112,29	2121,12	1112,29	695,75	0,63
80	7,87E+07	2315,96	1112,29	2121,12	1112,29	695,75	0,63
	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 / 2863	1,15	1,682	0,18	10,71

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	360	1,000		1,000			
2	353	0,981	1 -- 2	0,991	147	323	824,9
3	326	0,905	2 -- 3	0,943	663		290,8
4	309	0,859	3 -- 4	0,882	475		333,2
5	293	0,812	4 -- 5	0,835	521		365,7
6	266	0,738	5 -- 6	0,775	1027	2262	1430,2
7	260	0,721	6 -- 7	0,729	265		482,4
8	244	0,676	7 -- 8	0,698	723		507,2
9	228	0,632	8 -- 9	0,654	774		543,0
10	197	0,548	9 -- 10	0,590	1701		596,7
11	185	0,512	10 -- 11	0,530	810	2309	2495,2
12	169	0,468	11 -- 12	0,490	1095		684,1
13	142	0,394	12 -- 13	0,431	2109		740,0
14	117	0,326	13 -- 14	0,360	2313		811,7
15	116	0,321	14 -- 15	0,323	170	2355	12624,4
16	95	0,263	15 -- 16	0,292	2347	947	1243,3
17	84	0,234	16 -- 17	0,248	1364		937,4
18	74	0,206	17 -- 18	0,220	1417		974,0
19	62	0,172	18 -- 19	0,189	1937	577	1295,6
20	56	0,156	19 -- 20	0,164	1022		1053,3
21	48	0,134	20 -- 21	0,145	1577		1083,7
22	41	0,113	21 -- 22	0,123	1630		1120,3
23	28	0,077	22 -- 23	0,095	3414		1175,1
24	17	0,048	23 -- 24	0,062	3626		1248,1
25	9	0,025	24 -- 25	0,037	3838		1321,2
26	4	0,010	25 -- 26	0,018	4050		1394,2
27	1	0,003	26 -- 27	0,006	3655		1462,1
28	0	0,000	27 -- 28	0,001	3812	2186	2399,4

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	825	0,991	0,570	0,56	461,34	0,56
2 -- 3	291	0,943	2,280	2,03	589,96	2,15
3 -- 4	333	0,882	1,425	1,11	369,30	1,26
4 -- 5	366	0,835	1,425	0,99	363,59	1,19
5 -- 6	1430	0,775	2,300	1,38	1975,78	1,78
6 -- 7	482	0,729	0,550	0,29	141,11	0,40
7 -- 8	507	0,698	1,425	0,69	352,39	1,00
8 -- 9	543	0,654	1,425	0,61	331,01	0,93
9 -- 10	597	0,590	2,850	0,99	591,95	1,68
10 -- 11	2495	0,530	1,250	0,35	876,15	0,66
11 -- 12	684	0,490	1,600	0,38	263,07	0,78
12 -- 13	740	0,431	2,850	0,53	391,98	1,23
13 -- 14	812	0,360	2,850	0,37	299,38	1,03
14 -- 15	12624	0,323	0,200	0,02	263,81	0,06
15 -- 16	1243	0,292	2,650	0,23	281,04	0,77
16 -- 17	937	0,248	1,455	0,09	84,21	0,36
17 -- 18	974	0,220	1,455	0,07	68,56	0,32
18 -- 19	1296	0,189	1,940	0,07	89,78	0,37
19 -- 20	1053	0,164	0,970	0,03	27,46	0,16
20 -- 21	1084	0,145	1,455	0,03	33,05	0,21
21 -- 22	1120	0,123	1,455	0,02	24,76	0,18
22 -- 23	1175	0,095	2,905	0,03	30,71	0,28
23 -- 24	1248	0,062	2,905	0,01	14,03	0,18
24 -- 25	1321	0,037	2,905	0,00	5,12	0,11
25 -- 26	1394	0,018	2,905	0,00	1,29	0,05
26 -- 27	1462	0,006	2,500	0,00	0,15	0,02
27 -- 28	2399	0,001	2,500	0,00	0,01	0,00
		Σ	51,00	10,89	7930,99	17,72

m_e = 7931,0 / 10,9 = 728,1 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 / 2863	728,1	0,030	1,25	1,682	12,4

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 = 12,4

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 = 17,72 / (4 * π * 10,89) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,682 * 10,71 / $15*10^{-6}$ = 1,2E+06

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 = 10,09 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 7,43 / 17,72 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,081 * 0,129 * 0,42 * 0,2 = 0,027

$y_{F;max}$ = 1,682 * 0,027 = 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		296070	296070	0,00E+00	5,6E-02	1000
2	2 -- 3			296070	1,69E+08	5,6E-02	968
3	3 -- 4			296070	8,44E+08	5,2E-02	844
4	4 -- 5			296070	1,27E+09	4,9E-02	772
5	5 -- 6			296070	1,69E+09	4,5E-02	706
6	6 -- 7			296070	2,37E+09	4,0E-02	608
7	7 -- 8			296070	2,53E+09	3,9E-02	586
8	8 -- 9			296070	2,95E+09	3,6E-02	533
9	9 -- 10			296070	3,38E+09	3,3E-02	484
10	10 -- 11			296070	4,22E+09	2,8E-02	396
11	11 -- 12			296070	4,59E+09	2,6E-02	361
12	12 -- 13			296070	5,06E+09	2,4E-02	321
13	13 -- 14			296070	5,91E+09	2,1E-02	257
14	14 -- 15			296070	6,75E+09	1,7E-02	203
15	15 -- 16			296070	6,81E+09	1,7E-02	200
16	16 -- 17			296070	7,59E+09	1,5E-02	157
17	17 -- 18			296070	8,02E+09	1,3E-02	137
18	18 -- 19			296070	8,46E+09	1,2E-02	118
19	19 -- 20			296070	9,03E+09	1,1E-02	96
20	20 -- 21			296070	9,32E+09	9,9E-03	86
21	21 -- 22			296070	9,75E+09	8,9E-03	73
22	22 -- 23			296070	1,02E+10	8,0E-03	60
23	23 -- 24			296070	1,10E+10	6,2E-03	40
24	24 -- 25			296070	1,19E+10	4,7E-03	24
25	25 -- 26			296070	1,28E+10	3,2E-03	12
26	26 -- 27			296070	1,36E+10	2,0E-03	5
27	27 -- 28			296070	1,44E+10	9,4E-04	1
28	28 -- 29			296070	1,51E+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	526	20,0	3881320	43	0,0456	4,0
2	632	20,0	5704172	148	0,0456	13,5
3	698	20,0	7021480	180	0,0456	16,4
4	764	20,0	8475732	199	0,0456	18,1
5	871	22,0	12138467	195	0,0456	17,8
6	896	22,0	12887383	196	0,0456	17,9
7	962	22,0	14932149	198	0,0456	18,0
8	1028	22,0	17127559	197	0,0456	18,0
9	1160	22,0	21970309	192	0,0456	17,5
10	1218	22,0	24284425	189	0,0456	17,2
11	1292	22,0	27415638	185	0,0456	16,8
12	1424	22,0	33463547	177	0,0456	16,1
13	1556	22,0	40114038	168	0,0456	15,3
14	1566	22,0	40603366	168	0,0456	15,3
15	1688	22,0	47367112	160	0,0456	14,6
16	1756	22,0	51302342	156	0,0456	14,3
17	1823	22,0	55394628	153	0,0456	13,9
18	1913	22,0	61095319	148	0,0456	13,5
19	1958	22,0	64050368	145	0,0456	13,3
20	2026	22,0	68613822	142	0,0456	12,9
21	2093	22,0	73334332	139	0,0456	12,6
22	2228	22,0	83228950	133	0,0456	12,1
23	2362	22,0	93749635	127	0,0456	11,6
24	2497	22,0	104896388	122	0,0456	11,1
25	2631	22,0	116669209	117	0,0456	10,6
26	2747	22,0	127301951	113	0,0456	10,3
27	2863	22,0	138398364	109	0,0456	9,9

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,15 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 10,71 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 = 45,9555 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 = 6,15 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,15 * [10,71 / 6,15]^2 * \exp[-(10,71 / 6,15)^2]$ = 1,60E+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.

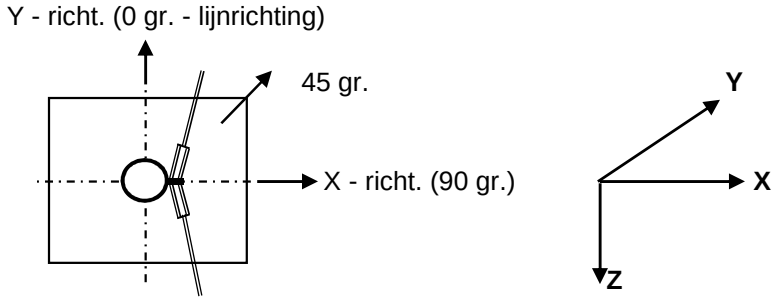
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	16,17	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
5	Lasnaad	21,77	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
7	Lasnaad	21,47	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
9	Lasnaad	21,54	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
10	Lasnaad	20,99	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
12	Lasnaad	20,19	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
13	Lasnaad	19,30	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
14	Lasnaad	18,40	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
16	flenzen	17,53	35	19,25	1,000E+10	1,60E+08	0,02
18	Lasnaad	16,69	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
20	Lasnaad	15,90	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
22	Lasnaad	15,18	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
23	Lasnaad	14,50	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
24	Lasnaad	13,88	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
25	Lasnaad	13,30	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
26	Lasnaad	12,76	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
27	Lasnaad	12,33	45	24,75	1,000E+10	1,60E+08	0,02
28	voetplaat	11,93	35	19,25	1,000E+10	1,60E+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			602			
2 - Windbelasting mast	101				2389	
3 - Belasting geval 1a	735		87		25901	
4 - Belasting geval 1b	550		87		19245	
5 - Belasting geval 3	836		174		29035	
6 - Belasting geval 4	538		109		18794	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	836		689		28290	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	569		689		19693	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	864		**776**		**29707**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	557		712		19242	

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	24881	kNm	29707	kNm	29707	kNm
Dwarskracht	737	kN	864	kN	864	kN
Verticale kracht	574	kN	776	kN	517	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		3053,00					
st.c binnenkant		2629,00					
2841	72	570,14	12,00	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		3053,00					
st.c binnenkant		2629,00					
2841	72	478,56	10,24	28	M 48 - 8,8	848,45	0,56

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 570,1 kN

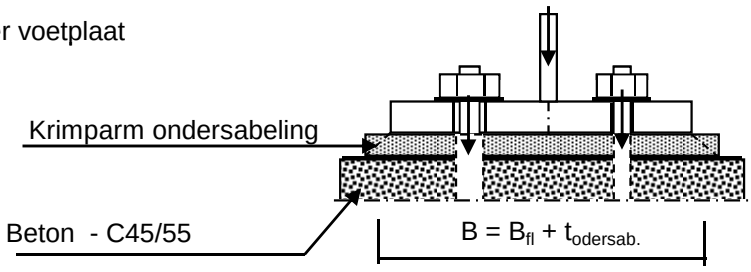
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 478,6 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 591,7 + 1,00 * 478,6 = 1070,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

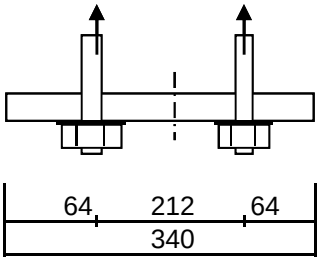
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	2841	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	72	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 106607 mm^2

$\sigma_{b;voet} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 20,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

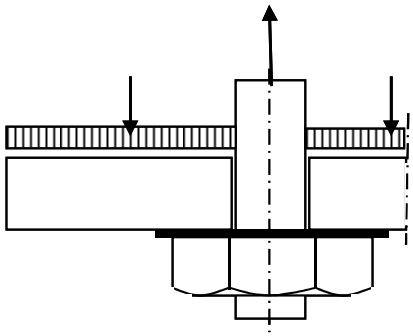


D = 2841 mm
n = 72

$A_{stortring}$ = 340 * $2*\pi*D / n$ = 84294 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,5 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 64 mm
L_{veld} = 212 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 27704 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1434 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 48293 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 48293 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1434 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} = 48293 / 79875,0 = 0,60 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 214,6 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1434 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 47,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (215,0^2 + 3*48,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 230 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage B, B1 en B2

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	67562	134879	12772	67562	-134879
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	67007	134368	12772	67007	-134368
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	66356	133800	12772	66356	-133800
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	9312	18194	1668	9312	-18194
	Comp. gl	3460	18212	36560	3460	18212	-36560
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76822	162746	12766	76822	-162746
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76758	162743	12766	76758	-162743
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76681	162743	12766	76681	-162743
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1667	9974	21034	1667	9974	-21034
	Comp. gl	3458	20209	42839	3458	20209	-42839
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	99259	207271	22011	99259	-207271
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	99066	207237	22011	99066	-207237
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	98836	207205	22011	98836	-207205
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6925	23988	49616	6925	23988	-49616
	Comp. gl	13991	47804	99955	13991	47804	-99955
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	74239	157204	15777	74239	-157204
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	74177	157208	15777	74177	-157208
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	74103	157215	15777	74103	-157215
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2419	10996	23225	2419	10996	-23225
	Comp. gl	4963	22401	47539	4963	22401	-47539
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
	GW / opgw	1877	8795	18862	1877	8795	-18862
	Comp. gl	3893	18205	39042	3893	18205	-39042
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	64936	132701	12780	116126	-199528
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	64635	132500	12779	111499	-192965
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	64280	132280	12778	105886	-185021
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	8761	17625	1669	18746	-31409
	Comp. gl	3460	17570	36045	3461	30364	-52772
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76504	162754	12767	81982	-165921

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76465	162758	12767	81441	-165431
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76417	162765	12767	80806	-164886
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1667	9913	21027	1667	11047	-21934
	Comp. gl	3458	20130	42842	3459	21483	-43604
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	98313	207172	22014	115517	-220079
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	98198	207172	22013	113800	-218274
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	98059	207177	22013	111781	-216228
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6925	23692	49610	6926	28817	-52765
	Comp. gl	13991	47412	99998	13992	53771	-102652
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	73933	157239	15778	78926	-159362
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	73895	157246	15778	78446	-159003
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	73849	157255	15777	77881	-158609
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2419	10941	23229	2420	11871	-23699
	Comp. gl	4963	22326	47552	4963	23482	-47889
1a	380C1F1 / 380C2F1	12779	111364	192774	12779	111364	-192774
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12778	107076	186702	12778	107076	-186702
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12777	101887	179381	12777	101887	-179381
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	17875	30155	1669	17875	-30155
	Comp. gl	3461	29151	51031	3461	29151	-51031
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	81426	165417	12767	81426	-165417
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	80939	164997	12767	80939	-164997
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12767	80367	164531	12767	80367	-164531
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1667	10928	21802	1667	10928	-21802
	Comp. gl	3459	21346	43482	3459	21346	-43482
3	380C1F1 / 380C2F1	22013	113751	218224	22013	113751	-218224
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22013	112203	216648	22013	112203	-216648
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22012	110382	214868	22012	110382	-214868
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6926	28305	52297	6926	28305	-52297
	Comp. gl	13992	53148	102201	13992	53148	-102201
4	380C1F1 / 380C2F1	15778	78432	158993	15778	78432	-158993
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	77999	158689	15777	77999	-158689
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	77489	158354	15777	77489	-158354

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2420	11777	23622	2420	11777	-23622
	Comp. gl	4963	23371	47823	4963	23371	-47823
1a	380C1F1 / 380C2F1	12780	116126	199528	12772	64936	-132701
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12779	111499	192965	12772	64635	-132500
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12778	105886	185021	12772	64280	-132280
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	18746	31409	1668	8761	-17625
	Comp. gl	3461	30364	52772	3460	17570	-36045
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	81982	165921	12766	76504	-162754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	81441	165431	12766	76465	-162758
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12767	80806	164886	12766	76417	-162765
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1667	11047	21934	1667	9913	-21027
	Comp. gl	3459	21483	43604	3458	20130	-42842
3	380C1F1 / 380C2F1	22014	115517	220079	22011	98313	-207172
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22013	113800	218274	22011	98198	-207172
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22013	111781	216228	22011	98059	-207177
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6926	28817	52765	6925	23692	-49610
0	Comp. gl	13992	53771	102652	13991	47412	-99998
4	380C1F1 / 380C2F1	15778	78926	159362	15777	73933	-157239
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15778	78446	159003	15777	73895	-157246
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	77881	158609	15777	73849	-157255
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2420	11871	23699	2419	10941	-23229
	Comp. gl	4963	23482	47889	4963	22326	-47552
1a	380C1F1 / 380C2F1	9578	57112	112471	9578	57112	-112471
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9578	56440	111709	9578	56440	-111709
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	55654	110849	9577	55654	-110849
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1251	7981	15338	1251	7981	-15338
	Comp. gl	2594	15249	30206	2594	15249	-30206
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65646	138779	9573	65646	-138779
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65576	138765	9573	65576	-138765
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65493	138751	9573	65493	-138751
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1250	8414	17689	1250	8414	-17689
	Comp. gl	2593	16999	35956	2593	16999	-35956

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	89941	187288	18814	89941	-187288
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	89737	187231	18814	89737	-187231
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	89495	187173	18814	89495	-187173
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6507	23045	47594	6507	23045	-47594
	Comp. gl	13123	45847	95758	13123	45847	-95758
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	63654	134505	12582	63654	-134505
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	63589	134501	12582	63589	-134501
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	63511	134500	12582	63511	-134500
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2002	9630	20296	2002	9630	-20296
	Comp. gl	4097	19585	41500	4097	19585	-41500
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
	GW / opgw	1251	6505	13950	1251	6505	-13950
	Comp. gl	2594	13503	28958	2594	13503	-28958
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	53949	109141	9584	111928	-190528
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	53591	108818	9583	106990	-183300
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	53171	108459	9583	100951	-174441
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1251	7312	14516	1252	18335	-30527
	Comp. gl	2594	14478	29414	2596	29082	-50024
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65304	138735	9573	71696	-143863
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65262	138734	9573	71044	-143135
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65212	138735	9573	70280	-142315
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1250	8347	17667	1250	9701	-19048
	Comp. gl	2593	16914	35946	2593	18498	-37203
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	88947	187087	18817	107738	-203402
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	88827	187077	18816	105849	-201226
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	88683	187071	18816	103624	-198738
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6507	22744	47578	6508	28027	-51072
	Comp. gl	13123	45450	95791	13125	51986	-98826
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	63333	134508	12582	68896	-137854
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	63294	134512	12582	68344	-137342

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	63246	134518	12582	67697	-136771
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2002	9572	20294	2002	10595	-20964
	Comp. gl	4097	19508	41509	4097	20758	-42048
1a	380C1F1 / 380C2F1	9583	106846	183089	9583	106846	-183089
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9583	102236	176327	9583	102236	-176327
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9582	96608	168064	9582	96608	-168064
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1252	17428	29198	1252	17428	-29198
	Comp. gl	2596	27775	48083	2596	27775	-48083
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	71025	143115	9573	71025	-143115
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	70440	142483	9573	70440	-142483
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	69754	141774	9573	69754	-141774
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1250	9557	18861	1250	9557	-18861
	Comp. gl	2593	18332	37018	2593	18332	-37018
3	380C1F1 / 380C2F1	18816	105795	201165	18816	105795	-201165
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18816	104089	199251	18816	104089	-199251
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18816	102082	197070	18816	102082	-197070
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6508	27497	50567	6508	27497	-50567
	Comp. gl	13124	51341	98327	13124	51341	-98327
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	68329	137327	12582	68329	-137327
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	67832	136887	12582	67832	-136887
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	67250	136399	12582	67250	-136399
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2002	10490	20861	2002	10490	-20861
	Comp. gl	4097	20634	41954	4097	20634	-41954
1a	380C1F1 / 380C2F1	9584	111928	190528	9577	53949	-109141
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9583	106990	183300	9577	53591	-108818
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9583	100951	174441	9577	53171	-108459
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1252	18335	30527	1251	7312	-14516
	Comp. gl	2596	29082	50024	2594	14478	-29414
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	71696	143863	9573	65304	-138735
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	71044	143135	9573	65262	-138734
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	70280	142315	9573	65212	-138735
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1250	9701	19048	1250	8347	-17667

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	2593	18498	37203	2593	16914	-35946
3	380C1F1 / 380C2F1	18817	107738	203402	18814	88947	-187087
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18816	105849	201226	18814	88827	-187077
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18816	103624	198738	18814	88683	-187071
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6508	28027	51072	6507	22744	-47578
0	Comp. gl	13125	51986	98826	13123	45450	-95791
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	68896	137854	12582	63333	-134508
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	68344	137342	12582	63294	-134512
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	67697	136771	12582	63246	-134518
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2002	10595	20964	2002	9572	-20294
	Comp. gl	4097	20758	42048	4097	19508	-41509

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B1**

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	12772	64048	132147	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	63829	132031	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	63571	131907	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	8578	17471	0	0	0
	Comp. gl	3460	17353	35916	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76635	162744	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76586	162747	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76526	162751	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1667	9938	21028	0	0	0
	Comp. gl	3458	20163	42840	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14838	76980	160612	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14838	76813	160557	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14838	76614	160500	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2844	13483	27454	0	0	0
	Comp. gl	5816	26854	55543	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	72124	153070	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	72076	153076	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	72018	153084	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2269	10480	22191	0	0	0
	Comp. gl	4662	21398	45490	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	66774	143198	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	66774	143198	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	66774	143198	0	0	0
	GW / opgw	1877	8795	18862	0	0	0
	Comp. gl	3893	18205	39042	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	62995	131685	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	62870	131648	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	62722	131612	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	8365	17333	0	0	0
	Comp. gl	3460	17095	35810	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76389	162769	0	0	0

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B1**

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]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76359	162775	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76322	162782	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1667	9892	21027	0	0	0
	Comp. gl	3458	20101	42846	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14838	76166	160409	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14838	76068	160398	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14838	75950	160388	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2844	13176	27301	0	0	0
	Comp. gl	5816	26474	55435	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	71885	153109	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	71855	153115	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	71819	153124	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2269	10437	22196	0	0	0
	Comp. gl	4662	21340	45502	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12774	82149	152232	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	80203	149684	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	77902	146727	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	12317	22164	0	0	0
	Comp. gl	3460	21798	40778	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	80035	164276	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	79683	164018	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	79267	163735	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1667	10633	21495	0	0	0
	Comp. gl	3458	21003	43205	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14840	90277	173034	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14840	88836	171339	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14840	87141	169403	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2845	18647	33274	0	0	0
	Comp. gl	5817	33064	61495	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	75304	154127	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	74981	153932	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	74599	153721	0	0	0

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B1**

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]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2269	11077	22447	0	0	0
	Comp. gl	4662	22146	45655	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12775	84353	155162	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	82210	152314	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	79671	148994	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	12755	22783	0	0	0
	Comp. gl	3460	22346	41504	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	80438	164587	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	80047	164285	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	79586	163951	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1667	10718	21580	0	0	0
	Comp. gl	3459	21102	43281	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14841	91920	175013	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14840	90323	173089	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14840	88443	170884	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2845	19252	34066	0	0	0
	Comp. gl	5817	33819	62409	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	75673	154364	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	75315	154133	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	74892	153881	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2269	11147	22499	0	0	0
	Comp. gl	4662	22230	45699	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	52899	108239	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	52643	108044	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	52342	107829	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1251	7090	14281	0	0	0
	Comp. gl	2594	14222	29201	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65444	138745	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65391	138740	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65327	138736	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1250	8374	17674	0	0	0
	Comp. gl	2593	16949	35948	0	0	0

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B1**

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]
3	380C1F1 / 380C2F1	11644	66266	137636	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11644	66079	137540	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11644	65859	137437	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2427	12230	24767	0	0	0
	Comp. gl	4950	24226	49908	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11980	61378	130024	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11980	61327	130024	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11980	61267	130027	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1852	9081	19190	0	0	0
	Comp. gl	3796	18517	39311	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	49973	107166	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	49973	107166	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	49973	107166	0	0	0
	GW / opgw	1251	6505	13950	0	0	0
	Comp. gl	2594	13503	28958	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	51682	107425	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	51541	107353	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	51374	107276	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1251	6838	14058	0	0	0
	Comp. gl	2594	13925	29012	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65182	138736	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65150	138738	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65112	138742	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1250	8324	17664	0	0	0
	Comp. gl	2593	16884	35947	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11644	65368	137254	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11644	65262	137225	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11644	65135	137195	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2427	11898	24559	0	0	0
	Comp. gl	4950	23821	49745	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11980	61128	130040	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11980	61097	130045	0	0	0

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B1**

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	380C1F3 / 380C2F3	11980	61059	130051	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1852	9036	19191	0	0	0
	Comp. gl	3796	18457	39320	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9580	74490	135810	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9579	72228	132584	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	69529	128773	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1251	11472	20352	0	0	0
	Comp. gl	2595	19548	35952	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	69358	141380	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	68938	140979	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	68446	140531	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1250	9197	18417	0	0	0
	Comp. gl	2593	17918	36591	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11646	81742	154734	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11645	80068	152538	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11645	78091	149997	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2428	17871	31609	0	0	0
	Comp. gl	4951	31066	57212	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11981	64905	131827	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11981	64536	131534	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11981	64101	131210	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1852	9738	19576	0	0	0
	Comp. gl	3796	19325	39606	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9580	77031	139464	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9580	74561	135913	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	71605	131701	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1251	11958	21075	0	0	0
	Comp. gl	2595	20185	36872	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	69839	141860	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	69372	141393	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	68824	140872	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1250	9301	18542	0	0	0

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	**BACK** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	2593	18038	36709	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11646	83642	157266	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11646	81795	154804	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11645	79610	151944	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2428	18515	32488	0	0	0
	Comp. gl	4951	31892	58277	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11981	65328	132181	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11981	64917	131837	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11981	64435	131456	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	9818	19649	0	0	0
	Comp. gl	3796	19419	39670	0	0	0

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B2**

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	10642	57789	117259	10642	57789	-117259
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	57445	116974	10642	57445	-116974
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	57042	116659	10642	57042	-116659
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1390	7822	15590	1390	7822	-15590
	Comp. gl	2883	15556	31696	2883	15556	-31696
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	69155	146969	10637	69155	-146969
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	69113	146970	10637	69113	-146970
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	69063	146973	10637	69063	-146973
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1389	8887	18822	1389	8887	-18822
	Comp. gl	2882	18022	38317	2882	18022	-38317
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	82809	173859	16798	82809	-173859
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16798	82682	173839	16798	82682	-173839
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	82530	173821	16798	82530	-173821
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4892	18891	39294	4892	18891	-39294
	Comp. gl	9899	37758	79267	9899	37758	-79267
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	63561	134973	12645	63561	-134973
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	63521	134977	12645	63521	-134977
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	63472	134983	12645	63472	-134983
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1891	9193	19478	1891	9193	-19478
	Comp. gl	3884	18790	39963	3884	18790	-39963
1a	380C1F1 / 380C2F1	10642	56157	116060	10646	89512	-158967
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	55969	115953	10646	86349	-154423
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	55746	115836	10645	82544	-148989
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1390	7481	15268	1391	14130	-24444
	Comp. gl	2883	15157	31415	2884	23433	-42024
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	68948	146986	10637	72388	-148644
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	68922	146990	10637	72053	-148373
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	68891	146996	10637	71660	-148074
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1389	8848	18820	1389	9555	-19320
	Comp. gl	2882	17971	38321	2882	18823	-38721

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B2**

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]
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	82185	173806	16800	93511	-182110
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16798	82109	173807	16800	92375	-180924
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	82017	173812	16800	91041	-179585
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4892	18691	39286	4893	22204	-41598
	Comp. gl	9899	37495	79291	9900	41821	-81251
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	63360	135002	12645	66576	-136177
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	63335	135008	12645	66270	-135968
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	63304	135015	12645	65909	-135739
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1891	9157	19482	1891	9761	-19762
	Comp. gl	3884	18741	39973	3885	19495	-40162
1a	380C1F1 / 380C2F1	10646	86258	154292	10646	86258	-154292
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10645	83347	150133	10645	83347	-150133
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10645	79855	145180	10645	79855	-145180
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1391	13519	23543	1391	13519	-23543
	Comp. gl	2884	22611	40836	2884	22611	-40836
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	72044	148365	10637	72044	-148365
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	71742	148135	10637	71742	-148135
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	71387	147880	10637	71387	-147880
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1389	9481	19244	1389	9481	-19244
	Comp. gl	2882	18737	38653	2882	18737	-38653
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	92343	180890	16800	92343	-180890
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16800	91320	179860	16800	91320	-179860
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	90119	178701	16799	90119	-178701
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4893	21849	41256	4893	21849	-41256
	Comp. gl	9900	41394	80924	9900	41394	-80924
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	66261	135962	12645	66261	-135962
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	65985	135785	12645	65985	-135785
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	65659	135593	12645	65659	-135593
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1891	9701	19714	1891	9701	-19714
	Comp. gl	3885	19423	40122	3885	19423	-40122
1a	380C1F1 / 380C2F1	10646	89512	158967	10642	56157	-116060
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10646	86349	154423	10642	55969	-115953

W2H300+10 TOWER **APPENDIX: B2**

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	10645	82544	148989	10642	55746	-115836
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1391	14130	24444	1390	7481	-15268
	Comp. gl	2884	23433	42024	2883	15157	-31415
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	72388	148644	10637	68948	-146986
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	72053	148373	10637	68922	-146990
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	71660	148074	10637	68891	-146996
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1389	9555	19320	1389	8848	-18820
	Comp. gl	2882	18823	38721	2882	17971	-38321
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	93511	182110	16798	82185	-173806
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16800	92375	180924	16798	82109	-173807
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16800	91041	179585	16798	82017	-173812
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4893	22204	41598	4892	18691	-39286
	Comp. gl	9900	41821	81251	9899	37495	-79291
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	66576	136177	12645	63360	-135002
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	66270	135968	12645	63335	-135008
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	65909	135739	12645	63304	-135015
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1891	9761	19762	1891	9157	-19482
	Comp. gl	3885	19495	40162	3884	18741	-39973

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S300(+5)"

Mast 28, 29, 30, 31 en 32

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S300(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage C en C2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S300(+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 W2S300(+5) zijn de bijlage C (berekening maststerkte) en bijlage C2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 46,0 meter. De basis diameter van de mast is 1,734 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 22.8 meter en 23.2 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 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2S300(+5) zijn de bijlage C (berekening maststerkte) en bijlage C2 (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 “W2S300(+5)”

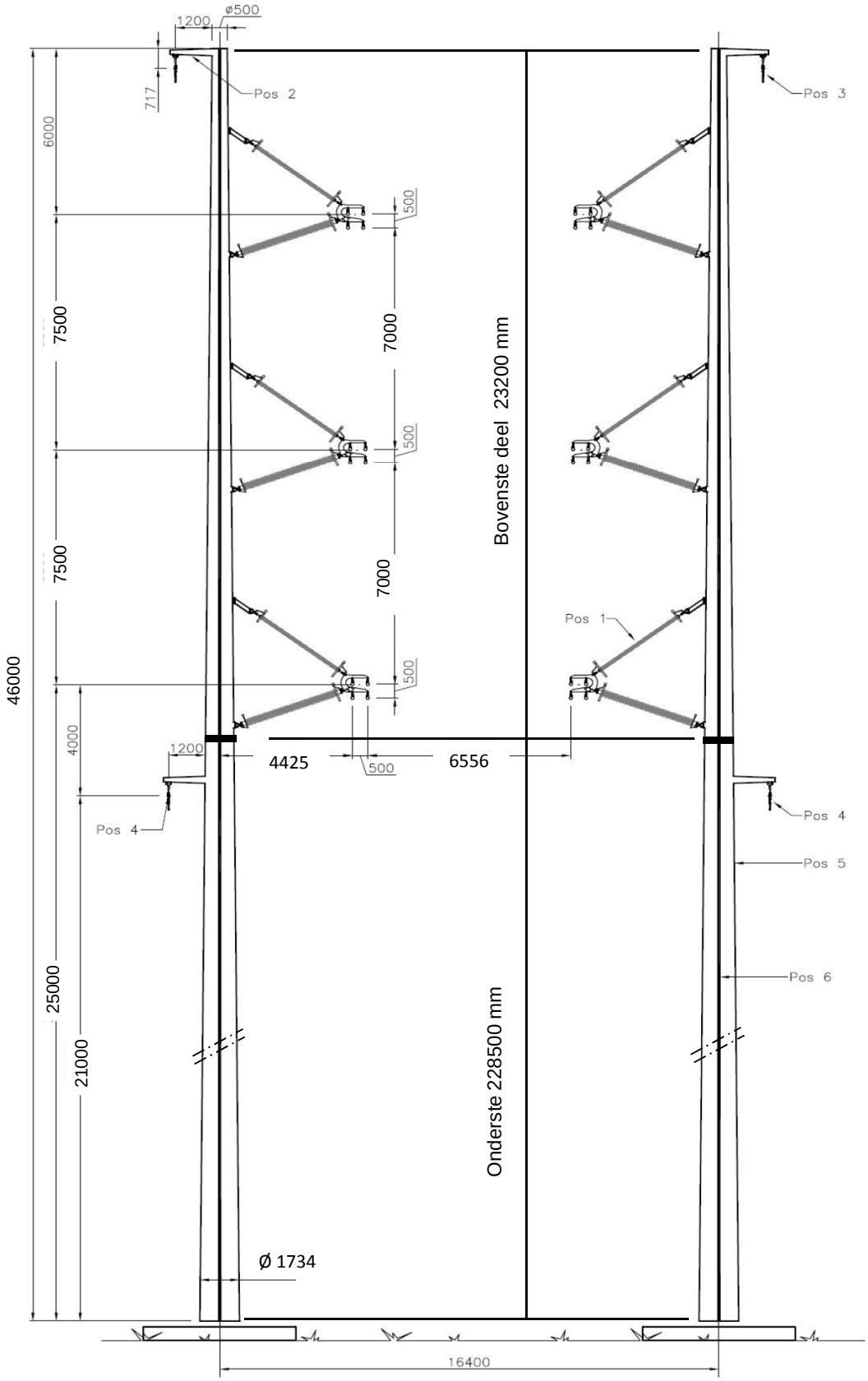
Berekening

W2S300+5

46,0 m - 1734 - 500

Mast 28 t/m 32

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S300(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,117

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	519	500	n.v.t.	2	1	45,65
2	2200	578	519	n.v.t.	2	1	44,20
3	1450	617	578	n.v.t.	2	1	42,38
4	1450	656	617	n.v.t.	2	1	40,93
5	200	661	656	n.v.t.	2	1	40,10
6	2700	733	661	n.v.t.	2	1	38,65
7	967	759	733	n.v.t.	2	1	36,82
8	967	785	759	n.v.t.	2	1	35,85
9	967	811	785	n.v.t.	2	1	34,88
10	1900	862	811	n.v.t.	2	1	33,45
11	1000	889	862	n.v.t.	2	1	32,00
12	1450	928	889	n.v.t.	2	1	30,78
13	1450	967	928	n.v.t.	2	1	29,33
14	2900	1045	967	n.v.t.	2	1	27,15
15	700	1063	1045	n.v.t.	2	1	25,35
16	2200	1122	1063	n.v.t.	2	1	23,90
17	1800	1171	1122	n.v.t.	2	1	21,90
18	1050	1199	1122	n.v.t.	2	1	20,48
19	1425	1237	1199	n.v.t.	2	1	19,24
20	1425	1275	1237	n.v.t.	2	1	17,81
21	1425	1314	1275	n.v.t.	2	1	16,39
22	1425	1352	1314	n.v.t.	2	1	14,96
23	2850	1428	1352	n.v.t.	2	1	12,83
24	2850	1505	1428	n.v.t.	2	1	9,98
25	2850	1581	1505	n.v.t.	2	1	7,13
26	2850	1658	1581	n.v.t.	2	1	4,28
27	2850	1734	1658	n.v.t.	2	1	1,43
	46000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18751	147,20	5,80E+08	175,90	2,28E+06
2	548	12,0	20218	158,71	7,27E+08	189,65	2,65E+06
3	597	12,0	22063	173,20	9,45E+08	206,96	3,16E+06
4	636	12,0	23530	184,71	1,15E+09	220,71	3,60E+06
5	658	12,0	24364	191,26	1,27E+09	228,53	3,87E+06
6	697	12,0	25830	202,77	1,52E+09	242,28	4,35E+06
7	746	12,0	27684	217,32	1,87E+09	259,67	5,00E+06
8	772	12,0	28662	225,00	2,07E+09	268,83	5,36E+06
9	798	12,0	29640	232,67	2,29E+09	278,00	5,74E+06
10	837	12,0	31089	244,05	2,64E+09	291,59	6,32E+06
11	876	12,0	32556	255,56	3,04E+09	305,35	6,93E+06
12	908	15,0	42102	330,50	4,20E+09	315,92	9,25E+06
13	947	15,0	43935	344,89	4,77E+09	329,67	1,01E+07
14	1006	15,0	46684	366,47	5,73E+09	350,30	1,14E+07
15	1054	15,0	48960	384,33	6,61E+09	367,37	1,25E+07
16	1093	15,0	50793	398,72	7,38E+09	381,12	1,35E+07
17	1147	18,0	63816	500,95	1,02E+10	399,04	1,77E+07
18	1161	18,0	64612	507,20	1,05E+10	404,02	1,82E+07
19	1218	18,0	67855	532,66	1,22E+10	424,29	2,01E+07
20	1256	18,0	70016	549,63	1,34E+10	437,80	2,14E+07
21	1294	18,0	72178	566,60	1,47E+10	451,32	2,27E+07
22	1333	18,0	74340	583,57	1,61E+10	464,83	2,41E+07
23	1390	20,0	86077	675,70	2,02E+10	484,40	2,91E+07
24	1466	20,0	90881	713,41	2,38E+10	511,43	3,24E+07
25	1543	20,0	95684	751,12	2,77E+10	538,46	3,60E+07
26	1619	20,0	100488	788,83	3,21E+10	565,49	3,97E+07
27	1696	20,0	105292	826,54	3,70E+10	592,52	4,36E+07

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	46000	1 -- 2	1	700	1,88E+04	5,80E+08
2	45300	2 -- 3	2	2200	2,02E+04	7,27E+08
3	43100	3 -- 4	3	1450	2,21E+04	9,45E+08
4	41650	4 -- 5	4	1450	2,35E+04	1,15E+09
5	40200	5 -- 6	5	200	2,44E+04	1,27E+09
6	40000	6 -- 7	6	2700	2,58E+04	1,52E+09
7	37300	7 -- 8	7	967	2,77E+04	1,87E+09
8	36333	8 -- 9	8	967	2,87E+04	2,07E+09
9	35367	9 -- 10	9	967	2,96E+04	2,29E+09
10	34400	10 -- 11	10	1900	3,11E+04	2,64E+09
11	32500	11 -- 12	11	1000	3,26E+04	3,04E+09
12	31500	12 -- 13	12	1450	4,21E+04	4,20E+09
13	30050	13 -- 14	13	1450	4,39E+04	4,77E+09
14	28600	14 -- 15	14	2900	4,67E+04	5,73E+09
15	25700	15 -- 16	15	700	4,90E+04	6,61E+09
16	25000	16 -- 17	16	2200	5,08E+04	7,38E+09
17	22800	17 -- 18	17	1800	6,38E+04	1,02E+10
18	21000	18 -- 19	18	1050	6,46E+04	1,05E+10
19	19950	19 -- 20	19	1425	6,79E+04	1,22E+10
20	18525	20 -- 21	20	1425	7,00E+04	1,34E+10
21	17100	21 -- 22	21	1425	7,22E+04	1,47E+10
22	15675	22 -- 23	22	1425	7,43E+04	1,61E+10
23	14250	23 -- 24	23	2850	8,61E+04	2,02E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	9,09E+04	2,38E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	9,57E+04	2,77E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,00E+05	3,21E+10
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,05E+05	3,70E+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	45,65	0,21	1,14	30,70	0,18	1348
2	44,20	0,21	1,13	30,51	0,19	1337
3	42,38	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
4	40,93	0,21	1,11	30,08	0,19	1309
5	40,10	0,21	1,11	29,96	0,19	1302
6	38,65	0,21	1,10	29,76	0,19	1289
7	36,82	0,21	1,09	29,48	0,19	1272
8	35,85	0,21	1,09	29,33	0,19	1263
9	34,88	0,21	1,08	29,18	0,19	1254
10	33,45	0,21	1,07	28,94	0,20	1239
11	32,00	0,21	1,06	28,69	0,20	1224
12	30,78	0,21	1,05	28,47	0,20	1211
13	29,33	0,21	1,04	28,20	0,20	1194
14	27,15	0,21	1,03	27,76	0,20	1168
15	25,35	0,21	1,01	27,37	0,21	1145
16	23,90	0,21	1,00	27,04	0,21	1126
17	21,90	0,21	0,98	26,54	0,21	1097
18	20,48	0,21	0,97	26,16	0,22	1075
19	19,24	0,21	0,96	25,81	0,22	1055
20	17,81	0,21	0,94	25,38	0,22	1030
21	16,39	0,21	0,92	24,91	0,23	1004
22	14,96	0,21	0,90	24,39	0,23	975
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	1135	300	0,30	0,00	2,70E-02	734,36
2	2 -- 3	3822	2930	4,37	0,61	2,70E-02	715,43
3	3 -- 4	2729		8,19	14,41	2,69E-02	655,99
4	4 -- 5	2896		10,92	28,26	2,68E-02	617,02
5	5 -- 6	413		13,81	46,19	2,66E-02	578,31
6	6 -- 7	5880	21284	35,51	48,99	2,65E-02	573,00
7	7 -- 8	2246		41,39	152,80	2,57E-02	502,29
8	8 -- 9	2320		43,63	193,90	2,53E-02	477,65
9	9 -- 10	2394		45,95	237,20	2,48E-02	453,45
10	10 -- 11	4922		48,35	282,78	2,43E-02	429,73
11	11 -- 12	2706	21284	74,55	379,31	2,31E-02	384,65
12	12 -- 13	5010		77,26	455,22	2,25E-02	361,83
13	13 -- 14	5218		82,27	570,88	2,16E-02	329,82
14	14 -- 15	11063		87,49	693,95	2,07E-02	299,09
15	15 -- 16	2795		98,55	963,71	1,87E-02	241,71
16	16 -- 17	9102	21284	122,63	1033,67	1,82E-02	228,78
17	17 -- 18	9287	4345	136,08	1313,47	1,66E-02	190,43
18	18 -- 19	5483	5766	151,13	1566,76	1,54E-02	161,67
19	19 -- 20	7804		156,61	1728,33	1,46E-02	145,95
20	20 -- 21	8046		164,42	1957,06	1,35E-02	125,90
21	21 -- 22	8288		172,46	2197,09	1,25E-02	107,33
22	22 -- 23	8530		180,75	2448,75	1,14E-02	90,27
23	23 -- 24	19685		189,28	2712,40	1,03E-02	74,75
24	24 -- 25	20760		208,97	3279,90	8,33E-03	48,06
25	25 -- 26	21834		229,72	3905,03	6,28E-03	27,16
26	26 -- 27	22909		251,56	4590,86	4,20E-03	12,15
27	27 -- 28	23984		274,47	5340,45	2,11E-03	3,08
28			7609	306,06	6156,86	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,5	30,0	0,734	1023,51	75,839
2	2 -- 3	382,2	293,0	0,715	4627,03	329,654
3	3 -- 4	272,9		0,656	1703,92	110,556
4	4 -- 5	289,6		0,617	1697,81	103,437
5	5 -- 6	41,3		0,578	232,95	13,670
6	6 -- 7	588,0	2128,4	0,573	15065,17	868,777
7	7 -- 8	224,6		0,502	1079,46	53,915
8	8 -- 9	232,0		0,478	1059,54	50,283
9	9 -- 10	239,4		0,453	1037,15	46,687
10	10 -- 11	492,2		0,430	1966,11	81,609
11	11 -- 12	270,6	2128,4	0,385	9022,03	352,603
12	12 -- 13	501,0		0,362	1699,59	59,915
13	13 -- 14	521,8		0,330	1609,77	51,600
14	14 -- 15	1106,3		0,299	2934,53	80,887
15	15 -- 16	279,5		0,242	645,10	15,469
16	16 -- 17	910,2	2128,4	0,229	6648,26	151,384
17	17 -- 18	928,7	434,5	0,190	2415,63	44,540
18	18 -- 19	548,3	576,6	0,162	1741,81	28,042
19	19 -- 20	780,4		0,146	1040,63	14,419
20	20 -- 21	804,6		0,126	920,45	10,942
21	21 -- 22	828,8		0,107	803,26	8,090
22	22 -- 23	853,0		0,090	690,38	5,806
23	23 -- 24	1968,5		0,075	1185,77	7,422
24	24 -- 25	2076,0		0,048	765,97	2,937
25	25 -- 26	2183,4		0,027	420,97	0,843
26	26 -- 27	2290,9		0,012	171,04	0,133
27	27 -- 28	2398,4		0,003	36,18	0,006
28			760,9	0,000	0,00	0,000
				Som	62244	2569

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

$n_{1,x}$	=	0,78	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	624	0,987	0,700	0,68	425,35	0,69
2 -- 3	174	0,934	2,200	1,92	333,20	2,05
3 -- 4	188	0,867	1,450	1,09	205,01	1,26
4 -- 5	200	0,814	1,450	0,96	191,80	1,18
5 -- 6	10848	0,784	0,200	0,12	1333,21	0,16
6 -- 7	218	0,732	2,700	1,45	315,16	1,98
7 -- 8	232	0,667	0,967	0,43	99,98	0,64
8 -- 9	240	0,634	0,967	0,39	93,24	0,61
9 -- 10	248	0,601	0,967	0,35	86,57	0,58
10 -- 11	1379	0,554	1,900	0,58	805,72	1,05
11 -- 12	271	0,508	1,000	0,26	69,89	0,51
12 -- 13	345	0,471	1,450	0,32	111,10	0,68
13 -- 14	360	0,428	1,450	0,27	95,68	0,62
14 -- 15	381	0,368	2,900	0,39	149,99	1,07
15 -- 16	3440	0,320	0,700	0,07	247,10	0,22
16 -- 17	611	0,285	2,200	0,18	109,55	0,63
17 -- 18	836	0,240	1,800	0,10	86,51	0,43
18 -- 19	522	0,209	1,050	0,05	24,05	0,22
19 -- 20	548	0,185	1,425	0,05	26,74	0,26
20 -- 21	565	0,159	1,425	0,04	20,29	0,23
21 -- 22	582	0,135	1,425	0,03	15,00	0,19
22 -- 23	599	0,112	1,425	0,02	10,77	0,16
23 -- 24	691	0,084	2,850	0,02	13,76	0,24
24 -- 25	728	0,051	2,850	0,01	5,45	0,15
25 -- 26	766	0,027	2,850	0,00	1,56	0,08
26 -- 27	804	0,010	2,850	0,00	0,25	0,03
27 -- 28	1109	0,002	2,850	0,00	0,01	0,01
		Σ	46,00	9,77	4876,94	15,93

m_e = 4876,9 / 9,8 = 499,2 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,78	Hz
b =	1,12	m
h =	46,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	27,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	69,38	

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

B^2 = 0,50

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,060	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,072	
$v_m(z_s)$ =	27,85	m/s
$v_m(z)$ =	30,74	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,09

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,77
$c_y = c_z$ =	11,5
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,36
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	14,88
G_y =	0,5
G_z =	0,28

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

$K_s(n)$ =	0,19
R^2 =	1,18
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,66 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,63

$c_s c_d$ = 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	30,7	1,04E+06	0,77	0,82	0,63
2	30,5	1,12E+06	0,77	0,82	0,63
3	30,3	1,21E+06	0,77	0,82	0,63
4	30,1	1,28E+06	0,77	0,82	0,63
5	30,0	1,31E+06	0,77	0,82	0,63
6	29,8	1,38E+06	0,77	0,82	0,63
7	29,5	1,47E+06	0,77	0,82	0,63
8	29,3	1,51E+06	0,77	0,82	0,63
9	29,2	1,55E+06	0,77	0,82	0,63
10	28,9	1,61E+06	0,76	0,82	0,63
11	28,7	1,67E+06	0,76	0,82	0,63
12	28,5	1,72E+06	0,76	0,82	0,63
13	28,2	1,78E+06	0,76	0,82	0,62
14	27,8	1,86E+06	0,76	0,82	0,62
15	27,4	1,92E+06	0,76	0,82	0,62
16	27,0	1,97E+06	0,76	0,82	0,62
17	26,5	2,03E+06	0,76	0,82	0,62
18	26,2	2,02E+06	0,76	0,82	0,62
19	25,8	2,10E+06	0,76	0,82	0,62
20	25,4	2,13E+06	0,75	0,82	0,62
21	24,9	2,15E+06	0,75	0,82	0,62
22	24,4	2,17E+06	0,75	0,82	0,62
23	23,5	2,18E+06	0,75	0,82	0,61
24	22,1	2,16E+06	0,75	0,82	0,61
25	20,2	2,08E+06	0,74	0,82	0,61
26	17,3	1,87E+06	0,73	0,82	0,60
27	16,9	1,91E+06	0,73	0,82	0,60

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	45,30	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - C en C2		
1e traverse - 380C1F1	40,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	25,00	1			
Passieve run	21,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	45,30	1,459
1e traverse - 380C1F1	40,00	4,422
2e traverse - 380C1F2	32,50	4,422
3e traverse - 380C1F3	25,00	4,422
Passieve run	21,00	1,785

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	45,30	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	40,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	25,00	1			
Passieve run	21,00	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	1030	105	1135	0,225	0,084	501	0,716
2	3492	330	3822	0,760	0,264	1647	0,749
3	2511	218	2729	0,545	0,174	1144	0,789
4	2678	218	2896	0,580	0,174	1188	0,819
5	383	30	413	0,083	0,024	167	0,836
6	5475	405	5880	1,183	0,324	2337	0,865
7	2101	145	2246	0,453	0,116	871	0,901
8	2175	145	2320	0,468	0,116	888	0,918
9	2249	145	2394	0,484	0,116	904	0,935
10	4637	285	4922	0,996	0,228	1824	0,960
11	2556	150	2706	0,548	0,120	983	0,983
12	4792	218	5010	0,824	0,174	1453	1,002
13	5001	218	5218	0,858	0,174	1482	1,022
14	10628	435	11063	1,819	0,348	3045	1,050
15	2690	105	2795	0,459	0,084	749	1,069
16	8772	330	9102	1,496	0,264	2382	1,083
17	9017	270	9287	1,282	0,216	1976	1,098
18	5326	158	5483	0,756	0,126	1140	1,086
19	7590	214	7804	1,075	0,171	1581	1,109
20	7832	214	8046	1,107	0,171	1583	1,111
21	8074	214	8288	1,139	0,171	1581	1,109
22	8316	214	8530	1,170	0,171	1573	1,104
23	19258	428	19685	2,433	0,342	3095	1,086
24	20332	428	20760	2,552	0,342	2965	1,040
25	21407	428	21834	2,662	0,342	2726	0,957
26	22482	428	22909	2,752	0,342	2290	0,804
27	23556	428	23984	2,876	0,342	2315	0,812
	214360	6900	221260	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	44389

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2084	3516	3514	14030	5018
3	3 -- 4	2258				
4	4 -- 5	2396				
5	5 -- 6	2475				
6	6 -- 7	2613	25544	25532	44020	31554
7	7 -- 8	2788				
8	8 -- 9	2880				
9	9 -- 10	2972				
10	10 -- 11	3109				
11	11 -- 12	3247	25544	25532	44020	31554
12	12 -- 13	4146				
13	13 -- 14	4319				
14	14 -- 15	4578				
15	15 -- 16	4792				
16	16 -- 17	4965	25544	25532	44020	31554
17	17 -- 18	6191	5214	5214	5214	5214
18	18 -- 19	6266	6920	6916	27982	9926
19	19 -- 20	6572				
20	20 -- 21	6776				
21	21 -- 22	6979				
22	22 -- 23	7183				
23	23 -- 24	8288				
24	24 -- 25	8741				
25	25 -- 26	9193				
26	26 -- 27	9646				
27	27 -- 28	10098				
28			9130	9130	9130	9130

KEMA rapport - bijlage C - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	716				
2	2 -- 3	749	7972	2970	9708	3010
3	3 -- 4	789				
4	4 -- 5	819				
5	5 -- 6	836				
6	6 -- 7	865	47264	20606	35194	19400
7	7 -- 8	901				
8	8 -- 9	918				
9	9 -- 10	935				
10	10 -- 11	960				
11	11 -- 12	983	44386	20104	33738	18904
12	12 -- 13	1002				
13	13 -- 14	1022				
14	14 -- 15	1050				
15	15 -- 16	1069				
16	16 -- 17	1083	40788	19478	31926	18288
17	17 -- 18	1098				
18	18 -- 19	1086	12392	5362	16204	5496
19	19 -- 20	1109				
20	20 -- 21	1111				
21	21 -- 22	1109				
22	22 -- 23	1104				
23	23 -- 24	1086				
24	24 -- 25	1040				
25	25 -- 26	957				
26	26 -- 27	804				
27	27 -- 28	812				
28						

KEMA rapport - bijlage C2 - 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	1145				
2	2 -- 3	1198	11444	3780	13632	3944
3	3 -- 4	1262				
4	4 -- 5	1311				
5	5 -- 6	1338				
6	6 -- 7	1385	67118	25432	47690	24786
7	7 -- 8	1441				
8	8 -- 9	1469				
9	9 -- 10	1497				
10	10 -- 11	1536				
11	11 -- 12	1573	62840	24668	45504	24038
12	12 -- 13	1603				
13	13 -- 14	1636				
14	14 -- 15	1680				
15	15 -- 16	1711				
16	16 -- 17	1733	57476	23716	42782	23106
17	17 -- 18	1756				
18	18 -- 19	1737	17590	6654	22454	7056
19	19 -- 20	1775				
20	20 -- 21	1778				
21	21 -- 22	1775				
22	22 -- 23	1766				
23	23 -- 24	1738				
24	24 -- 25	1664				
25	25 -- 26	1531				
26	26 -- 27	1286				
27	27 -- 28	1300				
28						

KEMA rapport - bijlage C - 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	501		0	0,00E+00	4,86E-03	128
2	2 -- 3	1647		501	1,90E+05	4,86E-03	125
3	3 -- 4	1144		2148	3,19E+06	4,84E-03	114
4	4 -- 5	1188		3292	7,21E+06	4,80E-03	107
5	5 -- 6	167		4480	1,29E+07	4,74E-03	100
6	6 -- 7	2337		4647	1,39E+07	4,73E-03	99
7	7 -- 8	871		6984	3,01E+07	4,55E-03	87
8	8 -- 9	888		7854	3,75E+07	4,47E-03	82
9	9 -- 10	904		8742	4,57E+07	4,38E-03	78
10	10 -- 11	1824		9646	5,48E+07	4,28E-03	74
11	11 -- 12	983		11470	7,54E+07	4,05E-03	66
12	12 -- 13	1453		12453	8,77E+07	3,93E-03	62
13	13 -- 14	1482		13906	1,07E+08	3,77E-03	56
14	14 -- 15	3045		15388	1,29E+08	3,60E-03	51
15	15 -- 16	749		18433	1,79E+08	3,23E-03	41
16	16 -- 17	2382		19181	1,92E+08	3,14E-03	39
17	17 -- 18	1976		21564	2,38E+08	2,83E-03	32
18	18 -- 19	1140		23540	2,79E+08	2,61E-03	27
19	19 -- 20	1581		24680	3,05E+08	2,48E-03	25
20	20 -- 21	1583		26260	3,42E+08	2,30E-03	21
21	21 -- 22	1581		27844	3,81E+08	2,11E-03	18
22	22 -- 23	1573		29425	4,22E+08	1,93E-03	15
23	23 -- 24	3095		30998	4,66E+08	1,74E-03	13
24	24 -- 25	2965		34093	5,60E+08	1,40E-03	8
25	25 -- 26	2726		37058	6,62E+08	1,05E-03	5
26	26 -- 27	2290		39784	7,72E+08	6,99E-04	2
27	27 -- 28	2315		42074	8,89E+08	3,49E-04	1
28				44389	1,01E+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	2,94E-02	757
2	2 -- 3		7972	96046	8,81E+04	2,94E-02	737
3	3 -- 4			614414	1,81E+07	2,92E-02	672
4	4 -- 5			1067376	3,02E+07	2,91E-02	630
5	5 -- 6			1636665	4,23E+07	2,88E-02	588
6	6 -- 7		47264	1884907	4,41E+07	2,88E-02	582
7	7 -- 8			5002065	1,96E+08	2,78E-02	506
8	8 -- 9			6142428	2,51E+08	2,72E-02	479
9	9 -- 10			7318030	3,05E+08	2,66E-02	453
10	10 -- 11			8525484	3,60E+08	2,60E-02	428
11	11 -- 12		44386	12088318	4,69E+08	2,46E-02	380
12	12 -- 13			13921923	5,70E+08	2,37E-02	355
13	13 -- 14			16644892	7,17E+08	2,27E-02	322
14	14 -- 15			19403904	8,64E+08	2,15E-02	290
15	15 -- 16			25130730	1,16E+09	1,91E-02	230
16	16 -- 17		40788	26759192	1,23E+09	1,85E-02	217
17	17 -- 18			31929323	1,54E+09	1,65E-02	179
18	18 -- 19		12392	36184302	1,80E+09	1,51E-02	150
19	19 -- 20			38561445	1,96E+09	1,42E-02	135
20	20 -- 21			41714299	2,19E+09	1,31E-02	115
21	21 -- 22			44742385	2,41E+09	1,19E-02	97
22	22 -- 23			47622280	2,63E+09	1,08E-02	81
23	23 -- 24			50330989	2,85E+09	9,61E-03	67
24	24 -- 25			55380491	3,29E+09	7,55E-03	42
25	25 -- 26			59621382	3,73E+09	5,55E-03	23
26	26 -- 27			62875796	4,17E+09	3,62E-03	10
27	27 -- 28			64967528	4,60E+09	1,77E-03	3
28	28 -- 29			65740759	5,04E+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	1,27E-02	332
2	2 -- 3		2970	2970	3,82E+04	1,27E-02	323
3	3 -- 4			2970	6,80E+06	1,27E-02	295
4	4 -- 5			2970	1,13E+07	1,26E-02	277
5	5 -- 6			2970	1,59E+07	1,25E-02	258
6	6 -- 7		20606	23576	1,65E+07	1,25E-02	256
7	7 -- 8			23576	8,15E+07	1,21E-02	223
8	8 -- 9			23576	1,05E+08	1,19E-02	211
9	9 -- 10			23576	1,28E+08	1,16E-02	200
10	10 -- 11			23576	1,51E+08	1,13E-02	188
11	11 -- 12		20104	43680	1,98E+08	1,08E-02	167
12	12 -- 13			43680	2,42E+08	1,04E-02	157
13	13 -- 14			43680	3,07E+08	9,96E-03	142
14	14 -- 15			43680	3,71E+08	9,47E-03	128
15	15 -- 16			43680	5,01E+08	8,42E-03	102
16	16 -- 17		19478	63158	5,32E+08	8,16E-03	96
17	17 -- 18			63158	6,73E+08	7,31E-03	79
18	18 -- 19		5362	68520	7,89E+08	6,69E-03	67
19	19 -- 20			68520	8,62E+08	6,30E-03	60
20	20 -- 21			68520	9,61E+08	5,79E-03	51
21	21 -- 22			68520	1,06E+09	5,28E-03	43
22	22 -- 23			68520	1,16E+09	4,77E-03	36
23	23 -- 24			68520	1,26E+09	4,26E-03	30
24	24 -- 25			68520	1,45E+09	3,35E-03	19
25	25 -- 26			68520	1,65E+09	2,46E-03	10
26	26 -- 27			68520	1,85E+09	1,61E-03	5
27	27 -- 28			68520	2,05E+09	7,87E-04	1
28				68520	2,24E+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	2,45E-02	622
2	2 -- 3		9708	9708	7,35E+04	2,45E-02	605
3	3 -- 4			9708	2,19E+07	2,43E-02	551
4	4 -- 5			9708	3,63E+07	2,41E-02	516
5	5 -- 6			9708	5,09E+07	2,39E-02	481
6	6 -- 7		35194	44902	5,30E+07	2,38E-02	476
7	7 -- 8			44902	1,77E+08	2,29E-02	413
8	8 -- 9			44902	2,21E+08	2,24E-02	391
9	9 -- 10			44902	2,65E+08	2,18E-02	370
10	10 -- 11			44902	3,10E+08	2,13E-02	349
11	11 -- 12		33738	78640	3,98E+08	2,00E-02	310
12	12 -- 13			78640	4,78E+08	1,94E-02	290
13	13 -- 14			78640	5,94E+08	1,85E-02	262
14	14 -- 15			78640	7,11E+08	1,75E-02	236
15	15 -- 16			78640	9,43E+08	1,55E-02	188
16	16 -- 17		31926	110566	1,00E+09	1,51E-02	177
17	17 -- 18			110566	1,25E+09	1,35E-02	146
18	18 -- 19		16204	126770	1,45E+09	1,23E-02	123
19	19 -- 20			126770	1,58E+09	1,16E-02	110
20	20 -- 21			126770	1,77E+09	1,07E-02	94
21	21 -- 22			126770	1,95E+09	9,74E-03	80
22	22 -- 23			126770	2,13E+09	8,80E-03	66
23	23 -- 24			126770	2,32E+09	7,86E-03	55
24	24 -- 25			126770	2,68E+09	6,18E-03	35
25	25 -- 26			126770	3,05E+09	4,55E-03	19
26	26 -- 27			126770	3,41E+09	2,97E-03	8
27	27 -- 28			126770	3,77E+09	1,45E-03	2
28				126770	4,14E+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	1,21E-02	315
2	2 -- 3		3010	3010	3,64E+04	1,21E-02	307
3	3 -- 4			3010	6,87E+06	1,21E-02	280
4	4 -- 5			3010	1,14E+07	1,20E-02	263
5	5 -- 6			3010	1,60E+07	1,19E-02	245
6	6 -- 7		19400	22410	1,67E+07	1,19E-02	243
7	7 -- 8			22410	7,85E+07	1,15E-02	211
8	8 -- 9			22410	1,01E+08	1,13E-02	200
9	9 -- 10			22410	1,23E+08	1,10E-02	189
10	10 -- 11			22410	1,45E+08	1,08E-02	179
11	11 -- 12		18904	41314	1,89E+08	1,02E-02	159
12	12 -- 13			41314	2,31E+08	9,88E-03	149
13	13 -- 14			41314	2,92E+08	9,45E-03	135
14	14 -- 15			41314	3,53E+08	8,98E-03	121
15	15 -- 16			41314	4,75E+08	7,99E-03	97
16	16 -- 17		18288	59602	5,05E+08	7,74E-03	91
17	17 -- 18			59602	6,38E+08	6,93E-03	75
18	18 -- 19		5496	65098	7,47E+08	6,35E-03	63
19	19 -- 20			65098	8,17E+08	5,98E-03	57
20	20 -- 21			65098	9,11E+08	5,50E-03	48
21	21 -- 22			65098	1,00E+09	5,01E-03	41
22	22 -- 23			65098	1,10E+09	4,53E-03	34
23	23 -- 24			65098	1,19E+09	4,04E-03	28
24	24 -- 25			65098	1,38E+09	3,18E-03	18
25	25 -- 26			65098	1,57E+09	2,34E-03	10
26	26 -- 27			65098	1,75E+09	1,53E-03	4
27	27 -- 28			65098	1,94E+09	7,47E-04	1
28				65098	2,13E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,51E-03	105
2	2 -- 3				4,06E+06	5,51E-03	101
3	3 -- 4				4,06E+06	5,45E-03	89
4	4 -- 5				4,06E+06	5,42E-03	81
5	5 -- 6				4,06E+06	5,40E-03	74
6	6 -- 7				9,82E+07	5,40E-03	72
7	7 -- 8				9,82E+07	4,56E-03	59
8	8 -- 9				9,82E+07	4,32E-03	55
9	9 -- 10				9,82E+07	4,10E-03	51
10	10 -- 11				9,82E+07	3,91E-03	47
11	11 -- 12				1,92E+08	3,57E-03	40
12	12 -- 13				1,92E+08	3,27E-03	36
13	13 -- 14				1,92E+08	2,95E-03	32
14	14 -- 15				1,92E+08	2,67E-03	28
15	15 -- 16				1,92E+08	2,21E-03	21
16	16 -- 17				2,86E+08	2,11E-03	19
17	17 -- 18				2,86E+08	1,71E-03	15
18	18 -- 19				2,97E+08	1,47E-03	12
19	19 -- 20				2,97E+08	1,33E-03	11
20	20 -- 21				2,97E+08	1,16E-03	9
21	21 -- 22				2,97E+08	1,01E-03	7
22	22 -- 23				2,97E+08	8,73E-04	6
23	23 -- 24				2,97E+08	7,48E-04	5
24	24 -- 25				2,97E+08	5,49E-04	3
25	25 -- 26				2,97E+08	3,79E-04	2
26	26 -- 27				2,97E+08	2,34E-04	1
27	27 -- 28				2,97E+08	1,09E-04	0
28					2,97E+08	0,00E+00	0

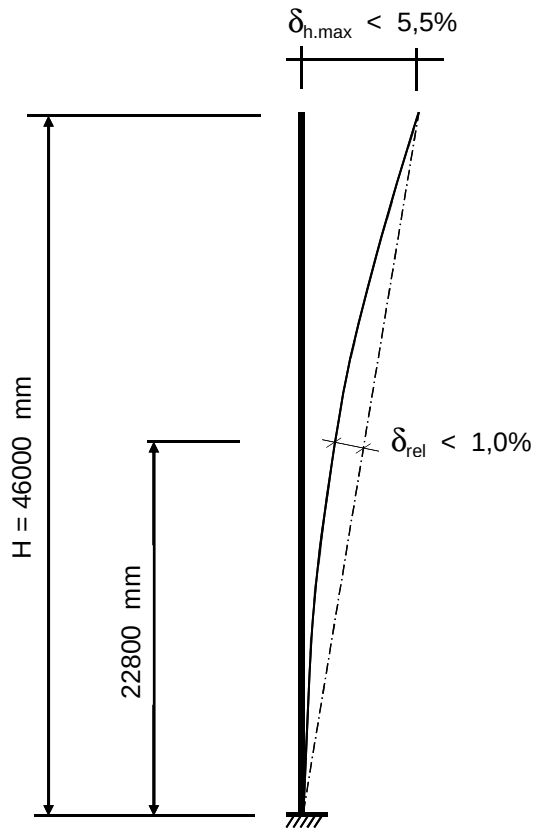
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	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	4,0E-02	991
2	2 -- 3	4,0E-02	963
3	3 -- 4	4,0E-02	876
4	4 -- 5	3,9E-02	818
5	5 -- 6	3,9E-02	762
6	6 -- 7	3,9E-02	754
7	7 -- 8	3,7E-02	651
8	8 -- 9	3,6E-02	616
9	9 -- 10	3,5E-02	581
10	10 -- 11	3,4E-02	548
11	11 -- 12	3,2E-02	485
12	12 -- 13	3,1E-02	453
13	13 -- 14	2,9E-02	410
14	14 -- 15	2,8E-02	368
15	15 -- 16	2,5E-02	292
16	16 -- 17	2,4E-02	275
17	17 -- 18	2,1E-02	226
18	18 -- 19	1,9E-02	189
19	19 -- 20	1,8E-02	170
20	20 -- 21	1,7E-02	145
21	21 -- 22	1,5E-02	123
22	22 -- 23	1,4E-02	102
23	23 -- 24	1,2E-02	84
24	24 -- 25	9,5E-03	53
25	25 -- 26	7,0E-03	29
26	26 -- 27	4,6E-03	13
27	27 -- 28	2,2E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 991 mm ----> δ_h *100 / 46000

Percentage uitbuig. = 2,15 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 17 ; Hoogte = 22800 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 226 mm
α = 1,23 graden

δ_{rel} = 265 mm ----> δ_h *100 / 46000

Percentage uitbuig. = 0,58 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	752	360	0	0,00E+00	7,15E-03	189
2	2 -- 3	2470	5238	752	2,63E+05	7,15E-03	184
3	3 -- 4	1715	9824	3222	4,63E+06	7,12E-03	168
4	4 -- 5	1782	13099	4937	1,05E+07	7,07E-03	158
5	5 -- 6	251	16574	6719	1,90E+07	6,98E-03	148
6	6 -- 7	3505	42613	6970	2,04E+07	6,97E-03	146
7	7 -- 8	1306	49668	10475	4,39E+07	6,70E-03	128
8	8 -- 9	1332	52363	11781	5,47E+07	6,58E-03	121
9	9 -- 10	1356	55147	13113	6,67E+07	6,44E-03	115
10	10 -- 11	2736	58020	14469	8,00E+07	6,30E-03	109
11	11 -- 12	1475	89471	17205	1,10E+08	5,97E-03	97
12	12 -- 13	2179	92717	18680	1,28E+08	5,79E-03	91
13	13 -- 14	2224	98729	20858	1,57E+08	5,55E-03	83
14	14 -- 15	4567	104991	23082	1,89E+08	5,30E-03	75
15	15 -- 16	1123	118266	27649	2,62E+08	4,76E-03	60
16	16 -- 17	3574	147165	28772	2,82E+08	4,63E-03	57
17	17 -- 18	2964	163301	32346	3,49E+08	4,18E-03	47
18	18 -- 19	1710	181366	35309	4,10E+08	3,86E-03	40
19	19 -- 20	2371	187946	37019	4,48E+08	3,66E-03	36
20	20 -- 21	2375	197311	39391	5,02E+08	3,39E-03	31
21	21 -- 22	2372	206966	41766	5,60E+08	3,12E-03	27
22	22 -- 23	2359	216911	44137	6,21E+08	2,85E-03	22
23	23 -- 24	4643	227147	46497	6,86E+08	2,57E-03	19
24	24 -- 25	4447	250769	51139	8,25E+08	2,07E-03	12
25	25 -- 26	4089	275680	55587	9,77E+08	1,55E-03	7
26	26 -- 27	3435	301882	59676	1,14E+09	1,04E-03	3
27	27 -- 28	3473	329373	63112	1,32E+09	5,17E-04	1
28			367284	66584	1,50E+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	4,09E-02	1057
2	2 -- 3		11444	11444	0,00E+00	4,09E-02	1028
3	3 -- 4			11444	2,52E+07	4,08E-02	938
4	4 -- 5			11444	4,18E+07	4,05E-02	879
5	5 -- 6			11444	5,84E+07	4,02E-02	821
6	6 -- 7		67118	78562	6,07E+07	4,02E-02	812
7	7 -- 8			78562	2,73E+08	3,88E-02	706
8	8 -- 9			78562	3,49E+08	3,80E-02	668
9	9 -- 10			78562	4,25E+08	3,71E-02	632
10	10 -- 11			78562	5,01E+08	3,62E-02	597
11	11 -- 12		62840	141402	6,50E+08	3,42E-02	530
12	12 -- 13			141402	7,91E+08	3,31E-02	496
13	13 -- 14			141402	9,96E+08	3,16E-02	449
14	14 -- 15			141402	1,20E+09	3,00E-02	404
15	15 -- 16			141402	1,61E+09	2,67E-02	322
16	16 -- 17		57476	198878	1,71E+09	2,58E-02	303
17	17 -- 18			198878	2,15E+09	2,31E-02	249
18	18 -- 19		17590	216468	2,51E+09	2,11E-02	210
19	19 -- 20			216468	2,73E+09	1,99E-02	188
20	20 -- 21			216468	3,04E+09	1,83E-02	161
21	21 -- 22			216468	3,35E+09	1,67E-02	136
22	22 -- 23			216468	3,66E+09	1,50E-02	113
23	23 -- 24			216468	3,97E+09	1,34E-02	93
24	24 -- 25			216468	4,58E+09	1,06E-02	59
25	25 -- 26			216468	5,20E+09	7,76E-03	33
26	26 -- 27			216468	5,82E+09	5,06E-03	14
27	27 -- 28			216468	6,43E+09	2,48E-03	4
28				216468	7,05E+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	1,54E-02	403
2	2 -- 3		3780	3780	0,00E+00	1,54E-02	392
3	3 -- 4			3780	8,32E+06	1,54E-02	358
4	4 -- 5			3780	1,38E+07	1,53E-02	336
5	5 -- 6			3780	1,93E+07	1,52E-02	313
6	6 -- 7		25432	29212	2,00E+07	1,52E-02	310
7	7 -- 8			29212	9,89E+07	1,47E-02	270
8	8 -- 9			29212	1,27E+08	1,44E-02	256
9	9 -- 10			29212	1,55E+08	1,41E-02	242
10	10 -- 11			29212	1,84E+08	1,38E-02	229
11	11 -- 12		24668	53880	2,39E+08	1,30E-02	203
12	12 -- 13			53880	2,93E+08	1,26E-02	190
13	13 -- 14			53880	3,71E+08	1,21E-02	172
14	14 -- 15			53880	4,49E+08	1,15E-02	155
15	15 -- 16			53880	6,06E+08	1,02E-02	124
16	16 -- 17		23716	77596	6,43E+08	9,89E-03	117
17	17 -- 18			77596	8,14E+08	8,86E-03	96
18	18 -- 19		6654	84250	9,54E+08	8,11E-03	81
19	19 -- 20			84250	1,04E+09	7,64E-03	72
20	20 -- 21			84250	1,16E+09	7,03E-03	62
21	21 -- 22			84250	1,28E+09	6,41E-03	52
22	22 -- 23			84250	1,40E+09	5,79E-03	44
23	23 -- 24			84250	1,52E+09	5,17E-03	36
24	24 -- 25			84250	1,76E+09	4,07E-03	23
25	25 -- 26			84250	2,00E+09	2,99E-03	13
26	26 -- 27			84250	2,24E+09	1,95E-03	6
27	27 -- 28			84250	2,48E+09	9,56E-04	1
28				84250	2,72E+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	3,28E-02	832
2	2 -- 3		13632	13632	0,00E+00	3,28E-02	809
3	3 -- 4			13632	3,00E+07	3,26E-02	737
4	4 -- 5			13632	4,98E+07	3,23E-02	690
5	5 -- 6			13632	6,95E+07	3,20E-02	643
6	6 -- 7		47690	61322	7,22E+07	3,19E-02	637
7	7 -- 8			61322	2,38E+08	3,06E-02	552
8	8 -- 9			61322	2,97E+08	2,99E-02	523
9	9 -- 10			61322	3,56E+08	2,92E-02	494
10	10 -- 11			61322	4,16E+08	2,84E-02	466
11	11 -- 12		45504	106826	5,32E+08	2,68E-02	414
12	12 -- 13			106826	6,39E+08	2,59E-02	388
13	13 -- 14			106826	7,94E+08	2,47E-02	351
14	14 -- 15			106826	9,49E+08	2,34E-02	316
15	15 -- 16			106826	1,26E+09	2,08E-02	252
16	16 -- 17		42782	149608	1,33E+09	2,01E-02	237
17	17 -- 18			149608	1,66E+09	1,80E-02	195
18	18 -- 19		22454	172062	1,93E+09	1,65E-02	164
19	19 -- 20			172062	2,11E+09	1,55E-02	147
20	20 -- 21			172062	2,36E+09	1,43E-02	126
21	21 -- 22			172062	2,60E+09	1,30E-02	107
22	22 -- 23			172062	2,85E+09	1,18E-02	89
23	23 -- 24			172062	3,09E+09	1,05E-02	73
24	24 -- 25			172062	3,58E+09	8,28E-03	46
25	25 -- 26			172062	4,07E+09	6,09E-03	26
26	26 -- 27			172062	4,56E+09	3,98E-03	11
27	27 -- 28			172062	5,05E+09	1,95E-03	3
28				172062	5,55E+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	1,52E-02	396
2	2 -- 3		3944	3944	0,00E+00	1,52E-02	385
3	3 -- 4			3944	8,68E+06	1,52E-02	352
4	4 -- 5			3944	1,44E+07	1,51E-02	330
5	5 -- 6			3944	2,01E+07	1,50E-02	308
6	6 -- 7		24786	28730	2,09E+07	1,50E-02	305
7	7 -- 8			28730	9,85E+07	1,45E-02	265
8	8 -- 9			28730	1,26E+08	1,42E-02	251
9	9 -- 10			28730	1,54E+08	1,39E-02	238
10	10 -- 11			28730	1,82E+08	1,35E-02	225
11	11 -- 12		24038	52768	2,36E+08	1,28E-02	200
12	12 -- 13			52768	2,89E+08	1,24E-02	187
13	13 -- 14			52768	3,66E+08	1,19E-02	169
14	14 -- 15			52768	4,42E+08	1,13E-02	153
15	15 -- 16			52768	5,95E+08	1,00E-02	122
16	16 -- 17		23106	75874	6,32E+08	9,72E-03	115
17	17 -- 18			75874	7,99E+08	8,70E-03	94
18	18 -- 19		7056	82930	9,36E+08	7,97E-03	79
19	19 -- 20			82930	1,02E+09	7,50E-03	71
20	20 -- 21			82930	1,14E+09	6,90E-03	61
21	21 -- 22			82930	1,26E+09	6,30E-03	52
22	22 -- 23			82930	1,38E+09	5,69E-03	43
23	23 -- 24			82930	1,50E+09	5,08E-03	35
24	24 -- 25			82930	1,73E+09	4,00E-03	22
25	25 -- 26			82930	1,97E+09	2,94E-03	12
26	26 -- 27			82930	2,20E+09	1,92E-03	5
27	27 -- 28			82930	2,44E+09	9,40E-04	1
28				82930	2,68E+09	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	6,62E-03	126
2	2 -- 3				4,87E+06	6,62E-03	122
3	3 -- 4				4,87E+06	6,55E-03	107
4	4 -- 5				4,87E+06	6,51E-03	98
5	5 -- 6				4,87E+06	6,48E-03	88
6	6 -- 7				1,18E+08	6,48E-03	87
7	7 -- 8				1,18E+08	5,48E-03	71
8	8 -- 9				1,18E+08	5,19E-03	66
9	9 -- 10				1,18E+08	4,93E-03	61
10	10 -- 11				1,18E+08	4,69E-03	56
11	11 -- 12				2,31E+08	4,29E-03	48
12	12 -- 13				2,31E+08	3,92E-03	43
13	13 -- 14				2,31E+08	3,54E-03	38
14	14 -- 15				2,31E+08	3,21E-03	33
15	15 -- 16				2,31E+08	2,65E-03	25
16	16 -- 17				3,44E+08	2,54E-03	23
17	17 -- 18				3,44E+08	2,05E-03	18
18	18 -- 19				3,56E+08	1,76E-03	14
19	19 -- 20				3,56E+08	1,59E-03	13
20	20 -- 21				3,56E+08	1,39E-03	10
21	21 -- 22				3,56E+08	1,21E-03	9
22	22 -- 23				3,56E+08	1,05E-03	7
23	23 -- 24				3,56E+08	8,98E-04	6
24	24 -- 25				3,56E+08	6,59E-04	3
25	25 -- 26				3,56E+08	4,55E-04	2
26	26 -- 27				3,56E+08	2,81E-04	1
27	27 -- 28				3,56E+08	1,31E-04	0
28					3,56E+08	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	5,24	13,86	20,29
3	3 -- 4	9,82	14,88	51,59
4	4 -- 5	13,10	16,71	73,13
5	5 -- 6	16,57	18,61	95,44
6	6 -- 7	42,61	86,00	293,23
7	7 -- 8	49,67	89,74	465,86
8	8 -- 9	52,36	91,13	528,37
9	9 -- 10	55,15	92,55	613,64
10	10 -- 11	58,02	94,00	703,80
11	11 -- 12	89,47	159,75	998,12
12	12 -- 13	92,72	161,33	1158,66
13	13 -- 14	98,73	163,65	1394,27
14	14 -- 15	104,99	166,02	1633,28
15	15 -- 16	118,27	170,89	2121,81
16	16 -- 17	147,16	229,57	2354,81
17	17 -- 18	163,30	233,38	2864,06
18	18 -- 19	181,37	254,13	3299,34
19	19 -- 20	187,95	255,96	3567,14
20	20 -- 21	197,31	258,48	3933,67
21	21 -- 22	206,97	261,02	4303,82
22	22 -- 23	216,91	263,55	4677,57
23	23 -- 24	227,15	266,06	5054,92
24	24 -- 25	250,77	271,02	5820,26
25	25 -- 26	275,68	275,76	6599,42
26	26 -- 27	301,88	280,12	7391,55
27	27 -- 28	329,37	283,79	8195,12
28		367,28	287,49	9009,19

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 9 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 8

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 / 889	20,29	5,24	28	20,4	839,9	0,03
2	500 / 889	51,59	9,82	87	52,6	1049,3	0,05
3	500 / 889	73,13	13,10	57	74,9	1200,1	0,06
4	500 / 889	95,44	16,57	57	98,1	1361,0	0,07
5	500 / 889	293,23	42,61	8	296,3	1384,0	0,22
6	500 / 889	465,86	49,67	103	474,0	1713,1	0,28
7	500 / 889	528,37	52,36	35	538,3	1839,5	0,30
8	500 / 889	613,64	55,15	34	625,5	1970,4	0,32
9	500 / 889	703,80	58,02	33	717,6	2105,8	0,35
10	500 / 889	998,12	89,47	63	1017,6	2385,0	0,43
11	500 / 889	1158,66	92,72	32	1181,0	2539,0	0,47
12	889 / 1122	1394,27	98,73	44	1421,0	3429,8	0,42
13	889 / 1122	1633,28	104,99	42	1664,3	3730,7	0,45
14	889 / 1122	2121,81	118,27	76	2161,9	4370,5	0,50
15	889 / 1122	2354,81	147,16	17	2397,4	4532,5	0,54
16	889 / 1122	2864,06	163,30	49	2914,7	5060,9	0,58
17	1122 / 1352	3299,34	181,37	36	3356,5	6566,9	0,52
18	1122 / 1352	3567,14	187,95	20	3628,0	6894,3	0,53
19	1122 / 1352	3933,67	197,31	25	3999,4	7351,2	0,55
20	1122 / 1352	4303,82	206,97	23	4374,2	7822,9	0,57
21	1122 / 1352	4677,57	216,91	20	4752,4	8309,2	0,58
22	1122 / 1352	5054,92	227,15	18	5133,9	8810,1	0,59
23	1352/ 1734	5820,26	250,77	31	5907,0	10905,1	0,55
24	1352/ 1734	6599,42	275,68	24	6692,6	12129,9	0,56
25	1352/ 1734	7391,55	301,88	17	7489,8	13419,8	0,57
26	1352/ 1734	8195,12	329,37	10	8296,5	14775,0	0,57
27	1352/ 1734	9009,19	367,28	3	9111,8	16195,4	0,57

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	12,0	43,23	0,81	355	355
578	12,0	48,15	0,81	355	355
617	12,0	51,39	0,81	355	355
656	12,0	54,63	0,81	355	355
661	12,0	55,08	0,81	355	355
733	12,0	61,12	0,81	349	355
759	12,0	63,28	0,81	340	355
785	12,0	65,44	0,81	333	355
811	12,0	67,60	0,81	326	355
862	12,0	71,85	0,81	313	355
889	12,0	74,08	0,81	306	355
928	15,0	61,86	0,81	346	355
967	15,0	64,45	0,81	336	355
1045	15,0	69,64	0,81	319	355
1063	15,0	70,89	0,81	315	355
1122	15,0	74,82	0,81	304	355
1171	18,0	65,04	0,81	334	355
1199	18,0	66,60	0,81	329	355
1237	18,0	68,72	0,81	322	355
1275	18,0	70,85	0,81	315	355
1314	18,0	72,97	0,81	309	355
1352	18,0	75,10	0,81	304	355
1428	20,0	71,41	0,81	314	355
1505	20,0	75,23	0,81	303	355
1581	20,0	79,05	0,81	294	355
1658	20,0	82,88	0,81	285	355
1734	20,0	86,70	0,81	277	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 / 889	8,97	0,28	355	355	0,03
2	500 / 889	19,83	0,49	355	355	0,06
3	500 / 889	23,66	0,59	355	355	0,07
4	500 / 889	27,23	0,70	355	355	0,08
5	500 / 889	76,63	1,75	355	355	0,22
6	500 / 889	108,97	1,92	355	349	0,31
7	500 / 889	107,62	1,89	355	340	0,31
8	500 / 889	116,60	1,92	355	333	0,33
9	500 / 889	125,03	1,96	355	326	0,36
10	500 / 889	161,03	2,88	355	313	0,46
11	500 / 889	170,34	2,85	355	306	0,49
12	889 / 1122	153,60	2,35	355	346	0,44
13	889 / 1122	165,10	2,39	355	336	0,47
14	889 / 1122	189,77	2,53	355	319	0,54
15	889 / 1122	191,20	3,01	355	315	0,55
16	889 / 1122	215,88	3,22	355	304	0,62
17	1122 / 1352	189,36	2,84	355	334	0,54
18	1122 / 1352	199,62	2,91	355	329	0,57
19	1122 / 1352	199,38	2,91	355	322	0,57
20	1122 / 1352	204,72	2,96	355	315	0,59
21	1122 / 1352	209,21	3,01	355	309	0,60
22	1122 / 1352	212,97	3,06	355	304	0,61
23	1352/ 1734	203,25	2,91	355	314	0,58
24	1352/ 1734	206,43	3,03	355	303	0,59
25	1352/ 1734	208,27	3,15	355	294	0,60
26	1352/ 1734	209,04	3,28	355	285	0,60
27	1352/ 1734	209,00	3,49	355	277	0,60

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

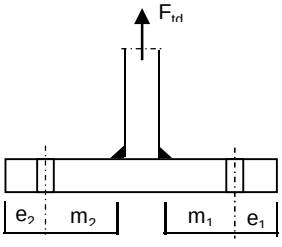
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

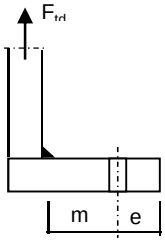
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

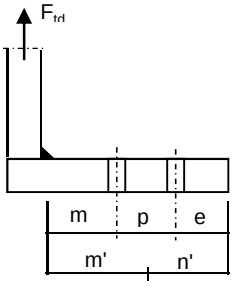
Flenzen en voetplaat:



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		1894					
st.c binnenkant		1534					
1714	40	516,44	7,19	28	M 48 - 8,8	848,4	0,61
flenzen op 22,8 m hoogte.							
st.c buitenkant		940,00					
940,00	20	601,21	11,67	17	M 48 - 10,9	1060,6	0,57

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							
1894,00	1534,00	73,2	60,0	60,0			241,0
1894,00	1534,00	73,2	60,0	60,0			297,5
flenzen op 22,8 m hoogte.							
940,00	940,0	66,4	60,0	60,0			147,7
940,00	940,0	69,4	60,0	60,0			147,7

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	7,26E+07	3969,28	1855,04	1696,90	1696,90	1032,88	0,61
60	8,97E+07	4900,79	2111,01	1696,90	1696,90	1032,88	0,61
flenzen op 22,8 m hoogte.							
60	4,45E+07	1341,02	855,67	2121,12	855,67	601,21	0,70
60	4,45E+07	1283,04	835,83	2121,12	835,83	601,21	0,72

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 / 1734	0,78	1,117	0,18	4,86

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	734	1,000		1,000			
2	715	0,974	1 -- 2	0,987	114	323	623,6
3	656	0,893	2 -- 3	0,934	382		173,7
4	617	0,840	3 -- 4	0,867	273		188,2
5	578	0,788	4 -- 5	0,814	290		199,7
6	573	0,780	5 -- 6	0,784	41	2128	10848,3
7	502	0,684	6 -- 7	0,732	588		217,8
8	478	0,650	7 -- 8	0,667	225		232,3
9	453	0,617	8 -- 9	0,634	232		240,0
10	430	0,585	9 -- 10	0,601	239		247,7
11	385	0,524	10 -- 11	0,554	492	2128	1379,3
12	362	0,493	11 -- 12	0,508	271		270,6
13	330	0,449	12 -- 13	0,471	501		345,5
14	299	0,407	13 -- 14	0,428	522		359,9
15	242	0,329	14 -- 15	0,368	1106		381,5
16	229	0,312	15 -- 16	0,320	280	2128	3439,9
17	190	0,259	16 -- 17	0,285	910	435	611,2
18	162	0,220	17 -- 18	0,240	929	577	836,3
19	146	0,199	18 -- 19	0,209	548		522,2
20	126	0,171	19 -- 20	0,185	780		547,7
21	107	0,146	20 -- 21	0,159	805		564,6
22	90	0,123	21 -- 22	0,135	829		581,6
23	75	0,102	22 -- 23	0,112	853		598,6
24	48	0,065	23 -- 24	0,084	1969		690,7
25	27	0,037	24 -- 25	0,051	2076		728,4
26	12	0,017	25 -- 26	0,027	2183		766,1
27	3	0,004	26 -- 27	0,010	2291		803,8
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	2398	761	1108,5

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	624	0,987	0,700	0,68	425,35	0,69
2 -- 3	174	0,934	2,200	1,92	333,20	2,05
3 -- 4	188	0,867	1,450	1,09	205,01	1,26
4 -- 5	200	0,814	1,450	0,96	191,80	1,18
5 -- 6	10848	0,784	0,200	0,12	1333,21	0,16
6 -- 7	218	0,732	2,700	1,45	315,16	1,98
7 -- 8	232	0,667	0,967	0,43	99,98	0,64
8 -- 9	240	0,634	0,967	0,39	93,24	0,61
9 -- 10	248	0,601	0,967	0,35	86,57	0,58
10 -- 11	1379	0,554	1,900	0,58	805,72	1,05
11 -- 12	271	0,508	1,000	0,26	69,89	0,51
12 -- 13	345	0,471	1,450	0,32	111,10	0,68
13 -- 14	360	0,428	1,450	0,27	95,68	0,62
14 -- 15	381	0,368	2,900	0,39	149,99	1,07
15 -- 16	3440	0,320	0,700	0,07	247,10	0,22
16 -- 17	611	0,285	2,200	0,18	109,55	0,63
17 -- 18	836	0,240	1,800	0,10	86,51	0,43
18 -- 19	522	0,209	1,050	0,05	24,05	0,22
19 -- 20	548	0,185	1,425	0,05	26,74	0,26
20 -- 21	565	0,159	1,425	0,04	20,29	0,23
21 -- 22	582	0,135	1,425	0,03	15,00	0,19
22 -- 23	599	0,112	1,425	0,02	10,77	0,16
23 -- 24	691	0,084	2,850	0,02	13,76	0,24
24 -- 25	728	0,051	2,850	0,01	5,45	0,15
25 -- 26	766	0,027	2,850	0,00	1,56	0,08
26 -- 27	804	0,010	2,850	0,00	0,25	0,03
27 -- 28	1109	0,002	2,850	0,00	0,01	0,01
		Σ	46,00	9,77	4876,94	15,93

m_e = 4876,9 / 9,8 = 499,2 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 / 1734	499,2	0,030	1,25	1,117	19,2

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 19,2

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 15,93 / (4 * π * 9,77) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,117 * 4,86 / $15*10^{-6}$ = 3,6E+05

C_{lat} = 0,52

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 = 6,70 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 5,85 / 15,93 = 0,37

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,052 * 0,130 * 0,37 * 0,516160 = 0,040

$y_{F;max}$ = 1,117 * 0,040 = 0,044 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		91094	91094	0,00E+00	5,5E-02	1000
2	2 -- 3			91094	6,38E+07	5,5E-02	961
3	3 -- 4			91094	2,64E+08	5,3E-02	843
4	4 -- 5			91094	3,96E+08	5,0E-02	768
5	5 -- 6			91094	5,28E+08	4,7E-02	697
6	6 -- 7			91094	5,47E+08	4,7E-02	688
7	7 -- 8			91094	7,93E+08	4,1E-02	568
8	8 -- 9			91094	8,81E+08	3,9E-02	530
9	9 -- 10			91094	9,69E+08	3,7E-02	493
10	10 -- 11			91094	1,06E+09	3,5E-02	458
11	11 -- 12			91094	1,23E+09	3,1E-02	395
12	12 -- 13			91094	1,32E+09	2,9E-02	364
13	13 -- 14			91094	1,45E+09	2,7E-02	324
14	14 -- 15			91094	1,59E+09	2,5E-02	286
15	15 -- 16			91094	1,85E+09	2,1E-02	220
16	16 -- 17			91094	1,91E+09	2,0E-02	206
17	17 -- 18			91094	2,11E+09	1,7E-02	166
18	18 -- 19			91094	2,28E+09	1,5E-02	138
19	19 -- 20			91094	2,37E+09	1,4E-02	122
20	20 -- 21			91094	2,50E+09	1,2E-02	104
21	21 -- 22			91094	2,63E+09	1,1E-02	87
22	22 -- 23			91094	2,76E+09	9,9E-03	72
23	23 -- 24			91094	2,89E+09	8,7E-03	59
24	24 -- 25			91094	3,15E+09	6,7E-03	36
25	25 -- 26			91094	3,41E+09	4,8E-03	20
26	26 -- 27			91094	3,67E+09	3,1E-03	9
27	27 -- 28			91094	3,93E+09	1,5E-03	2
28	28 -- 29			91094	4,19E+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	2365847	27	0,0442	2,4
2	578	12,0	2955772	89	0,0442	7,9
3	617	12,0	3380482	117	0,0442	10,4
4	656	12,0	3833711	138	0,0442	12,2
5	661	12,0	3898464	140	0,0442	12,4
6	733	12,0	4825729	164	0,0442	14,5
7	759	12,0	5181753	170	0,0442	15,0
8	785	12,0	5550452	175	0,0442	15,4
9	811	12,0	5931827	178	0,0442	15,7
10	862	12,0	6718367	183	0,0442	16,2
11	889	12,0	7152004	185	0,0442	16,3
12	928	15,0	9661485	150	0,0442	13,3
13	967	15,0	10509099	151	0,0442	13,3
14	1045	15,0	12311275	150	0,0442	13,3
15	1063	15,0	12767648	150	0,0442	13,2
16	1122	15,0	14256051	148	0,0442	13,1
17	1171	18,0	18498445	123	0,0442	10,9
18	1199	18,0	19420486	122	0,0442	10,8
19	1237	18,0	20707708	121	0,0442	10,7
20	1275	18,0	22036247	119	0,0442	10,6
21	1314	18,0	23406104	118	0,0442	10,4
22	1352	18,0	24817278	117	0,0442	10,3
23	1428	20,0	30718546	103	0,0442	9,1
24	1505	20,0	34168645	100	0,0442	8,8
25	1581	20,0	37802378	97	0,0442	8,6
26	1658	20,0	41619744	94	0,0442	8,3
27	1734	20,0	45620744	92	0,0442	8,1

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,78 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 4,86 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 = 42,649 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,12

$V_m(z)$ = 30,3 m/s

V_o = 30,3 * 20 / 100 = 6,06 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,78 * [4,86 / 6,06]^2 * \exp[-(4,86 / 6,06)^2]$ = 2,54E+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.

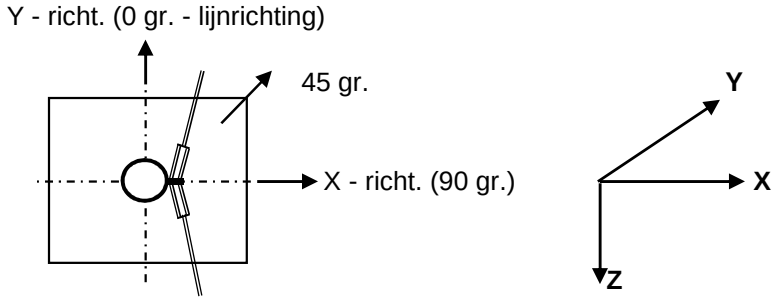
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	9,48	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
		12,43					
5	Lasnaad	14,61	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
		14,86					
7	Lasnaad	17,41	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
10	Lasnaad	18,89	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
12	Lasnaad	19,58	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
14	Lasnaad	15,99	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
15	Lasnaad	15,92	45	24,75	1,000E+10		
17	flenzen	15,72	35	19,25	1,000E+10	2,54E+08	0,03
19	Lasnaad	12,95	35	19,25	1,000E+10	2,54E+08	0,03
21	Lasnaad	12,67	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
23	Lasnaad	12,36	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
24	Lasnaad	10,88	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
25	Lasnaad	10,59	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
26	Lasnaad	10,30	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
27	Lasnaad	10,01	45	24,75	1,000E+10	2,54E+08	0,03
28	voetplaat	9,74	35	19,25	1,000E+10	2,54E+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			280			
2 - Windbelasting mast	71				1601	
3 - Belasting geval 1a	216		87		7408	
4 - Belasting geval 1b	84		87		3079	
5 - Belasting geval 3	172		174		6199	
6 - Belasting geval 4	83		109		3121	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	287		**367**		**9009**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	98		367		3379	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	192		454		6650	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	96		390		3421	

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	6272	kNm	9009	kNm	9009	kNm
Dwarskracht	197	kN	287	kN	287	kN
Verticale kracht	306	kN	367	kN	275	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		1894,00					
st.c binnenkant		1534,00					
1714	40	516,44	7,19	28	M 48 - 8,8	848,45	0,61
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		1894,00					
st.c binnenkant		1534,00					
1714	40	358,26	4,93	28	M 48 - 8,8	848,45	0,42

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 516,4 kN

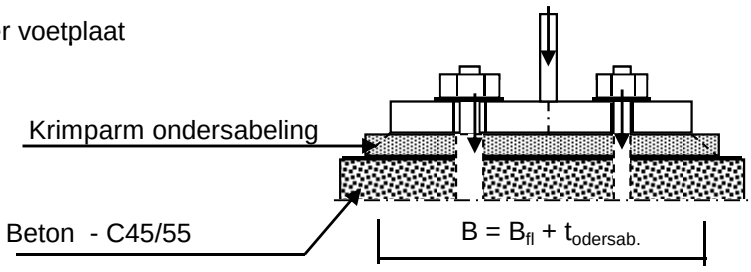
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 358,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 534,8 + 1,00 * 358,3 = 893,1 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

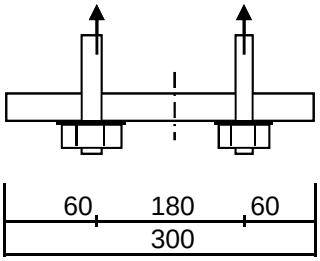
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	300,0	mm	D =	1714	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	40	
B =	340,0	mm			

A_{voetpl} = 340 * 2*π*D / n = 91540 mm^2

$\sigma_{b;voet}$ = 2 * $F_{c,Ed}$ / A = 19,5 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

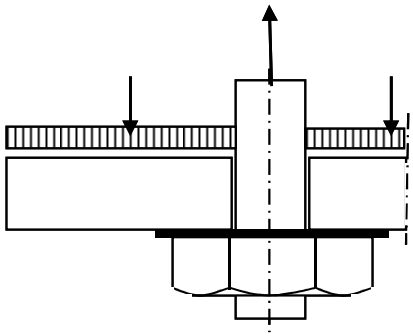


D = 1714 mm
n = 40

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 80770 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 12,8 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

$M_{Ed;st}$ = 23018 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1151 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 28773 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 28773 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1151 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} = 28773 / 79875,0 = 0,36 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 127,9 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1151 / 6149 = 0,19 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 38,4 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (128,0^2 + 3*38,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 144 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage C en C2

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C**

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	12772	6382	145174	12772	6382	-145174
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	6379	145174	12772	6379	-145174
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	6375	145174	12772	6375	-145174
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1668	840	19061	1668	840	-19061
	Comp.gl	3460	1735	39485	3460	1735	-39485
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	7849	179572	12766	7849	-179572
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	7848	179572	12766	7848	-179572
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	7848	179572	12766	7848	-179572
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1667	1014	23200	1667	1014	-23200
	Comp.gl	3458	2066	47268	3458	2066	-47268
3	380C1F1 / 380C2F1	22010	10011	228721	22010	10011	-228721
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22010	10009	228721	22010	10009	-228721
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22010	10007	228721	22010	10007	-228721
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	6925	2402	54823	6925	2402	-54823
	Comp.gl	13991	4835	110463	13991	4835	-110463
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	7584	173512	15777	7584	-173512
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	7584	173512	15777	7584	-173512
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	7583	173512	15777	7583	-173512
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	2419	1121	25637	2419	1121	-25637
	Comp.gl	4963	2293	52468	4963	2293	-52468
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	6892	157850	14370	6892	-157850
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	6892	157850	14370	6892	-157850
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	6892	157850	14370	6892	-157850
	GW/OPGW	1877	908	20792	1877	908	-20792
	Comp.gl	3893	1879	43037	3893	1879	-43037
1a	380C1F1 / 380C2F1	12775	20578	183794	12775	20578	-183794
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12775	19437	179147	12775	19437	-179147
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12775	18016	173531	12775	18016	-173531
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1669	3408	27477	1669	3408	-27477
	Comp.gl	3461	5414	49545	3461	5414	-49545

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C**

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	12766	10429	181401	12766	10429	-181401
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	10230	181133	12766	10230	-181133
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	9982	180827	12766	9982	-180827
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1667	1475	23666	1667	1475	-23666
	Comp.gl	3458	2734	47746	3458	2734	-47746
3	380C1F1 / 380C2F1	22012	17305	235737	22012	17305	-235737
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	16737	234735	22011	16737	-234735
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	16030	233580	22011	16030	-233580
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	6925	4743	56636	6925	4743	-56636
	Comp.gl	13991	8241	112384	13991	8241	-112384
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	10147	174900	15777	10147	-174900
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	9950	174694	15777	9950	-174694
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	9705	174459	15777	9705	-174459
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	2419	1573	25917	2419	1573	-25917
	Comp.gl	4963	2954	52755	4963	2954	-52755
1a	380C1F1 / 380C2F1	12781	33559	240475	12781	33559	-240475
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12780	31420	230954	12780	31420	-230954
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12779	28738	219041	12779	28738	-219041
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1670	5722	38118	1670	5722	-38118
	Comp.gl	3462	8795	64664	3462	8795	-64664
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	12716	185724	12767	12716	-185724
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	12334	184856	12767	12334	-184856
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12767	11858	183853	12767	11858	-183853
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1667	1890	24724	1667	1890	-24724
	Comp.gl	3459	3327	48881	3459	3327	-48881
3	380C1F1 / 380C2F1	22014	23845	251206	22014	23845	-251206
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22014	22752	248196	22014	22752	-248196
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22013	21391	244659	22013	21391	-244659
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	6927	6816	60640	6927	6816	-60640
	Comp.gl	13993	11227	116884	13993	11227	-116884
4	380C1F1 / 380C2F1	15778	12393	178263	15778	12393	-178263
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15778	12019	177583	15778	12019	-177583

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C**

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	15778	11553	176799	15778	11553	-176799
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	2420	1972	26588	2420	1972	-26588
	Comp.gl	4963	3528	53467	4963	3528	-53467
1a	380C1F1 / 380C2F1	12775	18137	174001	12775	18137	-174001
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	17192	170384	12774	17192	-170384
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	16015	166058	12774	16015	-166058
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	1669	2968	25497	1669	2968	-25497
	Comp.gl	3460	4780	46967	3460	4780	-46967
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	10003	180852	12766	10003	-180852
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	9837	180663	12766	9837	-180663
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	9630	180447	12766	9630	-180447
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	1667	1398	23528	1667	1398	-23528
	Comp.gl	3458	2624	47603	3458	2624	-47603
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	16090	233675	22011	16090	-233675
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	15619	232959	22011	15619	-232959
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	15032	232137	22011	15032	-232137
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	6925	4355	56101	6925	4355	-56101
	Comp.gl	13991	7681	111806	13991	7681	-111806
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	9726	174478	15777	9726	-174478
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	9562	174334	15777	9562	-174334
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	9357	174169	15777	9357	-174169
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	2419	1499	25833	2419	1499	-25833
	Comp.gl	4963	2845	52667	4963	2845	-52667
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	5202	118132	9577	5202	-118132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	5198	118132	9577	5198	-118132
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	5194	118132	9577	5194	-118132
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1251	679	15377	1251	679	-15377
	Comp.gl	2594	1405	31921	2594	1405	-31921
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	6691	153054	9573	6691	-153054
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	6691	153054	9573	6691	-153054
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	6690	153054	9573	6690	-153054
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1250	852	19485	1250	852	-19485

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C**

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	2593	1734	39656	2593	1734	-39656
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	9040	206496	18814	9040	-206496
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	9039	206496	18814	9039	-206496
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	9036	206496	18814	9036	-206496
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	6506	2303	52574	6506	2303	-52574
	Comp.gl	13123	4632	105817	13123	4632	-105817
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	6489	148430	12582	6489	-148430
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	6489	148430	12582	6489	-148430
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	6488	148430	12582	6488	-148430
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	2002	979	22397	2002	979	-22397
	Comp.gl	4097	2002	45802	4097	2002	-45802
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	5158	118133	9577	5158	-118133
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	5158	118133	9577	5158	-118133
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	5158	118133	9577	5158	-118133
	GW/OPGW	1251	671	15377	1251	671	-15377
	Comp.gl	2594	1394	31921	2594	1394	-31921
1a	380C1F1 / 380C2F1	9581	19892	168119	9581	19892	-168119
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9580	18713	162577	9580	18713	-162577
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9580	17239	155762	9580	17239	-155762
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1251	3335	25803	1251	3335	-25803
	Comp.gl	2595	5216	45003	2595	5216	-45003
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	9308	155732	9573	9308	-155732
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	9104	155347	9573	9104	-155347
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	8849	154904	9573	8849	-154904
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1250	1322	20165	1250	1322	-20165
	Comp.gl	2593	2412	40363	2593	2412	-40363
3	380C1F1 / 380C2F1	18815	16403	215111	18815	16403	-215111
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18815	15827	213897	18815	15827	-213897
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	18815	15109	212493	18815	15109	-212493
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	6507	4651	54544	6507	4651	-54544
	Comp.gl	13124	8046	107917	13124	8046	-107917
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	9074	150335	12582	9074	-150335

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C**

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]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	8874	150056	12582	8874	-150056
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	8625	149738	12582	8625	-149738
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	2002	1435	22762	2002	1435	-22762
	Comp.gl	4097	2666	46180	4097	2666	-46180
1a	380C1F1 / 380C2F1	9585	33166	231511	9585	33166	-231511
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9584	30994	221223	9584	30994	-221223
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9583	28263	208196	9583	28263	-208196
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1252	5683	37240	1252	5683	-37240
	Comp.gl	2596	8679	62022	2596	8679	-62022
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	11671	161820	9573	11671	-161820
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	11275	160617	9573	11275	-160617
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	10782	159214	9573	10782	-159214
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1250	1754	21623	1250	1754	-21623
	Comp.gl	2594	3026	41976	2594	3026	-41976
3	380C1F1 / 380C2F1	18817	23068	233438	18817	23068	-233438
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18817	21953	229926	18817	21953	-229926
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	18816	20565	225768	18816	20565	-225768
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	6508	6737	58829	6508	6737	-58829
	Comp.gl	13125	11047	112778	13125	11047	-112778
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	11368	154822	12582	11368	-154822
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	10985	153922	12582	10985	-153922
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	10508	152881	12582	10508	-152881
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	2002	1842	23610	2002	1842	-23610
	Comp.gl	4097	3250	47094	4097	3250	-47094
1a	380C1F1 / 380C2F1	9580	17365	156338	9580	17365	-156338
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9579	16383	151878	9579	16383	-151878
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	15158	146453	9579	15158	-146453
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	1251	2882	23548	1251	2882	-23548
	Comp.gl	2595	4558	41878	2595	4558	-41878
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	8871	154940	9573	8871	-154940
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	8702	154666	9573	8702	-154666
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	8491	154352	9573	8491	-154352

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C**

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	1250	1242	19967	1250	1242	-19967
	Comp.gl	2593	2299	40154	2593	2299	-40154
3	380C1F1 / 380C2F1	18815	15170	212608	18815	15170	-212608
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	14692	211735	18814	14692	-211735
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	14097	210729	18814	14097	-210729
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	6507	4262	53966	6507	4262	-53966
	Comp.gl	13123	7484	107288	13123	7484	-107288
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	8646	149764	12582	8646	-149764
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	8480	149567	12582	8480	-149567
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	8273	149342	12582	8273	-149342
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	2002	1360	22653	2002	1360	-22653
	Comp.gl	4097	2557	46065	4097	2557	-46065

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C2**

Loadcases for tower strength (serviceability 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	10642	5593	127433	10642	5593	-127433
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	5591	127433	10642	5591	-127433
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	5588	127433	10642	5588	-127433
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1390	732	16643	1390	732	-16643
	Comp.gl	2883	1515	34521	2883	1515	-34521
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	7085	162148	10637	7085	-162148
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	7085	162148	10637	7085	-162148
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	7084	162148	10637	7084	-162148
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1389	908	20762	1389	908	-20762
	Comp.gl	2882	1847	42273	2882	1847	-42273
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	8392	191835	16798	8392	-191835
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16798	8391	191835	16798	8391	-191835
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	8389	191835	16798	8389	-191835
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	4892	1900	43393	4892	1900	-43393
	Comp.gl	9899	3831	87556	9899	3831	-87556
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	6509	148944	12645	6509	-148944
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	6508	148944	12645	6508	-148944
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	6508	148944	12645	6508	-148944
Wind angle: 0 dgr	GW/OPGW	1891	940	21497	1891	940	-21497
	Comp.gl	3884	1927	44097	3884	1927	-44097
1a	380C1F1 / 380C2F1	10644	14956	150916	10644	14956	-150916
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10643	14201	147939	10643	14201	-147939
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10643	13262	144389	10643	13262	-144389
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1390	2429	21910	1390	2429	-21910
	Comp.gl	2883	3940	40602	2883	3940	-40602
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	8797	163172	10637	8797	-163172
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	8665	163020	10637	8665	-163020
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	8501	162848	10637	8501	-162848
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1389	1212	21027	1389	1212	-21027
	Comp.gl	2882	2291	42542	2882	2291	-42542
3	380C1F1 / 380C2F1	16799	13246	196330	16799	13246	-196330

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C2**

Loadcases for tower strength (serviceability 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	16799	12868	195683	16799	12868	-195683
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	12398	194940	16799	12398	-194940
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	4893	3463	44681	4893	3463	-44681
	Comp.gl	9899	6104	88918	9899	6104	-88918
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	8212	149767	12645	8212	-149767
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	8082	149644	12645	8082	-149644
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	7919	149504	12645	7919	-149504
Wind angle: 45 dgr	GW/OPGW	1891	1240	21669	1891	1240	-21669
	Comp.gl	3884	2366	44273	3884	2366	-44273
1a	380C1F1 / 380C2F1	10647	23632	189283	10647	23632	-189283
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10646	22193	182631	10646	22193	-182631
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10646	20394	174407	10646	20394	-174407
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1391	3986	29377	1391	3986	-29377
	Comp.gl	2884	6196	50757	2884	6196	-50757
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	10303	165644	10637	10303	-165644
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	10052	165143	10637	10052	-165143
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	9739	164567	10637	9739	-164567
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1389	1485	21643	1389	1485	-21643
	Comp.gl	2882	2681	43193	2882	2681	-43193
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	17597	206465	16800	17597	-206465
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16800	16869	204472	16800	16869	-204472
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16800	15963	202142	16800	15963	-202142
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	4893	4854	47550	4893	4854	-47550
	Comp.gl	9900	8102	92118	9900	8102	-92118
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	9700	151790	12645	9700	-151790
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	9452	151378	12645	9452	-151378
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	9144	150906	12645	9144	-150906
Wind angle: 90 dgr	GW/OPGW	1891	1505	22087	1891	1505	-22087
	Comp.gl	3885	2748	44712	3885	2748	-44712
1a	380C1F1 / 380C2F1	10643	13342	144684	10643	13342	-144684
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10643	12719	142423	10643	12719	-142423
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10643	11944	139752	10643	11944	-139752

W2S300+5 TOWER **APPENDIX: C2**

Loadcases for tower strength (serviceability 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	1390	2135	20596	1390	2135	-20596
	Comp.gl	2883	3521	38974	2883	3521	-38974
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	8515	162862	10637	8515	-162862
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	8405	162755	10637	8405	-162755
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	8269	162634	10637	8269	-162634
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	1389	1162	20948	1389	1162	-20948
	Comp.gl	2882	2218	42461	2882	2218	-42461
3	380C1F1 / 380C2F1	16799	12438	195001	16799	12438	-195001
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16799	12125	194541	16799	12125	-194541
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	11734	194013	16799	11734	-194013
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	4892	3204	44301	4892	3204	-44301
	Comp.gl	9899	5730	88508	9899	5730	-88508
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	7933	149516	12645	7933	-149516
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	7824	149430	12645	7824	-149430
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	7688	149332	12645	7688	-149332
Wind angle: -45 dgr	GW/OPGW	1891	1191	21617	1891	1191	-21617
	Comp.gl	3884	2295	44219	3884	2295	-44219

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H350(+O)"

Mast 20, 33 en 34

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-'12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H350(+0)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage G, G1 en G2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H350(+0) 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 W2H350(+0) zijn de bijlage G en G1 (berekening maststerkte) en bijlage G2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 2,40 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 24.35 meter en 25.65 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 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H350(+0) zijn de bijlage G en G1 (berekening maststerkte) en bijlage G2 (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(+0)”

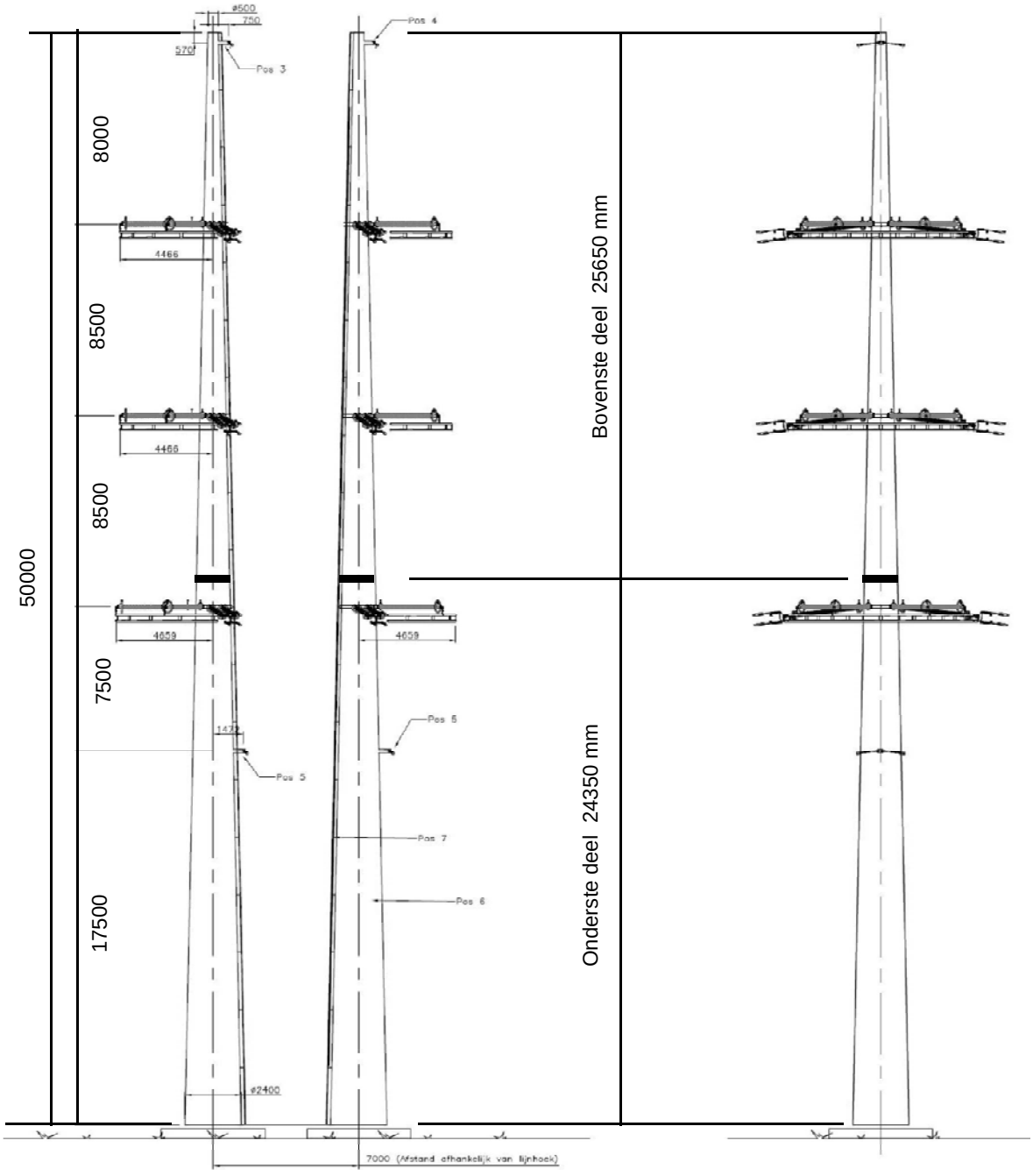
Berekening

W2H350+0

50,0 m - 2400 - 500

Mast 20, 33 en 34

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H350(+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	1425	662	608	n.v.t.	2	1	46,44
4	1425	717	662	n.v.t.	2	1	45,01
5	2300	804	717	n.v.t.	2	1	43,15
6	550	825	804	n.v.t.	2	1	41,73
7	1425	879	825	n.v.t.	2	1	40,74
8	1425	933	879	n.v.t.	2	1	39,31
9	2850	1042	933	n.v.t.	2	1	37,18
10	2250	1127	1042	n.v.t.	2	1	34,63
11	600	1150	1127	n.v.t.	2	1	33,20
12	2850	1258	1150	n.v.t.	2	1	31,48
13	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	28,63
14	2200	1450	1366	n.v.t.	2	1	26,10
15	650	1475	1450	n.v.t.	2	1	24,68
16	1175	1519	1475	n.v.t.	2	1	23,76
17	1175	1564	1519	n.v.t.	2	1	22,59
18	1375	1616	1519	n.v.t.	2	1	21,31
19	1375	1669	1616	n.v.t.	2	1	19,94
20	1750	1735	1669	n.v.t.	2	1	18,38
21	1000	1773	1735	n.v.t.	2	1	17,00
22	2750	1878	1773	n.v.t.	2	1	15,13
23	2750	1982	1878	n.v.t.	2	1	12,38
24	2750	2087	1982	n.v.t.	2	1	9,63
25	2750	2191	2087	n.v.t.	2	1	6,88
26	2750	2296	2191	n.v.t.	2	1	4,13
27	2750	2400	2296	n.v.t.	2	1	1,38
	50000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (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	1497	22,0	101946	800,28	2,77E+10	521,56	3,70E+07
17	1542	22,0	105032	824,50	3,03E+10	537,34	3,93E+07
18	1568	22,0	106838	838,68	3,19E+10	546,58	4,07E+07
19	1642	22,0	111992	879,14	3,68E+10	572,94	4,48E+07
20	1702	22,0	116096	911,35	4,10E+10	593,93	4,81E+07
21	1754	22,0	119707	939,70	4,49E+10	612,40	5,12E+07
22	1825	25,0	141391	1109,92	5,73E+10	636,55	6,28E+07
23	1930	25,0	149599	1174,35	6,79E+10	673,49	7,03E+07
24	2034	25,0	157806	1238,78	7,96E+10	710,43	7,83E+07
25	2139	25,0	166014	1303,21	9,27E+10	747,38	8,67E+07
26	2243	25,0	174221	1367,63	1,07E+11	784,32	9,56E+07
27	2348	25,0	182428	1432,06	1,23E+11	821,26	1,05E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	50000	1 -- 2	1	570	2,34E+04	7,19E+08
2	49430	2 -- 3	2	2280	2,59E+04	9,81E+08
3	47150	3 -- 4	3	1425	2,92E+04	1,41E+09
4	45725	4 -- 5	4	1425	3,18E+04	1,81E+09
5	44300	5 -- 6	5	2300	3,51E+04	2,44E+09
6	42000	6 -- 7	6	550	3,77E+04	3,01E+09
7	41450	7 -- 8	7	1425	4,72E+04	4,10E+09
8	40025	8 -- 9	8	1425	5,02E+04	4,95E+09
9	38600	9 -- 10	9	2850	5,48E+04	6,44E+09
10	35750	10 -- 11	10	2250	6,69E+04	9,47E+09
11	33500	11 -- 12	11	600	7,03E+04	1,10E+10
12	32900	12 -- 13	12	2850	7,44E+04	1,30E+10
13	30050	13 -- 14	13	2850	8,12E+04	1,70E+10
14	27200	14 -- 15	14	2200	9,58E+04	2,30E+10
15	25000	15 -- 16	15	650	9,95E+04	2,58E+10
16	24350	16 -- 17	16	1175	1,02E+05	2,77E+10
17	23175	17 -- 18	17	1175	1,05E+05	3,03E+10
18	22000	18 -- 19	18	1375	1,07E+05	3,19E+10
19	20625	19 -- 20	19	1375	1,12E+05	3,68E+10
20	19250	20 -- 21	20	1750	1,16E+05	4,10E+10
21	17500	21 -- 22	21	1000	1,20E+05	4,49E+10
22	16500	22 -- 23	22	2750	1,41E+05	5,73E+10
23	13750	23 -- 24	23	2750	1,50E+05	6,79E+10
24	11000	24 -- 25	24	2750	1,58E+05	7,96E+10
25	8250	25 -- 26	25	2750	1,66E+05	9,27E+10
26	5500	26 -- 27	26	2750	1,74E+05	1,07E+11
27	2750	27 -- 28	27	2750	1,82E+05	1,23E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

Sectie	hoogte z m	kr	$c_r(z)$	$V_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ N/m^2
1	49,72	0,21	1,15	31,18	0,18	1379
2	48,29	0,21	1,15	31,01	0,18	1368
3	46,44	0,21	1,14	30,79	0,18	1354
4	45,01	0,21	1,13	30,62	0,18	1343
5	43,15	0,21	1,13	30,38	0,19	1328
6	41,73	0,21	1,12	30,19	0,19	1316
7	40,74	0,21	1,11	30,05	0,19	1308
8	39,31	0,21	1,11	29,85	0,19	1295
9	37,18	0,21	1,09	29,54	0,19	1276
10	34,63	0,21	1,08	29,13	0,19	1251
11	33,20	0,21	1,07	28,90	0,20	1237
12	31,48	0,21	1,06	28,60	0,20	1218
13	28,63	0,21	1,04	28,06	0,20	1186
14	26,10	0,21	1,02	27,54	0,21	1155
15	24,68	0,21	1,01	27,22	0,21	1136
16	23,76	0,21	1,00	27,01	0,21	1124
17	22,59	0,21	0,99	26,72	0,21	1107
18	21,31	0,21	0,98	26,39	0,21	1088
19	19,94	0,21	0,96	26,01	0,22	1066
20	18,38	0,21	0,95	25,55	0,22	1040
21	17,00	0,21	0,93	25,11	0,23	1015
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	1131	300	0,30	0,00	1,52E-02	444,16
2	2 -- 3	4981	3394	4,82	0,49	1,52E-02	435,48
3	3 -- 4	3484		9,81	17,17	1,51E-02	400,81
4	4 -- 5	3769		13,29	33,63	1,50E-02	379,31
5	5 -- 6	6686		17,06	55,25	1,49E-02	358,00
6	6 -- 7	1709	26134	49,88	102,18	1,45E-02	324,18
7	7 -- 8	5489		51,59	130,08	1,44E-02	316,23
8	8 -- 9	5832		57,08	207,50	1,41E-02	295,87
9	9 -- 10	12691		62,91	293,00	1,38E-02	275,96
10	10 -- 11	12148		75,60	490,37	1,30E-02	237,73
11	11 -- 12	3400	26534	114,28	674,14	1,23E-02	209,24
12	12 -- 13	17070		117,68	743,73	1,21E-02	201,90
13	13 -- 14	18593		134,75	1103,45	1,12E-02	168,60
14	14 -- 15	16876		153,35	1513,99	1,01E-02	138,16
15	15 -- 16	5177	27016	197,24	1869,91	9,36E-03	116,69
16	16 -- 17	9580	8179	210,59	1999,80	9,13E-03	110,67
17	17 -- 18	9864		220,17	2252,87	8,70E-03	100,19
18	18 -- 19	11738		230,04	2517,37	8,26E-03	90,22
19	19 -- 20	12294		241,78	2841,74	7,71E-03	79,23
20	20 -- 21	16211		254,07	3182,64	7,18E-03	68,99
21	21 -- 22	9547	6730	277,01	3641,44	6,48E-03	57,02
22	22 -- 23	30935		286,56	3923,23	6,08E-03	50,74
23	23 -- 24	32707		317,49	4753,80	5,09E-03	35,33
24	24 -- 25	34479		350,20	5671,87	4,09E-03	22,67
25	25 -- 26	36251		384,68	6682,33	3,07E-03	12,79
26	26 -- 27	38022		420,93	7790,05	2,05E-03	5,71
27	27 -- 28	39794		458,95	8999,88	1,03E-03	1,44
28			28932	527,68	10316,72	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,1	30,0	0,444	618,70	27,797
2	2 -- 3	498,1	339,4	0,435	3492,98	151,449
3	3 -- 4	348,4		0,401	1333,14	53,008
4	4 -- 5	376,9		0,379	1363,22	51,229
5	5 -- 6	668,6		0,358	2237,28	77,790
6	6 -- 7	170,9	2613,4	0,324	8848,20	292,182
7	7 -- 8	548,9		0,316	1648,06	51,416
8	8 -- 9	583,2		0,296	1635,72	47,674
9	9 -- 10	1269,1		0,276	3197,70	83,722
10	10 -- 11	1214,8		0,238	2663,30	60,672
11	11 -- 12	340,0	2653,4	0,209	6131,88	130,529
12	12 -- 13	1707,0		0,202	3102,18	58,580
13	13 -- 14	1859,3		0,169	2797,53	43,739
14	14 -- 15	1687,6		0,138	2109,50	27,400
15	15 -- 16	517,7	2701,6	0,117	3669,81	43,474
16	16 -- 17	958,0	817,9	0,111	1878,84	20,667
17	17 -- 18	986,4		0,100	921,30	8,941
18	18 -- 19	1173,8		0,090	975,64	8,426
19	19 -- 20	1229,4		0,079	893,84	6,753
20	20 -- 21	1621,1		0,069	1002,01	6,436
21	21 -- 22	954,7	673,0	0,057	881,12	4,960
22	22 -- 23	3093,5		0,051	1306,07	5,730
23	23 -- 24	3270,7		0,035	930,62	2,751
24	24 -- 25	3447,9		0,023	599,81	1,084
25	25 -- 26	3625,1		0,013	329,01	0,310
26	26 -- 27	3802,2		0,006	133,45	0,049
27	27 -- 28	3979,4		0,001	28,19	0,002
28			2893,2	0,000	0,00	0,000
				Som	54729	1267

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

$n_{1,x}$	=	1,05	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	846	0,990	0,570	0,56	473,11	0,56
2 -- 3	218	0,941	2,280	2,02	441,43	2,15
3 -- 4	244	0,878	1,425	1,10	268,69	1,25
4 -- 5	265	0,830	1,425	0,98	259,68	1,18
5 -- 6	1427	0,768	2,300	1,36	1935,56	1,77
6 -- 7	311	0,721	0,550	0,29	88,82	0,40
7 -- 8	385	0,689	1,425	0,68	260,62	0,98
8 -- 9	409	0,644	1,425	0,59	241,66	0,92
9 -- 10	445	0,578	2,850	0,95	424,38	1,65
10 -- 11	1719	0,503	2,250	0,57	979,26	1,13
11 -- 12	567	0,463	0,600	0,13	72,82	0,28
12 -- 13	599	0,417	2,850	0,50	296,94	1,19
13 -- 14	652	0,345	2,850	0,34	221,71	0,98
14 -- 15	1995	0,287	2,200	0,18	361,23	0,63
15 -- 16	2055	0,256	0,650	0,04	87,49	0,17
16 -- 17	815	0,237	1,175	0,07	53,98	0,28
17 -- 18	840	0,214	1,175	0,05	45,32	0,25
18 -- 19	854	0,191	1,375	0,05	42,71	0,26
19 -- 20	894	0,167	1,375	0,04	34,23	0,23
20 -- 21	1311	0,142	1,750	0,04	46,16	0,25
21 -- 22	955	0,121	1,000	0,01	14,05	0,12
22 -- 23	1125	0,097	2,750	0,03	29,04	0,27
23 -- 24	1189	0,065	2,750	0,01	13,95	0,18
24 -- 25	1254	0,040	2,750	0,00	5,50	0,11
25 -- 26	1318	0,021	2,750	0,00	1,57	0,06
26 -- 27	1383	0,008	2,750	0,00	0,25	0,02
27 -- 28	2499	0,002	2,750	0,00	0,02	0,00
		Σ	50,00	10,58	6700,18	17,27

m_e = 6700,2 / 10,6 = 633,2 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,05	Hz
b =	1,45	m
h =	50,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	73,79	

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

B^2 =	0,50	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,047	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,059	
$v_m(z_s)$ =	28,32	m/s
$v_m(z)$ =	31,21	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,47	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,62	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	21,24	
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 =	0,87	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,84	Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,70

$c_s c_d$ =	**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	31,2	1,06E+06	0,77	0,80	0,61
2	31,0	1,17E+06	0,77	0,80	0,61
3	30,8	1,30E+06	0,77	0,80	0,61
4	30,6	1,41E+06	0,77	0,80	0,61
5	30,4	1,54E+06	0,77	0,80	0,61
6	30,2	1,64E+06	0,77	0,80	0,61
7	30,1	1,71E+06	0,77	0,80	0,61
8	29,9	1,80E+06	0,77	0,80	0,61
9	29,5	1,94E+06	0,77	0,80	0,61
10	29,1	2,11E+06	0,76	0,80	0,61
11	28,9	2,19E+06	0,76	0,80	0,61
12	28,6	2,30E+06	0,76	0,80	0,61
13	28,1	2,45E+06	0,76	0,80	0,61
14	27,5	2,59E+06	0,76	0,80	0,60
15	27,2	2,65E+06	0,76	0,80	0,60
16	27,0	2,70E+06	0,76	0,80	0,60
17	26,7	2,75E+06	0,76	0,80	0,60
18	26,4	2,76E+06	0,76	0,80	0,60
19	26,0	2,85E+06	0,76	0,80	0,60
20	25,6	2,90E+06	0,75	0,80	0,60
21	25,1	2,94E+06	0,75	0,80	0,60
22	24,5	2,98E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,3	3,00E+06	0,75	0,80	0,60
24	21,9	2,97E+06	0,74	0,80	0,59
25	20,0	2,85E+06	0,74	0,80	0,59
26	17,1	2,56E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,65E+06	0,73	0,80	0,58

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 REV 003 Appendix - G, G1 en G2		
1e traverse - 380C1F1	42,00	1			
2e traverse - 380C1F2	33,50	1			
3e traverse - 380C1F3	25,00	1			
Passieve run	17,50	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	42,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	33,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	25,00	0,000
Passieve run	17,50	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	49,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	42,00	1			
2e traverse - 380C1F2	33,50	1			
3e traverse - 380C1F3	25,00	1			
Passieve run	17,50	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	0,179	0,068	387	0,679
2	4639	342	4981	0,789	0,274	1654	0,725
3	3270	214	3484	0,554	0,171	1117	0,784
4	3556	214	3769	0,601	0,171	1179	0,827
5	6341	345	6686	1,068	0,276	2030	0,882
6	1627	83	1709	0,273	0,066	508	0,923
7	5275	214	5489	0,740	0,171	1355	0,951
8	5618	214	5832	0,787	0,171	1411	0,990
9	12264	428	12691	1,712	0,342	2981	1,046
10	11811	338	12148	1,482	0,270	2493	1,108
11	3310	90	3400	0,415	0,072	684	1,141
12	16643	428	17070	2,081	0,342	3357	1,178
13	18165	428	18593	2,264	0,342	3515	1,233
14	16546	330	16876	1,872	0,264	2806	1,275
15	5080	98	5177	0,574	0,078	842	1,296
16	9403	176	9580	1,061	0,141	1536	1,307
17	9688	176	9864	1,092	0,141	1552	1,321
18	11532	206	11738	1,298	0,165	1810	1,316
19	12088	206	12294	1,358	0,165	1847	1,343
20	15949	263	16211	1,788	0,210	2363	1,350
21	9397	150	9547	1,051	0,120	1352	1,352
22	30523	413	30935	3,001	0,330	3707	1,348
23	32295	413	32707	3,160	0,330	3638	1,323
24	34066	413	34479	3,313	0,330	3485	1,267
25	35838	413	36251	3,455	0,330	3204	1,165
26	37610	413	38022	3,571	0,330	2689	0,978
27	39382	413	39794	3,734	0,330	2764	1,005
	392959	7500	400459	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	56265

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2621	4074	4072	16348	5578
3	3 -- 4	2934				
4	4 -- 5	3174				
5	5 -- 6	3488				
6	6 -- 7	3729	31367	31351	52933	37377
7	7 -- 8	4622				
8	8 -- 9	4911				
9	9 -- 10	5344				
10	10 -- 11	6479				
11	11 -- 12	6800	31844	31830	53412	37856
12	12 -- 13	7188				
13	13 -- 14	7829				
14	14 -- 15	9205				
15	15 -- 16	9558	32423	32409	53991	38435
16	16 -- 17	9783	9815	9815	9815	9815
17	17 -- 18	10074				
18	18 -- 19	10244				
19	19 -- 20	10730				
20	20 -- 21	11116				
21	21 -- 22	11456	8076	8072	32664	11084
22	22 -- 23	13499				
23	23 -- 24	14272				
24	24 -- 25	15045				
25	25 -- 26	15818				
26	26 -- 27	16592				
27	27 -- 28	17365				
28			34718	34718	34718	34718

KEMA rapport - bijlage G - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	679				
2	2 -- 3	725	27874	18262	46052	19182
3	3 -- 4	784				
4	4 -- 5	827				
5	5 -- 6	882				
6	6 -- 7	923	176494	138068	187976	131432
7	7 -- 8	951				
8	8 -- 9	990				
9	9 -- 10	1046				
10	10 -- 11	1108				
11	11 -- 12	1141	168790	137250	185256	130684
12	12 -- 13	1178				
13	13 -- 14	1233				
14	14 -- 15	1275				
15	15 -- 16	1296	159096	136242	181912	129758
16	16 -- 17	1307				
17	17 -- 18	1321				
18	18 -- 19	1316				
19	19 -- 20	1343				
20	20 -- 21	1350				
21	21 -- 22	1352	43980	35876	85932	38140
22	22 -- 23	1348				
23	23 -- 24	1323				
24	24 -- 25	1267				
25	25 -- 26	1165				
26	26 -- 27	978				
27	27 -- 28	1005				
28						

KEMA rapport - bijlage G2 - 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	1087				
2	2 -- 3	1160	37294	21460	60298	23508
3	3 -- 4	1254				
4	4 -- 5	1323				
5	5 -- 6	1412				
6	6 -- 7	1478	230632	159182	235038	157198
7	7 -- 8	1522				
8	8 -- 9	1584				
9	9 -- 10	1673				
10	10 -- 11	1773				
11	11 -- 12	1825	219184	157868	230914	156022
12	12 -- 13	1885				
13	13 -- 14	1973				
14	14 -- 15	2041				
15	15 -- 16	2073	204618	156252	225836	154572
16	16 -- 17	2092				
17	17 -- 18	2113				
18	18 -- 19	2106				
19	19 -- 20	2149				
20	20 -- 21	2160				
21	21 -- 22	2164	56942	41514	111352	46230
22	22 -- 23	2157				
23	23 -- 24	2116				
24	24 -- 25	2028				
25	25 -- 26	1864				
26	26 -- 27	1564				
27	27 -- 28	1608				
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	387		0	0,00E+00	2,32E-03	64
2	2 -- 3	1654		387	1,17E+05	2,32E-03	63
3	3 -- 4	1117		2041	2,94E+06	2,31E-03	57
4	4 -- 5	1179		3157	6,68E+06	2,29E-03	54
5	5 -- 6	2030		4336	1,21E+07	2,25E-03	51
6	6 -- 7	508		6366	2,46E+07	2,17E-03	46
7	7 -- 8	1355		6874	2,83E+07	2,15E-03	45
8	8 -- 9	1411		8229	3,93E+07	2,09E-03	42
9	9 -- 10	2981		9640	5,22E+07	2,03E-03	39
10	10 -- 11	2493		12621	8,43E+07	1,89E-03	33
11	11 -- 12	684		15114	1,16E+08	1,78E-03	29
12	12 -- 13	3357		15798	1,25E+08	1,74E-03	28
13	13 -- 14	3515		19155	1,76E+08	1,59E-03	23
14	14 -- 15	2806		22670	2,36E+08	1,42E-03	19
15	15 -- 16	842		25476	2,90E+08	1,31E-03	16
16	16 -- 17	1536		26318	3,07E+08	1,27E-03	15
17	17 -- 18	1552		27855	3,39E+08	1,20E-03	14
18	18 -- 19	1810		29407	3,73E+08	1,14E-03	12
19	19 -- 20	1847		31216	4,15E+08	1,06E-03	11
20	20 -- 21	2363		33063	4,59E+08	9,81E-04	9
21	21 -- 22	1352		35426	5,20E+08	8,81E-04	8
22	22 -- 23	3707		36778	5,56E+08	8,24E-04	7
23	23 -- 24	3638		40485	6,63E+08	6,85E-04	5
24	24 -- 25	3485		44123	7,80E+08	5,46E-04	3
25	25 -- 26	3204		47608	9,06E+08	4,08E-04	2
26	26 -- 27	2689		50812	1,04E+09	2,70E-04	1
27	27 -- 28	2764		53501	1,19E+09	1,34E-04	0
28				56265	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	3,91E-02	1076
2	2 -- 3		27874	134300	1,06E+05	3,91E-02	1053
3	3 -- 4			996824	6,45E+07	3,88E-02	964
4	4 -- 5			1719492	1,05E+08	3,84E-02	909
5	5 -- 6			2636546	1,46E+08	3,79E-02	855
6	6 -- 7		176494	7070684	2,14E+08	3,71E-02	769
7	7 -- 8			8108853	3,27E+08	3,69E-02	749
8	8 -- 9			11046856	6,22E+08	3,61E-02	697
9	9 -- 10			14203494	9,16E+08	3,50E-02	646
10	10 -- 11			21422779	1,51E+09	3,25E-02	549
11	11 -- 12		168790	29619420	1,97E+09	3,05E-02	478
12	12 -- 13			31733803	2,20E+09	3,00E-02	460
13	13 -- 14			42625236	3,27E+09	2,71E-02	379
14	14 -- 15			53737676	4,35E+09	2,41E-02	305
15	15 -- 16		159096	63794485	5,18E+09	2,19E-02	255
16	16 -- 17			66723072	5,53E+09	2,13E-02	241
17	17 -- 18			72026977	6,16E+09	2,01E-02	216
18	18 -- 19			77251218	6,79E+09	1,89E-02	194
19	19 -- 20			83239954	7,53E+09	1,74E-02	169
20	20 -- 21			89036007	8,27E+09	1,60E-02	146
21	21 -- 22		43980	96361833	9,20E+09	1,42E-02	119
22	22 -- 23			100268471	9,78E+09	1,32E-02	105
23	23 -- 24			110712934	1,14E+10	1,08E-02	72
24	24 -- 25			119954910	1,30E+10	8,48E-03	45
25	25 -- 26			127684936	1,46E+10	6,21E-03	25
26	26 -- 27			133596469	1,62E+10	4,04E-03	11
27	27 -- 28			137384948	1,77E+10	1,97E-03	3
28	28 -- 29			138826164	1,93E+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	3,01E-02	842
2	2 -- 3		18262	18262	8,19E+04	3,01E-02	825
3	3 -- 4			18262	4,24E+07	2,99E-02	756
4	4 -- 5			18262	6,90E+07	2,96E-02	714
5	5 -- 6			18262	9,57E+07	2,93E-02	672
6	6 -- 7		138068	156330	1,41E+08	2,88E-02	605
7	7 -- 8			156330	2,28E+08	2,86E-02	589
8	8 -- 9			156330	4,53E+08	2,81E-02	549
9	9 -- 10			156330	6,78E+08	2,73E-02	509
10	10 -- 11			156330	1,13E+09	2,54E-02	434
11	11 -- 12		137250	293580	1,49E+09	2,39E-02	378
12	12 -- 13			293580	1,67E+09	2,35E-02	364
13	13 -- 14			293580	2,51E+09	2,13E-02	300
14	14 -- 15			293580	3,36E+09	1,90E-02	242
15	15 -- 16		136242	429822	4,01E+09	1,73E-02	202
16	16 -- 17			429822	4,29E+09	1,68E-02	191
17	17 -- 18			429822	4,80E+09	1,59E-02	172
18	18 -- 19			429822	5,31E+09	1,50E-02	154
19	19 -- 20			429822	5,91E+09	1,38E-02	134
20	20 -- 21			429822	6,50E+09	1,27E-02	116
21	21 -- 22		35876	465698	7,26E+09	1,13E-02	95
22	22 -- 23			465698	7,73E+09	1,05E-02	84
23	23 -- 24			465698	9,02E+09	8,62E-03	57
24	24 -- 25			465698	1,03E+10	6,75E-03	36
25	25 -- 26			465698	1,16E+10	4,95E-03	20
26	26 -- 27			465698	1,29E+10	3,23E-03	9
27	27 -- 28			465698	1,42E+10	1,58E-03	2
28				465698	1,54E+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	4,69E-02	1258
2	2 -- 3		46052	46052	1,28E+05	4,69E-02	1231
3	3 -- 4			46052	1,06E+08	4,64E-02	1124
4	4 -- 5			46052	1,73E+08	4,57E-02	1059
5	5 -- 6			46052	2,39E+08	4,49E-02	994
6	6 -- 7		187976	234028	3,50E+08	4,36E-02	892
7	7 -- 8			234028	4,80E+08	4,33E-02	868
8	8 -- 9			234028	8,17E+08	4,22E-02	807
9	9 -- 10			234028	1,15E+09	4,08E-02	748
10	10 -- 11			234028	1,83E+09	3,77E-02	636
11	11 -- 12		185256	419284	2,37E+09	3,53E-02	554
12	12 -- 13			419284	2,62E+09	3,47E-02	533
13	13 -- 14			419284	3,83E+09	3,13E-02	438
14	14 -- 15			419284	5,03E+09	2,78E-02	354
15	15 -- 16		181912	601196	5,97E+09	2,53E-02	295
16	16 -- 17			601196	6,36E+09	2,46E-02	279
17	17 -- 18			601196	7,08E+09	2,32E-02	251
18	18 -- 19			601196	7,79E+09	2,18E-02	225
19	19 -- 20			601196	8,62E+09	2,01E-02	196
20	20 -- 21			601196	9,45E+09	1,85E-02	169
21	21 -- 22		85932	687128	1,05E+10	1,65E-02	138
22	22 -- 23			687128	1,12E+10	1,54E-02	122
23	23 -- 24			687128	1,31E+10	1,26E-02	84
24	24 -- 25			687128	1,50E+10	9,86E-03	53
25	25 -- 26			687128	1,69E+10	7,24E-03	29
26	26 -- 27			687128	1,88E+10	4,72E-03	13
27	27 -- 28			687128	2,07E+10	2,30E-03	3
28				687128	2,26E+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	2,92E-02	812
2	2 -- 3		19182	19182	7,94E+04	2,92E-02	795
3	3 -- 4			19182	4,45E+07	2,90E-02	729
4	4 -- 5			19182	7,23E+07	2,87E-02	688
5	5 -- 6			19182	1,00E+08	2,84E-02	647
6	6 -- 7		131432	150614	1,48E+08	2,78E-02	582
7	7 -- 8			150614	2,31E+08	2,76E-02	567
8	8 -- 9			150614	4,48E+08	2,71E-02	528
9	9 -- 10			150614	6,65E+08	2,63E-02	490
10	10 -- 11			150614	1,10E+09	2,45E-02	417
11	11 -- 12		130684	281298	1,44E+09	2,30E-02	364
12	12 -- 13			281298	1,62E+09	2,26E-02	350
13	13 -- 14			281298	2,43E+09	2,05E-02	289
14	14 -- 15			281298	3,24E+09	1,83E-02	233
15	15 -- 16		129758	411056	3,86E+09	1,67E-02	195
16	16 -- 17			411056	4,13E+09	1,62E-02	184
17	17 -- 18			411056	4,62E+09	1,53E-02	166
18	18 -- 19			411056	5,10E+09	1,44E-02	148
19	19 -- 20			411056	5,67E+09	1,33E-02	129
20	20 -- 21			411056	6,24E+09	1,22E-02	111
21	21 -- 22		38140	449196	6,97E+09	1,09E-02	91
22	22 -- 23			449196	7,42E+09	1,01E-02	81
23	23 -- 24			449196	8,66E+09	8,29E-03	55
24	24 -- 25			449196	9,91E+09	6,50E-03	35
25	25 -- 26			449196	1,11E+10	4,77E-03	19
26	26 -- 27			449196	1,24E+10	3,11E-03	9
27	27 -- 28			449196	1,36E+10	1,52E-03	2
28				449196	1,49E+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	1,04E-04	1
2	2 -- 3				2,47E+06	1,04E-04	1
3	3 -- 4				2,47E+06	7,62E-05	1
4	4 -- 5				2,47E+06	6,43E-05	1
5	5 -- 6				2,47E+06	5,51E-05	1
6	6 -- 7				2,47E+06	4,40E-05	1
7	7 -- 8				2,47E+06	4,19E-05	1
8	8 -- 9				2,47E+06	3,78E-05	1
9	9 -- 10				2,47E+06	3,44E-05	1
10	10 -- 11				2,47E+06	2,92E-05	1
11	11 -- 12				2,47E+06	2,64E-05	0
12	12 -- 13				2,47E+06	2,58E-05	0
13	13 -- 14				2,47E+06	2,32E-05	0
14	14 -- 15				2,47E+06	2,12E-05	0
15	15 -- 16				2,47E+06	2,01E-05	0
16	16 -- 17				2,47E+06	1,98E-05	0
17	17 -- 18				2,47E+06	1,93E-05	0
18	18 -- 19				2,47E+06	1,88E-05	0
19	19 -- 20				2,47E+06	1,83E-05	0
20	20 -- 21				2,47E+06	1,79E-05	0
21	21 -- 22				1,64E+07	1,74E-05	0
22	22 -- 23				1,64E+07	1,57E-05	0
23	23 -- 24				1,64E+07	1,19E-05	0
24	24 -- 25				1,64E+07	8,75E-06	0
25	25 -- 26				1,64E+07	6,06E-06	0
26	26 -- 27				1,64E+07	3,75E-06	0
27	27 -- 28				1,64E+07	1,74E-06	0
28					1,64E+07	0,00E+00	0

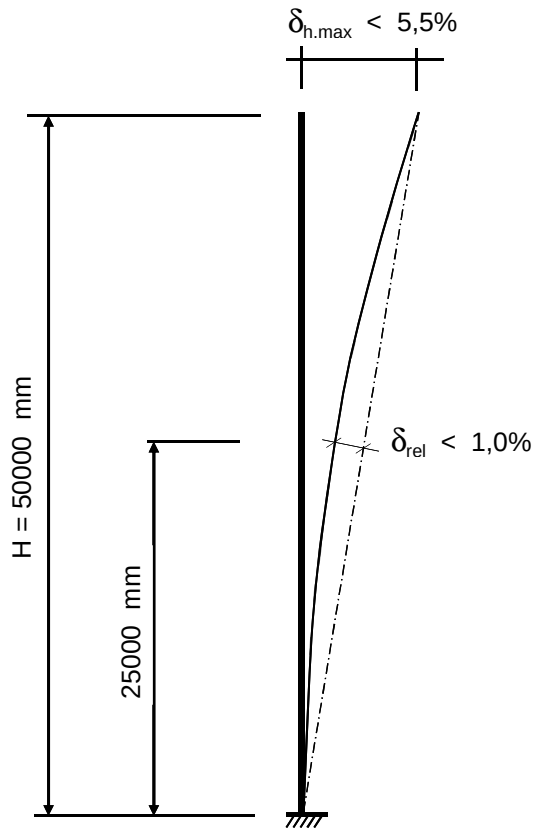
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	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	4,8E-02	1278
2	2 -- 3	4,8E-02	1251
3	3 -- 4	4,7E-02	1143
4	4 -- 5	4,6E-02	1076
5	5 -- 6	4,6E-02	1010
6	6 -- 7	4,4E-02	907
7	7 -- 8	4,4E-02	882
8	8 -- 9	4,3E-02	820
9	9 -- 10	4,1E-02	760
10	10 -- 11	3,8E-02	646
11	11 -- 12	3,6E-02	563
12	12 -- 13	3,5E-02	541
13	13 -- 14	3,2E-02	446
14	14 -- 15	2,8E-02	360
15	15 -- 16	2,6E-02	300
16	16 -- 17	2,5E-02	284
17	17 -- 18	2,4E-02	255
18	18 -- 19	2,2E-02	228
19	19 -- 20	2,0E-02	199
20	20 -- 21	1,9E-02	172
21	21 -- 22	1,7E-02	141
22	22 -- 23	1,6E-02	125
23	23 -- 24	1,3E-02	85
24	24 -- 25	1,0E-02	54
25	25 -- 26	7,4E-03	30
26	26 -- 27	4,8E-03	13
27	27 -- 28	2,3E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1278 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 2,56 % 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 = 25000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 300 mm
α = 1,46 graden

δ_{rel} = 339 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 0,68 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	581	360	0	0,00E+00	3,45E-03	95
2	2 -- 3	2480	5791	581	1,66E+05	3,44E-03	93
3	3 -- 4	1675	11768	3061	4,32E+06	3,43E-03	85
4	4 -- 5	1768	15949	4736	9,87E+06	3,39E-03	80
5	5 -- 6	3045	20472	6504	1,79E+07	3,34E-03	76
6	6 -- 7	762	59862	9549	3,63E+07	3,22E-03	68
7	7 -- 8	2033	61913	10311	4,18E+07	3,19E-03	66
8	8 -- 9	2116	68500	12344	5,79E+07	3,11E-03	62
9	9 -- 10	4471	75498	14460	7,70E+07	3,01E-03	58
10	10 -- 11	3740	90728	18931	1,25E+08	2,80E-03	49
11	11 -- 12	1027	137149	22671	1,71E+08	2,64E-03	43
12	12 -- 13	5036	141229	23697	1,85E+08	2,59E-03	42
13	13 -- 14	5273	161713	28733	2,60E+08	2,36E-03	34
14	14 -- 15	4209	184025	34006	3,49E+08	2,12E-03	28
15	15 -- 16	1263	236699	38214	4,29E+08	1,94E-03	24
16	16 -- 17	2304	252726	39478	4,54E+08	1,89E-03	22
17	17 -- 18	2328	264221	41782	5,02E+08	1,79E-03	20
18	18 -- 19	2715	276058	44110	5,52E+08	1,69E-03	18
19	19 -- 20	2770	290144	46825	6,15E+08	1,57E-03	16
20	20 -- 21	3544	304897	49594	6,81E+08	1,46E-03	14
21	21 -- 22	2028	332427	53139	7,71E+08	1,31E-03	11
22	22 -- 23	5560	343883	55167	8,25E+08	1,23E-03	10
23	23 -- 24	5457	381006	60728	9,85E+08	1,02E-03	7
24	24 -- 25	5228	420254	66184	1,16E+09	8,13E-04	4
25	25 -- 26	4806	461629	71412	1,35E+09	6,07E-04	3
26	26 -- 27	4033	505130	76218	1,55E+09	4,03E-04	1
27	27 -- 28	4147	550757	80251	1,77E+09	2,00E-04	0
28			633228	84397	1,99E+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	5,07E-02	1391
2	2 -- 3		37294	37294	0,00E+00	5,07E-02	1362
3	3 -- 4			37294	8,50E+07	5,02E-02	1247
4	4 -- 5			37294	1,38E+08	4,97E-02	1176
5	5 -- 6			37294	1,91E+08	4,90E-02	1106
6	6 -- 7		230632	267926	2,77E+08	4,80E-02	994
7	7 -- 8			267926	4,24E+08	4,77E-02	968
8	8 -- 9			267926	8,06E+08	4,67E-02	900
9	9 -- 10			267926	1,19E+09	4,53E-02	835
10	10 -- 11			267926	1,95E+09	4,20E-02	710
11	11 -- 12		219184	487110	2,55E+09	3,94E-02	618
12	12 -- 13			487110	2,85E+09	3,87E-02	595
13	13 -- 14			487110	4,23E+09	3,51E-02	489
14	14 -- 15			487110	5,62E+09	3,11E-02	395
15	15 -- 16		204618	691728	6,69E+09	2,83E-02	329
16	16 -- 17			691728	7,14E+09	2,75E-02	311
17	17 -- 18			691728	7,96E+09	2,60E-02	280
18	18 -- 19			691728	8,77E+09	2,44E-02	250
19	19 -- 20			691728	9,72E+09	2,25E-02	218
20	20 -- 21			691728	1,07E+10	2,07E-02	188
21	21 -- 22		56942	748670	1,19E+10	1,84E-02	154
22	22 -- 23			748670	1,26E+10	1,71E-02	136
23	23 -- 24			748670	1,47E+10	1,40E-02	93
24	24 -- 25			748670	1,67E+10	1,09E-02	59
25	25 -- 26			748670	1,88E+10	8,03E-03	33
26	26 -- 27			748670	2,09E+10	5,22E-03	14
27	27 -- 28			748670	2,29E+10	2,55E-03	4
28				748670	2,50E+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	3,44E-02	962
2	2 -- 3		21460	21460	0,00E+00	3,44E-02	942
3	3 -- 4			21460	4,89E+07	3,42E-02	864
4	4 -- 5			21460	7,95E+07	3,38E-02	816
5	5 -- 6			21460	1,10E+08	3,35E-02	768
6	6 -- 7		159182	180642	1,59E+08	3,29E-02	691
7	7 -- 8			180642	2,59E+08	3,27E-02	673
8	8 -- 9			180642	5,16E+08	3,21E-02	627
9	9 -- 10			180642	7,74E+08	3,12E-02	582
10	10 -- 11			180642	1,29E+09	2,90E-02	496
11	11 -- 12		157868	338510	1,69E+09	2,73E-02	432
12	12 -- 13			338510	1,90E+09	2,69E-02	416
13	13 -- 14			338510	2,86E+09	2,44E-02	343
14	14 -- 15			338510	3,83E+09	2,17E-02	277
15	15 -- 16		156252	494762	4,57E+09	1,98E-02	231
16	16 -- 17			494762	4,89E+09	1,92E-02	219
17	17 -- 18			494762	5,48E+09	1,82E-02	197
18	18 -- 19			494762	6,06E+09	1,71E-02	176
19	19 -- 20			494762	6,74E+09	1,58E-02	153
20	20 -- 21			494762	7,42E+09	1,45E-02	132
21	21 -- 22		41514	536276	8,28E+09	1,29E-02	108
22	22 -- 23			536276	8,82E+09	1,20E-02	96
23	23 -- 24			536276	1,03E+10	9,85E-03	66
24	24 -- 25			536276	1,18E+10	7,72E-03	41
25	25 -- 26			536276	1,32E+10	5,66E-03	23
26	26 -- 27			536276	1,47E+10	3,69E-03	10
27	27 -- 28			536276	1,62E+10	1,80E-03	3
28				536276	1,77E+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	5,88E-02	1569
2	2 -- 3		60298	60298	0,00E+00	5,88E-02	1536
3	3 -- 4			60298	1,37E+08	5,80E-02	1402
4	4 -- 5			60298	2,23E+08	5,72E-02	1320
5	5 -- 6			60298	3,09E+08	5,62E-02	1239
6	6 -- 7		235038	295336	4,48E+08	5,45E-02	1112
7	7 -- 8			295336	6,10E+08	5,40E-02	1082
8	8 -- 9			295336	1,03E+09	5,26E-02	1006
9	9 -- 10			295336	1,45E+09	5,09E-02	932
10	10 -- 11			295336	2,29E+09	4,70E-02	792
11	11 -- 12		230914	526250	2,96E+09	4,40E-02	690
12	12 -- 13			526250	3,27E+09	4,32E-02	663
13	13 -- 14			526250	4,77E+09	3,90E-02	546
14	14 -- 15			526250	6,27E+09	3,46E-02	441
15	15 -- 16		225836	752086	7,43E+09	3,15E-02	368
16	16 -- 17			752086	7,92E+09	3,06E-02	348
17	17 -- 18			752086	8,80E+09	2,89E-02	313
18	18 -- 19			752086	9,69E+09	2,72E-02	280
19	19 -- 20			752086	1,07E+10	2,51E-02	244
20	20 -- 21			752086	1,18E+10	2,31E-02	211
21	21 -- 22		111352	863438	1,31E+10	2,06E-02	172
22	22 -- 23			863438	1,39E+10	1,91E-02	153
23	23 -- 24			863438	1,63E+10	1,57E-02	105
24	24 -- 25			863438	1,87E+10	1,23E-02	66
25	25 -- 26			863438	2,11E+10	9,02E-03	37
26	26 -- 27			863438	2,34E+10	5,88E-03	16
27	27 -- 28			863438	2,58E+10	2,87E-03	4
28				863438	2,82E+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	3,47E-02	963
2	2 -- 3		23508	23508	0,00E+00	3,47E-02	944
3	3 -- 4			23508	5,36E+07	3,44E-02	865
4	4 -- 5			23508	8,71E+07	3,40E-02	816
5	5 -- 6			23508	1,21E+08	3,37E-02	768
6	6 -- 7		157198	180706	1,75E+08	3,30E-02	691
7	7 -- 8			180706	2,74E+08	3,28E-02	673
8	8 -- 9			180706	5,32E+08	3,21E-02	627
9	9 -- 10			180706	7,89E+08	3,12E-02	582
10	10 -- 11			180706	1,30E+09	2,90E-02	495
11	11 -- 12		156022	336728	1,71E+09	2,73E-02	432
12	12 -- 13			336728	1,91E+09	2,68E-02	416
13	13 -- 14			336728	2,87E+09	2,44E-02	342
14	14 -- 15			336728	3,83E+09	2,17E-02	277
15	15 -- 16		154572	491300	4,57E+09	1,98E-02	231
16	16 -- 17			491300	4,89E+09	1,92E-02	218
17	17 -- 18			491300	5,47E+09	1,81E-02	196
18	18 -- 19			491300	6,05E+09	1,71E-02	176
19	19 -- 20			491300	6,72E+09	1,58E-02	153
20	20 -- 21			491300	7,40E+09	1,45E-02	132
21	21 -- 22		46230	537530	8,26E+09	1,29E-02	108
22	22 -- 23			537530	8,80E+09	1,20E-02	96
23	23 -- 24			537530	1,03E+10	9,84E-03	66
24	24 -- 25			537530	1,18E+10	7,72E-03	41
25	25 -- 26			537530	1,32E+10	5,66E-03	23
26	26 -- 27			537530	1,47E+10	3,69E-03	10
27	27 -- 28			537530	1,62E+10	1,80E-03	3
28				537530	1,77E+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	1,24E-04	2
2	2 -- 3				2,96E+06	1,24E-04	1
3	3 -- 4				2,96E+06	9,15E-05	1
4	4 -- 5				2,96E+06	7,72E-05	1
5	5 -- 6				2,96E+06	6,61E-05	1
6	6 -- 7				2,96E+06	5,28E-05	1
7	7 -- 8				2,96E+06	5,02E-05	1
8	8 -- 9				2,96E+06	4,53E-05	1
9	9 -- 10				2,96E+06	4,13E-05	1
10	10 -- 11				2,96E+06	3,50E-05	1
11	11 -- 12				2,96E+06	3,17E-05	1
12	12 -- 13				2,96E+06	3,09E-05	1
13	13 -- 14				2,96E+06	2,78E-05	0
14	14 -- 15				2,96E+06	2,55E-05	0
15	15 -- 16				2,96E+06	2,41E-05	0
16	16 -- 17				2,96E+06	2,38E-05	0
17	17 -- 18				2,96E+06	2,32E-05	0
18	18 -- 19				2,96E+06	2,26E-05	0
19	19 -- 20				2,96E+06	2,20E-05	0
20	20 -- 21				2,96E+06	2,15E-05	0
21	21 -- 22				1,97E+07	2,09E-05	0
22	22 -- 23				1,97E+07	1,88E-05	0
23	23 -- 24				1,97E+07	1,43E-05	0
24	24 -- 25				1,97E+07	1,05E-05	0
25	25 -- 26				1,97E+07	7,27E-06	0
26	26 -- 27				1,97E+07	4,49E-06	0
27	27 -- 28				1,97E+07	2,09E-06	0
28					1,97E+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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	18,07	60,47	12,35
3	3 -- 4	24,04	61,22	151,08
4	4 -- 5	28,22	61,72	238,67
5	5 -- 6	32,75	62,25	326,99
6	6 -- 7	93,70	298,20	471,22
7	7 -- 8	95,75	298,43	635,29
8	8 -- 9	102,34	299,04	1060,99
9	9 -- 10	109,34	299,67	1487,57
10	10 -- 11	124,57	301,02	2343,55
11	11 -- 12	192,56	533,05	3022,10
12	12 -- 13	196,64	533,36	3342,02
13	13 -- 14	217,12	534,87	4864,25
14	14 -- 15	239,43	536,45	6390,88
15	15 -- 16	313,67	763,55	7572,46
16	16 -- 17	329,70	763,93	8068,90
17	17 -- 18	341,20	764,62	8966,92
18	18 -- 19	353,03	765,32	9865,76
19	19 -- 20	367,12	766,13	10918,63
20	20 -- 21	381,87	766,96	11972,64
21	21 -- 22	433,99	879,38	13383,29
22	22 -- 23	445,45	879,99	14262,97
23	23 -- 24	482,57	881,66	16685,23
24	24 -- 25	521,82	883,29	19112,04
25	25 -- 26	563,19	884,86	21543,25
26	26 -- 27	606,69	886,30	23978,60
27	27 -- 28	652,32	887,51	26417,60
28		734,79	888,76	28859,97

)** - 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	18,07	27	12,8	1043,6	0,01
2	500 / 825	151,08	24,04	108	154,2	1436,8	0,11
3	500 / 825	238,67	28,22	67	243,6	1714,4	0,14
4	500 / 825	326,99	32,75	66	334,1	2016,5	0,17
5	500 / 825	471,22	93,70	104	488,1	2555,9	0,20
6	500 / 825	635,29	95,75	24	654,4	2694,3	0,25
7	880 / 1042	1060,99	102,34	62	1086,5	3646,3	0,30
8	880 / 1042	1487,57	109,34	60	1519,6	4124,1	0,37
9	880 / 1042	2343,55	124,57	114	2389,8	5168,1	0,47
10	1042 / 1366	3022,10	192,56	84	3084,5	6714,4	0,47
11	1042 / 1366	3342,02	196,64	21	3408,6	6996,3	0,50
12	1042 / 1366	4864,25	217,12	96	4951,6	8414,2	0,60
13	1042 / 1366	6390,88	239,43	86	6498,8	9963,0	0,66
14	1366/ 1773	7572,46	313,67	59	7699,0	12321,4	0,63
15	1366/ 1773	8068,90	329,70	16	8200,9	12754,5	0,65
16	1366/ 1773	8966,92	341,20	29	9108,6	13556,5	0,68
17	1366/ 1773	9865,76	353,03	27	10017,0	14382,9	0,71
18	1366/ 1773	10918,63	367,12	29	11080,6	15381,0	0,73
19	1366/ 1773	11972,64	381,87	27	12145,0	16412,6	0,75
20	1366/ 1773	13383,29	433,99	31	13569,2	17774,0	0,77
21	1366/ 1773	14262,97	445,45	16	14456,1	18576,3	0,79
22	1773/ 2400	16685,23	482,57	39	16897,2	23606,5	0,73
23	1773/ 2400	19112,04	521,82	31	19340,4	26363,2	0,74
24	1773/ 2400	21543,25	563,19	24	21785,2	29272,1	0,75
25	1773/ 2400	23978,60	606,69	17	24230,7	32333,2	0,76
26	1773/ 2400	26417,60	652,32	10	26676,1	35546,6	0,76
27	1773/ 2400	28859,97	734,79	3	29120,9	38912,2	0,76

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

Indien $d / t < 90 * a^2_y$ ---> $\sigma_{N;plooi;d} = f_y$; $a_y = (f_{ref} / f_y)^{0,5}$; $f_{ref} = 235$ 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	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
1519	22,0	69,06	0,81	321	355
1564	22,0	71,09	0,81	315	355
1616	22,0	73,47	0,81	308	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

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	4,56	0,77	355	355	0,02
2	500 / 825	44,41	0,93	355	355	0,13
3	500 / 825	55,00	0,97	355	355	0,16
4	500 / 825	63,69	1,03	355	355	0,18
5	500 / 825	76,05	2,67	355	355	0,22
6	500 / 825	88,52	2,54	355	355	0,26
7	880 / 1042	112,83	2,17	355	355	0,32
8	880 / 1042	138,98	2,18	355	355	0,40
9	880 / 1042	183,18	2,27	355	355	0,52
10	1042 / 1366	176,56	2,88	355	355	0,51
11	1042 / 1366	176,53	2,80	355	355	0,51
12	1042 / 1366	228,62	2,92	355	342	0,65
13	1042 / 1366	251,53	2,95	355	323	0,72
14	1366/ 1773	235,51	3,27	355	331	0,67
15	1366/ 1773	232,22	3,31	355	327	0,66
16	1366/ 1773	245,85	3,35	355	321	0,70
17	1366/ 1773	254,61	3,36	355	315	0,73
18	1366/ 1773	272,14	3,44	355	308	0,78
19	1366/ 1773	271,29	3,41	355	302	0,78
20	1366/ 1773	281,92	3,74	355	294	0,81
21	1366/ 1773	282,39	3,72	355	290	0,81
22	1773/ 2400	269,17	3,41	355	304	0,77
23	1773/ 2400	275,01	3,49	355	293	0,79
24	1773/ 2400	278,21	3,57	355	284	0,80
25	1773/ 2400	279,43	3,65	355	275	0,80
26	1773/ 2400	279,18	3,74	355	268	0,80
27	1773/ 2400	277,82	4,03	355	261	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 $I_p = \Sigma (I_x^2 + I_y^2) = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

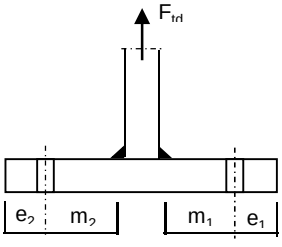
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

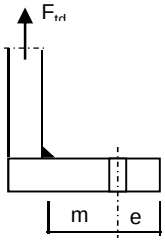
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

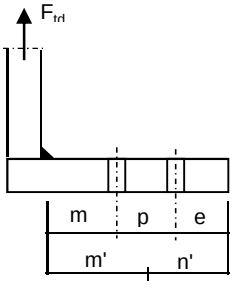
Flenzen en voetplaat:



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		2720,00					
st.c binnenkant		2030,00					
2375	88	543,99	10,10	28	M 48 - 8,8	848,4	0,64
flenzen op 24,35 m hoogte.							
st.c buitenkant		1280,00					
1280,00	32	777,67	23,87	16	M 48 - 10,9	1060,6	0,73

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	2030,00	153,2	105,0	105,0			144,9
2720,00	2030,00	153,2	100,0	100,0			194,2
flenzen op 24,35 m hoogte.							
1280,00	1280,0	68,6	60,0	60,0			125,7
1280,00	1280,0	68,6	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							
90	9,83E+07	2567,03	1451,61	1696,90	1451,61	1087,99	0,75
90	1,32E+08	3439,57	1710,74	1696,90	1696,90	1087,99	0,64
flenzen op 24,35 m hoogte.							
80	6,74E+07	1964,82	1018,88	2121,12	1018,88	777,67	0,76
80	6,74E+07	1964,82	1018,88	2121,12	1018,88	777,67	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 / 2400	1,05	1,450	0,18	8,43

Scrutongetal Sc

De Scrutongetal Sc word bepaald met:

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

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

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

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

δ_s is het logaritmische decrement van de constructieve demping

$$\delta_s = 0,030$$

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

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

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

Zie berekening eigenfrequentie

knoop nummer	verpl. δ mm	$\phi_{i;1}$	staaf nummer	ϕ_i	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	massa m kg/m
1	444	1,000		1,000			
2	435	0,980	1 -- 2	0,990	113	369	846,5
3	401	0,902	2 -- 3	0,941	498		218,4
4	379	0,854	3 -- 4	0,878	348		244,5
5	358	0,806	4 -- 5	0,830	377		264,5
6	324	0,730	5 -- 6	0,768	669	2613	1427,0
7	316	0,712	6 -- 7	0,721	171		310,7
8	296	0,666	7 -- 8	0,689	549		385,2
9	276	0,621	8 -- 9	0,644	583		409,2
10	238	0,535	9 -- 10	0,578	1269		445,3
11	209	0,471	10 -- 11	0,503	1215	2653	1719,2
12	202	0,455	11 -- 12	0,463	340		566,6
13	169	0,380	12 -- 13	0,417	1707		599,0
14	138	0,311	13 -- 14	0,345	1859		652,4
15	117	0,263	14 -- 15	0,287	1688	2702	1995,1
16	111	0,249	15 -- 16	0,256	518	818	2054,8
17	100	0,226	16 -- 17	0,237	958		815,3
18	90	0,203	17 -- 18	0,214	986		839,5
19	79	0,178	18 -- 19	0,191	1174		853,7
20	69	0,155	19 -- 20	0,167	1229		894,1
21	57	0,128	20 -- 21	0,142	1621	673	1310,9
22	51	0,114	21 -- 22	0,121	955		954,7
23	35	0,080	22 -- 23	0,097	3094		1124,9
24	23	0,051	23 -- 24	0,065	3271		1189,3
25	13	0,029	24 -- 25	0,040	3448		1253,8
26	6	0,013	25 -- 26	0,021	3625		1318,2
27	1	0,003	26 -- 27	0,008	3802		1382,6
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	3979	2893	2499,1

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	846	0,990	0,570	0,56	473,11	0,56
2 -- 3	218	0,941	2,280	2,02	441,43	2,15
3 -- 4	244	0,878	1,425	1,10	268,69	1,25
4 -- 5	265	0,830	1,425	0,98	259,68	1,18
5 -- 6	1427	0,768	2,300	1,36	1935,56	1,77
6 -- 7	311	0,721	0,550	0,29	88,82	0,40
7 -- 8	385	0,689	1,425	0,68	260,62	0,98
8 -- 9	409	0,644	1,425	0,59	241,66	0,92
9 -- 10	445	0,578	2,850	0,95	424,38	1,65
10 -- 11	1719	0,503	2,250	0,57	979,26	1,13
11 -- 12	567	0,463	0,600	0,13	72,82	0,28
12 -- 13	599	0,417	2,850	0,50	296,94	1,19
13 -- 14	652	0,345	2,850	0,34	221,71	0,98
14 -- 15	1995	0,287	2,200	0,18	361,23	0,63
15 -- 16	2055	0,256	0,650	0,04	87,49	0,17
16 -- 17	815	0,237	1,175	0,07	53,98	0,28
17 -- 18	840	0,214	1,175	0,05	45,32	0,25
18 -- 19	854	0,191	1,375	0,05	42,71	0,26
19 -- 20	894	0,167	1,375	0,04	34,23	0,23
20 -- 21	1311	0,142	1,750	0,04	46,16	0,25
21 -- 22	955	0,121	1,000	0,01	14,05	0,12
22 -- 23	1125	0,097	2,750	0,03	29,04	0,27
23 -- 24	1189	0,065	2,750	0,01	13,95	0,18
24 -- 25	1254	0,040	2,750	0,00	5,50	0,11
25 -- 26	1318	0,021	2,750	0,00	1,57	0,06
26 -- 27	1383	0,008	2,750	0,00	0,25	0,02
27 -- 28	2499	0,002	2,750	0,00	0,02	0,00
		Σ	50,00	10,58	6700,18	17,27

m_e = 6700,2 / 10,6 = 633,2 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2400	633,2	0,030	1,25	1,450	14,5

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 = 14,5

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 = 17,27 / (4 * π * 10,58) = 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 * 8,43 / $15*10^{-6}$ = 8,1E+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 = 7,42 / 17,27 = 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 = 0,035 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		198688	198688	0,00E+00	5,8E-02	1000
2	2 -- 3			198688	1,13E+08	5,8E-02	967
3	3 -- 4			198688	5,66E+08	5,4E-02	838
4	4 -- 5			198688	8,49E+08	5,1E-02	763
5	5 -- 6			198688	1,13E+09	4,7E-02	693
6	6 -- 7			198688	1,59E+09	4,1E-02	591
7	7 -- 8			198688	1,70E+09	4,0E-02	569
8	8 -- 9			198688	1,98E+09	3,7E-02	515
9	9 -- 10			198688	2,27E+09	3,4E-02	464
10	10 -- 11			198688	2,83E+09	2,8E-02	376
11	11 -- 12			198688	3,28E+09	2,5E-02	316
12	12 -- 13			198688	3,40E+09	2,4E-02	301
13	13 -- 14			198688	3,96E+09	2,0E-02	238
14	14 -- 15			198688	4,53E+09	1,7E-02	186
15	15 -- 16			198688	4,97E+09	1,5E-02	151
16	16 -- 17			198688	5,10E+09	1,4E-02	142
17	17 -- 18			198688	5,33E+09	1,3E-02	126
18	18 -- 19			198688	5,56E+09	1,2E-02	112
19	19 -- 20			198688	5,84E+09	1,1E-02	96
20	20 -- 21			198688	6,11E+09	9,7E-03	82
21	21 -- 22			198688	6,46E+09	8,4E-03	66
22	22 -- 23			198688	6,66E+09	7,7E-03	58
23	23 -- 24			198688	7,20E+09	6,1E-03	39
24	24 -- 25			198688	7,75E+09	4,7E-03	24
25	25 -- 26			198688	8,30E+09	3,4E-03	13
26	26 -- 27			198688	8,84E+09	2,1E-03	6
27	27 -- 28			198688	9,39E+09	1,0E-03	1
28	28 -- 29			198688	9,93E+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	522	15,0	2939842	39	0,0345	2,7
2	608	15,0	4047286	140	0,0345	9,7
3	662	15,0	4829251	176	0,0345	12,1
4	717	15,0	5680304	199	0,0345	13,8
5	804	15,0	7199677	221	0,0345	15,2
6	825	15,0	7589672	224	0,0345	15,5
7	879	18,0	10271259	193	0,0345	13,3
8	933	18,0	11617259	195	0,0345	13,5
9	1042	18,0	14557975	194	0,0345	13,4
10	1127	20,0	18913877	173	0,0345	12,0
11	1150	20,0	19707810	172	0,0345	11,9
12	1258	20,0	23702011	167	0,0345	11,5
13	1366	20,0	28064684	161	0,0345	11,1
14	1450	22,0	34708213	143	0,0345	9,9
15	1475	22,0	35928268	142	0,0345	9,8
16	1519	22,0	38187256	140	0,0345	9,6
17	1564	22,0	40515138	137	0,0345	9,5
18	1616	22,0	43326738	135	0,0345	9,3
19	1669	22,0	46232682	132	0,0345	9,1
20	1735	22,0	50067603	129	0,0345	8,9
21	1773	22,0	52327600	127	0,0345	8,8
22	1878	25,0	66497249	108	0,0345	7,5
23	1982	25,0	74262503	104	0,0345	7,2
24	2087	25,0	82456593	101	0,0345	6,9
25	2191	25,0	91079518	97	0,0345	6,7
26	2296	25,0	100131278	94	0,0345	6,5
27	2400	25,0	109611876	91	0,0345	6,3

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,05 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 8,43 m/s De kritische windsnelheid

ε_o is bandbreedtefactor = 0,3

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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,05 * [8,43 / 6,14]^2 * \exp[-(8,43 / 6,14)^2]$ = 2,88E+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.

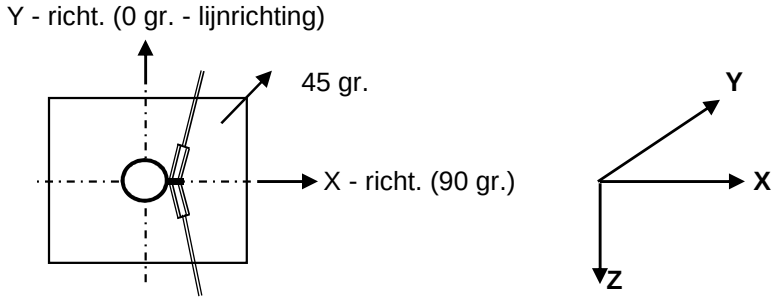
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$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 Knoop		$\gamma * \Delta\sigma$ = in MPa	$\Delta\sigma$ in MPa	0,55 $\Delta\sigma_k$ in MPa	N - wissel. $\Delta\sigma_i$-N lijn	N span.wissl. per jaar	D beschadiging < 1
3	Lasnaad	11,60	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
5	Lasnaad	16,52	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
7	Lasnaad	18,55	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
9	Lasnaad	16,16	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
10	Lasnaad	16,12	46	25,30	1,000E+10	2,88E+08	0,03
12	Lasnaad	14,29	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
13	Lasnaad	13,86	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
14	Lasnaad	13,38	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
16	flenzen	11,76	35	19,25	1,000E+10	2,88E+08	0,03
18	Lasnaad	11,38	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
20	Lasnaad	10,95	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
22	Lasnaad	10,54	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
23	Lasnaad	8,98	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
24	Lasnaad	8,65	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
25	Lasnaad	8,34	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
26	Lasnaad	8,05	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
27	Lasnaad	7,77	45	24,75	1,000E+10	2,88E+08	0,03
28	voetplaat	7,51	35	19,25	1,000E+10	2,88E+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			532			
2 - Windbelasting mast	90				2126	
3 - Belasting geval 1a	749		101		25004	
4 - Belasting geval 1b	536		101		17687	
5 - Belasting geval 3	863		203		28262	
6 - Belasting geval 4	538		124		17691	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	839		633		27130	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	553		633		18086	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	889		**735**		**28860**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	554		656		18090	

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	23774	kNm	28860	kNm	28860	kNm
Dwarskracht	743	kN	889	kN	889	kN
Verticale kracht	528	kN	735	kN	475	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		2030,00					
2375	88	543,99	10,10	28	M 48 - 8,8	848,45	0,64
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2720,00					
st.c binnenkant		2030,00					
2375	88	449,01	8,45	28	M 48 - 8,8	848,45	0,53

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 544,0 kN

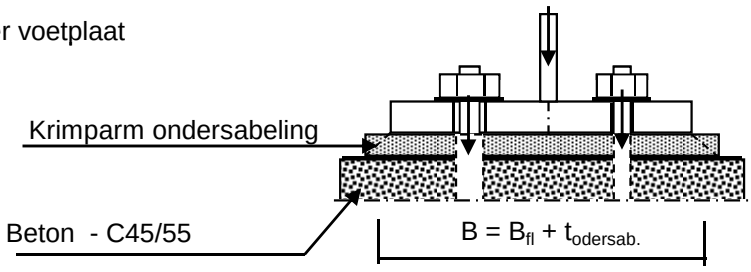
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 449,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 560,7 + 1,00 * 449,0 = 1009,7 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

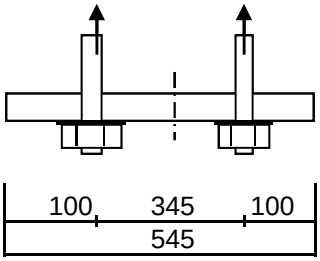
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	550,0	mm	D =	2375	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	88	
B =	590,0	mm			

A_{voetpl} = 590 * 2*π*D / n = 100049 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

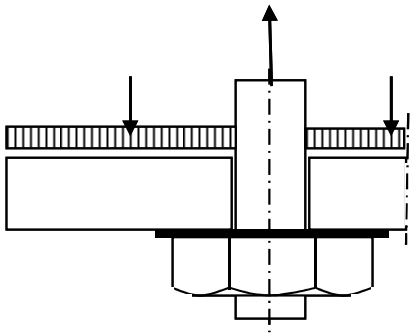


D = 2375 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 545 * $2*\pi*D / n$ = 92418 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 11,8 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 100 mm
L_{veld} = 345 mm

t = 40 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 58862 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2031 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 116290 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 116290 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 2031 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} = 116290 / 142000,0 = 0,82 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 290,7 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2031 / 8198 = 0,25 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 50,8 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (291,0^2 + 3*51,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 304 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage G, G1 en G2

W2H350 TOWER **APPENDIX: G**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14908	68688	136052	14908	68688	-136052
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	67955	135431	14907	67955	-135431
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	67054	134724	14907	67054	-134724
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	9485	18334	1947	9485	-18334
	Comp. gl	4038	18295	36694	4038	18295	-36694
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74552	157629	14900	74552	-157629
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74463	157628	14900	74463	-157628
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74351	157632	14900	74351	-157632
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9692	20384	1946	9692	-20384
	Comp. gl	4036	19675	41685	4036	19675	-41685
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	101865	212165	25691	101865	-212165
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101602	212132	25691	101602	-212132
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	101270	212105	25691	101270	-212105
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8084	25436	52484	8084	25436	-52484
	Comp. gl	16332	50543	105783	16332	50543	-105783
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73988	156418	17913	73988	-156418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73903	156425	17913	73903	-156425
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73795	156438	17913	73795	-156438
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	10885	22942	2699	10885	-22942
	Comp. gl	5542	22166	47027	5542	22166	-47027
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	65883	133920	14916	120428	-202614
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65481	133680	14915	114241	-194052
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	64984	133416	14914	106344	-183176
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8898	17769	1948	19589	-32082

W2H350 TOWER **APPENDIX: G**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	4038	17701	36296	4040	29632	-50982
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74198	157646	14900	80196	-160863
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74144	157654	14900	79466	-160238
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74074	157665	14900	78570	-159526
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9625	20378	1946	10858	-21302
	Comp. gl	4036	19597	41693	4037	20885	-42278
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100822	212098	25694	119412	-225005
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100663	212105	25694	117127	-222731
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100462	212121	25693	114313	-220078
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25106	52489	8085	30705	-55645
	Comp. gl	16332	50153	105847	16333	56264	-107772
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73647	156463	17914	79138	-158589
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73594	156474	17914	78488	-158134
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73526	156489	17914	77685	-157623
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10823	22947	2699	11857	-23443
	Comp. gl	5542	22092	47043	5542	23222	-47288
1a	380C1F1 / 380C2F1	14915	115316	195538	14915	115316	-195538
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14914	109592	187640	14914	109592	-187640
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14913	102309	177658	14913	102309	-177658
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	18647	30755	1948	18647	-30755
	Comp. gl	4040	28471	49369	4040	28471	-49369
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79591	160342	14900	79591	-160342
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	78934	159807	14900	78934	-159807
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78126	159200	14900	78126	-159200
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10730	21165	1946	10730	-21165
	Comp. gl	4037	20757	42178	4037	20757	-42178
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	117519	223114	25694	117519	-223114
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25693	115457	221134	25693	115457	-221134
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	112918	218837	25693	112918	-218837
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30149	55166	8085	30149	-55166
	Comp. gl	16333	55676	107411	16333	55676	-107411
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78599	158210	17914	78599	-158210

W2H350 TOWER **APPENDIX: G**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78011	157824	17914	78011	-157824
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77286	157393	17914	77286	-157393
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	11754	23361	2699	11754	-23361
	Comp. gl	5542	23115	47233	5542	23115	-47233
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	120428	202614	14907	65883	-133920
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	114241	194052	14907	65481	-133680
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	106344	183176	14907	64984	-133416
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	19589	32082	1947	8898	-17769
	Comp. gl	4040	29632	50982	4038	17701	-36296
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80196	160863	14900	74198	-157646
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79466	160238	14900	74144	-157654
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78570	159526	14900	74074	-157665
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10858	21302	1946	9625	-20378
	Comp. gl	4037	20885	42278	4036	19597	-41693
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	119412	225005	25691	100822	-212098
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	117127	222731	25691	100663	-212105
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114313	220078	25691	100462	-212121
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8085	30705	55645	8083	25106	-52489
	Comp. gl	16333	56264	107772	16332	50153	-105847
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79138	158589	17913	73647	-156463
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78488	158134	17913	73594	-156474
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77685	157623	17913	73526	-156489
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11857	23443	2699	10823	-22947
	Comp. gl	5542	23222	47288	5542	22092	-47043
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	57291	111614	11178	57291	-111614
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56412	110681	11178	56412	-110681
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	55337	109599	11178	55337	-109599
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8037	15230	1460	8037	-15230
	Comp. gl	3028	15048	29731	3028	15048	-29731
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61844	130378	11172	61844	-130378
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61748	130361	11172	61748	-130361
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61627	130347	11172	61627	-130347

W2H350 TOWER **APPENDIX: G**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7955	16660	1459	7955	-16660
	Comp. gl	3027	16105	34029	3027	16105	-34029
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	91565	190077	21959	91565	-190077
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91287	190014	21959	91287	-190014
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90940	189953	21959	90940	-189953
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24393	50249	7595	24393	-50249
	Comp. gl	15319	48378	101141	15319	48378	-101141
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62315	131386	14184	62315	-131386
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62226	131384	14184	62226	-131384
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62112	131386	14184	62112	-131386
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9376	19706	2211	9376	-19706
	Comp. gl	4531	19052	40349	4531	19052	-40349
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	53951	108332	11186	115641	-192354
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53479	107944	11185	109021	-182861
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	52900	107503	11184	100474	-170593
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7333	14412	1461	19121	-31078
	Comp. gl	3028	14347	29103	3030	28038	-47565
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61465	130339	11173	68459	-135695
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61407	130339	11173	67578	-134747
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61334	130343	11173	66502	-133647
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7881	16639	1459	9348	-18064
	Comp. gl	3027	16021	34025	3027	17510	-35039
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90474	189906	21963	110711	-206349
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90309	189900	21962	108200	-203591
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90100	189901	21962	105105	-200336
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24059	50243	7597	29823	-53755
	Comp. gl	15319	47985	101197	15320	54248	-103450

W2H350 TOWER **APPENDIX: G**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61959	131398	14184	68062	-134838
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61904	131405	14184	67316	-134179
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61834	131415	14184	66401	-133426
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9311	19705	2212	10449	-20425
	Comp. gl	4531	18975	40360	4531	20193	-40791
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	110175	184517	11186	110175	-184517
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	104003	175660	11185	104003	-175660
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	96058	164257	11184	96058	-164257
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18140	29667	1461	18140	-29667
	Comp. gl	3030	26772	45727	3030	26772	-45727
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	67729	134906	11173	67729	-134906
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	66938	134084	11173	66938	-134084
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65971	133135	11173	65971	-133135
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9193	17869	1459	9193	-17869
	Comp. gl	3027	17356	34884	3027	17356	-34884
3	380C1F1 / 380C2F1	21962	108631	204057	21962	108631	-204057
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	106363	201637	21962	106363	-201637
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21961	103571	198795	21961	103571	-198795
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29249	53235	7597	29249	-53235
	Comp. gl	15320	53641	103047	15320	53641	-103047
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67444	134289	14184	67444	-134289
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	66772	133723	14184	66772	-133723
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	65947	133080	14184	65947	-133080
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10333	20314	2212	10333	-20314
	Comp. gl	4531	20074	40712	4531	20074	-40712
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	115641	192354	11178	53951	-108332
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	109021	182861	11178	53479	-107944
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	100474	170593	11178	52900	-107503
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19121	31078	1460	7333	-14412
	Comp. gl	3030	28038	47565	3028	14347	-29103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68459	135695	11172	61465	-130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67578	134747	11172	61407	-130339

W2H350 TOWER **APPENDIX: G**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66502	133647	11172	61334	-130343
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9348	18064	1459	7881	-16639
	Comp. gl	3027	17510	35039	3027	16021	-34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	110711	206349	21959	90474	-189906
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	108200	203591	21959	90309	-189900
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105105	200336	21959	90100	-189901
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	29823	53755	7595	24059	-50243
	Comp. gl	15320	54248	103450	15319	47985	-101197
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68062	134838	14184	61959	-131398
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67316	134179	14184	61904	-131405
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66401	133426	14184	61834	-131415
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10449	20425	2211	9311	-19705
	Comp. gl	4531	20193	40791	4531	18975	-40360

W2H350 TOWER **APPENDIX: G1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	64927	133388	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	64634	133253	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	64269	133108	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	8702	17618	0	0	0
	Comp. gl	4038	17497	36200	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74344	157633	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74276	157638	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74189	157647	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9652	20379	0	0	0
	Comp. gl	4036	19629	41689	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17319	77256	160650	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	77028	160587	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17319	76744	160524	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3320	13842	28036	0	0	0
	Comp. gl	6788	27430	56741	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	71959	152517	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71893	152527	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	71808	152541	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2548	10392	21964	0	0	0
	Comp. gl	5241	21215	45089	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	63786	132959	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	63617	132920	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	63405	132883	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8472	17485	0	0	0
	Comp. gl	4038	17250	36128	0	0	0

W2H350 TOWER **APPENDIX: G1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74070	157666	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74028	157674	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	73974	157686	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9601	20379	0	0	0
	Comp. gl	4036	19568	41699	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17319	76363	160470	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17319	76229	160460	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17319	76059	160454	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3320	13507	27887	0	0	0
	Comp. gl	6788	27063	56673	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	71692	152566	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	71651	152576	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	71597	152590	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2548	10343	21971	0	0	0
	Comp. gl	5241	21156	45103	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	84147	153549	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14909	81585	150329	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	78416	146462	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1947	12677	22386	0	0	0
	Comp. gl	4039	21577	40197	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	78078	159166	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77600	158840	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	77010	158476	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10411	20850	0	0	0
	Comp. gl	4036	20435	41955	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17321	91534	173180	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	89623	171035	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17320	87272	168510	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3321	19403	34027	0	0	0
	Comp. gl	6789	33221	61665	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	17312	75457	153542	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17312	75018	153300	0	0	0

W2H350 TOWER **APPENDIX: G1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17312	74474	153034	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2548	11054	22228	0	0	0
	Comp. gl	5241	21947	45196	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	14910	86485	156544	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14910	83661	152933	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14909	80159	148571	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1947	13144	23027	0	0	0
	Comp. gl	4039	22081	40822	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	78516	159486	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	77987	159102	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	77335	158671	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10503	20937	0	0	0
	Comp. gl	4036	20529	42015	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	17321	93289	175209	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17321	91171	172767	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17320	88563	169879	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3321	20055	34856	0	0	0
0	Comp. gl	6789	33926	62458	0	0	0

W2H350 TOWER **APPENDIX: G2**

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	58112	117124	12421	58112	-117124
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57657	116782	12421	57657	-116782
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57097	116397	12421	57097	-116397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7883	15567	1622	7883	-15567
	Comp. gl	3365	15511	31569	3365	15511	-31569
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65858	139734	12415	65858	-139734
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65800	139737	12415	65800	-139737
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65727	139744	12415	65727	-139744
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8483	17925	1621	8483	-17925
	Comp. gl	3363	17254	36662	3363	17254	-36662
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83694	175295	19607	83694	-175295
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83521	175276	19607	83521	-175276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83302	175263	19607	83302	-175263
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19804	41095	5711	19804	-41095
	Comp. gl	11555	39485	82939	11555	39485	-82939
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62751	133071	14424	62751	-133071
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62696	133078	14424	62696	-133078
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62625	133089	14424	62625	-133089
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9029	19096	2123	9029	-19096
	Comp. gl	4367	18452	39231	4367	18452	-39231
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56367	115968	12426	91715	-159600
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56115	115843	12425	87521	-153742
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	55802	115706	12424	82226	-146423
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7520	15252	1623	14592	-24678
	Comp. gl	3365	15140	31358	3366	22761	-40438
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65628	139758	12415	69411	-141441
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65592	139764	12415	68957	-141094
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65547	139774	12415	68398	-140703
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8440	17924	1621	9211	-18430
	Comp. gl	3363	17203	36670	3363	18018	-36966
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83006	175264	19608	95239	-183531

W2H350 TOWER **APPENDIX: G2**

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	19607	82901	175270	19608	93729	-182043
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82767	175282	19608	91874	-180319
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19582	41093	5712	23411	-43407
	Comp. gl	11555	39224	82978	11556	43368	-84417
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62528	133109	14424	66059	-134249
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62493	133117	14424	65645	-133989
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62448	133128	14424	65134	-133699
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8988	19100	2123	9657	-19388
	Comp. gl	4367	18402	39242	4367	19139	-39369
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	88247	154753	12425	88247	-154753
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	84395	149409	12425	84395	-149409
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	79548	142770	12424	79548	-142770
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	13937	23733	1623	13937	-23733
	Comp. gl	3366	21990	39368	3366	21990	-39368
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69034	141152	12415	69034	-141152
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68625	140857	12415	68625	-140857
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68121	140526	12415	68121	-140526
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9131	18352	1621	9131	-18352
	Comp. gl	3363	17938	36912	3363	17938	-36912
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	93988	182293	19608	93988	-182293
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	92628	181004	19608	92628	-181004
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	90956	179517	19608	90956	-179517
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5711	23026	43058	5711	23026	-43058
	Comp. gl	11556	42966	84154	11556	42966	-84154
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65716	134032	14424	65716	-134032
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65342	133812	14424	65342	-133812
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	64879	133570	14424	64879	-133570
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9591	19338	2123	9591	-19338
	Comp. gl	4367	19070	39337	4367	19070	-39337
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	91715	159600	12421	56367	-115968
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	87521	153742	12421	56115	-115843
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82226	146423	12421	55802	-115706

W2H350 TOWER **APPENDIX: G2**

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]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14592	24678	1622	7520	-15252
	Comp. gl	3366	22761	40438	3365	15140	-31358
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69411	141441	12415	65628	-139758
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68957	141094	12415	65592	-139764
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68398	140703	12415	65547	-139774
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9211	18430	1621	8440	-17924
	Comp. gl	3363	18018	36966	3363	17203	-36670
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	95239	183531	19607	83006	-175264
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93729	182043	19607	82901	-175270
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	91874	180319	19607	82767	-175282
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23411	43407	5711	19582	-41093
	Comp. gl	11556	43368	84417	11555	39224	-82978
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	66059	134249	14424	62528	-133109
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65645	133989	14424	62493	-133117
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65134	133699	14424	62448	-133128
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9657	19388	2123	8988	-19100
	Comp. gl	4367	19139	39369	4367	18402	-39242

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S300(+1 0)"

Mast 35 en 36

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
b0	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2S300(+10)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage D en D2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2S300(+10) 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 W2S300(+10) zijn de bijlage D (berekening maststerkte) en bijlage D2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 1,868 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 W2S300(+10) zijn de bijlage D (berekening maststerkte) en bijlage D2 (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 “W2S300(+10)”

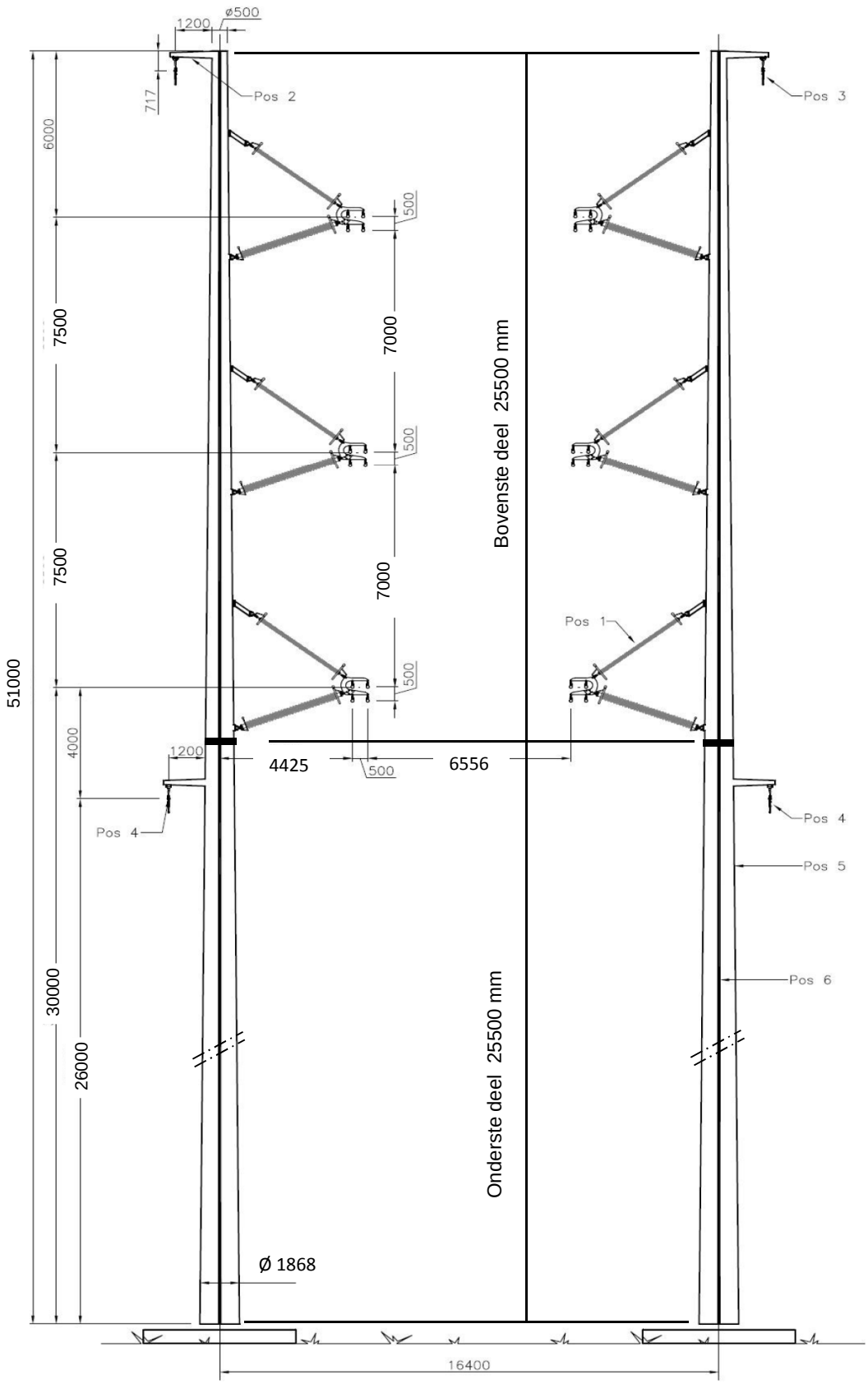
Berekening

W2S300+10

51,0 m - 1868 - 500

Mast 35 en 36

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2S300(+10)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,184

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	700	519	500	n.v.t.	2	1	50,65
2	2200	578	519	n.v.t.	2	1	49,20
3	1450	617	578	n.v.t.	2	1	47,38
4	1450	656	617	n.v.t.	2	1	45,93
5	200	661	656	n.v.t.	2	1	45,10
6	2700	733	661	n.v.t.	2	1	43,65
7	967	759	733	n.v.t.	2	1	41,82
8	967	785	759	n.v.t.	2	1	40,85
9	967	811	785	n.v.t.	2	1	39,88
10	1900	862	811	n.v.t.	2	1	38,45
11	1000	889	862	n.v.t.	2	1	37,00
12	1450	928	889	n.v.t.	2	1	35,78
13	1450	967	928	n.v.t.	2	1	34,33
14	2900	1045	967	n.v.t.	2	1	32,15
15	700	1063	1045	n.v.t.	2	1	30,35
16	2200	1122	1063	n.v.t.	2	1	28,90
17	1800	1171	1122	n.v.t.	2	1	26,90
18	500	1184	1122	n.v.t.	2	1	25,75
19	2300	1246	1184	n.v.t.	2	1	24,35
20	2900	1323	1246	n.v.t.	2	1	21,75
21	2900	1401	1323	n.v.t.	2	1	18,85
22	2900	1479	1401	n.v.t.	2	1	15,95
23	2900	1557	1479	n.v.t.	2	1	13,05
24	2900	1635	1557	n.v.t.	2	1	10,15
25	2900	1712	1635	n.v.t.	2	1	7,25
26	2900	1790	1712	n.v.t.	2	1	4,35
27	2900	1868	1790	n.v.t.	2	1	1,45
	51000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	509	12,0	18751	147,20	5,80E+08	175,90	2,28E+06
2	548	12,0	20217	158,71	7,27E+08	189,65	2,65E+06
3	597	12,0	22063	173,19	9,45E+08	206,96	3,16E+06
4	636	12,0	23529	184,70	1,15E+09	220,70	3,60E+06
5	658	12,0	24363	191,25	1,27E+09	228,53	3,87E+06
6	697	12,0	25830	202,76	1,52E+09	242,28	4,35E+06
7	746	12,0	27684	217,32	1,87E+09	259,66	5,00E+06
8	772	12,0	28661	224,99	2,07E+09	268,83	5,36E+06
9	798	12,0	29639	232,66	2,29E+09	277,99	5,74E+06
10	837	12,0	31088	244,04	2,64E+09	291,58	6,32E+06
11	876	12,0	32554	255,55	3,03E+09	305,33	6,93E+06
12	908	15,0	42100	330,48	4,20E+09	315,90	9,25E+06
13	947	15,0	43933	344,87	4,77E+09	329,65	1,01E+07
14	1006	15,0	46682	366,45	5,73E+09	350,28	1,14E+07
15	1054	18,0	58579	459,85	7,86E+09	366,30	1,49E+07
16	1093	18,0	60779	477,11	8,78E+09	380,05	1,61E+07
17	1146	18,0	63812	500,93	1,02E+10	399,02	1,77E+07
18	1153	18,0	64191	503,90	1,03E+10	401,39	1,79E+07
19	1215	18,0	67680	531,29	1,21E+10	423,20	2,00E+07
20	1285	20,0	79456	623,73	1,59E+10	447,16	2,47E+07
21	1362	20,0	84344	662,10	1,90E+10	474,65	2,79E+07
22	1440	20,0	89232	700,47	2,25E+10	502,15	3,12E+07
23	1518	20,0	94119	738,84	2,64E+10	529,65	3,48E+07
24	1596	20,0	99007	777,20	3,07E+10	557,15	3,85E+07
25	1674	20,0	103894	815,57	3,55E+10	584,65	4,24E+07
26	1751	20,0	108782	853,94	4,08E+10	612,15	4,66E+07
27	1829	20,0	113669	892,31	4,65E+10	639,65	5,09E+07

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	1,88E+04	5,80E+08
2	50300	2 -- 3	2	2200	2,02E+04	7,27E+08
3	48100	3 -- 4	3	1450	2,21E+04	9,45E+08
4	46650	4 -- 5	4	1450	2,35E+04	1,15E+09
5	45200	5 -- 6	5	200	2,44E+04	1,27E+09
6	45000	6 -- 7	6	2700	2,58E+04	1,52E+09
7	42300	7 -- 8	7	967	2,77E+04	1,87E+09
8	41333	8 -- 9	8	967	2,87E+04	2,07E+09
9	40367	9 -- 10	9	967	2,96E+04	2,29E+09
10	39400	10 -- 11	10	1900	3,11E+04	2,64E+09
11	37500	11 -- 12	11	1000	3,26E+04	3,03E+09
12	36500	12 -- 13	12	1450	4,21E+04	4,20E+09
13	35050	13 -- 14	13	1450	4,39E+04	4,77E+09
14	33600	14 -- 15	14	2900	4,67E+04	5,73E+09
15	30700	15 -- 16	15	700	5,86E+04	7,86E+09
16	30000	16 -- 17	16	2200	6,08E+04	8,78E+09
17	27800	17 -- 18	17	1800	6,38E+04	1,02E+10
18	26000	18 -- 19	18	500	6,42E+04	1,03E+10
19	25500	19 -- 20	19	2300	6,77E+04	1,21E+10
20	23200	20 -- 21	20	2900	7,95E+04	1,59E+10
21	20300	21 -- 22	21	2900	8,43E+04	1,90E+10
22	17400	22 -- 23	22	2900	8,92E+04	2,25E+10
23	14500	23 -- 24	23	2900	9,41E+04	2,64E+10
24	11600	24 -- 25	24	2900	9,90E+04	3,07E+10
25	8700	25 -- 26	25	2900	1,04E+05	3,55E+10
26	5800	26 -- 27	26	2900	1,09E+05	4,08E+10
27	2900	27 -- 28	27	2900	1,14E+05	4,65E+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	47,38	0,21	1,14	30,91	0,18	1361
4	45,93	0,21	1,14	30,73	0,18	1350
5	45,10	0,21	1,13	30,63	0,18	1344
6	43,65	0,21	1,13	30,44	0,19	1332
7	41,82	0,21	1,12	30,20	0,19	1317
8	40,85	0,21	1,11	30,07	0,19	1309
9	39,88	0,21	1,11	29,93	0,19	1300
10	38,45	0,21	1,10	29,73	0,19	1287
11	37,00	0,21	1,09	29,51	0,19	1274
12	35,78	0,21	1,09	29,32	0,19	1262
13	34,33	0,21	1,08	29,09	0,19	1248
14	32,15	0,21	1,06	28,72	0,20	1226
15	30,35	0,21	1,05	28,39	0,20	1206
16	28,90	0,21	1,04	28,11	0,20	1189
17	26,90	0,21	1,03	27,71	0,20	1165
18	25,75	0,21	1,02	27,46	0,21	1150
19	24,35	0,21	1,01	27,14	0,21	1132
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	1135	300	0,30	0,00	3,60E-02	1069,09
2	2 -- 3	3822	4044	5,48	0,61	3,60E-02	1043,90
3	3 -- 4	2729		9,30	16,87	3,59E-02	964,82
4	4 -- 5	2896		12,03	32,33	3,57E-02	912,92
5	5 -- 6	413		14,93	51,87	3,54E-02	861,33
6	6 -- 7	5880	29818	45,16	54,90	3,54E-02	854,25
7	7 -- 8	2246		51,04	184,76	3,44E-02	759,78
8	8 -- 9	2320		53,28	235,18	3,39E-02	726,77
9	9 -- 10	2394		55,60	287,80	3,33E-02	694,29
10	10 -- 11	4922		58,00	342,71	3,27E-02	662,40
11	11 -- 12	2706	29818	92,73	457,57	3,13E-02	601,57
12	12 -- 13	5010		95,44	551,66	3,05E-02	570,65
13	13 -- 14	5218		100,45	693,68	2,95E-02	527,13
14	14 -- 15	11062		105,67	843,12	2,84E-02	485,16
15	15 -- 16	3324		116,73	1165,60	2,60E-02	406,19
16	16 -- 17	10826	29818	149,87	1248,47	2,54E-02	388,19
17	17 -- 18	9287		160,70	1590,10	2,38E-02	333,99
18	18 -- 19	2595	8078	178,06	1887,71	2,23E-02	292,52
19	19 -- 20	12565	6276	186,93	1977,39	2,18E-02	281,48
20	20 -- 21	18523		199,50	2421,79	1,99E-02	233,44
21	21 -- 22	19636		218,02	3027,20	1,75E-02	179,15
22	22 -- 23	20749		237,66	3687,93	1,51E-02	131,83
23	23 -- 24	21861		258,41	4407,23	1,26E-02	91,65
24	24 -- 25	22974		280,27	5188,30	1,01E-02	58,71
25	25 -- 26	24087		303,24	6034,39	7,55E-03	33,07
26	26 -- 27	25199		327,33	6948,72	5,03E-03	14,73
27	27 -- 28	26312		352,53	7934,51	2,51E-03	3,72
28			10391	389,23	8994,99	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	113,5	30,0	1,069	1491,36	161,018
2	2 -- 3	382,2	404,4	1,044	7906,56	826,177
3	3 -- 4	272,9		0,965	2513,31	240,538
4	4 -- 5	289,6		0,913	2520,05	227,891
5	5 -- 6	41,3		0,861	347,12	30,352
6	6 -- 7	588,0	2981,8	0,854	29642,83	2558,871
7	7 -- 8	224,6		0,760	1637,46	124,065
8	8 -- 9	232,0		0,727	1617,03	117,120
9	9 -- 10	239,4		0,694	1593,14	110,163
10	10 -- 11	492,2		0,662	3051,38	196,576
11	11 -- 12	270,6	2981,8	0,602	19152,35	1172,008
12	12 -- 13	501,0		0,571	2697,45	150,928
13	13 -- 14	521,8		0,527	2590,96	133,680
14	14 -- 15	1106,2		0,485	4836,43	219,721
15	15 -- 16	332,4		0,406	1295,14	52,438
16	16 -- 17	1082,6	2981,8	0,388	15190,29	590,503
17	17 -- 18	928,7		0,334	2853,82	91,129
18	18 -- 19	259,5	807,8	0,293	3048,52	90,490
19	19 -- 20	1256,5	627,6	0,281	4906,51	133,014
20	20 -- 21	1852,3		0,233	3748,69	78,832
21	21 -- 22	1963,6		0,179	2995,20	47,475
22	22 -- 23	2074,9		0,132	2274,42	25,907
23	23 -- 24	2186,1		0,092	1612,33	12,356
24	24 -- 25	2297,4		0,059	1034,20	4,838
25	25 -- 26	2408,7		0,033	564,72	1,376
26	26 -- 27	2519,9		0,015	228,07	0,214
27	27 -- 28	2631,2		0,004	47,98	0,009
28			1039,1	0,000	0,00	0,000
				Som	121397	7398

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

$n_{1,x}$	=	0,64	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	0,988	0,700	0,68	535,10	0,69
2 -- 3	174	0,939	2,200	1,94	337,28	2,07
3 -- 4	188	0,878	1,450	1,12	210,45	1,27
4 -- 5	200	0,830	1,450	1,00	199,39	1,20
5 -- 6	15115	0,802	0,200	0,13	1946,16	0,16
6 -- 7	218	0,755	2,700	1,54	335,02	2,04
7 -- 8	232	0,695	0,967	0,47	108,55	0,67
8 -- 9	240	0,665	0,967	0,43	102,47	0,64
9 -- 10	248	0,635	0,967	0,39	96,38	0,61
10 -- 11	1828	0,591	1,900	0,66	1213,96	1,12
11 -- 12	271	0,548	1,000	0,30	81,32	0,55
12 -- 13	345	0,513	1,450	0,38	132,05	0,74
13 -- 14	360	0,473	1,450	0,33	116,96	0,69
14 -- 15	381	0,417	2,900	0,50	192,24	1,21
15 -- 16	4735	0,372	0,700	0,10	457,45	0,26
16 -- 17	492	0,338	2,200	0,25	123,51	0,74
17 -- 18	965	0,293	1,800	0,15	149,08	0,53
18 -- 19	1774	0,268	0,500	0,04	63,93	0,13
19 -- 20	546	0,241	2,300	0,13	72,87	0,55
20 -- 21	639	0,193	2,900	0,11	68,97	0,56
21 -- 22	677	0,145	2,900	0,06	41,54	0,42
22 -- 23	715	0,105	2,900	0,03	22,67	0,30
23 -- 24	754	0,070	2,900	0,01	10,81	0,20
24 -- 25	792	0,043	2,900	0,01	4,23	0,12
25 -- 26	831	0,022	2,900	0,00	1,20	0,06
26 -- 27	869	0,009	2,900	0,00	0,19	0,03
27 -- 28	1266	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,76	6623,77	17,60

m_e = 6623,8 / 10,8 = 615,5 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	0,64	Hz
b =	1,18	m
h =	51,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	74,88	

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

B^2 =	0,49	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,064	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,076	
$v_m(z_s)$ =	28,44	m/s
$v_m(z)$ =	31,32	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

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

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	1,54	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,31	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	13,30	
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 =	1,33	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,55	Hz

$$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\} = 3,58$$

$c_s c_d$ =	**1,22**	

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	31,3	1,06E+06	0,77	0,82	0,63
2	31,1	1,14E+06	0,77	0,82	0,63
3	30,9	1,23E+06	0,77	0,82	0,63
4	30,7	1,30E+06	0,77	0,82	0,63
5	30,6	1,34E+06	0,77	0,82	0,63
6	30,4	1,41E+06	0,77	0,82	0,63
7	30,2	1,50E+06	0,77	0,82	0,63
8	30,1	1,55E+06	0,77	0,82	0,63
9	29,9	1,59E+06	0,77	0,82	0,63
10	29,7	1,66E+06	0,77	0,82	0,63
11	29,5	1,72E+06	0,77	0,82	0,63
12	29,3	1,78E+06	0,77	0,82	0,63
13	29,1	1,84E+06	0,76	0,82	0,63
14	28,7	1,93E+06	0,76	0,82	0,63
15	28,4	1,99E+06	0,76	0,82	0,62
16	28,1	2,05E+06	0,76	0,82	0,62
17	27,7	2,12E+06	0,76	0,82	0,62
18	27,5	2,11E+06	0,76	0,82	0,62
19	27,1	2,20E+06	0,76	0,82	0,62
20	26,5	2,27E+06	0,76	0,82	0,62
21	25,7	2,33E+06	0,76	0,82	0,62
22	24,8	2,38E+06	0,75	0,82	0,62
23	23,6	2,39E+06	0,75	0,82	0,61
24	22,2	2,36E+06	0,75	0,82	0,61
25	20,3	2,26E+06	0,74	0,82	0,61
26	17,4	2,03E+06	0,73	0,82	0,60
27	16,9	2,06E+06	0,73	0,82	0,60

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 - D en D2		
1e traverse - 380C1F1	45,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	26,00	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	50,30	1,459
1e traverse - 380C1F1	45,00	4,422
2e traverse - 380C1F2	37,50	4,422
3e traverse - 380C1F3	30,00	4,422
Passieve run	26,00	1,785

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	45,00	1			
2e traverse - 380C1F2	37,50	1			
3e traverse - 380C1F3	30,00	1			
Passieve run	26,00	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	1030	105	1135	0,225	0,084	524	0,748
2	3492	330	3822	0,762	0,264	1723	0,783
3	2511	218	2729	0,546	0,174	1198	0,826
4	2678	218	2896	0,581	0,174	1246	0,859
5	383	30	413	0,083	0,024	176	0,878
6	5475	405	5880	1,185	0,324	2456	0,909
7	2101	145	2246	0,454	0,116	917	0,948
8	2175	145	2320	0,469	0,116	936	0,968
9	2249	145	2394	0,485	0,116	954	0,987
10	4637	285	4922	0,998	0,228	1928	1,015
11	2556	150	2706	0,549	0,120	1041	1,041
12	4792	218	5010	0,825	0,174	1541	1,063
13	5001	218	5218	0,860	0,174	1577	1,087
14	10627	435	11062	1,824	0,348	3251	1,121
15	3219	105	3324	0,461	0,084	803	1,147
16	10496	330	10826	1,500	0,264	2563	1,165
17	9017	270	9287	1,286	0,216	2138	1,188
18	2520	75	2595	0,359	0,060	589	1,178
19	12220	345	12565	1,738	0,276	2785	1,211
20	18088	435	18523	2,312	0,348	3557	1,227
21	19201	435	19636	2,445	0,348	3577	1,233
22	20314	435	20749	2,576	0,348	3554	1,226
23	21426	435	21861	2,703	0,348	3477	1,199
24	22539	435	22974	2,826	0,348	3323	1,146
25	23652	435	24087	2,939	0,348	3050	1,052
26	24764	435	25199	3,031	0,348	2559	0,882
27	25877	435	26312	3,157	0,348	2561	0,883
	263037	7650	270687	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	54000

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	360	360	360	360
2	2 -- 3	2084	4794	5068	17714	6738
3	3 -- 4	2258				
4	4 -- 5	2396				
5	5 -- 6	2475				
6	6 -- 7	2613	35270	37550	59354	43182
7	7 -- 8	2788				
8	8 -- 9	2880				
9	9 -- 10	2972				
10	10 -- 11	3108				
11	11 -- 12	3247	35270	37550	59354	43182
12	12 -- 13	4146				
13	13 -- 14	4318				
14	14 -- 15	4577				
15	15 -- 16	5698				
16	16 -- 17	5905	35270	37550	59354	43182
17	17 -- 18	6191				
18	18 -- 19	6227	9564	10080	35406	13442
19	19 -- 20	6555	7531	7531	7531	7531
20	20 -- 21	7665				
21	21 -- 22	8125				
22	22 -- 23	8586				
23	23 -- 24	9046				
24	24 -- 25	9506				
25	25 -- 26	9967				
26	26 -- 27	10427				
27	27 -- 28	10888				
28			12469	12469	12469	12469

KEMA rapport - bijlage D - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	748				
2	2 -- 3	783	10514	3982	12640	3804
3	3 -- 4	826				
4	4 -- 5	859				
5	5 -- 6	878				
6	6 -- 7	909	63564	26616	47048	24116
7	7 -- 8	948				
8	8 -- 9	968				
9	9 -- 10	987				
10	10 -- 11	1015				
11	11 -- 12	1041	59994	25694	44844	23282
12	12 -- 13	1063				
13	13 -- 14	1087				
14	14 -- 15	1121				
15	15 -- 16	1147				
16	16 -- 17	1165	55458	24532	42058	22238
17	17 -- 18	1188				
18	18 -- 19	1178	16746	6868	20718	6682
19	19 -- 20	1211				
20	20 -- 21	1227				
21	21 -- 22	1233				
22	22 -- 23	1226				
23	23 -- 24	1199				
24	24 -- 25	1146				
25	25 -- 26	1052				
26	26 -- 27	882				
27	27 -- 28	883				
28						

KEMA rapport - bijlage D2 - 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	1197				
2	2 -- 3	1253	14692	5150	17516	5042
3	3 -- 4	1322				
4	4 -- 5	1375				
5	5 -- 6	1404				
6	6 -- 7	1455	87968	33594	63474	31326
7	7 -- 8	1517				
8	8 -- 9	1549				
9	9 -- 10	1579				
10	10 -- 11	1623				
11	11 -- 12	1666	82866	32278	60334	30118
12	12 -- 13	1701				
13	13 -- 14	1740				
14	14 -- 15	1794				
15	15 -- 16	1834				
16	16 -- 17	1864	76396	30620	56358	28600
17	17 -- 18	1900				
18	18 -- 19	1884	23198	8724	28460	8704
19	19 -- 20	1937				
20	20 -- 21	1962				
21	21 -- 22	1973				
22	22 -- 23	1961				
23	23 -- 24	1918				
24	24 -- 25	1833				
25	25 -- 26	1683				
26	26 -- 27	1412				
27	27 -- 28	1413				
28						

KEMA rapport - bijlage D - 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	524		0	0,00E+00	5,71E-03	166
2	2 -- 3	1723		524	2,05E+05	5,70E-03	162
3	3 -- 4	1198		2246	3,37E+06	5,68E-03	149
4	4 -- 5	1246		3444	7,59E+06	5,65E-03	141
5	5 -- 6	176		4690	1,36E+07	5,58E-03	133
6	6 -- 7	2456		4865	1,46E+07	5,57E-03	132
7	7 -- 8	917		7321	3,18E+07	5,38E-03	117
8	8 -- 9	936		8238	3,96E+07	5,30E-03	112
9	9 -- 10	954		9173	4,83E+07	5,20E-03	106
10	10 -- 11	1928		10127	5,79E+07	5,09E-03	102
11	11 -- 12	1041		12055	7,98E+07	4,86E-03	92
12	12 -- 13	1541		13097	9,28E+07	4,72E-03	87
13	13 -- 14	1577		14638	1,14E+08	4,56E-03	81
14	14 -- 15	3251		16215	1,37E+08	4,38E-03	74
15	15 -- 16	803		19466	1,90E+08	3,99E-03	62
16	16 -- 17	2563		20269	2,04E+08	3,90E-03	59
17	17 -- 18	2138		22832	2,53E+08	3,63E-03	51
18	18 -- 19	589		24970	2,97E+08	3,40E-03	44
19	19 -- 20	2785		25559	3,10E+08	3,33E-03	43
20	20 -- 21	3557		28343	3,73E+08	3,02E-03	35
21	21 -- 22	3577		31900	4,62E+08	2,66E-03	27
22	22 -- 23	3554		35477	5,62E+08	2,29E-03	20
23	23 -- 24	3477		39031	6,71E+08	1,91E-03	14
24	24 -- 25	3323		42508	7,91E+08	1,53E-03	9
25	25 -- 26	3050		45831	9,20E+08	1,15E-03	5
26	26 -- 27	2559		48881	1,06E+09	7,63E-04	2
27	27 -- 28	2561		51440	1,20E+09	3,80E-04	1
28				54000	1,36E+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	4,26E-02	1192
2	2 -- 3		10514	170198	1,60E+05	4,26E-02	1162
3	3 -- 4			1020947	2,41E+07	4,25E-02	1068
4	4 -- 5			1742445	4,01E+07	4,22E-02	1007
5	5 -- 6			2632152	5,62E+07	4,19E-02	946
6	6 -- 7		63564	3065488	5,87E+07	4,19E-02	937
7	7 -- 8			8633057	2,64E+08	4,06E-02	826
8	8 -- 9			10655050	3,38E+08	3,98E-02	787
9	9 -- 10			12723992	4,12E+08	3,90E-02	749
10	10 -- 11			14834833	4,85E+08	3,81E-02	712
11	11 -- 12		59994	21293817	6,32E+08	3,62E-02	641
12	12 -- 13			24618653	7,70E+08	3,51E-02	605
13	13 -- 14			29515682	9,69E+08	3,37E-02	555
14	14 -- 15			34445632	1,17E+09	3,21E-02	508
15	15 -- 16			44560231	1,57E+09	2,88E-02	419
16	16 -- 17		55458	47539518	1,66E+09	2,82E-02	399
17	17 -- 18			56903254	2,09E+09	2,59E-02	340
18	18 -- 19		16746	64756370	2,44E+09	2,40E-02	295
19	19 -- 20			66926503	2,54E+09	2,34E-02	283
20	20 -- 21			76904524	3,03E+09	2,09E-02	232
21	21 -- 22			88989305	3,64E+09	1,80E-02	175
22	22 -- 23			100219478	4,25E+09	1,52E-02	127
23	23 -- 24			110354693	4,86E+09	1,24E-02	87
24	24 -- 25			119161681	5,46E+09	9,68E-03	55
25	25 -- 26			126411695	6,07E+09	7,09E-03	30
26	26 -- 27			131878817	6,67E+09	4,61E-03	13
27	27 -- 28			135338824	7,28E+09	2,25E-03	3
28	28 -- 29			136602155	7,87E+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	1,78E-02	501
2	2 -- 3		3982	3982	6,66E+04	1,78E-02	488
3	3 -- 4			3982	9,18E+06	1,77E-02	449
4	4 -- 5			3982	1,53E+07	1,76E-02	424
5	5 -- 6			3982	2,14E+07	1,75E-02	398
6	6 -- 7		26616	30598	2,24E+07	1,75E-02	395
7	7 -- 8			30598	1,07E+08	1,70E-02	348
8	8 -- 9			30598	1,38E+08	1,67E-02	332
9	9 -- 10			30598	1,68E+08	1,63E-02	316
10	10 -- 11			30598	1,99E+08	1,60E-02	300
11	11 -- 12		25694	56292	2,59E+08	1,52E-02	270
12	12 -- 13			56292	3,17E+08	1,47E-02	255
13	13 -- 14			56292	4,01E+08	1,42E-02	234
14	14 -- 15			56292	4,85E+08	1,35E-02	214
15	15 -- 16			56292	6,52E+08	1,21E-02	177
16	16 -- 17		24532	80824	6,93E+08	1,19E-02	169
17	17 -- 18			80824	8,74E+08	1,09E-02	143
18	18 -- 19		6868	87692	1,02E+09	1,01E-02	124
19	19 -- 20			87692	1,07E+09	9,89E-03	119
20	20 -- 21			87692	1,27E+09	8,84E-03	98
21	21 -- 22			87692	1,53E+09	7,62E-03	74
22	22 -- 23			87692	1,79E+09	6,41E-03	54
23	23 -- 24			87692	2,05E+09	5,23E-03	37
24	24 -- 25			87692	2,31E+09	4,09E-03	23
25	25 -- 26			87692	2,57E+09	3,00E-03	13
26	26 -- 27			87692	2,82E+09	1,95E-03	6
27	27 -- 28			87692	3,08E+09	9,52E-04	1
28				87692	3,33E+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	3,50E-02	963
2	2 -- 3		12640	12640	1,31E+05	3,50E-02	938
3	3 -- 4			12640	2,86E+07	3,48E-02	861
4	4 -- 5			12640	4,76E+07	3,45E-02	811
5	5 -- 6			12640	6,66E+07	3,42E-02	761
6	6 -- 7		47048	59688	6,94E+07	3,41E-02	754
7	7 -- 8			59688	2,35E+08	3,29E-02	664
8	8 -- 9			59688	2,94E+08	3,22E-02	632
9	9 -- 10			59688	3,54E+08	3,15E-02	601
10	10 -- 11			59688	4,13E+08	3,07E-02	571
11	11 -- 12		44844	104532	5,32E+08	2,91E-02	514
12	12 -- 13			104532	6,39E+08	2,82E-02	486
13	13 -- 14			104532	7,94E+08	2,70E-02	446
14	14 -- 15			104532	9,50E+08	2,58E-02	407
15	15 -- 16			104532	1,26E+09	2,31E-02	336
16	16 -- 17		42058	146590	1,34E+09	2,26E-02	320
17	17 -- 18			146590	1,67E+09	2,08E-02	273
18	18 -- 19		20718	167308	1,94E+09	1,92E-02	237
19	19 -- 20			167308	2,02E+09	1,88E-02	227
20	20 -- 21			167308	2,42E+09	1,68E-02	186
21	21 -- 22			167308	2,91E+09	1,45E-02	141
22	22 -- 23			167308	3,40E+09	1,22E-02	102
23	23 -- 24			167308	3,90E+09	9,95E-03	70
24	24 -- 25			167308	4,39E+09	7,79E-03	44
25	25 -- 26			167308	4,88E+09	5,71E-03	24
26	26 -- 27			167308	5,37E+09	3,71E-03	11
27	27 -- 28			167308	5,86E+09	1,81E-03	3
28				167308	6,34E+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	1,63E-02	457
2	2 -- 3		3804	3804	6,09E+04	1,63E-02	446
3	3 -- 4			3804	8,75E+06	1,62E-02	410
4	4 -- 5			3804	1,45E+07	1,61E-02	386
5	5 -- 6			3804	2,04E+07	1,60E-02	363
6	6 -- 7		24116	27920	2,13E+07	1,60E-02	360
7	7 -- 8			27920	9,88E+07	1,55E-02	317
8	8 -- 9			27920	1,27E+08	1,52E-02	302
9	9 -- 10			27920	1,54E+08	1,49E-02	288
10	10 -- 11			27920	1,82E+08	1,46E-02	274
11	11 -- 12		23282	51202	2,38E+08	1,39E-02	247
12	12 -- 13			51202	2,90E+08	1,34E-02	233
13	13 -- 14			51202	3,66E+08	1,29E-02	214
14	14 -- 15			51202	4,42E+08	1,23E-02	195
15	15 -- 16			51202	5,95E+08	1,11E-02	161
16	16 -- 17		22238	73440	6,32E+08	1,08E-02	154
17	17 -- 18			73440	7,97E+08	9,97E-03	131
18	18 -- 19		6682	80122	9,32E+08	9,24E-03	114
19	19 -- 20			80122	9,73E+08	9,02E-03	109
20	20 -- 21			80122	1,16E+09	8,06E-03	89
21	21 -- 22			80122	1,40E+09	6,95E-03	68
22	22 -- 23			80122	1,63E+09	5,85E-03	49
23	23 -- 24			80122	1,87E+09	4,78E-03	33
24	24 -- 25			80122	2,11E+09	3,74E-03	21
25	25 -- 26			80122	2,34E+09	2,74E-03	12
26	26 -- 27			80122	2,58E+09	1,78E-03	5
27	27 -- 28			80122	2,81E+09	8,69E-04	1
28				80122	3,04E+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	7,78E-03	154
2	2 -- 3				5,68E+06	7,78E-03	149
3	3 -- 4				5,68E+06	7,69E-03	132
4	4 -- 5				5,68E+06	7,65E-03	120
5	5 -- 6				5,68E+06	7,62E-03	109
6	6 -- 7				1,38E+08	7,61E-03	108
7	7 -- 8				1,38E+08	6,45E-03	89
8	8 -- 9				1,38E+08	6,11E-03	83
9	9 -- 10				1,38E+08	5,80E-03	77
10	10 -- 11				1,38E+08	5,53E-03	72
11	11 -- 12				2,69E+08	5,06E-03	62
12	12 -- 13				2,69E+08	4,63E-03	57
13	13 -- 14				2,69E+08	4,19E-03	50
14	14 -- 15				2,69E+08	3,80E-03	44
15	15 -- 16				2,69E+08	3,15E-03	34
16	16 -- 17				4,01E+08	3,04E-03	32
17	17 -- 18				4,01E+08	2,56E-03	26
18	18 -- 19				4,16E+08	2,22E-03	22
19	19 -- 20				4,16E+08	2,12E-03	21
20	20 -- 21				4,16E+08	1,75E-03	16
21	21 -- 22				4,16E+08	1,39E-03	12
22	22 -- 23				4,16E+08	1,09E-03	8
23	23 -- 24				4,16E+08	8,30E-04	5
24	24 -- 25				4,16E+08	6,13E-04	3
25	25 -- 26				4,16E+08	4,26E-04	2
26	26 -- 27				4,16E+08	2,64E-04	1
27	27 -- 28				4,16E+08	1,23E-04	0
28					4,16E+08	0,00E+00	0

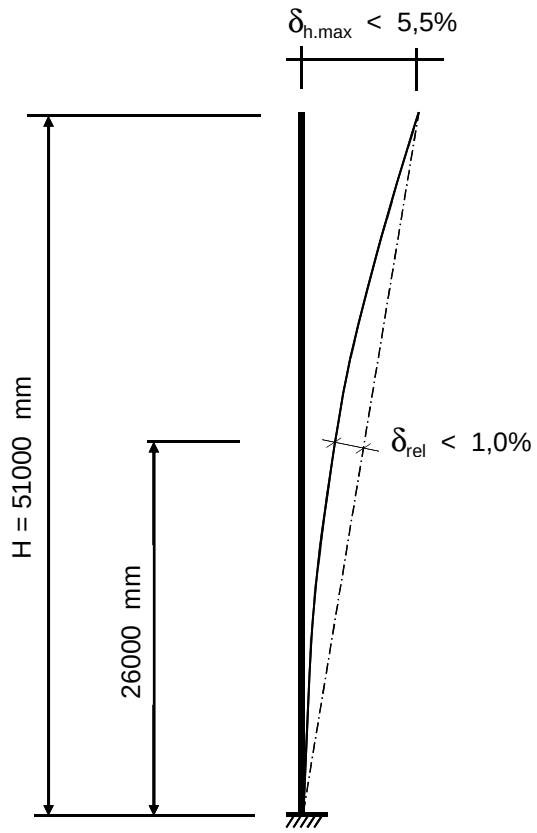
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	Q_k =	1,00
Windbelasting mastlichaam	Q_{wk} =	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	5,6E-02	1511
2	2 -- 3	5,6E-02	1472
3	3 -- 4	5,6E-02	1349
4	4 -- 5	5,6E-02	1268
5	5 -- 6	5,5E-02	1188
6	6 -- 7	5,5E-02	1177
7	7 -- 8	5,2E-02	1031
8	8 -- 9	5,1E-02	981
9	9 -- 10	5,0E-02	932
10	10 -- 11	4,9E-02	885
11	11 -- 12	4,6E-02	794
12	12 -- 13	4,4E-02	749
13	13 -- 14	4,2E-02	686
14	14 -- 15	4,0E-02	626
15	15 -- 16	3,6E-02	515
16	16 -- 17	3,5E-02	490
17	17 -- 18	3,2E-02	416
18	18 -- 19	3,0E-02	361
19	19 -- 20	2,9E-02	346
20	20 -- 21	2,6E-02	283
21	21 -- 22	2,2E-02	214
22	22 -- 23	1,9E-02	155
23	23 -- 24	1,5E-02	106
24	24 -- 25	1,2E-02	67
25	25 -- 26	8,7E-03	37
26	26 -- 27	5,6E-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 = 1511 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 2,96 % voldoet , max verpl. < 5,5 %

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

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

Knoop 18 ; Hoogte = 26000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 361 mm
α = 1,70 graden

δ_{rel} = 410 mm ----> δ_h *100 / 51000

Percentage uitbuig. = 0,80 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	785	360	0	0,00E+00	8,35E-03	243
2	2 -- 3	2584	6516	785	2,75E+05	8,35E-03	237
3	3 -- 4	1797	11102	3369	4,84E+06	8,32E-03	219
4	4 -- 5	1869	14377	5166	1,10E+07	8,26E-03	207
5	5 -- 6	263	17852	7035	1,99E+07	8,17E-03	195
6	6 -- 7	3683	53617	7298	2,13E+07	8,16E-03	193
7	7 -- 8	1375	60672	10982	4,60E+07	7,88E-03	171
8	8 -- 9	1403	63367	12356	5,73E+07	7,75E-03	164
9	9 -- 10	1431	66151	13760	6,99E+07	7,61E-03	156
10	10 -- 11	2892	69024	15191	8,39E+07	7,46E-03	149
11	11 -- 12	1562	110200	18083	1,15E+08	7,12E-03	135
12	12 -- 13	2312	113447	19645	1,34E+08	6,92E-03	128
13	13 -- 14	2365	119458	21957	1,65E+08	6,68E-03	118
14	14 -- 15	4877	125720	24322	1,98E+08	6,41E-03	109
15	15 -- 16	1204	138994	29199	2,76E+08	5,85E-03	91
16	16 -- 17	3845	178253	30403	2,97E+08	5,72E-03	87
17	17 -- 18	3207	191245	34248	3,68E+08	5,33E-03	75
18	18 -- 19	883	211953	37454	4,32E+08	4,99E-03	65
19	19 -- 20	4177	222598	38338	4,51E+08	4,89E-03	63
20	20 -- 21	5336	237675	42515	5,44E+08	4,44E-03	52
21	21 -- 22	5365	259903	47850	6,75E+08	3,91E-03	40
22	22 -- 23	5332	283466	53215	8,22E+08	3,37E-03	30
23	23 -- 24	5216	308364	58547	9,84E+08	2,82E-03	21
24	24 -- 25	4984	334598	63762	1,16E+09	2,26E-03	13
25	25 -- 26	4574	362167	68747	1,35E+09	1,69E-03	7
26	26 -- 27	3838	391070	73321	1,56E+09	1,13E-03	3
27	27 -- 28	3841	421309	77159	1,78E+09	5,62E-04	1
28			465353	81001	2,01E+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	5,76E-02	1613
2	2 -- 3		14692	14692	0,00E+00	5,76E-02	1572
3	3 -- 4			14692	3,23E+07	5,74E-02	1446
4	4 -- 5			14692	5,36E+07	5,71E-02	1363
5	5 -- 6			14692	7,49E+07	5,67E-02	1280
6	6 -- 7		87968	102660	7,79E+07	5,67E-02	1269
7	7 -- 8			102660	3,55E+08	5,48E-02	1118
8	8 -- 9			102660	4,54E+08	5,38E-02	1065
9	9 -- 10			102660	5,54E+08	5,27E-02	1014
10	10 -- 11			102660	6,53E+08	5,15E-02	963
11	11 -- 12		82866	185526	8,48E+08	4,89E-02	868
12	12 -- 13			185526	1,03E+09	4,74E-02	820
13	13 -- 14			185526	1,30E+09	4,55E-02	752
14	14 -- 15			185526	1,57E+09	4,34E-02	688
15	15 -- 16			185526	2,11E+09	3,90E-02	568
16	16 -- 17		76396	261922	2,24E+09	3,81E-02	541
17	17 -- 18			261922	2,82E+09	3,51E-02	460
18	18 -- 19		23198	285120	3,29E+09	3,25E-02	399
19	19 -- 20			285120	3,43E+09	3,17E-02	383
20	20 -- 21			285120	4,09E+09	2,83E-02	314
21	21 -- 22			285120	4,91E+09	2,44E-02	237
22	22 -- 23			285120	5,74E+09	2,05E-02	172
23	23 -- 24			285120	6,57E+09	1,68E-02	118
24	24 -- 25			285120	7,39E+09	1,31E-02	74
25	25 -- 26			285120	8,22E+09	9,62E-03	41
26	26 -- 27			285120	9,05E+09	6,26E-03	18
27	27 -- 28			285120	9,87E+09	3,05E-03	4
28				285120	1,07E+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	2,20E-02	618
2	2 -- 3		5150	5150	0,00E+00	2,20E-02	602
3	3 -- 4			5150	1,13E+07	2,19E-02	554
4	4 -- 5			5150	1,88E+07	2,18E-02	522
5	5 -- 6			5150	2,63E+07	2,16E-02	491
6	6 -- 7		33594	38744	2,73E+07	2,16E-02	487
7	7 -- 8			38744	1,32E+08	2,09E-02	429
8	8 -- 9			38744	1,69E+08	2,06E-02	409
9	9 -- 10			38744	2,07E+08	2,01E-02	389
10	10 -- 11			38744	2,44E+08	1,97E-02	370
11	11 -- 12		32278	71022	3,18E+08	1,87E-02	334
12	12 -- 13			71022	3,89E+08	1,82E-02	315
13	13 -- 14			71022	4,92E+08	1,74E-02	289
14	14 -- 15			71022	5,95E+08	1,67E-02	264
15	15 -- 16			71022	8,01E+08	1,50E-02	218
16	16 -- 17		30620	101642	8,51E+08	1,46E-02	208
17	17 -- 18			101642	1,07E+09	1,35E-02	177
18	18 -- 19		8724	110366	1,26E+09	1,25E-02	154
19	19 -- 20			110366	1,31E+09	1,22E-02	148
20	20 -- 21			110366	1,57E+09	1,09E-02	121
21	21 -- 22			110366	1,89E+09	9,40E-03	91
22	22 -- 23			110366	2,21E+09	7,91E-03	66
23	23 -- 24			110366	2,53E+09	6,46E-03	45
24	24 -- 25			110366	2,85E+09	5,06E-03	29
25	25 -- 26			110366	3,17E+09	3,71E-03	16
26	26 -- 27			110366	3,49E+09	2,41E-03	7
27	27 -- 28			110366	3,81E+09	1,18E-03	2
28				110366	4,13E+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	4,64E-02	1274
2	2 -- 3		17516	17516	0,00E+00	4,64E-02	1242
3	3 -- 4			17516	3,85E+07	4,61E-02	1140
4	4 -- 5			17516	6,39E+07	4,57E-02	1074
5	5 -- 6			17516	8,93E+07	4,53E-02	1008
6	6 -- 7		63474	80990	9,28E+07	4,52E-02	999
7	7 -- 8			80990	3,12E+08	4,35E-02	879
8	8 -- 9			80990	3,90E+08	4,26E-02	837
9	9 -- 10			80990	4,68E+08	4,17E-02	796
10	10 -- 11			80990	5,46E+08	4,06E-02	756
11	11 -- 12		60334	141324	7,00E+08	3,85E-02	681
12	12 -- 13			141324	8,42E+08	3,73E-02	643
13	13 -- 14			141324	1,05E+09	3,57E-02	590
14	14 -- 15			141324	1,25E+09	3,41E-02	540
15	15 -- 16			141324	1,66E+09	3,06E-02	446
16	16 -- 17		56358	197682	1,76E+09	2,98E-02	425
17	17 -- 18			197682	2,20E+09	2,75E-02	361
18	18 -- 19		28460	226142	2,55E+09	2,55E-02	314
19	19 -- 20			226142	2,66E+09	2,49E-02	301
20	20 -- 21			226142	3,18E+09	2,22E-02	247
21	21 -- 22			226142	3,84E+09	1,92E-02	187
22	22 -- 23			226142	4,50E+09	1,62E-02	135
23	23 -- 24			226142	5,15E+09	1,32E-02	93
24	24 -- 25			226142	5,81E+09	1,03E-02	58
25	25 -- 26			226142	6,46E+09	7,57E-03	32
26	26 -- 27			226142	7,12E+09	4,93E-03	14
27	27 -- 28			226142	7,77E+09	2,41E-03	4
28				226142	8,43E+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	2,06E-02	580
2	2 -- 3		5042	5042	0,00E+00	2,06E-02	566
3	3 -- 4			5042	1,11E+07	2,06E-02	520
4	4 -- 5			5042	1,84E+07	2,05E-02	491
5	5 -- 6			5042	2,57E+07	2,03E-02	461
6	6 -- 7		31326	36368	2,67E+07	2,03E-02	457
7	7 -- 8			36368	1,25E+08	1,97E-02	403
8	8 -- 9			36368	1,60E+08	1,93E-02	384
9	9 -- 10			36368	1,95E+08	1,89E-02	366
10	10 -- 11			36368	2,30E+08	1,85E-02	347
11	11 -- 12		30118	66486	2,99E+08	1,76E-02	313
12	12 -- 13			66486	3,66E+08	1,71E-02	296
13	13 -- 14			66486	4,62E+08	1,64E-02	272
14	14 -- 15			66486	5,59E+08	1,56E-02	248
15	15 -- 16			66486	7,52E+08	1,41E-02	205
16	16 -- 17		28600	95086	7,98E+08	1,37E-02	195
17	17 -- 18			95086	1,01E+09	1,27E-02	166
18	18 -- 19		8704	103790	1,18E+09	1,17E-02	144
19	19 -- 20			103790	1,23E+09	1,15E-02	139
20	20 -- 21			103790	1,47E+09	1,02E-02	114
21	21 -- 22			103790	1,77E+09	8,83E-03	86
22	22 -- 23			103790	2,07E+09	7,43E-03	62
23	23 -- 24			103790	2,37E+09	6,07E-03	43
24	24 -- 25			103790	2,67E+09	4,75E-03	27
25	25 -- 26			103790	2,97E+09	3,48E-03	15
26	26 -- 27			103790	3,28E+09	2,27E-03	7
27	27 -- 28			103790	3,58E+09	1,11E-03	2
28				103790	3,88E+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	9,20E-03	182
2	2 -- 3				6,73E+06	9,20E-03	176
3	3 -- 4				6,73E+06	9,10E-03	156
4	4 -- 5				6,73E+06	9,05E-03	142
5	5 -- 6				6,73E+06	9,01E-03	129
6	6 -- 7				1,63E+08	9,01E-03	128
7	7 -- 8				1,63E+08	7,63E-03	105
8	8 -- 9				1,63E+08	7,23E-03	98
9	9 -- 10				1,63E+08	6,86E-03	91
10	10 -- 11				1,63E+08	6,54E-03	85
11	11 -- 12				3,19E+08	5,98E-03	73
12	12 -- 13				3,19E+08	5,48E-03	67
13	13 -- 14				3,19E+08	4,96E-03	59
14	14 -- 15				3,19E+08	4,50E-03	53
15	15 -- 16				3,19E+08	3,73E-03	41
16	16 -- 17				4,75E+08	3,59E-03	38
17	17 -- 18				4,75E+08	3,03E-03	31
18	18 -- 19				4,92E+08	2,63E-03	26
19	19 -- 20				4,92E+08	2,51E-03	24
20	20 -- 21				4,92E+08	2,07E-03	19
21	21 -- 22				4,92E+08	1,64E-03	14
22	22 -- 23				4,92E+08	1,28E-03	10
23	23 -- 24				4,92E+08	9,82E-04	6
24	24 -- 25				4,92E+08	7,25E-04	4
25	25 -- 26				4,92E+08	5,04E-04	2
26	26 -- 27				4,92E+08	3,13E-04	1
27	27 -- 28				4,92E+08	1,46E-04	0
28					4,92E+08	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	6,52	17,75	25,67
3	3 -- 4	11,10	18,53	65,58
4	4 -- 5	14,38	20,20	92,83
5	5 -- 6	17,85	22,20	120,88
6	6 -- 7	53,62	110,44	387,28
7	7 -- 8	60,67	114,37	613,36
8	8 -- 9	63,37	115,84	695,03
9	9 -- 10	66,15	117,34	790,78
10	10 -- 11	69,02	118,86	904,94
11	11 -- 12	110,20	204,81	1289,67
12	12 -- 13	113,45	206,48	1495,32
13	13 -- 14	119,46	208,95	1796,51
14	14 -- 15	125,72	211,47	2101,31
15	15 -- 16	138,99	216,67	2722,11
16	16 -- 17	178,25	294,35	3030,20
17	17 -- 18	191,24	298,45	3682,28
18	18 -- 19	211,95	325,07	4239,65
19	19 -- 20	222,60	326,01	4402,42
20	20 -- 21	237,68	330,47	5157,38
21	21 -- 22	259,90	336,16	6123,99
22	22 -- 23	283,47	341,88	7107,15
23	23 -- 24	308,36	347,57	8106,86
24	24 -- 25	334,60	353,13	9122,88
25	25 -- 26	362,17	358,45	10154,67
26	26 -- 27	391,07	363,33	11201,25
27	27 -- 28	421,31	367,42	12260,84
28		465,35	371,52	13332,31

)* - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 9 t/m 27
)** - Maatgevende belastingcombinatie voor staven 1 t/m 8

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 / 889	25,67	6,52	39	25,9	839,9	0,03
2	500 / 889	65,58	11,10	123	67,2	1049,3	0,07
3	500 / 889	92,83	14,38	81	95,6	1200,0	0,08
4	500 / 889	120,88	17,85	80	125,1	1360,9	0,09
5	500 / 889	387,28	53,62	11	392,1	1383,9	0,29
6	500 / 889	613,36	60,67	146	627,0	1713,0	0,37
7	500 / 889	695,03	63,37	50	711,8	1839,4	0,39
8	500 / 889	790,78	66,15	49	810,8	1970,3	0,42
9	500 / 889	904,94	69,02	48	928,3	2105,6	0,45
10	500 / 889	1289,67	110,20	90	1323,0	2384,8	0,56
11	500 / 889	1495,32	113,45	45	1533,7	2538,7	0,61
12	889 / 1045	1796,51	119,46	63	1842,5	3429,5	0,55
13	889 / 1045	2101,31	125,72	60	2154,8	3730,4	0,59
14	889 / 1045	2722,11	138,99	111	2791,0	4370,1	0,65
15	1045 / 1246	3030,20	178,25	25	3103,5	5392,4	0,58
16	1045 / 1246	3682,28	191,24	74	3769,8	6023,7	0,63
17	1045 / 1246	4239,65	211,95	56	4338,9	6566,2	0,67
18	1045 / 1246	4402,42	222,60	15	4504,9	6721,1	0,68
19	1045 / 1246	5157,38	237,68	63	5274,8	7456,6	0,72
20	1246/ 1868	6123,99	259,90	69	6259,5	9333,6	0,68
21	1246/ 1868	7107,15	283,47	59	7259,4	10489,5	0,70
22	1246/ 1868	8106,86	308,36	49	8274,2	11712,9	0,72
23	1246/ 1868	9122,88	334,60	39	9303,3	13003,7	0,73
24	1246/ 1868	10154,67	362,17	30	10345,9	14362,1	0,73
25	1246/ 1868	11201,25	391,07	21	11400,6	15787,9	0,73
26	1246/ 1868	12260,84	421,31	12	12465,3	17281,2	0,73
27	1246/ 1868	13332,31	465,35	4	13538,7	18842,0	0,73

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	12,0	43,23	0,81	355	355
578	12,0	48,15	0,81	355	355
617	12,0	51,39	0,81	355	355
656	12,0	54,63	0,81	355	355
661	12,0	55,08	0,81	355	355
733	12,0	61,11	0,81	349	355
759	12,0	63,27	0,81	340	355
785	12,0	65,44	0,81	333	355
811	12,0	67,60	0,81	326	355
862	12,0	71,84	0,81	313	355
889	12,0	74,08	0,81	306	355
928	15,0	61,86	0,81	346	355
967	15,0	64,45	0,81	336	355
1045	15,0	69,63	0,81	319	355
1063	18,0	59,07	0,81	355	355
1122	18,0	62,35	0,81	344	355
1171	18,0	65,03	0,81	334	355
1184	18,0	65,78	0,81	332	355
1246	18,0	69,21	0,81	320	355
1323	20,0	66,17	0,81	330	355
1401	20,0	70,06	0,81	318	355
1479	20,0	73,95	0,81	307	355
1557	20,0	77,84	0,81	297	355
1635	20,0	81,73	0,81	288	355
1712	20,0	85,62	0,81	279	355
1790	20,0	89,51	0,81	272	355
1868	20,0	93,40	0,81	265	355

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 889	11,38	0,35	355	355	0,03
2	500 / 889	25,33	0,55	355	355	0,07
3	500 / 889	30,22	0,65	355	355	0,09
4	500 / 889	34,72	0,76	355	355	0,10
5	500 / 889	101,42	2,20	355	355	0,29
6	500 / 889	144,15	2,35	355	349	0,41
7	500 / 889	142,32	2,29	355	340	0,41
8	500 / 889	151,16	2,31	355	333	0,43
9	500 / 889	161,75	2,33	355	326	0,46
10	500 / 889	209,38	3,54	355	313	0,60
11	500 / 889	221,23	3,48	355	306	0,63
12	889 / 1045	199,18	2,84	355	346	0,57
13	889 / 1045	213,77	2,86	355	336	0,61
14	889 / 1045	245,01	2,98	355	319	0,70
15	1045 / 1246	208,07	3,04	355	355	0,59
16	1045 / 1246	234,63	3,15	355	344	0,67
17	1045 / 1246	244,80	3,32	355	334	0,70
18	1045 / 1246	251,16	3,47	355	332	0,72
19	1045 / 1246	264,33	3,51	355	320	0,76
20	1246/ 1868	253,06	3,27	355	330	0,72
21	1246/ 1868	260,23	3,36	355	318	0,74
22	1246/ 1868	264,80	3,46	355	307	0,76
23	1246/ 1868	267,43	3,56	355	297	0,77
24	1246/ 1868	268,59	3,66	355	288	0,77
25	1246/ 1868	268,62	3,76	355	279	0,77
26	1246/ 1868	267,77	3,87	355	272	0,77
27	1246/ 1868	266,23	4,09	355	265	0,77

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

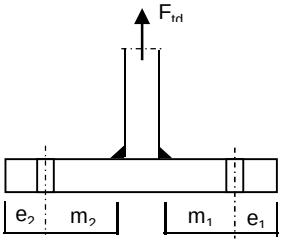
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

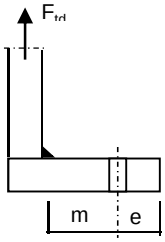
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

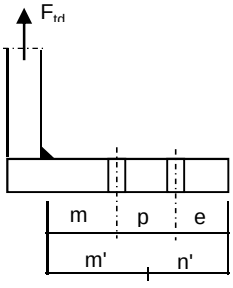
Flenzen en voetplaat:



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		2028					
st.c binnenkant		1668					
1848	48	591,51	7,74	28	M 48 - 8,8	848,4	0,70
flenzen op 25,5 m hoogte.							
st.c buitenkant		995,00					
995,00	24	728,15	13,58	19	M 48 - 10,9	1060,6	0,69

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							
2028,00	1668,00	73,2	100,0	91,5			218,3
2028,00	1668,00	73,2	100,0	91,5			265,5
flenzen op 25,5 m hoogte.							
995,00	995,0	69,7	60,0	60,0			130,2
995,00	995,0	69,7	60,0	60,0			130,2

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
60	6,58E+07	3596,67	1741,98	1696,90	1696,90	1183,02	0,70
60	8,00E+07	4372,93	1914,48	1696,90	1696,90	1183,02	0,70
flenzen op 25,5 m hoogte.							
80	6,98E+07	2002,86	1028,78	2121,12	1028,78	728,15	0,71
80	6,98E+07	2002,86	1028,78	2121,12	1028,78	728,15	0,71

Krachten in kN

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 1868	0,64	1,184	0,18	4,24

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	1069	1,000		1,000			
2	1044	0,976	1 -- 2	0,988	114	434	782,8
3	965	0,902	2 -- 3	0,939	382		173,7
4	913	0,854	3 -- 4	0,878	273		188,2
5	861	0,806	4 -- 5	0,830	290		199,7
6	854	0,799	5 -- 6	0,802	41	2982	15115,3
7	760	0,711	6 -- 7	0,755	588		217,8
8	727	0,680	7 -- 8	0,695	225		232,3
9	694	0,649	8 -- 9	0,665	232		240,0
10	662	0,620	9 -- 10	0,635	239		247,7
11	602	0,563	10 -- 11	0,591	492	2982	1828,4
12	571	0,534	11 -- 12	0,548	271		270,6
13	527	0,493	12 -- 13	0,513	501		345,5
14	485	0,454	13 -- 14	0,473	522		359,9
15	406	0,380	14 -- 15	0,417	1106		381,5
16	388	0,363	15 -- 16	0,372	332	2982	4734,6
17	334	0,312	16 -- 17	0,338	1083		492,1
18	293	0,274	17 -- 18	0,293	929	808	964,7
19	281	0,263	18 -- 19	0,268	259	628	1774,1
20	233	0,218	19 -- 20	0,241	1256		546,3
21	179	0,168	20 -- 21	0,193	1852		638,7
22	132	0,123	21 -- 22	0,145	1964		677,1
23	92	0,086	22 -- 23	0,105	2075		715,5
24	59	0,055	23 -- 24	0,070	2186		753,8
25	33	0,031	24 -- 25	0,043	2297		792,2
26	15	0,014	25 -- 26	0,022	2409		830,6
27	4	0,003	26 -- 27	0,009	2520		868,9
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	2631	1039	1265,6

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	$\phi_i^2 * (s)$	$\phi_i^2 *(s)*m$	$\phi_i * (s)$
1 -- 2	783	0,988	0,700	0,68	535,10	0,69
2 -- 3	174	0,939	2,200	1,94	337,28	2,07
3 -- 4	188	0,878	1,450	1,12	210,45	1,27
4 -- 5	200	0,830	1,450	1,00	199,39	1,20
5 -- 6	15115	0,802	0,200	0,13	1946,16	0,16
6 -- 7	218	0,755	2,700	1,54	335,02	2,04
7 -- 8	232	0,695	0,967	0,47	108,55	0,67
8 -- 9	240	0,665	0,967	0,43	102,47	0,64
9 -- 10	248	0,635	0,967	0,39	96,38	0,61
10 -- 11	1828	0,591	1,900	0,66	1213,96	1,12
11 -- 12	271	0,548	1,000	0,30	81,32	0,55
12 -- 13	345	0,513	1,450	0,38	132,05	0,74
13 -- 14	360	0,473	1,450	0,33	116,96	0,69
14 -- 15	381	0,417	2,900	0,50	192,24	1,21
15 -- 16	4735	0,372	0,700	0,10	457,45	0,26
16 -- 17	492	0,338	2,200	0,25	123,51	0,74
17 -- 18	965	0,293	1,800	0,15	149,08	0,53
18 -- 19	1774	0,268	0,500	0,04	63,93	0,13
19 -- 20	546	0,241	2,300	0,13	72,87	0,55
20 -- 21	639	0,193	2,900	0,11	68,97	0,56
21 -- 22	677	0,145	2,900	0,06	41,54	0,42
22 -- 23	715	0,105	2,900	0,03	22,67	0,30
23 -- 24	754	0,070	2,900	0,01	10,81	0,20
24 -- 25	792	0,043	2,900	0,01	4,23	0,12
25 -- 26	831	0,022	2,900	0,00	1,20	0,06
26 -- 27	869	0,009	2,900	0,00	0,19	0,03
27 -- 28	1266	0,002	2,900	0,00	0,01	0,01
		Σ	51,00	10,76	6623,77	17,60

m_e = 6623,8 / 10,8 = 615,5 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 / 1868	615,5	0,030	1,25	1,184	21,1

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 = 21,1

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 = 17,60 / (4 * π * 10,76) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,184 * 4,24 / $15*10^{-6}$ = 3,3E+05

C_{lat} = 0,59

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 = 7,10 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,23 / 17,60 = 0,35

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,047 * 0,130 * 0,35 * 0,592730 = 0,040

$y_{F;max}$ = 1,184 * 0,040 = 0,047 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		83468	83468	0,00E+00	5,2E-02	1000
2	2 -- 3			83468	5,84E+07	5,2E-02	964
3	3 -- 4			83468	2,42E+08	4,9E-02	852
4	4 -- 5			83468	3,63E+08	4,7E-02	782
5	5 -- 6			83468	4,84E+08	4,5E-02	715
6	6 -- 7			83468	5,01E+08	4,4E-02	706
7	7 -- 8			83468	7,26E+08	3,9E-02	593
8	8 -- 9			83468	8,07E+08	3,7E-02	556
9	9 -- 10			83468	8,88E+08	3,5E-02	521
10	10 -- 11			83468	9,68E+08	3,3E-02	488
11	11 -- 12			83468	1,13E+09	3,0E-02	428
12	12 -- 13			83468	1,21E+09	2,8E-02	399
13	13 -- 14			83468	1,33E+09	2,6E-02	360
14	14 -- 15			83468	1,45E+09	2,4E-02	324
15	15 -- 16			83468	1,69E+09	2,0E-02	259
16	16 -- 17			83468	1,75E+09	1,9E-02	246
17	17 -- 18			83468	1,94E+09	1,7E-02	205
18	18 -- 19			83468	2,09E+09	1,6E-02	176
19	19 -- 20			83468	2,13E+09	1,5E-02	168
20	20 -- 21			83468	2,32E+09	1,3E-02	136
21	21 -- 22			83468	2,56E+09	1,1E-02	101
22	22 -- 23			83468	2,80E+09	9,0E-03	72
23	23 -- 24			83468	3,05E+09	7,2E-03	49
24	24 -- 25			83468	3,29E+09	5,5E-03	31
25	25 -- 26			83468	3,53E+09	4,0E-03	17
26	26 -- 27			83468	3,77E+09	2,5E-03	7
27	27 -- 28			83468	4,01E+09	1,2E-03	2
28	28 -- 29			83468	4,26E+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	2365830	25	0,0473	2,3
2	578	12,0	2955694	82	0,0473	7,8
3	617	12,0	3380356	107	0,0473	10,2
4	656	12,0	3833533	126	0,0473	12,0
5	661	12,0	3898278	128	0,0473	12,2
6	733	12,0	4825429	150	0,0473	14,2
7	759	12,0	5181408	156	0,0473	14,7
8	785	12,0	5550059	160	0,0473	15,1
9	811	12,0	5931383	163	0,0473	15,5
10	862	12,0	6717818	168	0,0473	15,9
11	889	12,0	7151396	169	0,0473	16,0
12	928	15,0	9660615	138	0,0473	13,0
13	967	15,0	10508108	138	0,0473	13,1
14	1045	15,0	12310025	138	0,0473	13,0
15	1063	18,0	15189842	115	0,0473	10,9
16	1122	18,0	16968157	114	0,0473	10,8
17	1171	18,0	18496378	113	0,0473	10,7
18	1184	18,0	18932581	112	0,0473	10,6
19	1246	18,0	21004621	110	0,0473	10,5
20	1323	20,0	26291746	97	0,0473	9,2
21	1401	20,0	29547804	95	0,0473	9,0
22	1479	20,0	32993959	92	0,0473	8,7
23	1557	20,0	36630211	90	0,0473	8,5
24	1635	20,0	40456561	87	0,0473	8,3
25	1712	20,0	44473007	85	0,0473	8,0
26	1790	20,0	48679552	82	0,0473	7,8
27	1868	20,0	53076194	80	0,0473	7,6

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 0,64 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 4,24 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 = 47,448 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 = 6,18 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 0,64 * [4,24 / 6,18]^2 * \exp[-(4,24 / 6,18)^2]$ = 1,82E+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.

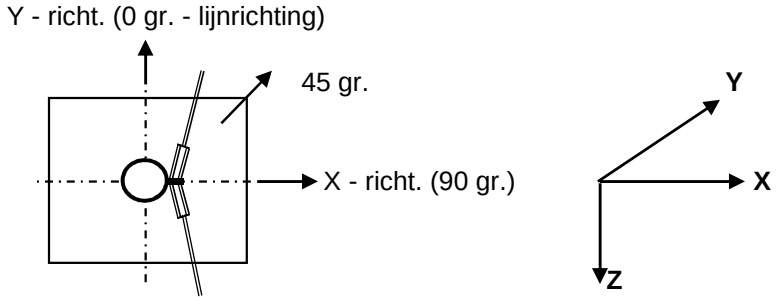
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	9,30 12,20	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
5	Lasnaad	14,35 14,60	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
7	Lasnaad	17,10	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
10	Lasnaad	18,55	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
12	Lasnaad	19,23	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
14	Lasnaad	15,70	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
15	Lasnaad	15,64	45	24,75	1,000E+10		
17	Lasnaad	12,97	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
19	flenzen	12,77	35	19,25	1,000E+10	1,82E+08	0,02
20	Lasnaad	12,55	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
21	Lasnaad	11,07	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
22	Lasnaad	10,78	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
23	Lasnaad	10,49	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
24	Lasnaad	10,20	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
25	Lasnaad	9,92	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
26	Lasnaad	9,64	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
27	Lasnaad	9,37	45	24,75	1,000E+10	1,82E+08	0,02
28	voetplaat	9,11	35	19,25	1,000E+10	1,82E+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			345			
2 - Windbelasting mast	86				2141	
3 - Belasting geval 1a	285		120		11192	
4 - Belasting geval 1b	110		128		4650	
5 - Belasting geval 3	226		231		9307	
6 - Belasting geval 4	104		150		4483	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	372		**465**		**13332**	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	127		473		5051	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	250		576		9909	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	120		495		4885	

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	9492	kNm	13332	kNm	13332	kNm
Dwarskracht	260	kN	372	kN	372	kN
Verticale kracht	389	kN	465	kN	350	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		2028,00					
st.c binnenkant		1668,00					
1848	48	591,51	7,74	28	M 48 - 8,8	848,45	0,70
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2028,00					
st.c binnenkant		1668,00					
1848	48	419,91	5,42	28	M 48 - 8,8	848,45	0,49

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 591,5 kN

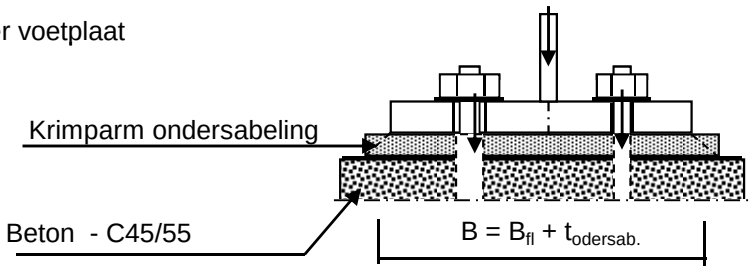
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 419,9 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 610,9 + 1,00 * 419,9 = 1030,8 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

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

B_{fl} = 380,0 mm D = 1848 mm

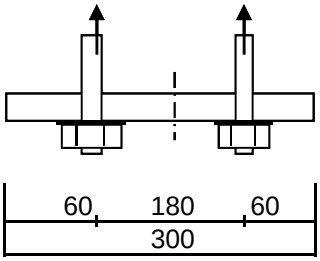
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 48

B = 420,0 mm

A_{voetpl} = 420 * 2*π*D / n = 101599 mm^2

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

B - drukspanning onder instortring

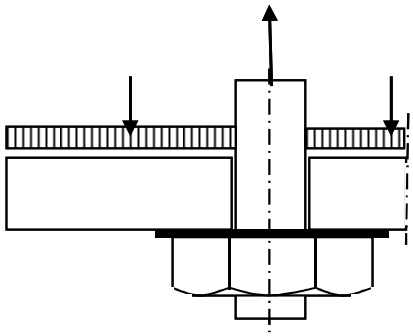


D = 1848 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 300 * $2*\pi*D / n$ = 72571 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 16,3 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

$M_{Ed;st}$ = 29343 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1467 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 36679 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 36679 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1467 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} = 36679 / 79875,0 = 0,46 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 163,0 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1467 / 6149 = 0,24 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 48,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (163,0^2 + 3*49,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 184 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage D en D2

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	17635	6416	145171	17635	6416	-145171
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17635	6410	145171	17635	6410	-145171
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17635	6403	145171	17635	6403	-145171
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2307	846	19061	2307	846	-19061
	Comp. gl	4782	1744	39484	4782	1744	-39484
1b	380C1F1 / 380C2F1	18775	7858	179579	18775	7858	-179579
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18775	7856	179579	18775	7856	-179579
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18775	7855	179579	18775	7855	-179579
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2444	1016	23200	2444	1016	-23200
	Comp. gl	5040	2068	47269	5040	2068	-47269
3	380C1F1 / 380C2F1	29677	10027	228713	29677	10027	-228713
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29677	10024	228713	29677	10024	-228713
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29677	10020	228713	29677	10020	-228713
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8767	2406	54819	8767	2406	-54819
	Comp. gl	17703	4840	110455	17703	4840	-110455
4	380C1F1 / 380C2F1	21591	7591	173508	21591	7591	-173508
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21591	7590	173508	21591	7590	-173508
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21591	7588	173508	21591	7588	-173508
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	3279	1122	25636	3279	1122	-25636
	Comp. gl	6721	2295	52466	6721	2295	-52466
6	380C1F1 / 380C2F1	19659	6892	157847	19659	6892	-157847
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19659	6892	157847	19659	6892	-157847
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	19659	6892	157847	19659	6892	-157847
	GW / opgw	2573	908	20791	2573	908	-20791
	Comp. gl	5335	1879	43036	5335	1879	-43036
1a	380C1F1 / 380C2F1	15923	27946	183051	15923	27946	-183051
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16075	26438	178462	16075	26438	-178462
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	16274	24520	172923	16274	24520	-172923
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2005	4581	27344	2005	4581	-27344
	Comp. gl	4346	7372	49352	4346	7372	-49352

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	18615	12741	181279	18615	12741	-181279
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18637	12375	181023	18637	12375	-181023
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18663	11915	180730	18663	11915	-180730
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2408	1872	23643	2408	1872	-23643
	Comp. gl	5003	3318	47716	5003	3318	-47716
3	380C1F1 / 380C2F1	29197	21970	235419	29197	21970	-235419
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29261	21079	234446	29261	21079	-234446
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29337	19958	233327	29337	19958	-233327
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8648	5893	56549	8648	5893	-56549
	Comp. gl	17571	9960	112266	17571	9960	-112266
4	380C1F1 / 380C2F1	21497	11970	174796	21497	11970	-174796
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21510	11639	174600	21510	11639	-174600
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21525	11226	174375	21525	11226	-174375
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	3261	1881	25899	3261	1881	-25899
	Comp. gl	6702	3409	52730	6702	3409	-52730
1a	380C1F1 / 380C2F1	14690	43984	239132	14690	43984	-239132
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14839	41433	229702	14839	41433	-229702
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15052	38198	217907	15052	38198	-217907
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1856	7346	37888	1856	7346	-37888
	Comp. gl	4011	11599	64312	4011	11599	-64312
1b	380C1F1 / 380C2F1	18273	16797	185466	18273	16797	-185466
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18339	16139	184622	18339	16139	-184622
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18417	15310	183647	18417	15310	-183647
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2338	2575	24675	2338	2575	-24675
	Comp. gl	4922	4362	48816	4922	4362	-48816
3	380C1F1 / 380C2F1	28308	31737	250537	28308	31737	-250537
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	28467	30167	247587	28467	30167	-247587
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	28662	28179	244125	28662	28179	-244125
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8429	8758	60454	8429	8758	-60454
	Comp. gl	17300	14230	116633	17300	14230	-116633
4	380C1F1 / 380C2F1	21289	15663	178051	21289	15663	-178051
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21330	15059	177389	21330	15059	-177389

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21377	14300	176629	21377	14300	-176629
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	3222	2521	26550	3222	2521	-26550
	Comp. gl	6659	4352	53415	6659	4352	-53415
1a	380C1F1 / 380C2F1	16257	24686	173387	16257	24686	-173387
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16394	23387	169821	16394	23387	-169821
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	16569	21738	165560	16569	21738	-165560
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2053	4023	25386	2053	4023	-25386
	Comp. gl	4434	6514	46808	4434	6514	-46808
1b	380C1F1 / 380C2F1	18661	11954	180754	18661	11954	-180754
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18677	11646	180574	18677	11646	-180574
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	18696	11260	180369	18696	11260	-180369
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2418	1734	23510	2418	1734	-23510
	Comp. gl	5014	3116	47578	5014	3116	-47578
3	380C1F1 / 380C2F1	29331	20054	233418	29331	20054	-233418
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	29378	19302	232725	29378	19302	-232725
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	29433	18357	231931	29433	18357	-231931
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8681	5333	56031	8681	5333	-56031
	Comp. gl	17609	9134	111709	17609	9134	-111709
4	380C1F1 / 380C2F1	21524	11261	174393	21524	11261	-174393
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21534	10984	174256	21534	10984	-174256
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	21545	10637	174099	21545	10637	-174099
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	3266	1758	25818	3266	1758	-25818
	Comp. gl	6708	3229	52646	6708	3229	-52646
1a	380C1F1 / 380C2F1	13532	5238	118131	13532	5238	-118131
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13532	5232	118131	13532	5232	-118131
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	13532	5224	118131	13532	5224	-118131
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1766	685	15377	1766	685	-15377
	Comp. gl	3663	1414	31921	3663	1414	-31921
1b	380C1F1 / 380C2F1	14692	6701	153065	14692	6701	-153065
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14692	6700	153065	14692	6700	-153065
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14692	6698	153065	14692	6698	-153065
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1902	854	19487	1902	854	-19487

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	3920	1736	39658	3920	1736	-39658
3	380C1F1 / 380C2F1	25733	9058	206491	25733	9058	-206491
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25733	9055	206491	25733	9055	-206491
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25733	9051	206492	25733	9051	-206492
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8273	2308	52570	8273	2308	-52570
	Comp. gl	16679	4638	105810	16679	4638	-105810
4	380C1F1 / 380C2F1	17553	6496	148429	17553	6496	-148429
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17553	6495	148429	17553	6495	-148429
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17553	6494	148429	17553	6494	-148429
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2752	981	22397	2752	981	-22397
	Comp. gl	5631	2004	45801	5631	2004	-45801
6	380C1F1 / 380C2F1	13533	5158	118134	13533	5158	-118134
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13533	5158	118134	13533	5158	-118134
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	13533	5158	118134	13533	5158	-118134
	GW / opgw	1766	671	15377	1766	671	-15377
	Comp. gl	3663	1394	31921	3663	1394	-31921
1a	380C1F1 / 380C2F1	11665	27059	167338	11665	27059	-167338
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11797	25562	161852	11797	25562	-161852
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	11976	23659	155112	11976	23659	-155112
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1463	4453	25667	1463	4453	-25667
	Comp. gl	3185	7122	44799	3185	7122	-44799
1b	380C1F1 / 380C2F1	14451	11898	155593	14451	11898	-155593
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14484	11511	155221	14484	11511	-155221
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14522	11024	154794	14522	11024	-154794
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1851	1757	20139	1851	1757	-20139
	Comp. gl	3865	3057	40328	3865	3057	-40328
3	380C1F1 / 380C2F1	25155	21260	214770	25155	21260	-214770
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25231	20355	213588	25231	20355	-213588
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25320	19214	212221	25320	19214	-212221
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8145	5819	54454	8145	5819	-54454
	Comp. gl	16535	9795	107795	16535	9795	-107795
4	380C1F1 / 380C2F1	17428	11017	150223	17428	11017	-150223

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17446	10677	149955	17446	10677	-149955
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17466	10249	149648	17466	10249	-149648
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2730	1759	22742	2730	1759	-22742
	Comp. gl	5607	3146	46153	5607	3146	-46153
1a	380C1F1 / 380C2F1	10739	43037	230164	10739	43037	-230164
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10840	40486	219962	10840	40486	-219962
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	10989	37256	207046	10989	37256	-207046
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1362	7220	37011	1362	7220	-37011
	Comp. gl	2930	11334	61668	2930	11334	-61668
1b	380C1F1 / 380C2F1	13976	16120	161522	13976	16120	-161522
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14064	15444	160346	14064	15444	-160346
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14170	14586	158976	14170	14586	-158976
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1761	2476	21569	1761	2476	-21569
	Comp. gl	3754	4142	41902	3754	4142	-41902
3	380C1F1 / 380C2F1	24164	31102	232728	24164	31102	-232728
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	24335	29529	229277	24335	29529	-229277
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	24548	27533	225197	24548	27533	-225197
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7917	8692	58639	7917	8692	-58639
	Comp. gl	16247	14086	112520	16247	14086	-112520
4	380C1F1 / 380C2F1	17162	14814	154588	17162	14814	-154588
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17213	14195	153710	17213	14195	-153710
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17274	13416	152695	17274	13416	-152695
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2683	2412	23570	2683	2412	-23570
	Comp. gl	5553	4112	47038	5553	4112	-47038
1a	380C1F1 / 380C2F1	11960	23823	155681	11960	23823	-155681
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12089	22533	151272	12089	22533	-151272
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	12260	20892	145911	12260	20892	-145911
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1500	3898	23433	1500	3898	-23433
	Comp. gl	3264	6269	41707	3264	6269	-41707
1b	380C1F1 / 380C2F1	14519	11066	154829	14519	11066	-154829
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14543	10739	154566	14543	10739	-154566
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	14571	10329	154265	14571	10329	-154265

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1865	1613	19947	1865	1613	-19947
	Comp. gl	3881	2844	40126	3881	2844	-40126
3	380C1F1 / 380C2F1	25313	19312	212333	25313	19312	-212333
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25369	18545	211485	25369	18545	-211485
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	25435	17582	210510	25435	17582	-210510
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8180	5256	53894	8180	5256	-53894
	Comp. gl	16576	8964	107188	16576	8964	-107188
4	380C1F1 / 380C2F1	17464	10286	149673	17464	10286	-149673
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17477	10000	149484	17477	10000	-149484
Permanent loads yg= 0.9	380C1F3 / 380C2F3	17491	9641	149269	17491	9641	-149269
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2736	1633	22637	2736	1633	-22637
	Comp. gl	5614	2961	46043	5614	2961	-46043

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14909	5617	127432	14909	5617	-127432
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14909	5613	127432	14909	5613	-127432
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14909	5608	127432	14909	5608	-127432
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	736	16643	1947	736	-16643
	Comp. gl	4039	1521	34520	4039	1521	-34520
1b	380C1F1 / 380C2F1	16061	7092	162158	16061	7092	-162158
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16061	7091	162158	16061	7091	-162158
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16061	7090	162158	16061	7090	-162158
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2084	909	20764	2084	909	-20764
	Comp. gl	4296	1849	42275	4296	1849	-42275
3	380C1F1 / 380C2F1	23225	8404	191833	23225	8404	-191833
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23225	8402	191833	23225	8402	-191833
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	23225	8400	191833	23225	8400	-191833
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6349	1903	43390	6349	1903	-43390
	Comp. gl	12838	3835	87551	12838	3835	-87551
4	380C1F1 / 380C2F1	17633	6513	148943	17633	6513	-148943
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17633	6513	148944	17633	6513	-148944
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17633	6512	148944	17633	6512	-148944
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2611	940	21496	2611	940	-21496
	Comp. gl	5362	1928	44096	5362	1928	-44096
1a	380C1F1 / 380C2F1	13779	20517	150416	13779	20517	-150416
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	13895	19455	147481	13895	19455	-147481
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14041	18107	143985	14041	18107	-143985
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1738	3325	21819	1738	3325	-21819
	Comp. gl	3755	5405	40473	3755	5405	-40473
1b	380C1F1 / 380C2F1	15967	10477	163093	15967	10477	-163093
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15980	10223	162950	15980	10223	-162950
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	15995	9904	162786	15995	9904	-162786
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2063	1500	21012	2063	1500	-21012
	Comp. gl	4274	2710	42523	4274	2710	-42523
3	380C1F1 / 380C2F1	22911	16694	196112	22911	16694	-196112

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22954	16073	195485	22954	16073	-195485
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	23004	15293	194766	23004	15293	-194766
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6264	4325	44620	6264	4325	-44620
	Comp. gl	12745	7389	88833	12745	7389	-88833
4	380C1F1 / 380C2F1	17577	9518	149698	17577	9518	-149698
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17585	9291	149581	17585	9291	-149581
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17594	9007	149448	17594	9007	-149448
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2600	1462	21657	2600	1462	-21657
	Comp. gl	5350	2693	44255	5350	2693	-44255
1a	380C1F1 / 380C2F1	12716	31782	188346	12716	31782	-188346
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12857	29997	181761	12857	29997	-181761
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	13052	27729	173623	13052	27729	-173623
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1598	5257	29216	1598	5257	-29216
	Comp. gl	3473	8373	50513	3473	8373	-50513
1b	380C1F1 / 380C2F1	15757	13308	165473	15757	13308	-165473
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15799	12847	164989	15799	12847	-164989
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	15847	12266	164432	15847	12266	-164432
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2019	1991	21611	2019	1991	-21611
	Comp. gl	4226	3434	43151	4226	3434	-43151
3	380C1F1 / 380C2F1	22299	23524	206006	22299	23524	-206006
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22412	22422	204054	22412	22422	-204054
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	22548	21029	201775	22548	21029	-201775
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6105	6320	47419	6105	6320	-47419
	Comp. gl	12550	10359	91941	12550	10359	-91941
4	380C1F1 / 380C2F1	17450	12058	151648	17450	12058	-151648
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17476	11641	151249	17476	11641	-151249
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17505	11119	150792	17505	11119	-150792
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2576	1902	22061	2576	1902	-22061
	Comp. gl	5323	3341	44677	5323	3341	-44677
1a	380C1F1 / 380C2F1	14029	18223	144275	14029	18223	-144275
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14127	17311	142050	14127	17311	-142050
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14248	16156	139423	14248	16156	-139423

W2S300+10 TOWER **APPENDIX: D2**

Loadcases for tower strength (serviceability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1777	2933	20521	1777	2933	-20521
	Comp. gl	3819	4802	38869	3819	4802	-38869
1b	380C1F1 / 380C2F1	15994	9931	162799	15994	9931	-162799
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16004	9717	162699	16004	9717	-162699
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16015	9449	162585	16015	9449	-162585
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2069	1404	20936	2069	1404	-20936
	Comp. gl	4281	2571	42445	4281	2571	-42445
3	380C1F1 / 380C2F1	22999	15360	194824	22999	15360	-194824
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	23031	14837	194380	23031	14837	-194380
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	23067	14181	193872	23067	14181	-193872
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6288	3936	44251	6288	3936	-44251
	Comp. gl	12771	6816	88439	12771	6816	-88439
4	380C1F1 / 380C2F1	17593	9031	149459	17593	9031	-149459
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17599	8841	149378	17599	8841	-149378
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	17606	8603	149285	17606	8603	-149285
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2603	1377	21607	2603	1377	-21607
	Comp. gl	5353	2569	44204	5353	2569	-44204

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2H300(+5)"

Mast 37

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2H300(+5)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage A, A1 en A2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2H300(+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 W2H300(+5) zijn de bijlage A en A1 (berekening maststerkte) en bijlage A2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 46,0 meter. De basis diameter van de mast is 2,863 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 20.35 meter en 25.65 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 REV 003 “Design Loads for Wintrack II – R380 BEV-VHZ & VHZ-BEV” 18 juli 2012.
Voor het masttype W2H300(+5) zijn de bijlage A en A1 (berekening maststerkte) en bijlage A2 (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 “W2H300(+5)”

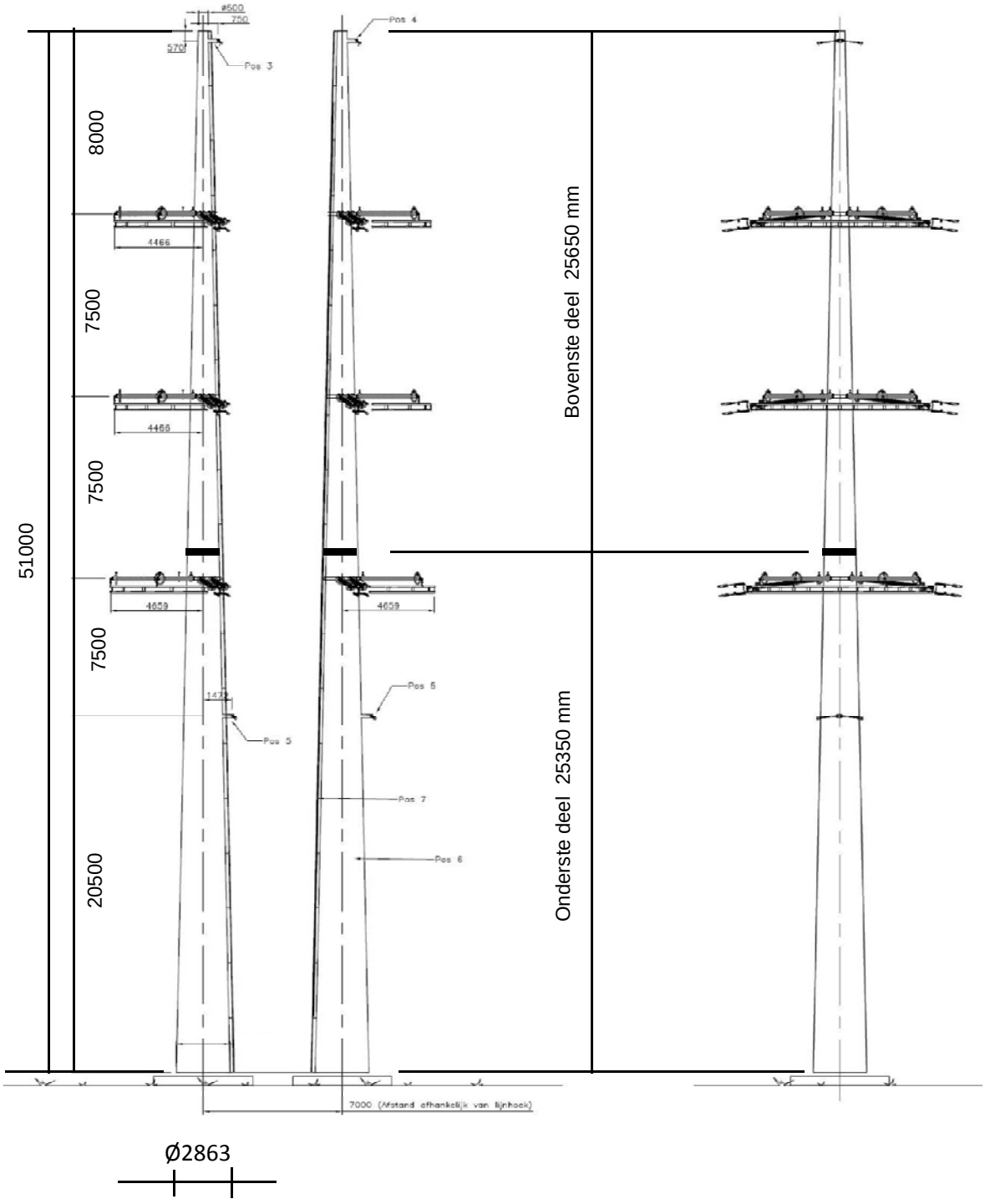
Berekening

W2H300+5

46,0 m - 2863 - 500

Mast 37

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2H300(+5)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

aantal staven	27	gem. breedte (m)	1,566

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	526	500	n.v.t.	2	1	45,72
2	2280	632	526	n.v.t.	2	1	44,29
3	1425	698	632	n.v.t.	2	1	42,44
4	1425	764	698	n.v.t.	2	1	41,01
5	2300	871	764	n.v.t.	2	1	39,15
6	550	896	871	n.v.t.	2	1	37,73
7	1425	962	896	n.v.t.	2	1	36,74
8	1425	1028	962	n.v.t.	2	1	35,31
9	2850	1160	1028	n.v.t.	2	1	33,18
10	1250	1218	1160	n.v.t.	2	1	31,13
11	1600	1293	1218	n.v.t.	2	1	29,70
12	2850	1425	1293	n.v.t.	2	1	27,48
13	2850	1557	1425	n.v.t.	2	1	24,63
14	200	1566	1557	n.v.t.	2	1	23,10
15	2650	1689	1566	n.v.t.	2	1	21,68
16	1455	1756	1689	n.v.t.	2	1	19,62
17	1455	1824	1756	n.v.t.	2	1	18,17
18	1940	1914	1756	n.v.t.	2	1	16,47
19	970	1959	1914	n.v.t.	2	1	15,02
20	1455	2026	1959	n.v.t.	2	1	13,80
21	1455	2093	2026	n.v.t.	2	1	12,35
22	1453	2161	2093	n.v.t.	2	1	10,89
23	1453	2228	2161	n.v.t.	2	1	9,44
24	1453	2295	2228	n.v.t.	2	1	7,99
25	1453	2363	2295	n.v.t.	2	1	6,54
26	2905	2497	2363	n.v.t.	2	1	4,36
27	2905	2632	2497	n.v.t.	2	1	1,45
	46000				28	27	

Profielgegevens

profielgegevens buisprofiel - Staal kwaliteit : S 355							
staaf	D (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	513	20,0	30989	243,27	9,44E+08	174,52	3,68E+06
2	579	20,0	35139	275,84	1,38E+09	197,85	4,75E+06
3	665	20,0	40534	318,19	2,11E+09	228,19	6,35E+06
4	731	20,0	44683	350,77	2,83E+09	251,53	7,73E+06
5	817	22,0	54980	431,59	4,35E+09	281,35	1,06E+07
6	884	22,0	59545	467,42	5,53E+09	304,70	1,25E+07
7	929	22,0	62708	492,26	6,46E+09	320,87	1,39E+07
8	995	22,0	67273	528,09	7,97E+09	344,22	1,60E+07
9	1094	22,0	74120	581,84	1,07E+10	379,23	1,95E+07
10	1189	22,0	80687	633,39	1,38E+10	412,82	2,31E+07
11	1255	22,0	85251	669,22	1,62E+10	436,17	2,58E+07
12	1359	22,0	92379	725,17	2,06E+10	472,62	3,04E+07
13	1491	22,0	101508	796,84	2,74E+10	519,32	3,67E+07
14	1561	22,0	106393	835,19	3,15E+10	544,30	4,04E+07
15	1627	22,0	110958	871,02	3,58E+10	567,65	4,39E+07
16	1723	22,0	117533	922,63	4,25E+10	601,28	4,93E+07
17	1790	22,0	122194	959,22	4,78E+10	625,12	5,34E+07
18	1835	22,0	125301	983,61	5,15E+10	641,02	5,61E+07
19	1936	22,0	132292	1038,49	6,06E+10	676,78	6,26E+07
20	1992	22,0	136176	1068,98	6,61E+10	696,64	6,63E+07
21	2060	22,0	140837	1105,57	7,31E+10	720,48	7,10E+07
22	2127	22,0	145494	1142,13	8,06E+10	744,31	7,58E+07
23	2194	22,0	150147	1178,65	8,86E+10	768,11	8,07E+07
24	2262	22,0	154800	1215,18	9,71E+10	791,91	8,58E+07
25	2329	22,0	159452	1251,70	1,06E+11	815,71	9,11E+07
26	2430	22,0	166432	1306,49	1,21E+11	851,41	9,93E+07
27	2565	22,0	175737	1379,54	1,42E+11	899,01	1,11E+08

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	46000	1 -- 2	1	570	3,10E+04	9,44E+08
2	45430	2 -- 3	2	2280	3,51E+04	1,38E+09
3	43150	3 -- 4	3	1425	4,05E+04	2,11E+09
4	41725	4 -- 5	4	1425	4,47E+04	2,83E+09
5	40300	5 -- 6	5	2300	5,50E+04	4,35E+09
6	38000	6 -- 7	6	550	5,95E+04	5,53E+09
7	37450	7 -- 8	7	1425	6,27E+04	6,46E+09
8	36025	8 -- 9	8	1425	6,73E+04	7,97E+09
9	34600	9 -- 10	9	2850	7,41E+04	1,07E+10
10	31750	10 -- 11	10	1250	8,07E+04	1,38E+10
11	30500	11 -- 12	11	1600	8,53E+04	1,62E+10
12	28900	12 -- 13	12	2850	9,24E+04	2,06E+10
13	26050	13 -- 14	13	2850	1,02E+05	2,74E+10
14	23200	14 -- 15	14	200	1,06E+05	3,15E+10
15	23000	15 -- 16	15	2650	1,11E+05	3,58E+10
16	20350	16 -- 17	16	1455	1,18E+05	4,25E+10
17	18895	17 -- 18	17	1455	1,22E+05	4,78E+10
18	17440	18 -- 19	18	1940	1,25E+05	5,15E+10
19	15500	19 -- 20	19	970	1,32E+05	6,06E+10
20	14530	20 -- 21	20	1455	1,36E+05	6,61E+10
21	13075	21 -- 22	21	1455	1,41E+05	7,31E+10
22	11620	22 -- 23	22	1453	1,45E+05	8,06E+10
23	10168	23 -- 24	23	1453	1,50E+05	8,86E+10
24	8715	24 -- 25	24	1453	1,55E+05	9,71E+10
25	7263	25 -- 26	25	1453	1,59E+05	1,06E+11
26	5810	26 -- 27	26	2905	1,66E+05	1,21E+11
27	2905	27 -- 28	27	2905	1,76E+05	1,42E+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	45,72	0,21	1,14	30,71	0,18	1349
2	44,29	0,21	1,13	30,53	0,19	1337
3	42,44	0,21	1,12	30,28	0,19	1322
4	41,01	0,21	1,11	30,09	0,19	1310
5	39,15	0,21	1,10	29,83	0,19	1294
6	37,73	0,21	1,10	29,62	0,19	1281
7	36,74	0,21	1,09	29,47	0,19	1272
8	35,31	0,21	1,08	29,25	0,19	1258
9	33,18	0,21	1,07	28,89	0,20	1236
10	31,13	0,21	1,06	28,53	0,20	1214
11	29,70	0,21	1,05	28,27	0,20	1198
12	27,48	0,21	1,03	27,83	0,20	1172
13	24,63	0,21	1,01	27,21	0,21	1136
14	23,10	0,21	0,99	26,85	0,21	1114
15	21,68	0,21	0,98	26,49	0,21	1094
16	19,62	0,21	0,96	25,92	0,22	1061
17	18,17	0,21	0,94	25,49	0,22	1036
18	16,47	0,21	0,92	24,93	0,23	1005
19	15,02	0,21	0,90	24,41	0,23	976
20	13,80	0,21	0,89	23,94	0,24	950
21	12,35	0,21	0,86	23,31	0,24	916
22	10,89	0,21	0,84	22,60	0,25	878
23	9,44	0,21	0,81	21,79	0,26	836
24	7,99	0,21	0,77	20,84	0,27	787
25	6,54	0,21	0,73	19,71	0,29	730
26	4,36	0,21	0,65	17,42	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	1472	300	0,30	0,00	1,05E-02	289,41
2	2 -- 3	6631	2930	4,70	0,59	1,05E-02	283,42
3	3 -- 4	4748		11,33	18,87	1,04E-02	259,50
4	4 -- 5	5212		16,08	38,40	1,04E-02	244,68
5	5 -- 6	10272		21,29	65,03	1,02E-02	230,01
6	6 -- 7	2653	22623	54,19	125,82	9,99E-03	206,72
7	7 -- 8	7228		56,84	156,35	9,93E-03	201,24
8	8 -- 9	7739		64,07	242,50	9,72E-03	187,23
9	9 -- 10	17010		71,81	339,32	9,47E-03	173,55
10	10 -- 11	8105		88,82	568,21	8,90E-03	147,30
11	11 -- 12	10948	23086	120,01	684,30	8,63E-03	136,34
12	12 -- 13	21095		130,96	885,08	8,26E-03	122,82
13	13 -- 14	23137		152,05	1288,37	7,55E-03	100,23
14	14 -- 15	1700		175,19	1754,69	6,80E-03	79,73
15	15 -- 16	23480	23549	200,44	1789,90	6,74E-03	78,37
16	16 -- 17	13643	9485	233,40	2352,17	6,01E-03	61,42
17	17 -- 18	14175		247,05	2701,70	5,60E-03	52,97
18	18 -- 19	19373		261,22	3071,46	5,18E-03	45,11
19	19 -- 20	10219	5766	286,36	3597,03	4,59E-03	35,62
20	20 -- 21	15772		296,58	3879,75	4,30E-03	31,30
21	21 -- 22	16304		312,35	4322,75	3,87E-03	25,35
22	22 -- 23	16807		328,66	4789,08	3,44E-03	20,03
23	23 -- 24	17338		345,46	5278,66	3,01E-03	15,34
24	24 -- 25	17868		362,80	5793,04	2,58E-03	11,28
25	25 -- 26	18399		380,67	6332,98	2,14E-03	7,84
26	26 -- 27	38389		399,07	6899,27	1,71E-03	5,04
27	27 -- 28	40511		437,46	8114,32	8,54E-04	1,27
28			20082	498,05	9443,98	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	147,2	30,0	0,289	498,79	14,589
2	2 -- 3	663,1	293,0	0,283	2580,52	72,400
3	3 -- 4	474,8		0,260	1174,18	30,174
4	4 -- 5	521,2		0,245	1213,57	29,361
5	5 -- 6	1027,2		0,230	2200,35	48,979
6	6 -- 7	265,3	2262,3	0,207	5118,86	107,720
7	7 -- 8	722,8		0,201	1377,36	27,272
8	8 -- 9	773,9		0,187	1369,54	25,184
9	9 -- 10	1701,0		0,174	2677,01	43,778
10	10 -- 11	810,5		0,147	1127,62	16,302
11	11 -- 12	1094,8	2308,6	0,136	4479,51	61,299
12	12 -- 13	2109,5		0,123	2307,88	26,237
13	13 -- 14	2313,7		0,100	2042,30	18,732
14	14 -- 15	170,0		0,080	131,86	1,063
15	15 -- 16	2348,0	2354,9	0,078	3420,61	25,937
16	16 -- 17	1364,3	948,5	0,061	1336,99	8,041
17	17 -- 18	1417,5		0,053	681,90	3,409
18	18 -- 19	1937,3		0,045	767,12	3,156
19	19 -- 20	1021,9	576,6	0,036	536,90	1,876
20	20 -- 21	1577,2		0,031	438,30	1,266
21	21 -- 22	1630,4		0,025	362,90	0,839
22	22 -- 23	1680,7		0,020	291,54	0,525
23	23 -- 24	1733,8		0,015	226,33	0,307
24	24 -- 25	1786,8		0,011	167,56	0,163
25	25 -- 26	1839,9		0,008	116,22	0,076
26	26 -- 27	3838,9		0,005	118,77	0,038
27	27 -- 28	4051,1		0,001	25,27	0,002
28			2008,2	0,000	0,00	0,000
				Som	36790	569

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

$n_{1,x}$	=	1,28	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	825	0,990	0,570	0,56	460,52	0,56
2 -- 3	291	0,938	2,280	2,01	583,43	2,14
3 -- 4	333	0,871	1,425	1,08	360,25	1,24
4 -- 5	366	0,820	1,425	0,96	350,56	1,17
5 -- 6	1430	0,755	2,300	1,31	1872,76	1,74
6 -- 7	482	0,705	0,550	0,27	131,81	0,39
7 -- 8	507	0,671	1,425	0,64	325,61	0,96
8 -- 9	543	0,623	1,425	0,55	300,68	0,89
9 -- 10	597	0,554	2,850	0,88	522,69	1,58
10 -- 11	2495	0,490	1,250	0,30	749,05	0,61
11 -- 12	684	0,448	1,600	0,32	219,47	0,72
12 -- 13	740	0,385	2,850	0,42	313,25	1,10
13 -- 14	812	0,311	2,850	0,28	223,65	0,89
14 -- 15	12625	0,273	0,200	0,01	188,39	0,05
15 -- 16	1244	0,242	2,650	0,15	192,30	0,64
16 -- 17	938	0,198	1,455	0,06	53,28	0,29
17 -- 18	974	0,169	1,455	0,04	40,70	0,25
18 -- 19	1296	0,139	1,940	0,04	48,90	0,27
19 -- 20	1053	0,116	0,970	0,01	13,66	0,11
20 -- 21	1084	0,098	1,455	0,01	15,11	0,14
21 -- 22	1121	0,078	1,455	0,01	10,02	0,11
22 -- 23	1157	0,061	1,453	0,01	6,27	0,09
23 -- 24	1194	0,046	1,453	0,00	3,67	0,07
24 -- 25	1230	0,033	1,453	0,00	1,95	0,05
25 -- 26	1267	0,022	1,453	0,00	0,91	0,03
26 -- 27	1321	0,011	2,905	0,00	0,46	0,03
27 -- 28	2086	0,002	2,905	0,00	0,03	0,01
		Σ	46,00	9,93	6989,38	16,12

m_e = 6989,4 / 9,9 = 703,8 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,28	Hz
b =	1,57	m
h =	46,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	27,60	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	69,38	

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

B^2 = 0,50

δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,036	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,048	
$v_m(z_s)$ =	27,85	m/s
$v_m(z)$ =	30,74	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3}$ = 0,07

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,89	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,83	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	24,31	
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 =	0,84
T =	600 s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	1,01 Hz

$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\}$ = 3,75

$c_s c_d$ = **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	30,7	1,05E+06	0,77	0,78	0,60
2	30,5	1,18E+06	0,77	0,78	0,60
3	30,3	1,34E+06	0,77	0,78	0,60
4	30,1	1,47E+06	0,77	0,78	0,60
5	29,8	1,63E+06	0,77	0,78	0,60
6	29,6	1,74E+06	0,77	0,78	0,60
7	29,5	1,83E+06	0,77	0,78	0,60
8	29,2	1,94E+06	0,76	0,78	0,60
9	28,9	2,11E+06	0,76	0,78	0,60
10	28,5	2,26E+06	0,76	0,78	0,60
11	28,3	2,37E+06	0,76	0,78	0,60
12	27,8	2,52E+06	0,76	0,78	0,60
13	27,2	2,70E+06	0,76	0,78	0,59
14	26,8	2,79E+06	0,76	0,78	0,59
15	26,5	2,87E+06	0,76	0,78	0,59
16	25,9	2,98E+06	0,76	0,78	0,59
17	25,5	3,04E+06	0,75	0,78	0,59
18	24,9	3,05E+06	0,75	0,78	0,59
19	24,4	3,15E+06	0,75	0,78	0,59
20	23,9	3,18E+06	0,75	0,78	0,59
21	23,3	3,20E+06	0,75	0,78	0,59
22	22,6	3,20E+06	0,75	0,78	0,58
23	21,8	3,19E+06	0,74	0,78	0,58
24	20,8	3,14E+06	0,74	0,78	0,58
25	19,7	3,06E+06	0,74	0,78	0,58
26	17,4	2,82E+06	0,73	0,78	0,57
27	16,9	2,90E+06	0,73	0,78	0,57

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	45,43	1	Vlg. KEMA rapport 74100706-ETD/POL 12-00138 REV 003 Appendix - A, A1 en A2		
1e traverse - 380C1F1	38,00	1			
2e traverse - 380C1F2	30,50	1			
3e traverse - 380C1F3	23,00	1			
Passieve run	15,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

	opstel hoogte m	excet. in m
Bliksem	45,43	0,763
1e traverse - 380C1F1	38,00	0,000
2e traverse - 380C1F2	30,50	0,000
3e traverse - 380C1F3	23,00	0,000
Passieve run	15,50	2,157

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

	opstel hoogte m	aantal	F_{hor} ophanging N	F_{hor} bevestiging N	totaal $F_{hor.}$ N
Bliksem	45,43	1	Vlg. KEMA rapport		
1e traverse - 380C1F1	38,00	1			
2e traverse - 380C1F2	30,50	1			
3e traverse - 380C1F3	23,00	1			
Passieve run	15,50	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	1387	86	1472	0,176	0,068	377	0,661
2	6289	342	6631	0,795	0,274	1633	0,716
3	4534	214	4748	0,570	0,171	1119	0,785
4	4998	214	5212	0,626	0,171	1193	0,837
5	9927	345	10272	1,128	0,276	2075	0,902
6	2571	83	2653	0,291	0,066	523	0,951
7	7015	214	7228	0,794	0,171	1401	0,983
8	7525	214	7739	0,849	0,171	1466	1,029
9	16582	428	17010	1,865	0,342	3116	1,093
10	7917	188	8105	0,888	0,150	1440	1,152
11	10708	240	10948	1,198	0,192	1903	1,190
12	20667	428	21095	2,306	0,342	3546	1,244
13	22710	428	23137	2,525	0,342	3719	1,305
14	1670	30	1700	0,185	0,024	267	1,333
15	23082	398	23480	2,557	0,318	3591	1,355
16	13424	218	13643	1,483	0,175	2009	1,381
17	13957	218	14175	1,539	0,175	2028	1,394
18	19082	291	19373	2,099	0,233	2678	1,380
19	10073	146	10219	1,106	0,116	1362	1,405
20	15554	218	15772	1,704	0,175	2038	1,401
21	16086	218	16304	1,757	0,175	2021	1,389
22	16589	218	16807	1,807	0,174	1987	1,368
23	17120	218	17338	1,858	0,174	1940	1,335
24	17650	218	17868	1,907	0,174	1871	1,288
25	18181	218	18399	1,954	0,174	1776	1,222
26	37954	436	38389	4,032	0,349	3104	1,069
27	40076	436	40511	4,245	0,349	3138	1,080
	383329	6900	390229	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	53320

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	3099	360	360	360	360
2	2 -- 3	3490	3516	3514	14030	5018
3	3 -- 4	3998				
4	4 -- 5	4389				
5	5 -- 6	5359				
6	6 -- 7	5789	27151	27139	45629	33161
7	7 -- 8	6087				
8	8 -- 9	6517				
9	9 -- 10	7162				
10	10 -- 11	7781				
11	11 -- 12	8211	27707	27695	46185	33717
12	12 -- 13	8882				
13	13 -- 14	9742				
14	14 -- 15	10202				
15	15 -- 16	10632	28262	28250	46740	34272
16	16 -- 17	11252	11382	11382	11382	11382
17	17 -- 18	11691				
18	18 -- 19	11983				
19	19 -- 20	12642	6920	6916	27982	9926
20	20 -- 21	13008				
21	21 -- 22	13447				
22	22 -- 23	13886				
23	23 -- 24	14324				
24	24 -- 25	14762				
25	25 -- 26	15200				
26	26 -- 27	15858				
27	27 -- 28	16734				
28			24099	24099	24099	24099

KEMA rapport - bijlage A - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	661				
2	2 -- 3	716	26470	18896	43374	19348
3	3 -- 4	785				
4	4 -- 5	837				
5	5 -- 6	902				
6	6 -- 7	951	168698	143690	183340	132158
7	7 -- 8	983				
8	8 -- 9	1029				
9	9 -- 10	1093				
10	10 -- 11	1152				
11	11 -- 12	1190	162196	143026	181088	131548
12	12 -- 13	1244				
13	13 -- 14	1305				
14	14 -- 15	1333				
15	15 -- 16	1355	154088	142214	178344	130800
16	16 -- 17	1381				
17	17 -- 18	1394				
18	18 -- 19	1380				
19	19 -- 20	1405	42442	37194	81372	38606
20	20 -- 21	1401				
21	21 -- 22	1389				
22	22 -- 23	1368				
23	23 -- 24	1335				
24	24 -- 25	1288				
25	25 -- 26	1222				
26	26 -- 27	1069				
27	27 -- 28	1080				
28						

KEMA rapport - bijlage A2 - 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	1058				
2	2 -- 3	1146	34936	21748	56144	23470
3	3 -- 4	1257				
4	4 -- 5	1339				
5	5 -- 6	1444				
6	6 -- 7	1521	217110	162210	225466	156294
7	7 -- 8	1573				
8	8 -- 9	1646				
9	9 -- 10	1750				
10	10 -- 11	1843				
11	11 -- 12	1903	207480	161138	222052	155338
12	12 -- 13	1991				
13	13 -- 14	2088				
14	14 -- 15	2132				
15	15 -- 16	2168	195344	159832	217888	154168
16	16 -- 17	2210				
17	17 -- 18	2231				
18	18 -- 19	2209				
19	19 -- 20	2247	54152	42240	104230	46372
20	20 -- 21	2241				
21	21 -- 22	2222				
22	22 -- 23	2188				
23	23 -- 24	2136				
24	24 -- 25	2061				
25	25 -- 26	1956				
26	26 -- 27	1710				
27	27 -- 28	1728				
28						

KEMA rapport - bijlage A - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	377		0	0,00E+00	1,43E-03	38
2	2 -- 3	1633		377	1,11E+05	1,43E-03	37
3	3 -- 4	1119		2010	2,87E+06	1,42E-03	34
4	4 -- 5	1193		3129	6,56E+06	1,40E-03	32
5	5 -- 6	2075		4322	1,19E+07	1,38E-03	30
6	6 -- 7	523		6397	2,44E+07	1,34E-03	27
7	7 -- 8	1401		6920	2,81E+07	1,32E-03	26
8	8 -- 9	1466		8321	3,91E+07	1,29E-03	24
9	9 -- 10	3116		9787	5,21E+07	1,25E-03	22
10	10 -- 11	1440		12903	8,48E+07	1,16E-03	19
11	11 -- 12	1903		14342	1,02E+08	1,12E-03	17
12	12 -- 13	3546		16246	1,27E+08	1,07E-03	16
13	13 -- 14	3719		19791	1,78E+08	9,70E-04	13
14	14 -- 15	267		23510	2,41E+08	8,67E-04	10
15	15 -- 16	3591		23777	2,45E+08	8,59E-04	10
16	16 -- 17	2009		27368	3,14E+08	7,61E-04	8
17	17 -- 18	2028		29377	3,55E+08	7,07E-04	7
18	18 -- 19	2678		31405	4,00E+08	6,52E-04	6
19	19 -- 20	1362		34083	4,64E+08	5,75E-04	4
20	20 -- 21	2038		35446	4,97E+08	5,38E-04	4
21	21 -- 22	2021		37484	5,51E+08	4,83E-04	3
22	22 -- 23	1987		39504	6,07E+08	4,28E-04	2
23	23 -- 24	1940		41491	6,66E+08	3,74E-04	2
24	24 -- 25	1871		43431	7,28E+08	3,19E-04	1
25	25 -- 26	1776		45302	7,92E+08	2,65E-04	1
26	26 -- 27	3104		47078	8,60E+08	2,11E-04	1
27	27 -- 28	3138		50182	1,00E+09	1,05E-04	0
28				53320	1,15E+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	2,38E-02	632
2	2 -- 3		26470	89829	6,34E+04	2,38E-02	619
3	3 -- 4			698631	6,10E+07	2,36E-02	565
4	4 -- 5			1232214	9,93E+07	2,33E-02	531
5	5 -- 6			1930540	1,38E+08	2,30E-02	498
6	6 -- 7		168698	4924689	2,01E+08	2,26E-02	446
7	7 -- 8			5624764	3,09E+08	2,25E-02	433
8	8 -- 9			7644419	5,90E+08	2,20E-02	401
9	9 -- 10			9852316	8,70E+08	2,14E-02	371
10	10 -- 11			15062913	1,43E+09	1,99E-02	311
11	11 -- 12		162196	18146830	1,68E+09	1,93E-02	287
12	12 -- 13			22065068	2,25E+09	1,83E-02	257
13	13 -- 14			29594375	3,28E+09	1,65E-02	207
14	14 -- 15			37347071	4,31E+09	1,46E-02	162
15	15 -- 16		154088	38081971	4,38E+09	1,45E-02	159
16	16 -- 17			46479946	5,74E+09	1,27E-02	123
17	17 -- 18			50853574	6,49E+09	1,17E-02	105
18	18 -- 19			55101854	7,24E+09	1,07E-02	89
19	19 -- 20		42442	60699680	8,24E+09	9,35E-03	70
20	20 -- 21			63282381	8,78E+09	8,70E-03	61
21	21 -- 22			67000623	9,59E+09	7,74E-03	49
22	22 -- 23			70459258	1,04E+10	6,80E-03	38
23	23 -- 24			73621307	1,12E+10	5,87E-03	29
24	24 -- 25			76461962	1,20E+10	4,96E-03	21
25	25 -- 26			78950319	1,28E+10	4,08E-03	15
26	26 -- 27			81055655	1,36E+10	3,22E-03	9
27	27 -- 28			84095623	1,52E+10	1,56E-03	2
28	28 -- 29			85238834	1,68E+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	2,00E-02	538
2	2 -- 3		18896	18896	5,32E+04	2,00E-02	527
3	3 -- 4			18896	4,36E+07	1,98E-02	482
4	4 -- 5			18896	7,10E+07	1,96E-02	454
5	5 -- 6			18896	9,85E+07	1,94E-02	426
6	6 -- 7		143690	162586	1,44E+08	1,91E-02	381
7	7 -- 8			162586	2,34E+08	1,90E-02	371
8	8 -- 9			162586	4,68E+08	1,87E-02	344
9	9 -- 10			162586	7,01E+08	1,82E-02	318
10	10 -- 11			162586	1,17E+09	1,70E-02	267
11	11 -- 12		143026	305612	1,37E+09	1,64E-02	247
12	12 -- 13			305612	1,87E+09	1,57E-02	221
13	13 -- 14			305612	2,74E+09	1,42E-02	178
14	14 -- 15			305612	3,62E+09	1,26E-02	140
15	15 -- 16		142214	447826	3,68E+09	1,25E-02	138
16	16 -- 17			447826	4,88E+09	1,10E-02	106
17	17 -- 18			447826	5,53E+09	1,01E-02	91
18	18 -- 19			447826	6,19E+09	9,26E-03	77
19	19 -- 20		37194	485020	7,06E+09	8,07E-03	60
20	20 -- 21			485020	7,53E+09	7,52E-03	53
21	21 -- 22			485020	8,24E+09	6,69E-03	42
22	22 -- 23			485020	8,95E+09	5,87E-03	33
23	23 -- 24			485020	9,66E+09	5,08E-03	25
24	24 -- 25			485020	1,04E+10	4,29E-03	18
25	25 -- 26			485020	1,11E+10	3,53E-03	13
26	26 -- 27			485020	1,18E+10	2,78E-03	8
27	27 -- 28			485020	1,32E+10	1,35E-03	2
28				485020	1,46E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,89E-02	748
2	2 -- 3		43374	43374	7,68E+04	2,89E-02	732
3	3 -- 4			43374	9,97E+07	2,85E-02	666
4	4 -- 5			43374	1,62E+08	2,80E-02	626
5	5 -- 6			43374	2,25E+08	2,76E-02	586
6	6 -- 7		183340	226714	3,28E+08	2,69E-02	524
7	7 -- 8			226714	4,53E+08	2,67E-02	509
8	8 -- 9			226714	7,79E+08	2,61E-02	471
9	9 -- 10			226714	1,10E+09	2,53E-02	435
10	10 -- 11			226714	1,76E+09	2,34E-02	365
11	11 -- 12		181088	407802	2,04E+09	2,26E-02	336
12	12 -- 13			407802	2,70E+09	2,15E-02	301
13	13 -- 14			407802	3,87E+09	1,93E-02	243
14	14 -- 15			407802	5,04E+09	1,71E-02	191
15	15 -- 16		178344	586146	5,13E+09	1,70E-02	187
16	16 -- 17			586146	6,69E+09	1,49E-02	145
17	17 -- 18			586146	7,55E+09	1,37E-02	124
18	18 -- 19			586146	8,40E+09	1,26E-02	105
19	19 -- 20		81372	667518	9,55E+09	1,10E-02	82
20	20 -- 21			667518	1,02E+10	1,02E-02	72
21	21 -- 22			667518	1,12E+10	9,10E-03	58
22	22 -- 23			667518	1,21E+10	8,00E-03	45
23	23 -- 24			667518	1,31E+10	6,91E-03	34
24	24 -- 25			667518	1,41E+10	5,85E-03	25
25	25 -- 26			667518	1,51E+10	4,81E-03	17
26	26 -- 27			667518	1,60E+10	3,80E-03	11
27	27 -- 28			667518	1,80E+10	1,85E-03	3
28				667518	1,99E+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	1,87E-02	502
2	2 -- 3		19348	19348	4,98E+04	1,87E-02	491
3	3 -- 4			19348	4,46E+07	1,86E-02	449
4	4 -- 5			19348	7,26E+07	1,84E-02	422
5	5 -- 6			19348	1,01E+08	1,82E-02	396
6	6 -- 7		132158	151506	1,47E+08	1,79E-02	355
7	7 -- 8			151506	2,31E+08	1,78E-02	345
8	8 -- 9			151506	4,49E+08	1,74E-02	320
9	9 -- 10			151506	6,66E+08	1,69E-02	296
10	10 -- 11			151506	1,10E+09	1,58E-02	249
11	11 -- 12		131548	283054	1,29E+09	1,53E-02	229
12	12 -- 13			283054	1,75E+09	1,46E-02	205
13	13 -- 14			283054	2,56E+09	1,32E-02	166
14	14 -- 15			283054	3,38E+09	1,17E-02	130
15	15 -- 16		130800	413854	3,43E+09	1,16E-02	128
16	16 -- 17			413854	4,54E+09	1,02E-02	99
17	17 -- 18			413854	5,14E+09	9,40E-03	85
18	18 -- 19			413854	5,75E+09	8,61E-03	72
19	19 -- 20		38606	452460	6,55E+09	7,50E-03	56
20	20 -- 21			452460	7,00E+09	6,99E-03	49
21	21 -- 22			452460	7,66E+09	6,22E-03	39
22	22 -- 23			452460	8,32E+09	5,46E-03	31
23	23 -- 24			452460	8,98E+09	4,72E-03	23
24	24 -- 25			452460	9,64E+09	3,99E-03	17
25	25 -- 26			452460	1,03E+10	3,28E-03	12
26	26 -- 27			452460	1,10E+10	2,59E-03	7
27	27 -- 28			452460	1,23E+10	1,26E-03	2
28				452460	1,36E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,94E-05	1
2	2 -- 3				2,12E+06	5,94E-05	1
3	3 -- 4				2,12E+06	4,27E-05	1
4	4 -- 5				2,12E+06	3,59E-05	1
5	5 -- 6				2,12E+06	3,08E-05	0
6	6 -- 7				2,12E+06	2,54E-05	0
7	7 -- 8				2,12E+06	2,44E-05	0
8	8 -- 9				2,12E+06	2,22E-05	0
9	9 -- 10				2,12E+06	2,04E-05	0
10	10 -- 11				2,12E+06	1,77E-05	0
11	11 -- 12				2,12E+06	1,68E-05	0
12	12 -- 13				2,12E+06	1,58E-05	0
13	13 -- 14				2,12E+06	1,44E-05	0
14	14 -- 15				2,12E+06	1,33E-05	0
15	15 -- 16				2,12E+06	1,33E-05	0
16	16 -- 17				2,12E+06	1,25E-05	0
17	17 -- 18				2,12E+06	1,22E-05	0
18	18 -- 19				2,12E+06	1,19E-05	0
19	19 -- 20				1,46E+07	1,15E-05	0
20	20 -- 21				1,46E+07	1,04E-05	0
21	21 -- 22				1,46E+07	8,84E-06	0
22	22 -- 23				1,46E+07	7,46E-06	0
23	23 -- 24				1,46E+07	6,21E-06	0
24	24 -- 25				1,46E+07	5,07E-06	0
25	25 -- 26				1,46E+07	4,04E-06	0
26	26 -- 27				1,46E+07	3,09E-06	0
27	27 -- 28				1,46E+07	1,42E-06	0
28					1,46E+07	0,00E+00	0

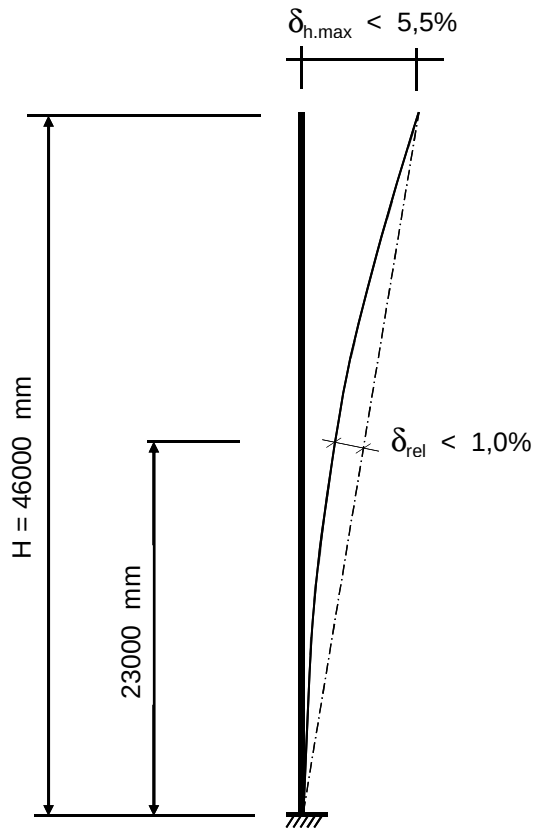
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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	2,9E-02	760
2	2 -- 3	2,9E-02	744
3	3 -- 4	2,9E-02	677
4	4 -- 5	2,8E-02	636
5	5 -- 6	2,8E-02	596
6	6 -- 7	2,7E-02	532
7	7 -- 8	2,7E-02	517
8	8 -- 9	2,6E-02	479
9	9 -- 10	2,6E-02	442
10	10 -- 11	2,4E-02	371
11	11 -- 12	2,3E-02	342
12	12 -- 13	2,2E-02	306
13	13 -- 14	2,0E-02	247
14	14 -- 15	1,7E-02	194
15	15 -- 16	1,7E-02	190
16	16 -- 17	1,5E-02	147
17	17 -- 18	1,4E-02	126
18	18 -- 19	1,3E-02	107
19	19 -- 20	1,1E-02	83
20	20 -- 21	1,0E-02	73
21	21 -- 22	9,3E-03	59
22	22 -- 23	8,1E-03	46
23	23 -- 24	7,0E-03	35
24	24 -- 25	5,9E-03	25
25	25 -- 26	4,9E-03	18
26	26 -- 27	3,9E-03	11
27	27 -- 28	1,9E-03	3
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 760 mm ----> δ_h *100 / 46000

Percentage uitbuig. = 1,65 % 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 = 23000 mm
$\delta_{knoop\ x}$ = 190 mm
α = 0,95 graden

δ_{rel} = 190 mm ----> δ_h *100 / 46000

Percentage uitbuig. = 0,41 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	566	360	0	0,00E+00	2,12E-03	56
2	2 -- 3	2449	5642	566	1,61E+05	2,12E-03	55
3	3 -- 4	1679	13600	3015	4,24E+06	2,11E-03	50
4	4 -- 5	1789	19297	4694	9,73E+06	2,09E-03	47
5	5 -- 6	3113	25552	6483	1,77E+07	2,05E-03	44
6	6 -- 7	784	65029	9596	3,62E+07	1,99E-03	40
7	7 -- 8	2101	68213	10380	4,17E+07	1,97E-03	39
8	8 -- 9	2199	76887	12481	5,80E+07	1,92E-03	36
9	9 -- 10	4675	86174	14680	7,73E+07	1,86E-03	33
10	10 -- 11	2159	106586	19354	1,26E+08	1,73E-03	28
11	11 -- 12	2855	144019	21514	1,51E+08	1,67E-03	26
12	12 -- 13	5318	157156	24368	1,88E+08	1,59E-03	23
13	13 -- 14	5578	182470	29687	2,65E+08	1,45E-03	19
14	14 -- 15	400	210235	35265	3,58E+08	1,29E-03	15
15	15 -- 16	5386	240537	35665	3,65E+08	1,28E-03	15
16	16 -- 17	3014	280095	41051	4,66E+08	1,13E-03	11
17	17 -- 18	3043	296466	44065	5,28E+08	1,05E-03	10
18	18 -- 19	4017	313476	47108	5,95E+08	9,72E-04	8
19	19 -- 20	2044	343643	51125	6,90E+08	8,57E-04	7
20	20 -- 21	3057	355906	53169	7,41E+08	8,02E-04	6
21	21 -- 22	3031	374832	56226	8,20E+08	7,20E-04	5
22	22 -- 23	2980	394397	59257	9,04E+08	6,39E-04	4
23	23 -- 24	2909	414566	62237	9,92E+08	5,57E-04	3
24	24 -- 25	2807	435372	65146	1,08E+09	4,76E-04	2
25	25 -- 26	2663	456814	67953	1,18E+09	3,96E-04	1
26	26 -- 27	4656	478892	70616	1,28E+09	3,15E-04	1
27	27 -- 28	4707	524959	75273	1,49E+09	1,56E-04	0
28			597672	79980	1,72E+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	3,05E-02	808
2	2 -- 3		34936	34936	0,00E+00	3,05E-02	791
3	3 -- 4			34936	7,97E+07	3,02E-02	721
4	4 -- 5			34936	1,29E+08	2,98E-02	679
5	5 -- 6			34936	1,79E+08	2,95E-02	636
6	6 -- 7		217110	252046	2,60E+08	2,89E-02	569
7	7 -- 8			252046	3,98E+08	2,88E-02	553
8	8 -- 9			252046	7,57E+08	2,82E-02	513
9	9 -- 10			252046	1,12E+09	2,74E-02	473
10	10 -- 11			252046	1,83E+09	2,55E-02	398
11	11 -- 12		207480	459526	2,15E+09	2,46E-02	366
12	12 -- 13			459526	2,89E+09	2,34E-02	328
13	13 -- 14			459526	4,19E+09	2,11E-02	264
14	14 -- 15			459526	5,50E+09	1,87E-02	207
15	15 -- 16		195344	654870	5,60E+09	1,85E-02	203
16	16 -- 17			654870	7,33E+09	1,62E-02	157
17	17 -- 18			654870	8,28E+09	1,50E-02	135
18	18 -- 19			654870	9,24E+09	1,37E-02	114
19	19 -- 20		54152	709022	1,05E+10	1,19E-02	89
20	20 -- 21			709022	1,12E+10	1,11E-02	78
21	21 -- 22			709022	1,22E+10	9,88E-03	62
22	22 -- 23			709022	1,33E+10	8,67E-03	49
23	23 -- 24			709022	1,43E+10	7,49E-03	37
24	24 -- 25			709022	1,53E+10	6,33E-03	27
25	25 -- 26			709022	1,63E+10	5,20E-03	19
26	26 -- 27			709022	1,74E+10	4,10E-03	12
27	27 -- 28			709022	1,94E+10	1,99E-03	3
28				709022	2,15E+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	2,24E-02	604
2	2 -- 3		21748	21748	0,00E+00	2,24E-02	592
3	3 -- 4			21748	4,96E+07	2,22E-02	541
4	4 -- 5			21748	8,06E+07	2,20E-02	509
5	5 -- 6			21748	1,12E+08	2,18E-02	478
6	6 -- 7		162210	183958	1,62E+08	2,15E-02	428
7	7 -- 8			183958	2,63E+08	2,14E-02	416
8	8 -- 9			183958	5,25E+08	2,09E-02	386
9	9 -- 10			183958	7,87E+08	2,04E-02	356
10	10 -- 11			183958	1,31E+09	1,91E-02	300
11	11 -- 12		161138	345096	1,54E+09	1,84E-02	277
12	12 -- 13			345096	2,09E+09	1,76E-02	248
13	13 -- 14			345096	3,08E+09	1,59E-02	200
14	14 -- 15			345096	4,06E+09	1,41E-02	157
15	15 -- 16		159832	504928	4,13E+09	1,40E-02	154
16	16 -- 17			504928	5,47E+09	1,23E-02	119
17	17 -- 18			504928	6,20E+09	1,13E-02	102
18	18 -- 19			504928	6,94E+09	1,04E-02	86
19	19 -- 20		42240	547168	7,92E+09	9,06E-03	68
20	20 -- 21			547168	8,45E+09	8,43E-03	59
21	21 -- 22			547168	9,24E+09	7,51E-03	47
22	22 -- 23			547168	1,00E+10	6,59E-03	37
23	23 -- 24			547168	1,08E+10	5,70E-03	28
24	24 -- 25			547168	1,16E+10	4,82E-03	21
25	25 -- 26			547168	1,24E+10	3,96E-03	14
26	26 -- 27			547168	1,32E+10	3,13E-03	9
27	27 -- 28			547168	1,48E+10	1,52E-03	2
28				547168	1,64E+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	3,57E-02	922
2	2 -- 3		56144	56144	0,00E+00	3,57E-02	901
3	3 -- 4			56144	1,28E+08	3,52E-02	820
4	4 -- 5			56144	2,08E+08	3,46E-02	771
5	5 -- 6			56144	2,88E+08	3,40E-02	722
6	6 -- 7		225466	281610	4,17E+08	3,32E-02	644
7	7 -- 8			281610	5,72E+08	3,29E-02	626
8	8 -- 9			281610	9,73E+08	3,21E-02	580
9	9 -- 10			281610	1,37E+09	3,11E-02	535
10	10 -- 11			281610	2,18E+09	2,88E-02	449
11	11 -- 12		222052	503662	2,53E+09	2,78E-02	414
12	12 -- 13			503662	3,34E+09	2,64E-02	370
13	13 -- 14			503662	4,77E+09	2,38E-02	298
14	14 -- 15			503662	6,21E+09	2,11E-02	234
15	15 -- 16		217888	721550	6,31E+09	2,09E-02	230
16	16 -- 17			721550	8,22E+09	1,83E-02	178
17	17 -- 18			721550	9,27E+09	1,69E-02	152
18	18 -- 19			721550	1,03E+10	1,55E-02	129
19	19 -- 20		104230	825780	1,17E+10	1,35E-02	101
20	20 -- 21			825780	1,25E+10	1,26E-02	88
21	21 -- 22			825780	1,37E+10	1,12E-02	71
22	22 -- 23			825780	1,49E+10	9,83E-03	55
23	23 -- 24			825780	1,61E+10	8,50E-03	42
24	24 -- 25			825780	1,73E+10	7,19E-03	31
25	25 -- 26			825780	1,85E+10	5,92E-03	21
26	26 -- 27			825780	1,97E+10	4,67E-03	14
27	27 -- 28			825780	2,21E+10	2,27E-03	3
28				825780	2,45E+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	2,21E-02	591
2	2 -- 3		23470	23470	0,00E+00	2,21E-02	578
3	3 -- 4			23470	5,35E+07	2,19E-02	528
4	4 -- 5			23470	8,70E+07	2,16E-02	497
5	5 -- 6			23470	1,20E+08	2,14E-02	467
6	6 -- 7		156294	179764	1,74E+08	2,10E-02	418
7	7 -- 8			179764	2,73E+08	2,09E-02	406
8	8 -- 9			179764	5,29E+08	2,05E-02	377
9	9 -- 10			179764	7,86E+08	1,99E-02	348
10	10 -- 11			179764	1,30E+09	1,86E-02	293
11	11 -- 12		155338	335102	1,52E+09	1,80E-02	270
12	12 -- 13			335102	2,06E+09	1,72E-02	242
13	13 -- 14			335102	3,01E+09	1,55E-02	195
14	14 -- 15			335102	3,97E+09	1,38E-02	153
15	15 -- 16		154168	489270	4,04E+09	1,36E-02	151
16	16 -- 17			489270	5,33E+09	1,20E-02	116
17	17 -- 18			489270	6,04E+09	1,11E-02	100
18	18 -- 19			489270	6,76E+09	1,01E-02	84
19	19 -- 20		46372	535642	7,71E+09	8,83E-03	66
20	20 -- 21			535642	8,22E+09	8,22E-03	58
21	21 -- 22			535642	9,00E+09	7,32E-03	46
22	22 -- 23			535642	9,78E+09	6,43E-03	36
23	23 -- 24			535642	1,06E+10	5,56E-03	28
24	24 -- 25			535642	1,13E+10	4,70E-03	20
25	25 -- 26			535642	1,21E+10	3,87E-03	14
26	26 -- 27			535642	1,29E+10	3,05E-03	9
27	27 -- 28			535642	1,45E+10	1,48E-03	2
28				535642	1,60E+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	7,13E-05	1
2	2 -- 3				2,55E+06	7,13E-05	1
3	3 -- 4				2,55E+06	5,12E-05	1
4	4 -- 5				2,55E+06	4,30E-05	1
5	5 -- 6				2,55E+06	3,69E-05	1
6	6 -- 7				2,55E+06	3,05E-05	1
7	7 -- 8				2,55E+06	2,93E-05	1
8	8 -- 9				2,55E+06	2,66E-05	0
9	9 -- 10				2,55E+06	2,45E-05	0
10	10 -- 11				2,55E+06	2,12E-05	0
11	11 -- 12				2,55E+06	2,01E-05	0
12	12 -- 13				2,55E+06	1,89E-05	0
13	13 -- 14				2,55E+06	1,73E-05	0
14	14 -- 15				2,55E+06	1,60E-05	0
15	15 -- 16				2,55E+06	1,59E-05	0
16	16 -- 17				2,55E+06	1,50E-05	0
17	17 -- 18				2,55E+06	1,46E-05	0
18	18 -- 19				2,55E+06	1,42E-05	0
19	19 -- 20				1,75E+07	1,38E-05	0
20	20 -- 21				1,75E+07	1,24E-05	0
21	21 -- 22				1,75E+07	1,06E-05	0
22	22 -- 23				1,75E+07	8,95E-06	0
23	23 -- 24				1,75E+07	7,45E-06	0
24	24 -- 25				1,75E+07	6,09E-06	0
25	25 -- 26				1,75E+07	4,84E-06	0
26	26 -- 27				1,75E+07	3,70E-06	0
27	27 -- 28				1,75E+07	1,70E-06	0
28					1,75E+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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	16,16	56,31	10,62
3	3 -- 4	24,11	57,05	139,85
4	4 -- 5	29,81	57,55	221,50
5	5 -- 6	36,07	58,09	303,90
6	6 -- 7	94,02	284,49	438,58
7	7 -- 8	97,21	284,72	595,11
8	8 -- 9	105,88	285,35	1001,29
9	9 -- 10	115,17	286,01	1408,39
10	10 -- 11	135,58	287,42	2225,53
11	11 -- 12	191,49	510,12	2585,20
12	12 -- 13	204,63	510,97	3402,08
13	13 -- 14	229,94	512,57	4860,62
14	14 -- 15	257,70	514,24	6323,82
15	15 -- 16	306,49	732,25	6426,68
16	16 -- 17	346,04	733,87	8369,29
17	17 -- 18	362,41	734,77	9437,72
18	18 -- 19	379,42	735,68	10507,47
19	19 -- 20	430,65	841,12	11996,22
20	20 -- 21	442,92	841,73	12812,40
21	21 -- 22	461,84	842,65	14037,78
22	22 -- 23	481,41	843,56	15264,50
23	23 -- 24	501,58	844,45	16490,41
24	24 -- 25	522,38	845,32	17717,61
25	25 -- 26	543,82	846,17	18946,06
26	26 -- 27	565,90	846,96	20175,69
27	27 -- 28	611,97	848,36	22638,16
28		684,68	849,77	25104,70

)** - 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 / 764	10,62	16,16	17	10,9	1377,9	0,01
2	500 / 764	139,85	24,11	67	141,7	2025,3	0,07
3	500 / 764	221,50	29,81	41	224,6	2493,1	0,09
4	500 / 764	303,90	36,07	40	308,4	3009,6	0,10
5	764 / 2632	438,58	94,02	64	449,1	4310,3	0,11
6	764 / 2632	595,11	97,21	15	607,1	4576,3	0,14
7	764 / 2632	1001,29	105,88	38	1017,3	5302,6	0,20
8	764 / 2632	1408,39	115,17	37	1428,7	6082,3	0,24
9	764 / 2632	2225,53	135,58	71	2255,4	7802,3	0,29
10	764 / 2632	2585,20	191,49	29	2620,7	8624,2	0,31
11	764 / 2632	3402,08	204,63	36	3444,9	9736,4	0,36
12	764 / 2632	4860,62	229,94	59	4917,1	11884,5	0,42
13	764 / 2632	6323,82	257,70	53	6394,0	14246,7	0,46
14	764 / 2632	6426,68	306,49	3	6497,9	14420,5	0,46
15	764 / 2632	8369,29	346,04	43	8455,4	16822,9	0,51
16	764 / 2632	9437,72	362,41	21	9531,5	18220,6	0,53
17	764 / 2632	10507,47	379,42	19	10608,6	19674,2	0,55
18	764 / 2632	11996,22	430,65	23	12107,4	21699,0	0,57
19	764 / 2632	12812,40	442,92	10	12928,2	22748,7	0,58
20	764 / 2632	14037,78	461,84	14	14160,2	24369,6	0,59
21	764 / 2632	15264,50	481,41	13	15393,0	26046,3	0,60
22	764 / 2632	16490,41	501,58	11	16624,4	27775,8	0,61
23	764 / 2632	17717,61	522,38	9	17856,6	29560,8	0,61
24	764 / 2632	18946,06	543,82	8	19089,3	31401,5	0,62
25	764 / 2632	20175,69	565,90	6	20322,5	33297,8	0,62
26	764 / 2632	22638,16	611,97	8	22790,1	37257,1	0,62
27	764 / 2632	25104,70	684,68	3	25258,6	41438,8	0,62

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
526	20,0	26,32	0,81	355	355
632	20,0	31,60	0,81	355	355
698	20,0	34,91	0,81	355	355
764	20,0	38,21	0,81	355	355
871	22,0	39,58	0,81	355	355
896	22,0	40,74	0,81	355	355
962	22,0	43,74	0,81	355	355
1028	22,0	46,74	0,81	355	355
1160	22,0	52,75	0,81	355	355
1218	22,0	55,38	0,81	355	355
1293	22,0	58,75	0,81	355	355
1425	22,0	64,76	0,81	335	355
1557	22,0	70,76	0,81	316	355
1566	22,0	71,18	0,81	314	355
1689	22,0	76,76	0,81	299	355
1756	22,0	79,83	0,81	292	355
1824	22,0	82,90	0,81	285	355
1914	22,0	86,98	0,81	277	355
1959	22,0	89,03	0,81	273	355
2026	22,0	92,09	0,81	267	355
2093	22,0	95,16	0,81	262	355
2161	22,0	98,22	0,81	257	355
2228	22,0	101,28	0,81	253	355
2295	22,0	104,34	0,81	248	355
2363	22,0	107,40	0,81	244	351
2497	22,0	113,52	0,81	237	343
2632	22,0	119,64	0,81	230	337

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 / 764	2,96	0,52	355	355	0,01
2	500 / 764	29,84	0,69	355	355	0,09
3	500 / 764	35,39	0,74	355	355	0,10
4	500 / 764	39,89	0,81	355	355	0,11
5	764 / 2632	42,18	1,71	355	355	0,12
6	764 / 2632	48,52	1,63	355	355	0,14
7	764 / 2632	73,22	1,69	355	355	0,21
8	764 / 2632	89,20	1,71	355	355	0,26
9	764 / 2632	115,78	1,83	355	355	0,33
10	764 / 2632	113,35	2,37	355	355	0,33
11	764 / 2632	133,34	2,40	355	355	0,38
12	764 / 2632	161,87	2,49	355	335	0,46
13	764 / 2632	174,08	2,54	355	316	0,50
14	764 / 2632	160,93	2,88	355	314	0,46
15	764 / 2632	192,43	3,12	355	299	0,55
16	764 / 2632	193,19	3,08	355	292	0,55
17	764 / 2632	198,84	3,11	355	285	0,57
18	764 / 2632	215,75	3,44	355	277	0,62
19	764 / 2632	206,54	3,35	355	273	0,59
20	764 / 2632	213,44	3,39	355	267	0,61
21	764 / 2632	216,84	3,42	355	262	0,62
22	764 / 2632	219,36	3,45	355	257	0,63
23	764 / 2632	221,17	3,48	355	253	0,64
24	764 / 2632	222,38	3,51	355	248	0,64
25	764 / 2632	223,06	3,55	351	244	0,65
26	764 / 2632	229,52	3,68	343	237	0,68
27	764 / 2632	228,05	3,90	337	230	0,69

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

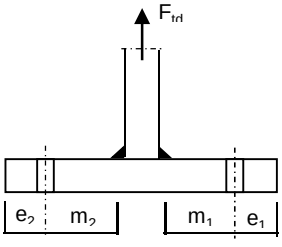
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

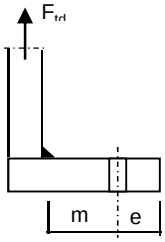
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

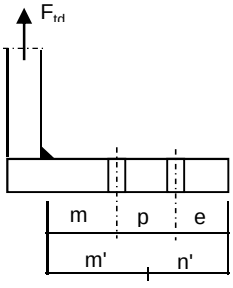
Flenzen en voetplaat:



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		2822,00					
st.c binnenkant		2398,00					
2610	64	590,47	13,28	28	M 48 - 8,8	848,4	0,70
flenzen op 24,35 m hoogte.							
st.c buitenkant		1495,00					
1495,00	32	688,96	22,93	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							
2822,00	2398,00	88,2	89,0	89,0			235,4
2822,00	2398,00	88,2	89,0	89,0			277,0
flenzen op 24,35 m hoogte.							
1495,00	1495,0	68,1	60,0	60,0			146,8
1495,00	1495,0	68,1	60,0	60,0			146,8

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							
80	1,26E+08	5721,99	2276,36	1696,90	1696,90	1180,94	0,70
80	1,48E+08	6733,72	2528,16	1696,90	1696,90	1180,94	0,70
flenzen op 24,35 m hoogte.							
80	7,87E+07	2309,64	1110,68	2121,12	1110,68	688,96	0,62
80	7,87E+07	2309,64	1110,68	2121,12	1110,68	688,96	0,62
	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 / 2632	1,28	1,566	0,18	11,14

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	289	1,000		1,000			
2	283	0,979	1 -- 2	0,990	147	323	824,9
3	260	0,897	2 -- 3	0,938	663		290,8
4	245	0,845	3 -- 4	0,871	475		333,2
5	230	0,795	4 -- 5	0,820	521		365,8
6	207	0,714	5 -- 6	0,755	1027	2262	1430,2
7	201	0,695	6 -- 7	0,705	265		482,4
8	187	0,647	7 -- 8	0,671	723		507,3
9	174	0,600	8 -- 9	0,623	774		543,1
10	147	0,509	9 -- 10	0,554	1701		596,8
11	136	0,471	10 -- 11	0,490	810	2309	2495,3
12	123	0,424	11 -- 12	0,448	1095		684,2
13	100	0,346	12 -- 13	0,385	2109		740,2
14	80	0,275	13 -- 14	0,311	2314		811,8
15	78	0,271	14 -- 15	0,273	170	2355	12624,8
16	61	0,212	15 -- 16	0,242	2348	948	1243,9
17	53	0,183	16 -- 17	0,198	1364		937,6
18	45	0,156	17 -- 18	0,169	1417		974,2
19	36	0,123	18 -- 19	0,139	1937	577	1295,8
20	31	0,108	19 -- 20	0,116	1022		1053,5
21	25	0,088	20 -- 21	0,098	1577		1084,0
22	20	0,069	21 -- 22	0,078	1630		1120,6
23	15	0,053	22 -- 23	0,061	1681		1157,1
24	11	0,039	23 -- 24	0,046	1734		1193,7
25	8	0,027	24 -- 25	0,033	1787		1230,2
26	5	0,017	25 -- 26	0,022	1840		1266,7
27	1	0,004	26 -- 27	0,011	3839		1321,5
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	4051	2008	2085,8

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	825	0,990	0,570	0,56	460,52	0,56
2 -- 3	291	0,938	2,280	2,01	583,43	2,14
3 -- 4	333	0,871	1,425	1,08	360,25	1,24
4 -- 5	366	0,820	1,425	0,96	350,56	1,17
5 -- 6	1430	0,755	2,300	1,31	1872,76	1,74
6 -- 7	482	0,705	0,550	0,27	131,81	0,39
7 -- 8	507	0,671	1,425	0,64	325,61	0,96
8 -- 9	543	0,623	1,425	0,55	300,68	0,89
9 -- 10	597	0,554	2,850	0,88	522,69	1,58
10 -- 11	2495	0,490	1,250	0,30	749,05	0,61
11 -- 12	684	0,448	1,600	0,32	219,47	0,72
12 -- 13	740	0,385	2,850	0,42	313,25	1,10
13 -- 14	812	0,311	2,850	0,28	223,65	0,89
14 -- 15	12625	0,273	0,200	0,01	188,39	0,05
15 -- 16	1244	0,242	2,650	0,15	192,30	0,64
16 -- 17	938	0,198	1,455	0,06	53,28	0,29
17 -- 18	974	0,169	1,455	0,04	40,70	0,25
18 -- 19	1296	0,139	1,940	0,04	48,90	0,27
19 -- 20	1053	0,116	0,970	0,01	13,66	0,11
20 -- 21	1084	0,098	1,455	0,01	15,11	0,14
21 -- 22	1121	0,078	1,455	0,01	10,02	0,11
22 -- 23	1157	0,061	1,453	0,01	6,27	0,09
23 -- 24	1194	0,046	1,453	0,00	3,67	0,07
24 -- 25	1230	0,033	1,453	0,00	1,95	0,05
25 -- 26	1267	0,022	1,453	0,00	0,91	0,03
26 -- 27	1321	0,011	2,905	0,00	0,46	0,03
27 -- 28	2086	0,002	2,905	0,00	0,03	0,01
		Σ	46,00	9,93	6989,38	16,12

m_e = 6989,4 / 9,9 = 703,8 kg/m

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

buis	$m_{1;e}$ kg/m	δ_s	ρ kg/m^3	b = d_w in m	Sc
500 / 2632	703,8	0,030	1,25	1,566	13,8

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 = 13,8

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 = 16,12 / (4 * π * 9,93) = 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

$R_e (V_{crit})$ = 1,566 * 11,14 / $15*10^{-6}$ = 1,2E+06

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 = 9,40 m - (effectieve correlatielengte)

K_w = 6,85 / 16,12 = 0,42

$y_{F;max}$ / b = 30,86 * 0,073 * 0,129 * 0,42 * 0,2 = 0,025

$y_{F;max}$ = 1,566 * 0,025 = 0,039 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		327319	327319	0,00E+00	6,0E-02	1000
2	2 -- 3			327319	1,87E+08	6,0E-02	966
3	3 -- 4			327319	9,33E+08	5,5E-02	834
4	4 -- 5			327319	1,40E+09	5,1E-02	758
5	5 -- 6			327319	1,87E+09	4,8E-02	687
6	6 -- 7			327319	2,62E+09	4,2E-02	584
7	7 -- 8			327319	2,80E+09	4,1E-02	561
8	8 -- 9			327319	3,27E+09	3,7E-02	505
9	9 -- 10			327319	3,73E+09	3,4E-02	454
10	10 -- 11			327319	4,66E+09	2,9E-02	363
11	11 -- 12			327319	5,07E+09	2,7E-02	328
12	12 -- 13			327319	5,60E+09	2,5E-02	287
13	13 -- 14			327319	6,53E+09	2,1E-02	222
14	14 -- 15			327319	7,46E+09	1,7E-02	169
15	15 -- 16			327319	7,53E+09	1,7E-02	165
16	16 -- 17			327319	8,40E+09	1,4E-02	124
17	17 -- 18			327319	8,87E+09	1,3E-02	105
18	18 -- 19			327319	9,35E+09	1,1E-02	88
19	19 -- 20			327319	9,98E+09	9,6E-03	67
20	20 -- 21			327319	1,03E+10	8,8E-03	59
21	21 -- 22			327319	1,08E+10	7,7E-03	47
22	22 -- 23			327319	1,13E+10	6,6E-03	36
23	23 -- 24			327319	1,17E+10	5,6E-03	27
24	24 -- 25			327319	1,22E+10	4,7E-03	20
25	25 -- 26			327319	1,27E+10	3,8E-03	13
26	26 -- 27			327319	1,32E+10	3,0E-03	9
27	27 -- 28			327319	1,41E+10	1,4E-03	2
28	28 -- 29			327319	1,51E+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	526	20,0	3881449	48	0,0385	3,7
2	632	20,0	5704954	164	0,0385	12,6
3	698	20,0	7022780	199	0,0385	15,3
4	764	20,0	8477637	220	0,0385	16,9
5	871	22,0	12141823	216	0,0385	16,6
6	896	22,0	12891079	217	0,0385	16,7
7	962	22,0	14936792	219	0,0385	16,8
8	1028	22,0	17133241	218	0,0385	16,8
9	1160	22,0	21978355	212	0,0385	16,3
10	1218	22,0	24293626	209	0,0385	16,1
11	1293	22,0	27426424	204	0,0385	15,7
12	1425	22,0	33477450	195	0,0385	15,0
13	1557	22,0	40131436	186	0,0385	14,3
14	1566	22,0	40621023	185	0,0385	14,3
15	1689	22,0	47388381	177	0,0385	13,6
16	1756	22,0	51325733	173	0,0385	13,3
17	1824	22,0	55420239	169	0,0385	13,0
18	1914	22,0	61124043	163	0,0385	12,6
19	1959	22,0	64080714	161	0,0385	12,4
20	2026	22,0	68646683	157	0,0385	12,1
21	2093	22,0	73369806	153	0,0385	11,8
22	2161	22,0	78241563	150	0,0385	11,5
23	2228	22,0	83269935	147	0,0385	11,3
24	2295	22,0	88454922	143	0,0385	11,0
25	2363	22,0	93796523	140	0,0385	10,8
26	2497	22,0	104949571	134	0,0385	10,3
27	2632	22,0	116729078	129	0,0385	9,9

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,28 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 11,14 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 = 41,302 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

$c_r(z) = 0,21 * \ln\{ 28,5 / 0,200\}$ = 1,12

$V_m(z)$ = 30,1 m/s

V_o = 30,1 * 20 / 100 = 6,03 m/s

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,28 * [11,14 / 6,03]^2 * \exp[-(11,14 / 6,03)^2]$ = 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.

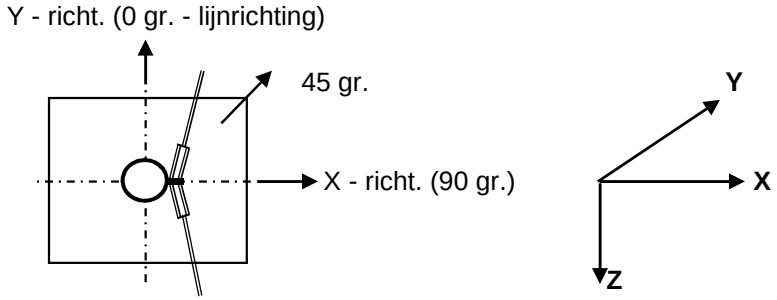
$\gamma * \Delta\sigma =$ $1{,}2 * \Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	15,11	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
5	Lasnaad	20,34	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
7	Lasnaad	20,06	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
9	Lasnaad	20,12	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
10	Lasnaad	19,61	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
12	Lasnaad	18,86	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
13	Lasnaad	18,02	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
14	Lasnaad	17,18	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
16	flenzen	16,37	35	19,25	1,000E+10	1,38E+08	0,01
18	Lasnaad	15,59	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
20	Lasnaad	14,85	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
22	Lasnaad	14,17	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
24	Lasnaad	13,54	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
26	Lasnaad	12,96	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
27	Lasnaad	12,42	45	24,75	1,000E+10	1,38E+08	0,01
28	voetplaat	11,92	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			511			
2 - Windbelasting mast	85				1834	
3 - Belasting geval 1a	709		87		21515	
4 - Belasting geval 1b	547		87		16415	
5 - Belasting geval 3	826		174		24589	
6 - Belasting geval 4	536		109		16033	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	794		598		23349	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	563		598		16759	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	850		**685**		**25105**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	552		620		16377	

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	20985	kNm	25105	kNm	25105	kNm
Dwarskracht	721	kN	850	kN	850	kN
Verticale kracht	498	kN	685	kN	448	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		2822,00					
st.c binnenkant		2398,00					
2610	64	590,47	13,28	28	M 48 - 8,8	848,45	0,70
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2822,00					
st.c binnenkant		2398,00					
2610	64	494,73	11,26	28	M 48 - 8,8	848,45	0,58

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 590,5 kN

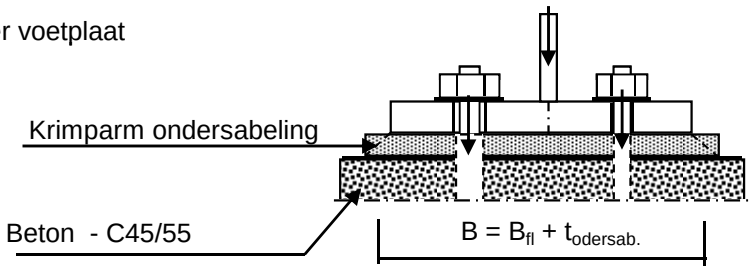
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 494,7 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 611,9 + 1,00 * 494,7 = 1106,6 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

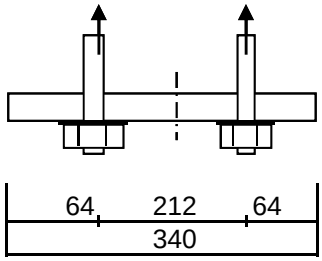
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

B_{fl} =	390,0	mm	D =	2610	mm
$t_{ondersab.}$ =	40,0	mm	n =	64	
B =	430,0	mm			

A_{voetpl} = 430 * 2*π*D / n = 110182 mm^2

$\sigma_{b;voet}$ = 2 * $F_{c,Ed}$ / A = 20,1 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

B - drukspanning onder instortring

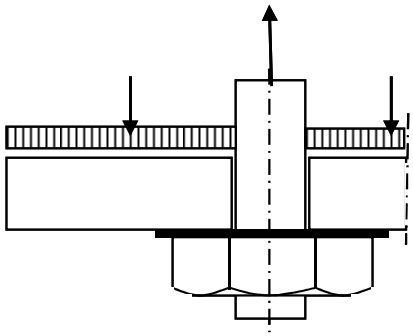


D = 2610 mm
n = 64

$A_{stortring}$ = 340 * $2*\pi*D / n$ = 87120 mm^2

$\sigma_{b;stortr.} = 2 * F_{c,Ed} / A$ = 13,6 N/mm^2 < 21,0 -- Voldoet

Dikte instortring



$L_{uitkr.}$ = 64 mm
L_{veld} = 212 mm

t = 30 mm
$f_{y;d}$ = 355 N/mm^2

$M_{Ed;st}$ = 27761 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1437 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 48392 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 48392 Nmm/mm' ; $V_{z;Ed;st}$ = 1437 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} = 48392 / 79875,0 = 0,61 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 215,1 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 1437 / 6149 = 0,23 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 47,9 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

$\sigma_{vlg} = (215,0^2 + 3*48,0^2)^{0,5}$
σ_{vlg} = 231 N/mm^2 < 355 MPa -- Voldoet

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage A, A1 en A2

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	67197	134540	12772	67197	-134540
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	66586	133997	12772	66586	-133997
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	65843	133378	12772	65843	-133378
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	9252	18126	1668	9252	-18126
	Comp. gl	3460	17957	36336	3460	17957	-36336
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76780	162744	12766	76780	-162744
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76708	162743	12766	76708	-162743
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76619	162745	12766	76619	-162745
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1667	9968	21033	1667	9968	-21033
	Comp. gl	3458	20179	42839	3458	20179	-42839
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	99133	207248	22011	99133	-207248
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	98918	207215	22011	98918	-207215
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	98651	207187	22011	98651	-207187
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6925	23957	49613	6925	23957	-49613
	Comp. gl	13991	47654	99966	13991	47654	-99966
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	74199	157207	15777	74199	-157207
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	74130	157212	15777	74130	-157212
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	74043	157222	15777	74043	-157222
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2419	10990	23225	2419	10990	-23225
	Comp. gl	4963	22372	47543	4963	22372	-47543
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	66774	143198	14370	66774	-143198
	GW / opgw	1877	8795	18862	1877	8795	-18862
	Comp. gl	3893	18205	39042	3893	18205	-39042
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	64738	132567	12779	113096	-195229
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	64405	132355	12778	107892	-187857
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	63998	132120	12777	101315	-178576
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	8729	17596	1669	18311	-30784
	Comp. gl	3460	17431	35959	3461	28117	-49554
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76478	162756	12767	81626	-165596

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76434	162762	12767	81031	-165075
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76379	162771	12767	80305	-164483
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1667	9910	21026	1667	10987	-21867
	Comp. gl	3458	20111	42845	3459	21232	-43385
3	380C1F1 / 380C2F1	22011	98238	207172	22013	114388	-218886
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22011	98109	207175	22013	112495	-216941
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22011	97947	207185	22012	110185	-214680
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6925	23673	49612	6926	28559	-52527
	Comp. gl	13991	47319	100016	13992	52629	-101844
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	73908	157243	15778	78610	-159124
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	73865	157252	15777	78081	-158745
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	73811	157264	15777	77433	-158320
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2419	10937	23230	2420	11824	-23660
	Comp. gl	4963	22309	47557	4963	23278	-47771
1a	380C1F1 / 380C2F1	12778	108555	188795	12778	108555	-188795
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12778	103740	181992	12778	103740	-181992
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12777	97672	173466	12777	97672	-173466
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1669	17468	29569	1669	17468	-29569
	Comp. gl	3461	27076	48071	3461	27076	-48071
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	81105	165139	12767	81105	-165139
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	80569	164692	12767	80569	-164692
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	79916	164187	12766	79916	-164187
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1667	10874	21743	1667	10874	-21743
	Comp. gl	3459	21120	43294	3459	21120	-43294
3	380C1F1 / 380C2F1	22013	112733	217181	22013	112733	-217181
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22013	111026	215488	22013	111026	-215488
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22012	108944	213527	22012	108944	-213527
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6926	28072	52090	6926	28072	-52090
	Comp. gl	13992	52115	101511	13992	52115	-101511
4	380C1F1 / 380C2F1	15777	78147	158791	15777	78147	-158791
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	77669	158469	15777	77669	-158469

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	77084	158111	15777	77084	-158111
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2420	11735	23588	2420	11735	-23588
	Comp. gl	4963	23186	47723	4963	23186	-47723
1a	380C1F1 / 380C2F1	12779	113096	195229	12772	64738	-132567
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12778	107892	187857	12772	64405	-132355
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12777	101315	178576	12772	63998	-132120
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	18311	30784	1668	8729	-17596
	Comp. gl	3461	28117	49554	3460	17431	-35959
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	81626	165596	12766	76478	-162756
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12767	81031	165075	12766	76434	-162762
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12767	80305	164483	12766	76379	-162771
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1667	10987	21867	1667	9910	-21026
	Comp. gl	3459	21232	43385	3458	20111	-42845
3	380C1F1 / 380C2F1	22013	114388	218886	22011	98238	-207172
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	22013	112495	216941	22011	98109	-207175
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	22012	110185	214680	22011	97947	-207185
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6926	28559	52527	6925	23673	-49612
	Comp. gl	13992	52629	101844	13991	47319	-100016
4	380C1F1 / 380C2F1	15778	78610	159124	15777	73908	-157243
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15777	78081	158745	15777	73865	-157252
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15777	77433	158320	15777	73811	-157264
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2420	11824	23660	2419	10937	-23230
	Comp. gl	4963	23278	47771	4963	22309	-47557
1a	380C1F1 / 380C2F1	9578	56670	111967	9578	56670	-111967
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	55931	111148	9577	55931	-111148
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	55035	110202	9577	55035	-110202
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1251	7907	15242	1251	7907	-15242
	Comp. gl	2594	14941	29869	2594	14941	-29869
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65600	138769	9573	65600	-138769
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65523	138755	9573	65523	-138755
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65426	138743	9573	65426	-138743

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1250	8407	17686	1250	8407	-17686
	Comp. gl	2593	16966	35951	2593	16966	-35951
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	89807	187249	18814	89807	-187249
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	89581	187192	18814	89581	-187192
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	89300	187135	18814	89300	-187135
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	6507	23013	47590	6507	23013	-47590
	Comp. gl	13123	45695	95764	13123	45695	-95764
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	63611	134502	12582	63611	-134502
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	63539	134500	12582	63539	-134500
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	63448	134501	12582	63448	-134501
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2002	9624	20295	2002	9624	-20295
	Comp. gl	4097	19555	41502	4097	19555	-41502
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	49973	107166	9577	49973	-107166
	GW / opgw	1251	6505	13950	1251	6505	-13950
	Comp. gl	2594	13503	28958	2594	13503	-28958
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	53713	108927	9584	108699	-185802
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	53320	108583	9583	103117	-177620
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	52840	108193	9582	95984	-167147
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1251	7272	14472	1252	17883	-29865
	Comp. gl	2594	14314	29273	2596	26654	-46417
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65277	138734	9573	71266	-143381
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65230	138734	9573	70550	-142600
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65172	138737	9573	69680	-141699
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1250	8343	17666	1250	9628	-18953
	Comp. gl	2593	16895	35946	2593	18194	-36870
3	380C1F1 / 380C2F1	18814	88869	187080	18817	106496	-201965
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18814	88734	187073	18816	104411	-199608
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18814	88567	187070	18816	101864	-196839
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	6507	22725	47579	6508	27761	-50816

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	AHEAD			BACK		
		Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]	Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	13123	45356	95807	13124	50804	-97932
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	63307	134511	12582	68533	-137514
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	63263	134516	12582	67926	-136969
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	63207	134524	12582	67187	-136348
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2002	9568	20295	2002	10542	-20911
	Comp. gl	4097	19490	41512	4097	20531	-41881
1a	380C1F1 / 380C2F1	9583	103830	178666	9583	103830	-178666
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9582	98625	171026	9582	98625	-171026
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9582	91989	161283	9582	91989	-161283
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1252	17004	28573	1252	17004	-28573
	Comp. gl	2596	25515	44724	2596	25515	-44724
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	70640	142697	9573	70640	-142697
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	69996	142020	9573	69996	-142020
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	69215	141242	9573	69215	-141242
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1250	9491	18778	1250	9491	-18778
	Comp. gl	2593	18059	36730	2593	18059	-36730
3	380C1F1 / 380C2F1	18816	104673	199900	18816	104673	-199900
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18816	102792	197832	18816	102792	-197832
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18815	100495	195413	18815	100495	-195413
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	6508	27256	50342	6508	27256	-50342
	Comp. gl	13124	50272	97561	13124	50272	-97561
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	68002	137035	12582	68002	-137035
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	67456	136568	12582	67456	-136568
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	66790	136037	12582	66790	-136037
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2002	10442	20816	2002	10442	-20816
	Comp. gl	4097	20429	41813	4097	20429	-41813
1a	380C1F1 / 380C2F1	9584	108699	185802	9577	53713	-108927
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9583	103117	177620	9577	53320	-108583
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9582	95984	167147	9577	52840	-108193
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1252	17883	29865	1251	7272	-14472
	Comp. gl	2596	26654	46417	2594	14314	-29273

W2H300+5 TOWER APPENDIX: A

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	380C1F1 / 380C2F1	9573	71266	143381	9573	65277	-138734
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	70550	142600	9573	65230	-138734
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	69680	141699	9573	65172	-138737
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1250	9628	18953	1250	8343	-17666
	Comp. gl	2593	18194	36870	2593	16895	-35946
3	380C1F1 / 380C2F1	18817	106496	201965	18814	88869	-187080
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	18816	104411	199608	18814	88734	-187073
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	18816	101864	196839	18814	88567	-187070
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	6508	27761	50816	6507	22725	-47579
	Comp. gl	13124	50804	97932	13123	45356	-95807
4	380C1F1 / 380C2F1	12582	68533	137514	12582	63307	-134511
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12582	67926	136969	12582	63263	-134516
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	12582	67187	136348	12582	63207	-134524
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2002	10542	20911	2002	9568	-20295
	Comp. gl	4097	20531	41881	4097	19490	-41512

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	63904	132070	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	63662	131949	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	63365	131818	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1668	8555	17454	0	0	0
	Comp. gl	3460	17252	35867	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76603	162746	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76547	162750	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76478	162756	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1667	9933	21028	0	0	0
	Comp. gl	3458	20139	42841	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14838	76870	160575	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14838	76684	160519	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14838	76454	160461	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2844	13450	27434	0	0	0
	Comp. gl	5816	26706	55491	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	72093	153074	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	72039	153081	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	71971	153092	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2269	10476	22191	0	0	0
	Comp. gl	4662	21376	45494	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	14370	66774	143198	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14370	66774	143198	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	14370	66774	143198	0	0	0
	GW / opgw	1877	8795	18862	0	0	0
	Comp. gl	3893	18205	39042	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12772	62913	131660	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12772	62774	131624	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12772	62603	131587	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1668	8352	17327	0	0	0
	Comp. gl	3460	17037	35795	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	76369	162773	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	76335	162779	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	76292	162788	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1667	9889	21027	0	0	0
	Comp. gl	3458	20087	42849	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14838	76101	160401	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14838	75992	160391	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14838	75855	160383	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2844	13158	27294	0	0	0
	Comp. gl	5816	26388	55423	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	71865	153113	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	71831	153121	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	71789	153132	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2269	10434	22196	0	0	0
	Comp. gl	4662	21326	45506	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12774	80870	150553	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	78717	147767	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	76077	144436	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1668	12116	21881	0	0	0
	Comp. gl	3460	20889	39602	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12766	79803	164105	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	79414	163833	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	78938	163529	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1667	10594	21458	0	0	0
	Comp. gl	3458	20839	43091	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14840	89329	171914	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14840	87740	170080	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14840	85804	167930	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2845	18370	32913	0	0	0
	Comp. gl	5817	31808	60022	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	75092	153997	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	74734	153793	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	74295	153569	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2269	11045	22424	0	0	0
	Comp. gl	4662	22005	45591	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	12775	82945	153286	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12774	80571	150163	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12774	77652	146410	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1669	12535	22472	0	0	0
	Comp. gl	3460	21341	40182	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	12767	80181	164386	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12766	79749	164066	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	12766	79222	163706	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1667	10675	21537	0	0	0
	Comp. gl	3458	20920	43146	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	14840	90869	173742	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14840	89108	171655	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14840	86958	169198	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2845	18949	33668	0	0	0
	Comp. gl	5817	32432	60746	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	15176	75437	154210	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	15176	75042	153968	0	0	0
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	15176	74557	153699	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2269	11112	22472	0	0	0
	Comp. gl	4662	22075	45621	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	52731	108109	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	52449	107903	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	52105	107671	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1251	7062	14254	0	0	0
	Comp. gl	2594	14104	29117	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65409	138741	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65350	138737	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65276	138734	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1250	8369	17673	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Comp. gl	2593	16924	35947	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11644	66143	137572	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11644	65937	137472	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11644	65683	137363	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2427	12194	24741	0	0	0
	Comp. gl	4950	24068	49833	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11980	61344	130024	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11980	61288	130026	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11980	61218	130030	0	0	0
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1852	9076	19190	0	0	0
	Comp. gl	3796	18494	39313	0	0	0
6	380C1F1 / 380C2F1	9577	49973	107166	0	0	0
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	49973	107166	0	0	0
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	9577	49973	107166	0	0	0
	GW / opgw	1251	6505	13950	0	0	0
	Comp. gl	2594	13503	28958	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9577	51589	107377	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9577	51433	107303	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9577	51241	107222	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1251	6823	14048	0	0	0
	Comp. gl	2594	13859	28982	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	65161	138738	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	65125	138741	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	65080	138746	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1250	8320	17664	0	0	0
	Comp. gl	2593	16869	35948	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11644	65298	137234	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11644	65180	137205	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11644	65033	137175	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2427	11878	24549	0	0	0
	Comp. gl	4950	23730	49723	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11980	61107	130043	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11980	61073	130049	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11980	61029	130057	0	0	0
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1852	9033	19192	0	0	0
	Comp. gl	3796	18443	39323	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9579	73005	133689	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9579	70488	130121	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	67369	125766	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1251	11247	20017	0	0	0
	Comp. gl	2595	18477	34429	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	69082	141114	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	68620	140686	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	68058	140199	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1250	9150	18362	0	0	0
	Comp. gl	2593	17723	36409	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11645	80641	153286	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11645	78791	150889	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11645	76525	148035	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2428	17573	31205	0	0	0
	Comp. gl	4951	29688	55475	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11981	64662	131632	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11981	64255	131322	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11981	63757	130972	0	0	0
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1852	9702	19545	0	0	0
	Comp. gl	3796	19169	39509	0	0	0
1a	380C1F1 / 380C2F1	9580	75410	137131	0	0	0
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9579	72657	133193	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9579	69234	128360	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1251	11715	20713	0	0	0
	Comp. gl	2595	19011	35185	0	0	0
1b	380C1F1 / 380C2F1	9573	69531	141551	0	0	0
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	9573	69017	141053	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	9573	68393	140484	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A1**

Loadcases for tower strength (special limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD**			**BACK**		
		Vertical	Transverse	Longitudinal	Vertical	Transverse	Longitudinal
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1250	9249	18478	0	0	0
	Comp. gl	2593	17820	36497	0	0	0
3	380C1F1 / 380C2F1	11646	82428	155643	0	0	0
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11645	80384	152950	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11645	77876	149725	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2428	18192	32047	0	0	0
	Comp. gl	4951	30374	56333	0	0	0
4	380C1F1 / 380C2F1	11981	65058	131952	0	0	0
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11981	64605	131588	0	0	0
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11981	64054	131176	0	0	0
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1852	9778	19612	0	0	0
	Comp. gl	3796	19246	39555	0	0	0

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A2**

Loadcases for tower defliction analyses (Servicability 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	10642	57563	117070	10642	57563	-117070
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	57184	116768	10642	57184	-116768
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	56723	116427	10642	56723	-116427
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1390	7785	15551	1390	7785	-15551
	Comp. gl	2883	15398	31573	2883	15398	-31573
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	69127	146970	10637	69127	-146970
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	69081	146972	10637	69081	-146972
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	69023	146977	10637	69023	-146977
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1389	8883	18821	1389	8883	-18821
	Comp. gl	2882	18003	38318	2882	18003	-38318
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	82726	173845	16798	82726	-173845
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16798	82585	173827	16798	82585	-173827
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	82408	173812	16798	82408	-173812
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	4892	18870	39292	4892	18870	-39292
	Comp. gl	9899	37657	79272	9899	37657	-79272
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	63535	134976	12645	63535	-134976
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	63489	134981	12645	63489	-134981
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	63433	134989	12645	63433	-134989
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1891	9190	19479	1891	9190	-19479
	Comp. gl	3884	18772	39966	3884	18772	-39966
1a	380C1F1 / 380C2F1	10642	56033	115989	10646	87438	-155985
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10642	55825	115876	10645	83900	-150921
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10642	55569	115753	10645	79472	-144640
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1390	7461	15252	1391	13825	-23993
	Comp. gl	2883	15070	31370	2884	21916	-39839
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	68931	146989	10637	72168	-148464
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	68903	146994	10637	71799	-148177
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	68866	147001	10637	71349	-147854
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1389	8846	18820	1389	9518	-19281
	Comp. gl	2882	17959	38324	2882	18667	-38600
3	380C1F1 / 380C2F1	16798	82135	173807	16800	92764	-181325

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A2**

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	16798	82050	173810	16800	91513	-180051
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16798	81942	173818	16799	89989	-178579
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	4892	18678	39286	4893	22025	-41424
	Comp. gl	9899	37433	79302	9900	41038	-80664
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	63344	135006	12645	66375	-136038
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	63315	135012	12645	66037	-135818
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	63280	135021	12645	65623	-135573
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1891	9155	19482	1891	9731	-19737
	Comp. gl	3884	18730	39976	3885	19363	-40092
1a	380C1F1 / 380C2F1	10645	84349	151561	10645	84349	-151561
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10645	81098	146938	10645	81098	-146938
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10644	77044	141234	10644	77044	-141234
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1390	13235	23124	1390	13235	-23124
	Comp. gl	2883	21221	38848	2883	21221	-38848
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	71845	148212	10637	71845	-148212
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	71513	147968	10637	71513	-147968
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	71107	147694	10637	71107	-147694
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1389	9448	19211	1389	9448	-19211
	Comp. gl	2882	18597	38550	2882	18597	-38550
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	91670	180208	16800	91670	-180208
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16799	90544	179103	16799	90544	-179103
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	89172	177832	16799	89172	-177832
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	4893	21687	41105	4893	21687	-41105
	Comp. gl	9900	40686	80422	9900	40686	-80422
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	66079	135844	12645	66079	-135844
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	65774	135659	12645	65774	-135659
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	65400	135453	12645	65400	-135453
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1891	9674	19694	1891	9674	-19694
	Comp. gl	3884	19303	40063	3884	19303	-40063
1a	380C1F1 / 380C2F1	10646	87438	155985	10642	56033	-115989
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10645	83900	150921	10642	55825	-115876
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10645	79472	144640	10642	55569	-115753

W2H300+5 TOWER **APPENDIX: A2**

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 angle: -45 dgr	GW / opgw	1391	13825	23993	1390	7461	-15252
	Comp. gl	2884	21916	39839	2883	15070	-31370
1b	380C1F1 / 380C2F1	10637	72168	148464	10637	68931	-146989
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	10637	71799	148177	10637	68903	-146994
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	10637	71349	147854	10637	68866	-147001
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1389	9518	19281	1389	8846	-18820
	Comp. gl	2882	18667	38600	2882	17959	-38324
3	380C1F1 / 380C2F1	16800	92764	181325	16798	82135	-173807
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16800	91513	180051	16798	82050	-173810
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	16799	89989	178579	16798	81942	-173818
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	4893	22025	41424	4892	18678	-39286
	Comp. gl	9900	41038	80664	9899	37433	-79302
4	380C1F1 / 380C2F1	12645	66375	136038	12645	63344	-135006
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12645	66037	135818	12645	63315	-135012
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12645	65623	135573	12645	63280	-135021
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1891	9731	19737	1891	9155	-19482
	Comp. gl	3885	19363	40092	3884	18730	-39976

VolkerWessels Telecom | Netwerk Solutions

TenneT

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 -1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2E350(+O)"

Mast 38

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	30-7-12

Inhoudsopgave.

	blz.
1.0 Uitgangspunten berekening	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Toegepaste normen	3
1.3 Randvoorwaarden	3
1.4 Constructie onderdelen	3
1.5 Toegepaste materiaal	4
1.6 Belastingen	5
2.0 Berekening masttype “W2E350(+0)”	6
2.1 Overzicht mast	7
2.2 Mast gegevens	8
2.3 Computerschema	10
3.0 Berekening Belastingen	11
3.1 Berekening stuwdruk	11
3.2 Berekening eigenfrequentie mast	13
3.3 Berekening bouwwerkfactor C_sC_d	15
3.4 Bepaling krachtcoëfficiënt C_f	16
3.5 Gewicht en horizontale belasting geleiders	17
3.6 Gewicht en windbelasting mastlichaam	18
3.7 Berekende belastingen	19
4.0 Resultaat berekeningen	22
4.1 Berekening verplaatsingen in SLS- toestand (belasting gevallen)	22
4.2 Maximale verplaatsingen in SLS- toestand	28
4.3 Toetsing maximale verplaatsingen	29
4.4 Berekening Krachten in ULS- toestand (belasting gevallen)	30
4.5 Maximale Krachten in ULS- toestand	36
4.6 Toetsing doorsnede	37
5.0 Berekening ankers, bouten en flensverbindingen	40
6.0 Controleberekening vortex shedding	43
7.0 Fundatie belastingen	51
8.0 Betonspanning onder voetplaat en instortring	52

Bijlage: KEMA rapport 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage E en E2

1.0 - Uitgangspunten berekening.

1.1 - Inleiding.

In dit rapport wordt in opdracht van TenneT de statische ontwerpberekening van het masttype W2E350(+0) van het project “R380 Wintrack hoogspanningslijn” Noordring 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 W2E350(+0) zijn de bijlage E (berekening maststerkte) en bijlage E2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

1.3 – Randvoorwaarden.

Volgens Eurocode 3, deel 3-1 wordt de constructie ingedeeld in veiligheidsklasse 3. 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 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 W2E350(+0) zijn de bijlage E (berekening maststerkte) en bijlage E2 (berekening verplaatsingen) van het KEMA rapport van toepassing.

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

B – Mastlichaam

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

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

2.0 - Berekening masttype “W2E350(+0)”

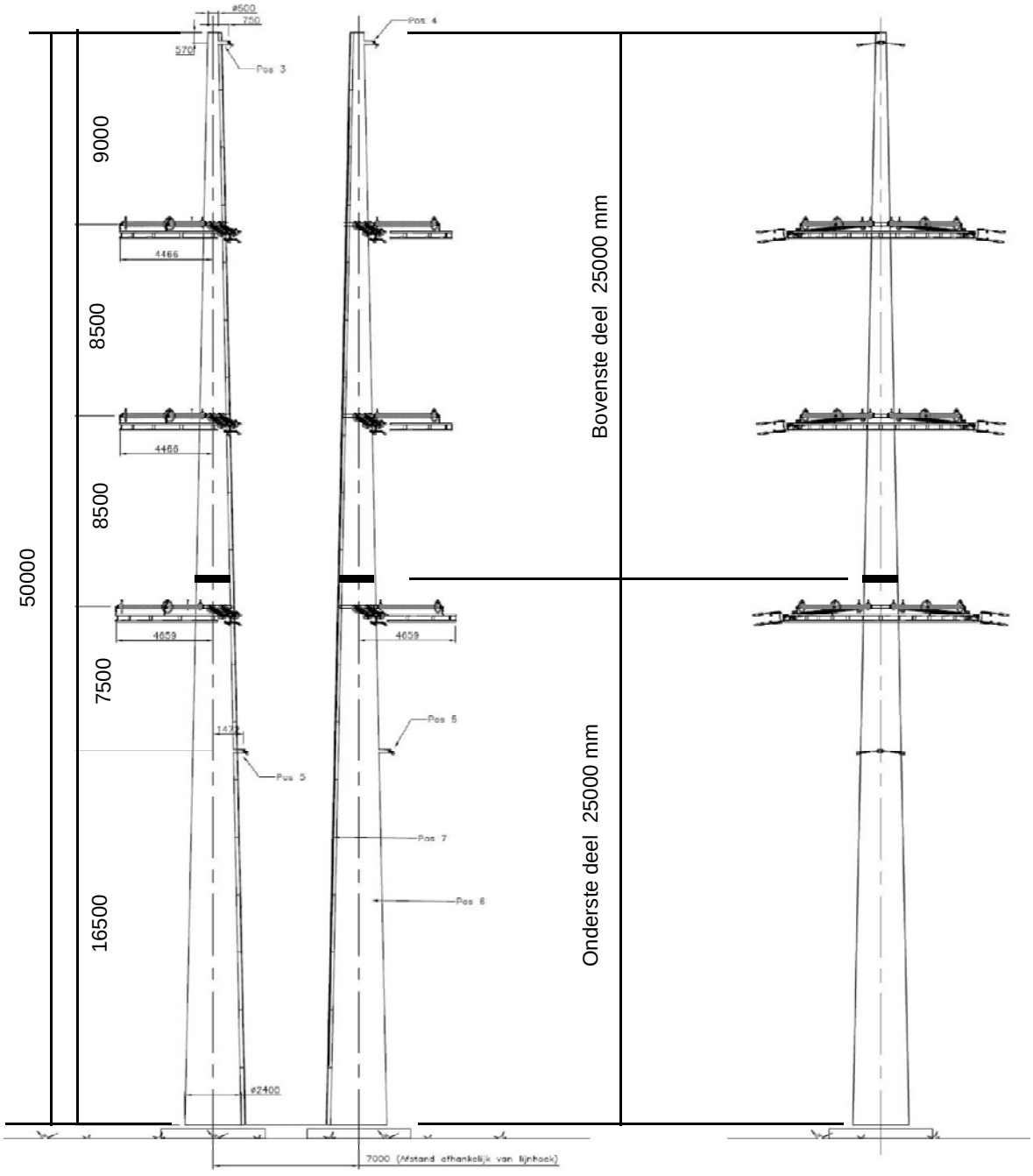
Berekening

W2E350+0

50,0 m - 2400 - 500

Mast 38

2.1 - Overzicht mast



2.2 - Mast gegevens

Buismast type W2E350(+0)

Voet van de mast op :	0,00	meter

Wind gebied : II - onbebouwd

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

staaf nummer	staaf lengte mm	voet-breedte mm	top-breedte mm	diago-nalen	aantal knopen	aantal staven	gem. hoogte m
1	570	522	500	n.v.t.	2	1	49,72
2	2280	608	522	n.v.t.	2	1	48,29
3	2850	717	608	n.v.t.	2	1	45,73
4	2850	825	717	n.v.t.	2	1	42,88
5	450	842	825	n.v.t.	2	1	41,23
6	2400	933	842	n.v.t.	2	1	39,80
7	1425	987	933	n.v.t.	2	1	37,89
8	1425	1042	987	n.v.t.	2	1	36,46
9	2850	1150	1042	n.v.t.	2	1	34,33
10	400	1165	1150	n.v.t.	2	1	32,70
11	2450	1258	1165	n.v.t.	2	1	31,28
12	2850	1366	1258	n.v.t.	2	1	28,63
13	2200	1450	1366	n.v.t.	2	1	26,10
14	1000	1488	1450	n.v.t.	2	1	24,50
15	1200	1534	1488	n.v.t.	2	1	23,40
16	1425	1588	1534	n.v.t.	2	1	22,09
17	1425	1642	1588	n.v.t.	2	1	20,66
18	1425	1696	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 (mm)	t (mm)	A (mm^2)	m(kg/m)	I (mm^4)	i (mm)	W_b (mm^3)
1	511	18,0	27869	218,77	8,47E+08	174,36	3,32E+06
2	565	18,0	30931	242,81	1,16E+09	193,49	4,10E+06
3	662	18,0	36443	286,08	1,89E+09	227,94	5,72E+06
4	771	18,0	42567	334,15	3,02E+09	266,21	7,83E+06
5	833	20,0	51111	401,22	4,23E+09	287,68	1,02E+07
6	888	20,0	54513	427,93	5,13E+09	306,82	1,16E+07
7	960	20,0	59079	463,77	6,53E+09	332,51	1,36E+07
8	1014	20,0	62482	490,48	7,73E+09	351,65	1,52E+07
9	1096	20,0	67585	530,54	9,78E+09	380,37	1,78E+07
10	1157	20,0	71465	561,00	1,16E+10	402,19	2,00E+07
11	1212	20,0	74867	587,71	1,33E+10	421,34	2,19E+07
12	1312	20,0	81194	637,38	1,70E+10	456,93	2,58E+07
13	1408	22,0	95807	752,09	2,30E+10	490,16	3,27E+07
14	1469	22,0	100009	785,07	2,62E+10	511,65	3,56E+07
15	1511	22,0	102898	807,75	2,85E+10	526,43	3,77E+07
16	1561	22,0	106346	834,81	3,15E+10	544,06	4,03E+07
17	1615	22,0	110088	864,19	3,49E+10	563,20	4,32E+07
18	1642	22,0	111959	878,88	3,67E+10	572,77	4,47E+07
19	1723	22,0	117573	922,95	4,25E+10	601,49	4,94E+07
20	1762	25,0	136392	1070,68	5,14E+10	614,04	5,84E+07
21	1816	25,0	140645	1104,06	5,64E+10	633,19	6,21E+07
22	1886	25,0	146129	1147,11	6,32E+10	657,87	6,71E+07
23	1940	25,0	150382	1180,50	6,89E+10	677,02	7,11E+07
24	2021	25,0	156762	1230,58	7,81E+10	705,73	7,73E+07
25	2129	25,0	165267	1297,35	9,15E+10	744,02	8,59E+07
26	2238	25,0	173773	1364,12	1,06E+11	782,30	9,51E+07
27	2346	25,0	182279	1430,89	1,23E+11	820,59	1,05E+08

2.3 - Computerschema

knoop nummer	knoop cord. "Z" - in mm	staaf i -- j	benaming staven	L_{staaf} mm	A_{eff} mm^2	I_x of I_y mm^4
1	50000	1 -- 2	1	570	2,79E+04	8,47E+08
2	49430	2 -- 3	2	2280	3,09E+04	1,16E+09
3	47150	3 -- 4	3	2850	3,64E+04	1,89E+09
4	44300	4 -- 5	4	2850	4,26E+04	3,02E+09
5	41450	5 -- 6	5	450	5,11E+04	4,23E+09
6	41000	6 -- 7	6	2400	5,45E+04	5,13E+09
7	38600	7 -- 8	7	1425	5,91E+04	6,53E+09
8	37175	8 -- 9	8	1425	6,25E+04	7,73E+09
9	35750	9 -- 10	9	2850	6,76E+04	9,78E+09
10	32900	10 -- 11	10	400	7,15E+04	1,16E+10
11	32500	11 -- 12	11	2450	7,49E+04	1,33E+10
12	30050	12 -- 13	12	2850	8,12E+04	1,70E+10
13	27200	13 -- 14	13	2200	9,58E+04	2,30E+10
14	25000	14 -- 15	14	1000	1,00E+05	2,62E+10
15	24000	15 -- 16	15	1200	1,03E+05	2,85E+10
16	22800	16 -- 17	16	1425	1,06E+05	3,15E+10
17	21375	17 -- 18	17	1425	1,10E+05	3,49E+10
18	19950	18 -- 19	18	1425	1,12E+05	3,67E+10
19	18525	19 -- 20	19	1425	1,18E+05	4,25E+10
20	17100	20 -- 21	20	600	1,36E+05	5,14E+10
21	16500	21 -- 22	21	2250	1,41E+05	5,64E+10
22	14250	22 -- 23	22	1425	1,46E+05	6,32E+10
23	12825	23 -- 24	23	1425	1,50E+05	6,89E+10
24	11400	24 -- 25	24	2850	1,57E+05	7,81E+10
25	8550	25 -- 26	25	2850	1,65E+05	9,15E+10
26	5700	26 -- 27	26	2850	1,74E+05	1,06E+11
27	2850	27 -- 28	27	2850	1,82E+05	1,23E+11
28	0				0,00E+00	0,00E+00

3.0 - Berekening belastingen

3,1 - Berekening stuwdruk

Algemene gegevens:

Wind gebied : II - onbebouwd

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

Terreincategorie : II - Onbebouwd gebied

Richtingsfactor C_{dir} = 1,0

Seizoensfactor C_{season} = 1,0

Orografiefactor $C_o(z)$ = 1,0

Veiligheidsklaae 2

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

z_0 = 0,200 m

z_{min} = 4,0 m

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 - Berekening eigenfrequentie mast en meewerkende massa

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast N	gewicht travese N	dwarskr. kN	moment kNm	hoekver.φ rad.	verpl. δ mm
1	1 -- 2	1332	300	0,30	0,00	1,30E-02	382,58
2	2 -- 3	5878	1772	3,40	0,55	1,30E-02	375,19
3	3 -- 4	8581		9,28	15,01	1,29E-02	345,67
4	4 -- 5	9951		17,86	53,70	1,27E-02	309,15
5	5 -- 6	1873		27,81	118,79	1,23E-02	273,49
6	6 -- 7	10630	13777	43,46	131,72	1,22E-02	267,97
7	7 -- 8	6822		54,09	248,79	1,18E-02	239,06
8	8 -- 9	7203		60,92	330,74	1,15E-02	222,43
9	9 -- 10	15548		68,12	422,68	1,12E-02	206,24
10	10 -- 11	2304		83,67	638,98	1,05E-02	175,34
11	11 -- 12	14766	14223	100,20	672,90	1,03E-02	171,18
12	12 -- 13	18593		114,96	936,47	9,64E-03	146,65
13	13 -- 14	16876		133,55	1290,61	8,75E-03	120,37
14	14 -- 15	8001	8032	158,46	1602,99	8,10E-03	101,81
15	15 -- 16	9873	14669	181,13	1765,45	7,79E-03	93,86
16	16 -- 17	12110		191,01	1988,73	7,41E-03	84,73
17	17 -- 18	12528		203,12	2269,55	6,96E-03	74,49
18	18 -- 19	12738		215,64	2567,91	6,49E-03	64,90
19	19 -- 20	13366		228,38	2884,28	5,98E-03	56,01
20	20 -- 21	6514		241,75	3219,25	5,50E-03	47,83
21	21 -- 22	25179	3365	251,63	3366,25	5,31E-03	44,58
22	22 -- 23	16560		276,81	3960,74	4,62E-03	33,39
23	23 -- 24	17036		293,37	4366,98	4,17E-03	27,12
24	24 -- 25	35499		310,40	4797,17	3,72E-03	21,50
25	25 -- 26	37402		345,90	5732,40	2,81E-03	12,16
26	26 -- 27	39305		383,30	6771,51	1,88E-03	5,44
27	27 -- 28	41208		422,61	7919,94	9,44E-04	1,38
28			26943	490,76	9183,09	0,00E+00	0,00

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

De eigenfrequentie van de eerste trillingsvorm kan berekend worden door:

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

m_i : de geconcentreerde massa in kg.

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

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

knoop nummer	staaf nummer	gewicht mast kg	gewicht traverse kg	verpl. δ m	$g\Sigma m_i.\delta_i$	$\Sigma m_i.\delta_i^2$
1	1 -- 2	133,2	30,0	0,383	607,87	23,520
2	2 -- 3	587,8	177,2	0,375	2730,54	101,304
3	3 -- 4	858,1		0,346	2755,99	91,981
4	4 -- 5	995,1		0,309	2843,79	84,450
5	5 -- 6	187,3		0,273	497,44	13,728
6	6 -- 7	1063,0	1377,7	0,268	6265,49	167,254
7	7 -- 8	682,2		0,239	1544,34	36,325
8	8 -- 9	720,3		0,222	1514,55	33,091
9	9 -- 10	1554,8		0,206	2910,06	56,597
10	10 -- 11	230,4		0,175	391,60	6,916
11	11 -- 12	1476,6	1422,3	0,171	4690,45	78,968
12	12 -- 13	1859,3		0,147	2435,11	33,140
13	13 -- 14	1687,6		0,120	1839,08	20,826
14	14 -- 15	800,1	803,2	0,102	1570,09	15,983
15	15 -- 16	987,3	1466,9	0,094	2215,60	20,796
16	16 -- 17	1211,0		0,085	945,75	7,675
17	17 -- 18	1252,8		0,074	856,59	6,086
18	18 -- 19	1273,8		0,065	755,47	4,656
19	19 -- 20	1336,6		0,056	680,77	3,603
20	20 -- 21	651,4		0,048	295,27	1,391
21	21 -- 22	2517,9	336,5	0,045	1110,20	4,496
22	22 -- 23	1656,0		0,033	491,55	1,516
23	23 -- 24	1703,6		0,027	406,27	1,007
24	24 -- 25	3549,9		0,021	585,95	1,005
25	25 -- 26	3740,2		0,012	322,80	0,289
26	26 -- 27	3930,5		0,005	131,46	0,046
27	27 -- 28	4120,8		0,001	27,87	0,002
28			2694,3	0,000	0,00	0,000
				Som	41422	817

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

$n_{1,x}$	=	1,13	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	597	0,990	0,570	0,56	333,90	0,56
2 -- 3	258	0,942	2,280	2,02	521,70	2,15
3 -- 4	301	0,856	2,850	2,09	628,41	2,44
4 -- 5	349	0,761	2,850	1,65	576,96	2,17
5 -- 6	3478	0,708	0,450	0,23	783,69	0,32
6 -- 7	443	0,663	2,400	1,05	466,77	1,59
7 -- 8	479	0,603	1,425	0,52	248,17	0,86
8 -- 9	505	0,560	1,425	0,45	226,08	0,80
9 -- 10	546	0,499	2,850	0,71	386,67	1,42
10 -- 11	4132	0,453	0,400	0,08	338,95	0,18
11 -- 12	603	0,415	2,450	0,42	254,77	1,02
12 -- 13	652	0,349	2,850	0,35	226,42	0,99
13 -- 14	1132	0,290	2,200	0,19	210,00	0,64
14 -- 15	2267	0,256	1,000	0,07	148,24	0,26
15 -- 16	823	0,233	1,200	0,07	53,79	0,28
16 -- 17	850	0,208	1,425	0,06	52,44	0,30
17 -- 18	879	0,182	1,425	0,05	41,58	0,26
18 -- 19	894	0,158	1,425	0,04	31,81	0,23
19 -- 20	938	0,136	1,425	0,03	24,62	0,19
20 -- 21	1647	0,121	0,600	0,01	14,41	0,07
21 -- 22	1119	0,102	2,250	0,02	26,15	0,23
22 -- 23	1162	0,079	1,425	0,01	10,36	0,11
23 -- 24	1195	0,064	1,425	0,01	6,88	0,09
24 -- 25	1246	0,044	2,850	0,01	6,87	0,13
25 -- 26	1312	0,023	2,850	0,00	1,98	0,07
26 -- 27	1379	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
27 -- 28	2391	0,002	2,850	0,00	0,02	0,01
		Σ	50,00	10,67	5621,93	17,38

m_e = 5621,9 / 10,7 = 527,0 kg/m

3.3 - Berekening bouwwerkfactor $c_s c_d$

Eurocode 1- 4 : 6.3.1 - Procedure volgens bijlage C

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

$n = n_{1,x}$ =	1,13	Hz
b =	1,45	m
h =	50,00	m
$z_s = h_0 + 0,6 * h$ =	30,00	m
$\alpha = 0,67 + 0,05 * \ln(z_0)$ =	0,74	
De referentiehoogte z_t =	200	m
De referentielengteschaal L_t =	300	m
$L(z) = L_t * (z / z_t)^{\alpha}$ =	73,79	

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

B^2 =	0,50	
δ_s =	0,012	(buismast)
$\delta_a = c_f * \rho * b * v_m(z_s) / (2*n_1*m_e)$ =	0,052	
δ_d =	0	nvt, geen dempinstallatie
$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ =	0,064	
$v_m(z_s)$ =	28,32	m/s
$v_m(z)$ =	31,21	m/s
$I_v(z_s)$ =	0,20	

$$S_L(z,n) = 6,8 * f_L(z,n) / \{1+10,2*f_L(z,n)\}^{5/3} = 0,07$$

$f_L(z,n) = n * L(z) / v_m(z)$ =	2,68	
$c_y = c_z$ =	11,5	
$\phi_y = c_y * b * n / V_m(z_s)$	0,67	
$\phi_z = c_y * h * n / V_m(z_s)$	23,01	
G_y =	0,5	
G_z =	0,28	

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

$K_s(n)$ =	0,13	
R^2 =	0,71	
T =	600	s
$v = n_{1,x} * (R^2/(B^2+R^2))^{0,5}$ =	0,87	Hz

$$k_p = \{2*\ln(v*T)\}^{0,5} + 0,6 / \{ (2*\ln(v*T))^{0,5}\} = 3,71$$

$c_s c_d$ =	**1,10**	

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	31,2	1,06E+06	0,77	0,80	0,61
2	31,0	1,17E+06	0,77	0,80	0,61
3	30,7	1,36E+06	0,77	0,80	0,61
4	30,3	1,56E+06	0,77	0,80	0,61
5	30,1	1,67E+06	0,77	0,80	0,61
6	29,9	1,77E+06	0,77	0,80	0,61
7	29,6	1,90E+06	0,77	0,80	0,61
8	29,4	1,99E+06	0,77	0,80	0,61
9	29,1	2,12E+06	0,76	0,80	0,61
10	28,8	2,22E+06	0,76	0,80	0,61
11	28,6	2,31E+06	0,76	0,80	0,61
12	28,1	2,45E+06	0,76	0,80	0,61
13	27,5	2,59E+06	0,76	0,80	0,60
14	27,2	2,66E+06	0,76	0,80	0,60
15	26,9	2,71E+06	0,76	0,80	0,60
16	26,6	2,77E+06	0,76	0,80	0,60
17	26,2	2,82E+06	0,76	0,80	0,60
18	25,8	2,83E+06	0,76	0,80	0,60
19	25,4	2,92E+06	0,75	0,80	0,60
20	25,0	2,94E+06	0,75	0,80	0,60
21	24,5	2,97E+06	0,75	0,80	0,60
22	23,8	3,00E+06	0,75	0,80	0,60
23	23,2	3,00E+06	0,75	0,80	0,60
24	22,1	2,98E+06	0,75	0,80	0,59
25	20,2	2,87E+06	0,74	0,80	0,59
26	17,3	2,58E+06	0,73	0,80	0,58
27	16,9	2,65E+06	0,73	0,80	0,58

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 REV 003 Appendix - E en E2		
1e traverse - 380C1F1	41,00	1			
2e traverse - 380C1F2	32,50	1			
3e traverse - 380C1F3	24,00	1			
Passieve run	16,50	1			
				Σ Gew (kg)	0

Excentriciteit ophanging t.o.v hart mast

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

Windlast (horizontale belasting) bliksem en fase draden

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

3.6 - Gewicht en windbelasting van het mastlichaam

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

staaf nummer	gewicht staven in N.	gewicht kab/ladder in N.	totaal gewicht in N.	windopp. staven in m².	windopp. ladder in m².	windlast in N	windlast in kN/m'.
1	1247	86	1332	0,179	0,068	373	0,654
2	5536	342	5878	0,789	0,274	1593	0,699
3	8153	428	8581	1,155	0,342	2212	0,776
4	9523	428	9951	1,341	0,342	2445	0,858
5	1805	68	1873	0,229	0,054	406	0,903
6	10270	360	10630	1,298	0,288	2259	0,941
7	6609	214	6822	0,833	0,171	1411	0,990
8	6989	214	7203	0,879	0,171	1460	1,025
9	15120	428	15548	1,897	0,342	3062	1,074
10	2244	60	2304	0,281	0,048	444	1,110
11	14399	368	14766	1,800	0,294	2790	1,139
12	18165	428	18593	2,264	0,342	3386	1,188
13	16546	330	16876	1,872	0,264	2703	1,229
14	7851	150	8001	0,887	0,120	1251	1,251
15	9693	180	9873	1,093	0,144	1517	1,264
16	11896	214	12110	1,340	0,171	1820	1,277
17	12315	214	12528	1,384	0,171	1837	1,289
18	12524	214	12738	1,406	0,171	1822	1,279
19	13152	214	13366	1,473	0,171	1855	1,302
20	6424	90	6514	0,633	0,072	782	1,303
21	24841	338	25179	2,444	0,270	2924	1,300
22	16346	214	16560	1,603	0,171	1835	1,288
23	16822	214	17036	1,645	0,171	1811	1,271
24	35071	428	35499	3,413	0,342	3505	1,230
25	36974	428	37402	3,567	0,342	3232	1,134
26	38877	428	39305	3,696	0,342	2722	0,955
27	40780	428	41208	3,867	0,342	2758	0,968
	400176	7500	407676	inkl. C_t	inkl. C_t	$\Sigma F_{mast =}$	54216

3.7 - Berekende belastingen

1 - Eigen gewichten (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	eg mast inc. Ladder in N/m'	eg draden BG - 1a in N	eg draden BG - 1b in N	eg draden BG - 3 in N	eg draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	2805	360	360	360	360
2	2 -- 3	3094	2127	2126	8264	2879
3	3 -- 4	3613				
4	4 -- 5	4190				
5	5 -- 6	4995				
6	6 -- 7	5315	16535	16527	27318	19540
7	7 -- 8	5745				
8	8 -- 9	6066				
9	9 -- 10	6547				
10	10 -- 11	6912				
11	11 -- 12	7232	17070	17063	27854	20076
12	12 -- 13	7829				
13	13 -- 14	9205				
14	14 -- 15	9601	9639	9639	9639	9639
15	15 -- 16	9873	17605	17598	28389	20611
16	16 -- 17	10198				
17	17 -- 18	10550				
18	18 -- 19	10727				
19	19 -- 20	11255				
20	20 -- 21	13028				
21	21 -- 22	13429	4038	4036	16332	5542
22	22 -- 23	13945				
23	23 -- 24	14346				
24	24 -- 25	14947				
25	25 -- 26	15748				
26	26 -- 27	16549				
27	27 -- 28	17351				
28			32331	32331	32331	32331

KEMA rapport - bijlage E - windhoek 90 graden

eg flenzen+ringen * γ_g (γ_g = 1,2)

eg mast * γ_g (γ_g = 1,2)

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	654				
2	2 -- 3	699	27523	20498	48828	21586
3	3 -- 4	776				
4	4 -- 5	858				
5	5 -- 6	903				
6	6 -- 7	941	178146	157129	205096	149275
7	7 -- 8	990				
8	8 -- 9	1025				
9	9 -- 10	1074				
10	10 -- 11	1110				
11	11 -- 12	1139	171597	156685	203328	148913
12	12 -- 13	1188				
13	13 -- 14	1229				
14	14 -- 15	1251				
15	15 -- 16	1264	163435	156167	201244	148493
16	16 -- 17	1277				
17	17 -- 18	1289				
18	18 -- 19	1279				
19	19 -- 20	1302				
20	20 -- 21	1303				
21	21 -- 22	1300	45093	41040	94488	43716
22	22 -- 23	1288				
23	23 -- 24	1271				
24	24 -- 25	1230				
25	25 -- 26	1134				
26	26 -- 27	955				
27	27 -- 28	968				
28						

KEMA rapport - bijlage E2 - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,0)

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

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

3 - Horizontale belasting (Ultimate limit state)

knoop nummer	staaf i--j	wind belasting mast in N/m'	hor. Bel. draden BG - 1a in N	hor. Bel. draden BG - 1b in N	hor. Bel. draden BG - 3 in N	hor. Bel. draden BG - 4 in N
1	1 -- 2	1047				
2	2 -- 3	1118	35966	23730	62867	26151
3	3 -- 4	1242				
4	4 -- 5	1373				
5	5 -- 6	1445				
6	6 -- 7	1506	227009	179009	252172	176658
7	7 -- 8	1584				
8	8 -- 9	1640				
9	9 -- 10	1719				
10	10 -- 11	1775				
11	11 -- 12	1822	217300	178238	249461	176052
12	12 -- 13	1901				
13	13 -- 14	1966				
14	14 -- 15	2001				
15	15 -- 16	2022	205011	177337	246252	175344
16	16 -- 17	2044				
17	17 -- 18	2063				
18	18 -- 19	2046				
19	19 -- 20	2083				
20	20 -- 21	2084				
21	21 -- 22	2080	56990	47009	120983	52586
22	22 -- 23	2060				
23	23 -- 24	2033				
24	24 -- 25	1968				
25	25 -- 26	1814				
26	26 -- 27	1528				
27	27 -- 28	1548				
28						

KEMA rapport - bijlage E - windhoek 90 graden

wind mast * γ_q (γ_q = 1,6)

4.0 - Resultaat berekeningen

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

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	373		0	0,00E+00	2,18E-03	61
2	2 -- 3	1593		373	1,11E+05	2,18E-03	60
3	3 -- 4	2212		1966	2,82E+06	2,17E-03	55
4	4 -- 5	2445		4178	1,17E+07	2,12E-03	49
5	5 -- 6	406		6623	2,72E+07	2,04E-03	43
6	6 -- 7	2259		7029	3,04E+07	2,02E-03	42
7	7 -- 8	1411		9288	5,02E+07	1,94E-03	37
8	8 -- 9	1460		10699	6,46E+07	1,88E-03	34
9	9 -- 10	3062		12159	8,11E+07	1,81E-03	32
10	10 -- 11	444		15221	1,20E+08	1,67E-03	27
11	11 -- 12	2790		15665	1,27E+08	1,65E-03	26
12	12 -- 13	3386		18455	1,69E+08	1,53E-03	22
13	13 -- 14	2703		21841	2,27E+08	1,37E-03	18
14	14 -- 15	1251		24545	2,78E+08	1,25E-03	15
15	15 -- 16	1517		25795	3,04E+08	1,20E-03	14
16	16 -- 17	1820		27312	3,36E+08	1,14E-03	13
17	17 -- 18	1837		29132	3,76E+08	1,06E-03	11
18	18 -- 19	1822		30969	4,20E+08	9,82E-04	10
19	19 -- 20	1855		32791	4,65E+08	9,00E-04	8
20	20 -- 21	782		34647	5,14E+08	8,22E-04	7
21	21 -- 22	2924		35428	5,35E+08	7,93E-04	7
22	22 -- 23	1835		38353	6,18E+08	6,84E-04	5
23	23 -- 24	1811		40188	6,75E+08	6,14E-04	4
24	24 -- 25	3505		41998	7,33E+08	5,45E-04	3
25	25 -- 26	3232		45503	8,58E+08	4,07E-04	2
26	26 -- 27	2722		48735	9,93E+08	2,70E-04	1
27	27 -- 28	2758		51457	1,14E+09	1,34E-04	0
28				54216	1,29E+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	3,55E-02	1007
2	2 -- 3		27523	95784	6,83E+04	3,55E-02	987
3	3 -- 4			838185	6,36E+07	3,52E-02	906
4	4 -- 5			2597824	1,44E+08	3,45E-02	807
5	5 -- 6			5275162	2,25E+08	3,36E-02	710
6	6 -- 7		178146	6104288	2,38E+08	3,35E-02	695
7	7 -- 8			10360502	7,36E+08	3,24E-02	615
8	8 -- 9			13115001	1,03E+09	3,15E-02	570
9	9 -- 10			16101180	1,33E+09	3,05E-02	526
10	10 -- 11			23060163	1,92E+09	2,82E-02	442
11	11 -- 12		171597	24347680	2,00E+09	2,79E-02	430
12	12 -- 13			31861818	2,94E+09	2,57E-02	365
13	13 -- 14			41085546	4,02E+09	2,30E-02	295
14	14 -- 15			48690535	4,86E+09	2,09E-02	247
15	15 -- 16		163435	52537178	5,24E+09	2,00E-02	226
16	16 -- 17			56968354	5,89E+09	1,89E-02	203
17	17 -- 18			62210951	6,67E+09	1,76E-02	177
18	18 -- 19			67361703	7,44E+09	1,62E-02	153
19	19 -- 20			72362084	8,22E+09	1,47E-02	131
20	20 -- 21			77173098	8,99E+09	1,34E-02	111
21	21 -- 22		45093	79184510	9,32E+09	1,29E-02	103
22	22 -- 23			86565163	1,06E+10	1,10E-02	76
23	23 -- 24			90874188	1,15E+10	9,78E-03	61
24	24 -- 25			94915489	1,23E+10	8,61E-03	48
25	25 -- 26			102246987	1,40E+10	6,32E-03	27
26	26 -- 27			107933115	1,57E+10	4,12E-03	12
27	27 -- 28			111621955	1,73E+10	2,01E-03	3
28	28 -- 29			113040960	1,90E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,08E-02	887
2	2 -- 3		20498	20498	5,92E+04	3,08E-02	869
3	3 -- 4			20498	4,74E+07	3,06E-02	799
4	4 -- 5			20498	1,07E+08	3,00E-02	713
5	5 -- 6			20498	1,68E+08	2,94E-02	628
6	6 -- 7		157129	177627	1,78E+08	2,93E-02	615
7	7 -- 8			177627	6,08E+08	2,84E-02	546
8	8 -- 9			177627	8,64E+08	2,77E-02	506
9	9 -- 10			177627	1,12E+09	2,68E-02	467
10	10 -- 11			177627	1,63E+09	2,49E-02	393
11	11 -- 12		156685	334312	1,70E+09	2,46E-02	383
12	12 -- 13			334312	2,53E+09	2,28E-02	325
13	13 -- 14			334312	3,49E+09	2,04E-02	263
14	14 -- 15			334312	4,23E+09	1,86E-02	220
15	15 -- 16		156167	490479	4,57E+09	1,78E-02	202
16	16 -- 17			490479	5,16E+09	1,68E-02	181
17	17 -- 18			490479	5,87E+09	1,56E-02	158
18	18 -- 19			490479	6,57E+09	1,44E-02	137
19	19 -- 20			490479	7,27E+09	1,32E-02	117
20	20 -- 21			490479	7,98E+09	1,19E-02	99
21	21 -- 22		41040	531518	8,27E+09	1,15E-02	92
22	22 -- 23			531518	9,47E+09	9,81E-03	68
23	23 -- 24			531518	1,02E+10	8,75E-03	55
24	24 -- 25			531518	1,10E+10	7,70E-03	43
25	25 -- 26			531518	1,25E+10	5,66E-03	24
26	26 -- 27			531518	1,40E+10	3,69E-03	10
27	27 -- 28			531518	1,56E+10	1,80E-03	3
28				531518	1,71E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	4,60E-02	1272
2	2 -- 3		48828	48828	8,85E+04	4,60E-02	1246
3	3 -- 4			48828	1,12E+08	4,55E-02	1141
4	4 -- 5			48828	2,54E+08	4,42E-02	1013
5	5 -- 6			48828	3,96E+08	4,27E-02	889
6	6 -- 7		205096	253924	4,19E+08	4,25E-02	870
7	7 -- 8			253924	1,03E+09	4,09E-02	769
8	8 -- 9			253924	1,40E+09	3,96E-02	712
9	9 -- 10			253924	1,76E+09	3,83E-02	656
10	10 -- 11			253924	2,50E+09	3,53E-02	551
11	11 -- 12		203328	457253	2,60E+09	3,49E-02	537
12	12 -- 13			457253	3,73E+09	3,21E-02	455
13	13 -- 14			457253	5,04E+09	2,86E-02	368
14	14 -- 15			457253	6,06E+09	2,61E-02	308
15	15 -- 16		201244	658497	6,52E+09	2,49E-02	283
16	16 -- 17			658497	7,32E+09	2,35E-02	253
17	17 -- 18			658497	8,26E+09	2,19E-02	221
18	18 -- 19			658497	9,21E+09	2,02E-02	191
19	19 -- 20			658497	1,02E+10	1,84E-02	164
20	20 -- 21			658497	1,11E+10	1,67E-02	139
21	21 -- 22		94488	752985	1,15E+10	1,61E-02	129
22	22 -- 23			752985	1,32E+10	1,37E-02	95
23	23 -- 24			752985	1,43E+10	1,22E-02	77
24	24 -- 25			752985	1,54E+10	1,08E-02	60
25	25 -- 26			752985	1,75E+10	7,93E-03	33
26	26 -- 27			752985	1,97E+10	5,18E-03	15
27	27 -- 28			752985	2,18E+10	2,53E-03	4
28				752985	2,40E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	2,98E-02	854
2	2 -- 3		21586	21586	5,74E+04	2,98E-02	837
3	3 -- 4			21586	4,99E+07	2,96E-02	769
4	4 -- 5			21586	1,13E+08	2,90E-02	686
5	5 -- 6			21586	1,77E+08	2,84E-02	604
6	6 -- 7		149275	170861	1,87E+08	2,83E-02	591
7	7 -- 8			170861	6,01E+08	2,74E-02	524
8	8 -- 9			170861	8,46E+08	2,66E-02	486
9	9 -- 10			170861	1,09E+09	2,58E-02	448
10	10 -- 11			170861	1,59E+09	2,39E-02	377
11	11 -- 12		148913	319775	1,65E+09	2,37E-02	368
12	12 -- 13			319775	2,44E+09	2,19E-02	312
13	13 -- 14			319775	3,36E+09	1,96E-02	253
14	14 -- 15			319775	4,07E+09	1,79E-02	211
15	15 -- 16		148493	468268	4,40E+09	1,71E-02	194
16	16 -- 17			468268	4,96E+09	1,62E-02	174
17	17 -- 18			468268	5,63E+09	1,50E-02	152
18	18 -- 19			468268	6,31E+09	1,39E-02	131
19	19 -- 20			468268	6,98E+09	1,26E-02	112
20	20 -- 21			468268	7,65E+09	1,15E-02	95
21	21 -- 22		43716	511984	7,93E+09	1,10E-02	88
22	22 -- 23			511984	9,09E+09	9,42E-03	65
23	23 -- 24			511984	9,82E+09	8,40E-03	53
24	24 -- 25			511984	1,06E+10	7,40E-03	41
25	25 -- 26			511984	1,20E+10	5,44E-03	23
26	26 -- 27			511984	1,35E+10	3,55E-03	10
27	27 -- 28			511984	1,49E+10	1,73E-03	3
28				511984	1,64E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	4,56E-05	1
2	2 -- 3				1,23E+06	4,56E-05	1
3	3 -- 4				1,23E+06	3,40E-05	0
4	4 -- 5				1,23E+06	2,52E-05	0
5	5 -- 6				1,23E+06	1,97E-05	0
6	6 -- 7				1,23E+06	1,90E-05	0
7	7 -- 8				1,23E+06	1,63E-05	0
8	8 -- 9				1,23E+06	1,50E-05	0
9	9 -- 10				1,23E+06	1,39E-05	0
10	10 -- 11				1,23E+06	1,22E-05	0
11	11 -- 12				1,23E+06	1,20E-05	0
12	12 -- 13				1,23E+06	1,09E-05	0
13	13 -- 14				1,23E+06	9,93E-06	0
14	14 -- 15				1,23E+06	9,36E-06	0
15	15 -- 16				1,23E+06	9,14E-06	0
16	16 -- 17				1,23E+06	8,89E-06	0
17	17 -- 18				1,23E+06	8,63E-06	0
18	18 -- 19				1,23E+06	8,39E-06	0
19	19 -- 20				1,23E+06	8,16E-06	0
20	20 -- 21				1,23E+06	7,96E-06	0
21	21 -- 22				8,26E+06	7,89E-06	0
22	22 -- 23				8,26E+06	6,32E-06	0
23	23 -- 24				8,26E+06	5,44E-06	0
24	24 -- 25				8,26E+06	4,63E-06	0
25	25 -- 26				8,26E+06	3,19E-06	0
26	26 -- 27				8,26E+06	1,97E-06	0
27	27 -- 28				8,26E+06	9,13E-07	0
28					8,26E+06	0,00E+00	0

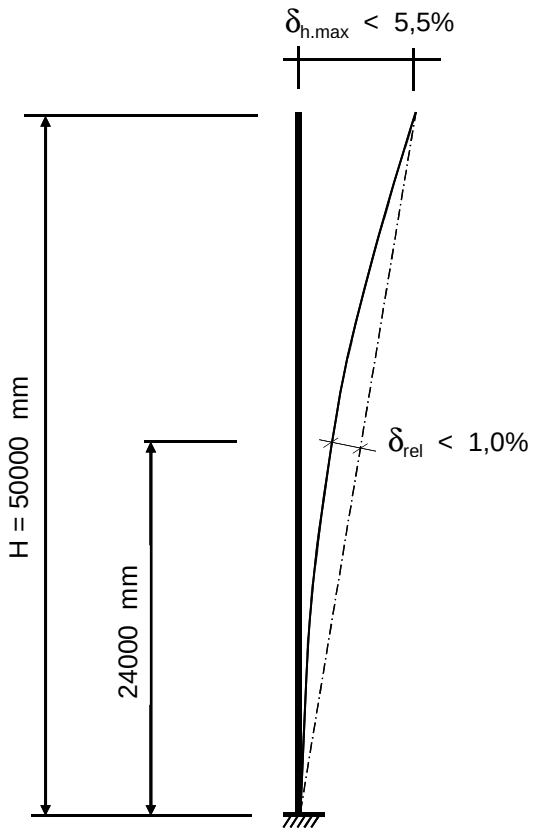
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

Maatgevende combinatie - Serviceability limit state:

Eigengewicht conductors, insulators	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	4,7E-02	1291
2	2 -- 3	4,7E-02	1264
3	3 -- 4	4,6E-02	1158
4	4 -- 5	4,5E-02	1028
5	5 -- 6	4,3E-02	902
6	6 -- 7	4,3E-02	883
7	7 -- 8	4,2E-02	781
8	8 -- 9	4,0E-02	723
9	9 -- 10	3,9E-02	666
10	10 -- 11	3,6E-02	560
11	11 -- 12	3,5E-02	545
12	12 -- 13	3,3E-02	462
13	13 -- 14	2,9E-02	374
14	14 -- 15	2,6E-02	313
15	15 -- 16	2,5E-02	287
16	16 -- 17	2,4E-02	257
17	17 -- 18	2,2E-02	224
18	18 -- 19	2,0E-02	194
19	19 -- 20	1,9E-02	166
20	20 -- 21	1,7E-02	141
21	21 -- 22	1,6E-02	131
22	22 -- 23	1,4E-02	97
23	23 -- 24	1,2E-02	78
24	24 -- 25	1,1E-02	61
25	25 -- 26	8,1E-03	34
26	26 -- 27	5,3E-03	15
27	27 -- 28	2,6E-03	4
28	28 -- 29	0,0E+00	0

4.3 - Toetsing maximale horizontale verplaatsingen



Controle verplaatsingen

δ_h = 1291 mm ----> δ_h *100 / 50000

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

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

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

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

δ_{rel} = 333 mm ----> δ_h *100 / 50000

Percentage uitbuig. = 0,67 % 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	normalekr. N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2	560	360	0	0,00E+00	3,25E-03	91
2	2 -- 3	2390	4086	560	1,59E+05	3,25E-03	89
3	3 -- 4	3317	11140	2949	4,16E+06	3,23E-03	82
4	4 -- 5	3668	21436	6267	1,73E+07	3,16E-03	73
5	5 -- 6	610	33377	9934	4,04E+07	3,03E-03	64
6	6 -- 7	3388	52160	10544	4,50E+07	3,01E-03	62
7	7 -- 8	2116	64917	13932	7,44E+07	2,88E-03	55
8	8 -- 9	2191	73104	16048	9,57E+07	2,79E-03	51
9	9 -- 10	4593	81747	18239	1,20E+08	2,70E-03	47
10	10 -- 11	666	100405	22832	1,79E+08	2,49E-03	40
11	11 -- 12	4185	120239	23497	1,88E+08	2,46E-03	39
12	12 -- 13	5080	137959	27683	2,51E+08	2,27E-03	33
13	13 -- 14	4055	160270	32762	3,37E+08	2,03E-03	27
14	14 -- 15	1876	190160	36817	4,13E+08	1,86E-03	23
15	15 -- 16	2275	217366	38693	4,51E+08	1,79E-03	21
16	16 -- 17	2730	229214	40968	4,99E+08	1,69E-03	19
17	17 -- 18	2755	243746	43698	5,59E+08	1,58E-03	16
18	18 -- 19	2733	258780	46453	6,23E+08	1,46E-03	14
19	19 -- 20	2783	274065	49187	6,92E+08	1,34E-03	12
20	20 -- 21	1173	290104	51970	7,64E+08	1,22E-03	10
21	21 -- 22	4387	301959	53142	7,95E+08	1,18E-03	10
22	22 -- 23	2752	332174	57529	9,20E+08	1,02E-03	7
23	23 -- 24	2716	352046	60281	1,00E+09	9,15E-04	6
24	24 -- 25	5257	372489	62998	1,09E+09	8,12E-04	5
25	25 -- 26	4848	415088	68255	1,28E+09	6,07E-04	3
26	26 -- 27	4084	459970	73103	1,48E+09	4,02E-04	1
27	27 -- 28	4137	507136	77186	1,69E+09	2,00E-04	0
28			588917	81323	1,92E+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	4,49E-02	1273
2	2 -- 3		35966	35966	0,00E+00	4,49E-02	1247
3	3 -- 4			35966	8,20E+07	4,46E-02	1145
4	4 -- 5			35966	1,85E+08	4,36E-02	1019
5	5 -- 6			35966	2,87E+08	4,25E-02	897
6	6 -- 7		227009	262975	3,03E+08	4,24E-02	877
7	7 -- 8			262975	9,34E+08	4,10E-02	777
8	8 -- 9			262975	1,31E+09	3,98E-02	719
9	9 -- 10			262975	1,68E+09	3,85E-02	664
10	10 -- 11			262975	2,43E+09	3,57E-02	558
11	11 -- 12		217300	480275	2,54E+09	3,53E-02	543
12	12 -- 13			480275	3,72E+09	3,25E-02	460
13	13 -- 14			480275	5,08E+09	2,90E-02	372
14	14 -- 15			480275	6,14E+09	2,64E-02	311
15	15 -- 16		205011	685286	6,62E+09	2,53E-02	285
16	16 -- 17			685286	7,44E+09	2,39E-02	256
17	17 -- 18			685286	8,42E+09	2,22E-02	223
18	18 -- 19			685286	9,40E+09	2,04E-02	193
19	19 -- 20			685286	1,04E+10	1,86E-02	165
20	20 -- 21			685286	1,13E+10	1,69E-02	140
21	21 -- 22		56990	742276	1,18E+10	1,62E-02	130
22	22 -- 23			742276	1,34E+10	1,38E-02	96
23	23 -- 24			742276	1,45E+10	1,23E-02	77
24	24 -- 25			742276	1,55E+10	1,09E-02	61
25	25 -- 26			742276	1,77E+10	7,97E-03	34
26	26 -- 27			742276	1,98E+10	5,20E-03	15
27	27 -- 28			742276	2,19E+10	2,54E-03	4
28				742276	2,40E+10	0,00E+00	0

C - Horizontale belasting - belastinggeval 1b

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,48E-02	1003
2	2 -- 3		23730	23730	0,00E+00	3,48E-02	984
3	3 -- 4			23730	5,41E+07	3,46E-02	904
4	4 -- 5			23730	1,22E+08	3,39E-02	807
5	5 -- 6			23730	1,89E+08	3,33E-02	711
6	6 -- 7		179009	202739	2,00E+08	3,32E-02	696
7	7 -- 8			202739	6,87E+08	3,22E-02	617
8	8 -- 9			202739	9,76E+08	3,13E-02	572
9	9 -- 10			202739	1,26E+09	3,03E-02	528
10	10 -- 11			202739	1,84E+09	2,82E-02	444
11	11 -- 12		178238	380977	1,92E+09	2,79E-02	433
12	12 -- 13			380977	2,86E+09	2,58E-02	367
13	13 -- 14			380977	3,94E+09	2,30E-02	298
14	14 -- 15			380977	4,78E+09	2,10E-02	249
15	15 -- 16		177337	558314	5,16E+09	2,01E-02	229
16	16 -- 17			558314	5,83E+09	1,90E-02	205
17	17 -- 18			558314	6,63E+09	1,77E-02	179
18	18 -- 19			558314	7,42E+09	1,63E-02	155
19	19 -- 20			558314	8,22E+09	1,49E-02	132
20	20 -- 21			558314	9,01E+09	1,35E-02	112
21	21 -- 22		47009	605323	9,35E+09	1,30E-02	104
22	22 -- 23			605323	1,07E+10	1,11E-02	77
23	23 -- 24			605323	1,16E+10	9,90E-03	62
24	24 -- 25			605323	1,24E+10	8,72E-03	49
25	25 -- 26			605323	1,42E+10	6,41E-03	27
26	26 -- 27			605323	1,59E+10	4,18E-03	12
27	27 -- 28			605323	1,76E+10	2,04E-03	3
28				605323	1,93E+10	0,00E+00	0

D - Horizontale belasting - belastinggeval 3

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	$F_{last;hor.}$ N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	5,68E-02	1564
2	2 -- 3		62867	62867	0,00E+00	5,68E-02	1532
3	3 -- 4			62867	1,43E+08	5,61E-02	1403
4	4 -- 5			62867	3,23E+08	5,45E-02	1245
5	5 -- 6			62867	5,02E+08	5,26E-02	1092
6	6 -- 7		252172	315039	5,30E+08	5,23E-02	1069
7	7 -- 8			315039	1,29E+09	5,03E-02	945
8	8 -- 9			315039	1,73E+09	4,88E-02	874
9	9 -- 10			315039	2,18E+09	4,70E-02	806
10	10 -- 11			315039	3,08E+09	4,34E-02	677
11	11 -- 12		249461	564499	3,21E+09	4,29E-02	660
12	12 -- 13			564499	4,59E+09	3,94E-02	559
13	13 -- 14			564499	6,20E+09	3,51E-02	452
14	14 -- 15			564499	7,44E+09	3,20E-02	378
15	15 -- 16		246252	810751	8,01E+09	3,06E-02	347
16	16 -- 17			810751	8,98E+09	2,89E-02	311
17	17 -- 18			810751	1,01E+10	2,68E-02	271
18	18 -- 19			810751	1,13E+10	2,48E-02	235
19	19 -- 20			810751	1,24E+10	2,26E-02	201
20	20 -- 21			810751	1,36E+10	2,05E-02	170
21	21 -- 22		120983	931735	1,41E+10	1,97E-02	158
22	22 -- 23			931735	1,62E+10	1,68E-02	117
23	23 -- 24			931735	1,75E+10	1,50E-02	94
24	24 -- 25			931735	1,88E+10	1,33E-02	74
25	25 -- 26			931735	2,15E+10	9,75E-03	41
26	26 -- 27			931735	2,41E+10	6,36E-03	18
27	27 -- 28			931735	2,68E+10	3,11E-03	5
28				931735	2,95E+10	0,00E+00	0

E - Horizontale belasting - belastinggeval 4

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2			0	0,00E+00	3,51E-02	1005
2	2 -- 3		26151	26151	0,00E+00	3,51E-02	985
3	3 -- 4			26151	5,96E+07	3,48E-02	906
4	4 -- 5			26151	1,34E+08	3,42E-02	807
5	5 -- 6			26151	2,09E+08	3,34E-02	711
6	6 -- 7		176658	202810	2,20E+08	3,33E-02	696
7	7 -- 8			202810	7,07E+08	3,22E-02	617
8	8 -- 9			202810	9,96E+08	3,14E-02	572
9	9 -- 10			202810	1,29E+09	3,04E-02	528
10	10 -- 11			202810	1,86E+09	2,82E-02	444
11	11 -- 12		176052	378861	1,94E+09	2,79E-02	433
12	12 -- 13			378861	2,87E+09	2,57E-02	367
13	13 -- 14			378861	3,95E+09	2,30E-02	297
14	14 -- 15			378861	4,79E+09	2,10E-02	249
15	15 -- 16		175344	554206	5,16E+09	2,01E-02	228
16	16 -- 17			554206	5,83E+09	1,90E-02	205
17	17 -- 18			554206	6,62E+09	1,77E-02	179
18	18 -- 19			554206	7,41E+09	1,63E-02	154
19	19 -- 20			554206	8,20E+09	1,49E-02	132
20	20 -- 21			554206	8,99E+09	1,35E-02	112
21	21 -- 22		52586	606791	9,32E+09	1,30E-02	104
22	22 -- 23			606791	1,07E+10	1,11E-02	77
23	23 -- 24			606791	1,16E+10	9,89E-03	62
24	24 -- 25			606791	1,24E+10	8,71E-03	49
25	25 -- 26			606791	1,41E+10	6,40E-03	27
26	26 -- 27			606791	1,59E+10	4,18E-03	12
27	27 -- 28			606791	1,76E+10	2,04E-03	3
28				606791	1,93E+10	0,00E+00	0

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

knoop nummer	staaf i--j	$Q_{last;hor}$ N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	hor. verpl. mm
1	1 -- 2				0,00E+00	5,48E-05	1
2	2 -- 3				1,48E+06	5,48E-05	1
3	3 -- 4				1,48E+06	4,09E-05	1
4	4 -- 5				1,48E+06	3,03E-05	0
5	5 -- 6				1,48E+06	2,36E-05	0
6	6 -- 7				1,48E+06	2,28E-05	0
7	7 -- 8				1,48E+06	1,95E-05	0
8	8 -- 9				1,48E+06	1,80E-05	0
9	9 -- 10				1,48E+06	1,67E-05	0
10	10 -- 11				1,48E+06	1,46E-05	0
11	11 -- 12				1,48E+06	1,44E-05	0
12	12 -- 13				1,48E+06	1,31E-05	0
13	13 -- 14				1,48E+06	1,19E-05	0
14	14 -- 15				1,48E+06	1,12E-05	0
15	15 -- 16				1,48E+06	1,10E-05	0
16	16 -- 17				1,48E+06	1,07E-05	0
17	17 -- 18				1,48E+06	1,04E-05	0
18	18 -- 19				1,48E+06	1,01E-05	0
19	19 -- 20				1,48E+06	9,79E-06	0
20	20 -- 21				1,48E+06	9,55E-06	0
21	21 -- 22				9,91E+06	9,47E-06	0
22	22 -- 23				9,91E+06	7,59E-06	0
23	23 -- 24				9,91E+06	6,53E-06	0
24	24 -- 25				9,91E+06	5,55E-06	0
25	25 -- 26				9,91E+06	3,83E-06	0
26	26 -- 27				9,91E+06	2,36E-06	0
27	27 -- 28				9,91E+06	1,10E-06	0
28					9,91E+06	0,00E+00	0

4.5 - Maximale krachten in ULS-toestand

			)**
Eigengewicht conductors, insulators	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	0,36	0,00	0,00
2	2 -- 3	10,22	63,03	6,20
3	3 -- 4	17,28	63,75	150,73
4	4 -- 5	27,57	64,75	333,85
5	5 -- 6	39,51	65,85	519,94
6	6 -- 7	69,08	318,20	549,61
7	7 -- 8	81,84	319,22	1314,52
8	8 -- 9	90,02	319,85	1769,86
9	9 -- 10	98,67	320,51	2226,12
10	10 -- 11	117,32	321,89	3141,53
11	11 -- 12	147,94	571,55	3270,33
12	12 -- 13	165,66	572,80	4672,16
13	13 -- 14	187,97	574,33	6306,82
14	14 -- 15	217,86	575,54	7571,68
15	15 -- 16	255,85	822,36	8147,51
16	16 -- 17	267,70	823,04	9134,75
17	17 -- 18	282,23	823,86	10308,17
18	18 -- 19	297,27	824,69	11482,76
19	19 -- 20	312,55	825,51	12658,52
20	20 -- 21	328,59	826,34	13835,46
21	21 -- 22	352,74	947,68	14365,45
22	22 -- 23	382,96	948,99	16499,21
23	23 -- 24	402,83	949,82	17852,11
24	24 -- 25	423,27	950,63	19206,18
25	25 -- 26	465,87	952,21	21917,74
26	26 -- 27	510,75	953,67	24633,61
27	27 -- 28	557,92	954,89	27353,30
28		639,70	956,13	30076,51

)** - 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	10,22	27	6,5	1230,8	0,01
2	500 / 825	150,73	17,28	106	152,8	1698,6	0,09
3	500 / 825	333,85	27,57	130	339,5	2389,4	0,14
4	500 / 825	519,94	39,51	126	530,6	3197,9	0,17
5	825 / 1366	549,61	69,08	19	561,6	3680,5	0,16
6	825 / 1366	1314,52	81,84	102	1334,9	4552,8	0,30
7	825 / 1366	1769,86	90,02	58	1795,4	5114,6	0,36
8	825 / 1366	2226,12	98,67	56	2257,3	5709,1	0,40
9	825 / 1366	3141,53	117,32	107	3185,2	6996,3	0,46
10	825 / 1366	3270,33	147,94	14	3316,1	7187,4	0,47
11	825 / 1366	4672,16	165,66	83	4731,7	8414,2	0,57
12	825 / 1366	6306,82	187,97	88	6383,0	9963,0	0,65
13	1366 / 1750	7571,68	217,86	61	7661,1	12321,4	0,63
14	1366 / 1750	8147,51	255,85	26	8243,6	12990,9	0,64
15	1366 / 1750	9134,75	267,70	30	9238,7	13817,6	0,68
16	1366 / 1750	10308,17	282,23	33	10421,4	14832,4	0,71
17	1366 / 1750	11482,76	297,27	30	11605,1	15883,2	0,74
18	1366 / 1750	12658,52	312,55	28	12789,6	16970,0	0,76
19	1366 / 1750	13835,46	328,59	25	13974,8	18092,8	0,78
20	1750/ 2400	14365,45	352,74	10	14508,3	21002,1	0,70
21	1750/ 2400	16499,21	382,96	34	16655,2	23121,7	0,73
22	1750/ 2400	17852,11	402,83	19	18015,6	24516,8	0,74
23	1750/ 2400	19206,18	423,27	17	19376,8	25952,8	0,75
24	1750/ 2400	21917,74	465,87	27	22101,0	28947,4	0,77
25	1750/ 2400	24633,61	510,75	19	24826,6	32105,5	0,78
26	1750/ 2400	27353,30	557,92	11	27552,5	35427,1	0,79
27	1750/ 2400	30076,51	639,70	4	30278,1	38912,2	0,79

B- Controle plooistabiliteit

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

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

Plooispanning t.g.v normaalkracht

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

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

Plooispanning t.g.v moment

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

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

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

staaf nummer	profiel D_{voet} - D_{top}	σ_{MEd} N/mm^2	σ_{NEd} N/mm^2	$\sigma_{M;plooi;d}$ N/mm^2	$\sigma_{N;plooi;d}$ N/mm^2	toetsings-regel
1	500 / 825	1,95	0,37	355	355	0,01
2	500 / 825	37,28	0,56	355	355	0,11
3	500 / 825	59,40	0,76	355	355	0,17
4	500 / 825	67,78	0,93	355	355	0,19
5	825 / 1366	55,33	1,35	355	355	0,16
6	825 / 1366	115,44	1,50	355	355	0,33
7	825 / 1366	131,97	1,52	355	355	0,38
8	825 / 1366	148,18	1,58	355	355	0,42
9	825 / 1366	178,45	1,74	355	355	0,51
10	825 / 1366	166,00	2,07	355	355	0,47
11	825 / 1366	215,67	2,21	355	342	0,61
12	825 / 1366	247,04	2,32	355	323	0,70
13	1366 / 1750	234,35	2,27	355	331	0,67
14	1366 / 1750	231,27	2,56	355	325	0,66
15	1366 / 1750	244,74	2,60	355	319	0,70
16	1366 / 1750	258,34	2,65	355	312	0,74
17	1366 / 1750	268,33	2,70	355	305	0,76
18	1366 / 1750	285,85	2,79	355	299	0,81
19	1366 / 1750	283,05	2,79	355	293	0,81
20	1750/ 2400	248,49	2,59	355	315	0,71
21	1750/ 2400	268,15	2,72	355	306	0,76
22	1750/ 2400	268,56	2,76	355	300	0,77
23	1750/ 2400	272,65	2,81	355	295	0,78
24	1750/ 2400	286,04	2,97	355	285	0,82
25	1750/ 2400	288,91	3,09	355	276	0,83
26	1750/ 2400	289,85	3,21	355	268	0,83
27	1750/ 2400	289,34	3,51	355	261	0,83

5.0 - Berekening ankers, bouten en flensverbindingen

uitgangspunt: gerolde draad

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

Max. trekkracht in de ankers en boutverbindingen :

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

Waarin :

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

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

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

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

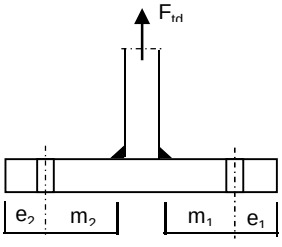
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

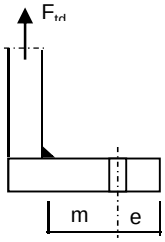
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

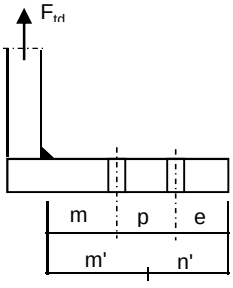
Flenzen en voetplaat:



1 -Voetplaat



2 -Flens met 1 rij bouten



3 -Flens met 2 rij bouten

1 - Voetplaat :

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

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

2 - Flens met 1 rij bouten :

m, n en e zoals bij voetplaat

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

3 - Flens met 2 rij bouten :

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

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

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

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

Bouten en ankers

st.c in mm	aantal bouten	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig bout	$F_{t,Rd}$ kN	toetsing-regel
Ankers							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	568,36	10,87	28	M 48 - 8,8	848,4	0,67
flenzen op 25,0 m hoogte.							
st.c buitenkant		1255,00					
1255,00	32	747,34	17,99	14	M 48 - 10,9	1060,6	0,70

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

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

flens dikte mm	$M_{pl;d}$ Nmm	bezwijk-vorm 1	bezwijk-vorm 2	bezwijk-vorm 3	maatgev. $F_{t,Rd}$	$F_{t,Ed}$ kN	toetsing-regel
voetplaat							
80	7,81E+07	2107,02	1341,37	1696,90	1341,37	1136,72	0,85
80	1,04E+08	2799,04	1532,57	1696,90	1532,57	1136,72	0,74
flenzen op 25,0 m hoogte.							
80	6,60E+07	1922,24	1007,47	2121,12	1007,47	747,34	0,74
80	6,60E+07	1922,24	1007,47	2121,12	1007,47	747,34	0,74
	Krachten in kN						

Lassen

A - Flenzen

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

B - Buizen

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

Bouten

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

6.0 - Controle berekening vortex shedding

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

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

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

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

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

buis	$n_{1,y}$ Hz	$d_{buis;gem}$ m	St	$v_{krit,1}$ m/s
500 / 2400	1,13	1,450	0,18	9,13

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	383	1,000		1,000			
2	375	0,981	1 -- 2	0,990	133	207	597,3
3	346	0,904	2 -- 3	0,942	588		257,8
4	309	0,808	3 -- 4	0,856	858		301,1
5	273	0,715	4 -- 5	0,761	995		349,2
6	268	0,700	5 -- 6	0,708	187	1378	3477,8
7	239	0,625	6 -- 7	0,663	1063		442,9
8	222	0,581	7 -- 8	0,603	682		478,8
9	206	0,539	8 -- 9	0,560	720		505,5
10	175	0,458	9 -- 10	0,499	1555		545,5
11	171	0,447	10 -- 11	0,453	230	1422	4131,8
12	147	0,383	11 -- 12	0,415	1477		602,7
13	120	0,315	12 -- 13	0,349	1859		652,4
14	102	0,266	13 -- 14	0,290	1688	803	1132,2
15	94	0,245	14 -- 15	0,256	800	1467	2267,0
16	85	0,221	15 -- 16	0,233	987		822,8
17	74	0,195	16 -- 17	0,208	1211		849,8
18	65	0,170	17 -- 18	0,182	1253		879,2
19	56	0,146	18 -- 19	0,158	1274		893,9
20	48	0,125	19 -- 20	0,136	1337		938,0
21	45	0,117	20 -- 21	0,121	651	337	1646,5
22	33	0,087	21 -- 22	0,102	2518		1119,1
23	27	0,071	22 -- 23	0,079	1656		1162,1
24	21	0,056	23 -- 24	0,064	1704		1195,5
25	12	0,032	24 -- 25	0,044	3550		1245,6
26	5	0,014	25 -- 26	0,023	3740		1312,3
27	1	0,004	26 -- 27	0,009	3930		1379,1
28	0	0,000	27 -- 28	0,002	4121	2694	2391,2

staaf nummer	massa m kg/m	ϕ_i	s m	ϕ_i^2 * (s)	ϕ_i^2 *(s)*m	ϕ_i * (s)
1 -- 2	597	0,990	0,570	0,56	333,90	0,56
2 -- 3	258	0,942	2,280	2,02	521,70	2,15
3 -- 4	301	0,856	2,850	2,09	628,41	2,44
4 -- 5	349	0,761	2,850	1,65	576,96	2,17
5 -- 6	3478	0,708	0,450	0,23	783,69	0,32
6 -- 7	443	0,663	2,400	1,05	466,77	1,59
7 -- 8	479	0,603	1,425	0,52	248,17	0,86
8 -- 9	505	0,560	1,425	0,45	226,08	0,80
9 -- 10	546	0,499	2,850	0,71	386,67	1,42
10 -- 11	4132	0,453	0,400	0,08	338,95	0,18
11 -- 12	603	0,415	2,450	0,42	254,77	1,02
12 -- 13	652	0,349	2,850	0,35	226,42	0,99
13 -- 14	1132	0,290	2,200	0,19	210,00	0,64
14 -- 15	2267	0,256	1,000	0,07	148,24	0,26
15 -- 16	823	0,233	1,200	0,07	53,79	0,28
16 -- 17	850	0,208	1,425	0,06	52,44	0,30
17 -- 18	879	0,182	1,425	0,05	41,58	0,26
18 -- 19	894	0,158	1,425	0,04	31,81	0,23
19 -- 20	938	0,136	1,425	0,03	24,62	0,19
20 -- 21	1647	0,121	0,600	0,01	14,41	0,07
21 -- 22	1119	0,102	2,250	0,02	26,15	0,23
22 -- 23	1162	0,079	1,425	0,01	10,36	0,11
23 -- 24	1195	0,064	1,425	0,01	6,88	0,09
24 -- 25	1246	0,044	2,850	0,01	6,87	0,13
25 -- 26	1312	0,023	2,850	0,00	1,98	0,07
26 -- 27	1379	0,009	2,850	0,00	0,31	0,03
27 -- 28	2391	0,002	2,850	0,00	0,02	0,01
		Σ	50,00	10,67	5621,93	17,38

m_e = 5621,9 / 10,7 = 527,0 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	527,0	0,030	1,25	1,450	12,0

Berekening van verplaatsingen

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

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

St is de Strouhal getal = 0,18

Sc is de Scrutongetal = 12,0

K is trillingsvormfactor en is gelijk aan

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

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

K = 17,38 / (4 * π * 10,67) = 0,130 (tabel E.5)

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

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

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

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

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

$R_e (V_{crit})$ = 1,450 * 9,13 / $15*10^{-6}$ = 8,8E+05

C_{lat} = 0,20

K_w is de effectieve correlatiefactor gegeven in E.1.5.2.4

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

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

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

K_w = 7,43 / 17,38 = 0,43

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

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

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

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

Opgelegde verplaatsing van 1000 mm

knoop nummer	staaf i--j	q_{last} N	F_{last} N	dwarskr. N	moment Nmm	hoekver. rad.	verpl. mm
1	1 -- 2		204148	204148	0,00E+00	5,6E-02	1000
2	2 -- 3			204148	1,16E+08	5,6E-02	968
3	3 -- 4			204148	5,82E+08	5,2E-02	844
4	4 -- 5			204148	1,16E+09	4,6E-02	703
5	5 -- 6			204148	1,75E+09	4,0E-02	580
6	6 -- 7			204148	1,84E+09	3,9E-02	563
7	7 -- 8			204148	2,33E+09	3,4E-02	475
8	8 -- 9			204148	2,62E+09	3,1E-02	429
9	9 -- 10			204148	2,91E+09	2,9E-02	386
10	10 -- 11			204148	3,49E+09	2,5E-02	309
11	11 -- 12			204148	3,57E+09	2,4E-02	299
12	12 -- 13			204148	4,07E+09	2,1E-02	245
13	13 -- 14			204148	4,65E+09	1,7E-02	191
14	14 -- 15			204148	5,10E+09	1,5E-02	155
15	15 -- 16			204148	5,31E+09	1,4E-02	141
16	16 -- 17			204148	5,55E+09	1,3E-02	125
17	17 -- 18			204148	5,84E+09	1,2E-02	107
18	18 -- 19			204148	6,13E+09	1,0E-02	91
19	19 -- 20			204148	6,43E+09	9,3E-03	77
20	20 -- 21			204148	6,72E+09	8,3E-03	65
21	21 -- 22			204148	6,84E+09	7,9E-03	60
22	22 -- 23			204148	7,30E+09	6,6E-03	44
23	23 -- 24			204148	7,59E+09	5,8E-03	35
24	24 -- 25			204148	7,88E+09	5,0E-03	27
25	25 -- 26			204148	8,46E+09	3,6E-03	15
26	26 -- 27			204148	9,04E+09	2,3E-03	6
27	27 -- 28			204148	9,63E+09	1,1E-03	2
28	28 -- 29			204148	1,02E+10	0,0E+00	0

Wissel spanning

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

staaf	profiel		$W_{y;el}$	$\sigma_{buiging}$ (C_{rd})	$y_{F;max}$	$\Delta\sigma_{dyn}$
nummer	D (mm)	t (mm)	mm^3	N/mm^2	m	MPa
1	522	18,0	3466902	34	0,0412	2,8
2	608	18,0	4784830	122	0,0412	10,0
3	717	18,0	6730689	173	0,0412	14,3
4	825	18,0	9008164	194	0,0412	16,0
5	842	20,0	10367648	177	0,0412	14,6
6	933	20,0	12824815	181	0,0412	15,0
7	987	20,0	14407388	182	0,0412	15,0
8	1042	20,0	16082078	181	0,0412	14,9
9	1150	20,0	19707810	177	0,0412	14,6
10	1165	20,0	20246171	176	0,0412	14,5
11	1258	20,0	23702011	172	0,0412	14,2
12	1366	20,0	28064684	166	0,0412	13,7
13	1450	22,0	34708213	147	0,0412	12,1
14	1488	22,0	36593954	145	0,0412	12,0
15	1534	22,0	38922712	143	0,0412	11,8
16	1588	22,0	41781443	140	0,0412	11,5
17	1642	22,0	44741503	137	0,0412	11,3
18	1696	22,0	47802894	134	0,0412	11,1
19	1750	22,0	50965614	132	0,0412	10,9
20	1773	25,0	59160831	116	0,0412	9,5
21	1859	25,0	65131458	112	0,0412	9,2
22	1913	25,0	69061335	110	0,0412	9,1
23	1967	25,0	73106360	108	0,0412	8,9
24	2075	25,0	81541853	104	0,0412	8,6
25	2183	25,0	90437936	100	0,0412	8,2
26	2292	25,0	99794610	96	0,0412	8,0
27	2400	25,0	109611876	93	0,0412	7,7

Bepaling van het aantal spanningscycli

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

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

$n_y = n_{1;y}$ = 1,13 Hz eigenfrequentie van trillingsvorm loodrecht op wind

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

$V_{crit,1}$ = 9,13 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

$N = 2 * 50 * 3,2.10^7 * 0,3 * 1,13 * [9,08 / 6,14]^2 * \exp[-(9,08 / 6,14)^2]$ = 2,64E+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.

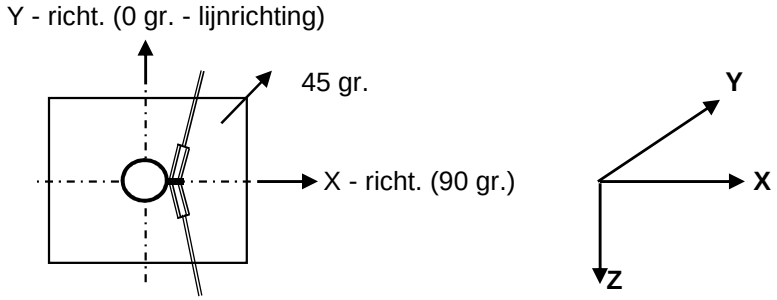
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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		$\gamma * \Delta\sigma =$	$\Delta\sigma$	$0{,}55\,\Delta\sigma_k$	N - wissel.	N	D
		in	in	in	$\Delta\sigma_i$-N lijn	span.wissl.	beschadiging
Knoop		MPa	MPa	MPa		per jaar	< 1
3	Lasnaad	12,03	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
4	Lasnaad	17,10	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
5	Lasnaad	19,17	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
7	Lasnaad	17,95	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
9	Lasnaad	17,90	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
10	Lasnaad	17,52	46	25,30	1,000E+10	2,64E+08	0,03
12	Lasnaad	17,00	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
13	Lasnaad	16,41	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
14	flenzen	14,55	35	19,25	1,000E+10	2,64E+08	0,03
16	Lasnaad	14,11	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
18	Lasnaad	13,56	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
20	Lasnaad	13,04	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
22	Lasnaad	11,09	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
23	Lasnaad	10,87	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
24	Lasnaad	10,66	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
25	Lasnaad	10,27	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
26	Lasnaad	9,89	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
27	Lasnaad	9,54	45	24,75	1,000E+10	2,64E+08	0,03
28	voetplaat	9,21	35	19,25	1,000E+10	2,64E+08	0,03

7.0 - Fundatie belastingen

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



Belasting geval / comb	X - reactie kN	Y - reactie kN	Z - reactie kN	M_x - reactie kNm	M_y - reactie kNm	M_z - reactie kNm
Windrich. 90 graden						
1 - EG mast			538			
2 - Windbelasting mast	87				2048	
3 - Belasting geval 1a	742		51		24018	
4 - Belasting geval 1b	605		51		19347	
5 - Belasting geval 3	932		101		29501	
6 - Belasting geval 4	607		62		19347	
Combinatie 1 : BG1 * 1,2 + BG2 * 1,6 + BG3 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	829		589		26066	
Combinatie 2 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG4 * (1,2 eg, 0,3 windbel.)						
	622		589		19731	
Combinatie 3 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,45 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	956		**640**		**30077**	
Combinatie 4 : BG1 * 1,2 + BG2 * 0,3 + BG5 * (1,2 eg, 1,5 windbel.)						
	623		600		19731	

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	25108	kNm	30077	kNm	30077	kNm
Dwarskracht	807	kN	956	kN	956	kN
Verticale kracht	491	kN	640	kN	442	kN

8,0 - Betonspanning onder voetplaat en instortring

st.c in mm	aantal ankers	$F_{t,Ed}$ kN	$F_{v,Ed}$ kN	knoop nummer	aanwezig anker	$F_{t,Rd}$ kN	Percentage belasting
Ankers krachten in ULS-toestand							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	568,36	10,87	28	M 48 - 8,8	848,45	0,67
Voorspanning ankers in SLS-toestand (100%)							
st.c buitenkant		2710,00					
st.c binnenkant		2040,00					
2375	88	474,96	9,17	28	M 48 - 8,8	848,45	0,56

Maximale trekkracht in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 568,4 kN

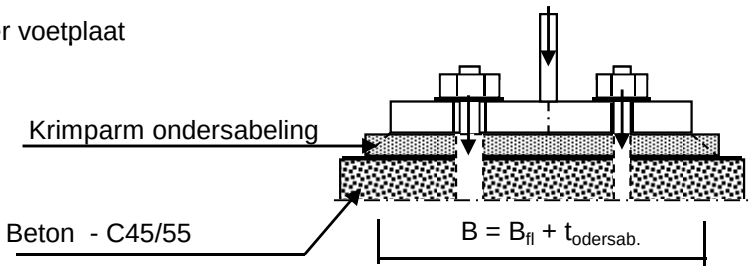
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 475,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 582,9 + 1,00 * 475,0 = 1057,9 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

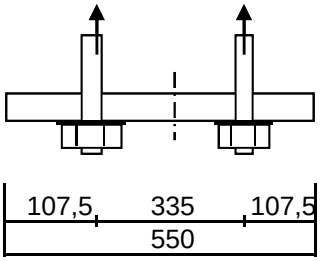
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

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

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

B - drukspanning onder instortring

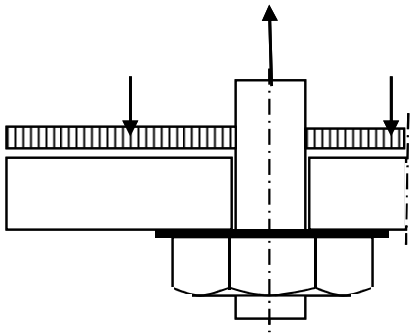


D = 2375 mm
n = 88

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

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

Dikte instortring



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

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

$M_{Ed;st}$ = 70423 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2041 N/mm'

of $M_{Ed;veld}$ = 100550 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 0 N/mm'

$M_{Ed;max}$ = 100550 Nmm/mm' ; $V_{z;d;st}$ = 2041 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} = 100550 / 108718,8 = 0,92 < 1,0 -- Voldoet
σ_b = 328,3 N/mm^2

V_{Ed} / V_{Rd} = 2041 / 7174 = 0,28 < 1,0 -- Voldoet
τ_z = 58,3 N/mm^2

vergelijkingsspanning :

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

Bijlage A

Rapport KEMA - 74100224-ETD/POL 12-00138 REV 003 - bijlage E en E2

W2E350 TOWER APPENDIX: **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
1a	380C1F1 / 380C2F1	14908	68688	136052
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	67955	135431
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	67054	134724
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1947	9485	18334
	Comp. gl	4038	18295	36694
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74552	157629
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74463	157628
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74351	157632
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1946	9692	20384
	Comp. gl	4036	19675	41685
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	101865	212165
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	101602	212132
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	101270	212105
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	8084	25436	52484
	Comp. gl	16332	50543	105783
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73988	156418
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73903	156425
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73795	156438
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2699	10885	22942
	Comp. gl	5542	22166	47027
6	380C1F1 / 380C2F1	16772	67870	145548
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	16772	67870	145548
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	16772	67870	145548
	GW / opgw	2190	8930	19151
	Comp. gl	4543	18490	39651
1a	380C1F1 / 380C2F1	14907	65883	133920
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14907	65481	133680
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14907	64984	133416
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1947	8898	17769
	Comp. gl	4038	17701	36296
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	74198	157646

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	74144	157654
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	74074	157665
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1946	9625	20378
	Comp. gl	4036	19597	41693
3	380C1F1 / 380C2F1	25691	100822	212098
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25691	100663	212105
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25691	100462	212121
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	8083	25106	52489
	Comp. gl	16332	50153	105847
4	380C1F1 / 380C2F1	17913	73647	156463
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17913	73594	156474
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17913	73526	156489
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2699	10823	22947
	Comp. gl	5542	22092	47043
1a	380C1F1 / 380C2F1	14915	115316	195538
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14914	109592	187640
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14913	102309	177658
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1948	18647	30755
	Comp. gl	4040	28471	49369
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	79591	160342
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	78934	159807
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78126	159200
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1946	10730	21165
	Comp. gl	4037	20757	42178
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	117519	223114
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25693	115457	221134
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	112918	218837
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	8085	30149	55166
	Comp. gl	16333	55676	107411
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	78599	158210
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78011	157824
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77286	157393

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2699	11754	23361
	Comp. gl	5542	23115	47233
1a	380C1F1 / 380C2F1	14916	120428	202614
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14915	114241	194052
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14914	106344	183176
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1948	19589	32082
	Comp. gl	4040	29632	50982
1b	380C1F1 / 380C2F1	14900	80196	160863
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14900	79466	160238
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	14900	78570	159526
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1946	10858	21302
	Comp. gl	4037	20885	42278
3	380C1F1 / 380C2F1	25694	119412	225005
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	25694	117127	222731
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	25693	114313	220078
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	8085	30705	55645
0	Comp. gl	16333	56264	107772
4	380C1F1 / 380C2F1	17914	79138	158589
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	17914	78488	158134
Permanent loads yg= 1.2	380C1F3 / 380C2F3	17914	77685	157623
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2699	11857	23443
	Comp. gl	5542	23222	47288
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	57291	111614
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	56412	110681
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	55337	109599
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1460	8037	15230
	Comp. gl	3028	15048	29731
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61844	130378
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61748	130361
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61627	130347
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1459	7955	16660
	Comp. gl	3027	16105	34029

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	91565	190077
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	91287	190014
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90940	189953
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	7595	24393	50249
	Comp. gl	15319	48378	101141
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	62315	131386
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	62226	131384
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	62112	131386
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2211	9376	19706
	Comp. gl	4531	19052	40349
6	380C1F1 / 380C2F1	11178	49660	106497
Permanent, +10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	49660	106497
Permanent loads yg= 1.35	380C1F3 / 380C2F3	11178	49660	106497
	GW / opgw	1460	6468	13870
	Comp. gl	3028	13424	28788
1a	380C1F1 / 380C2F1	11178	53951	108332
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11178	53479	107944
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11178	52900	107503
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1460	7333	14412
	Comp. gl	3028	14347	29103
1b	380C1F1 / 380C2F1	11172	61465	130339
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11172	61407	130339
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11172	61334	130343
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1459	7881	16639
	Comp. gl	3027	16021	34025
3	380C1F1 / 380C2F1	21959	90474	189906
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21959	90309	189900
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21959	90100	189901
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	7595	24059	50243
	Comp. gl	15319	47985	101197
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	61959	131398
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	61904	131405

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	61834	131415
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2211	9311	19705
	Comp. gl	4531	18975	40360
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	110175	184517
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	104003	175660
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	96058	164257
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1461	18140	29667
	Comp. gl	3030	26772	45727
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	67729	134906
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	66938	134084
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	65971	133135
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1459	9193	17869
	Comp. gl	3027	17356	34884
3	380C1F1 / 380C2F1	21962	108631	204057
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	106363	201637
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21961	103571	198795
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	7597	29249	53235
	Comp. gl	15320	53641	103047
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	67444	134289
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	66772	133723
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	65947	133080
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2212	10333	20314
	Comp. gl	4531	20074	40712
1a	380C1F1 / 380C2F1	11186	115641	192354
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11185	109021	182861
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11184	100474	170593
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1461	19121	31078
	Comp. gl	3030	28038	47565
1b	380C1F1 / 380C2F1	11173	68459	135695
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	11173	67578	134747
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	11173	66502	133647
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1459	9348	18064

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E**

Loadcases for tower strength (ultimate limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
	Comp. gl	3027	17510	35039
3	380C1F1 / 380C2F1	21963	110711	206349
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	21962	108200	203591
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	21962	105105	200336
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	7597	29823	53755
0	Comp. gl	15320	54248	103450
4	380C1F1 / 380C2F1	14184	68062	134838
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14184	67316	134179
Permanent loads yg=0.9	380C1F3 / 380C2F3	14184	66401	133426
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2212	10449	20425
	Comp. gl	4531	20193	40791

W2E350 TOWER APPENDIX: **E2**

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]
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	58112	117124
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	57657	116782
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	57097	116397
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1622	7883	15567
	Comp. gl	3365	15511	31569
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65858	139734
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65800	139737
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65727	139744
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	1621	8483	17925
	Comp. gl	3363	17254	36662
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83694	175295
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	83521	175276
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	83302	175263
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	5711	19804	41095
	Comp. gl	11555	39485	82939
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62751	133071
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62696	133078
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62625	133089
Wind angle: 0 dgr	GW / opgw	2123	9029	19096
	Comp. gl	4367	18452	39231
1a	380C1F1 / 380C2F1	12421	56367	115968
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12421	56115	115843
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12421	55802	115706
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1622	7520	15252
	Comp. gl	3365	15140	31358
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	65628	139758
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	65592	139764
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	65547	139774
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	1621	8440	17924
	Comp. gl	3363	17203	36670

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E2**

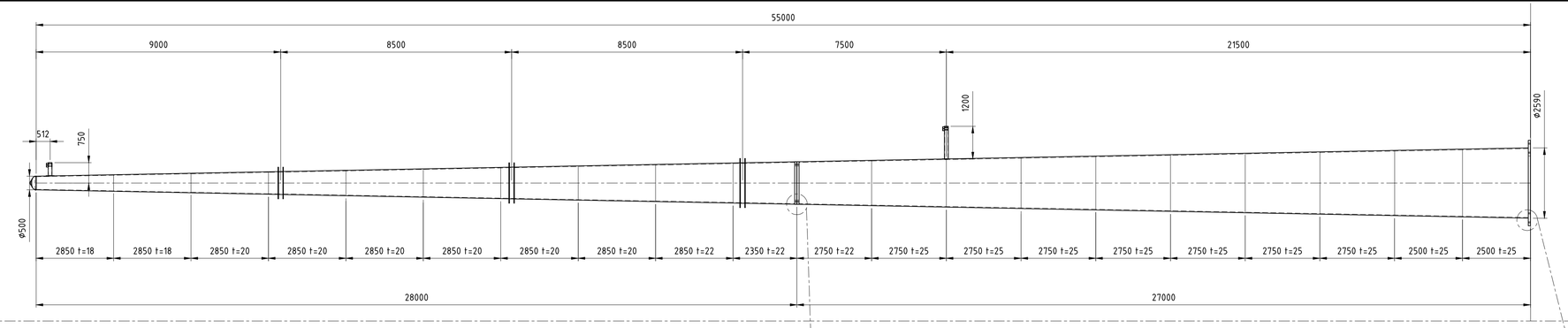
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

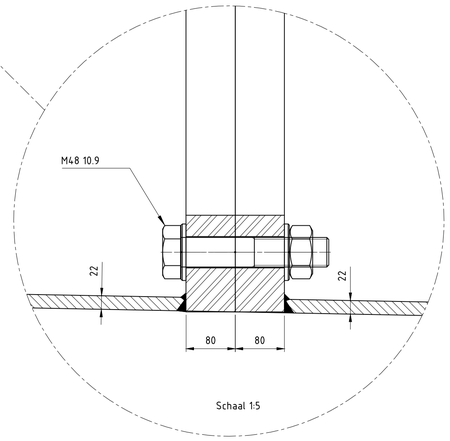
Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
3	380C1F1 / 380C2F1	19607	83006	175264
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19607	82901	175270
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19607	82767	175282
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	5711	19582	41093
	Comp. gl	11555	39224	82978
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	62528	133109
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	62493	133117
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	62448	133128
Wind angle: 45 dgr	GW / opgw	2123	8988	19100
	Comp. gl	4367	18402	39242
1a	380C1F1 / 380C2F1	12425	88247	154753
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	84395	149409
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	79548	142770
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1623	13937	23733
	Comp. gl	3366	21990	39368
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69034	141152
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68625	140857
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68121	140526
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	1621	9131	18352
	Comp. gl	3363	17938	36912
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	93988	182293
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	92628	181004
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	90956	179517
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	5711	23026	43058
	Comp. gl	11556	42966	84154
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	65716	134032
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65342	133812
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	64879	133570
Wind angle: 90 dgr	GW / opgw	2123	9591	19338
	Comp. gl	4367	19070	39337
1a	380C1F1 / 380C2F1	12426	91715	159600
Wind, 10 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12425	87521	153742

W2E350 TOWER APPENDIX**:** **E2**

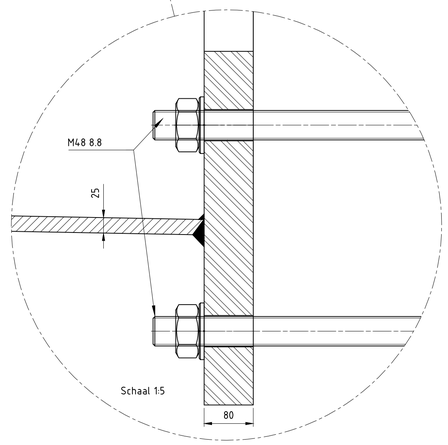
Loadcases for tower defliction analyses (Servicability limit state)

Loadcase according to 50341-3-15	Attachment point	**AHEAD** Vertical [N]	Transverse [N]	Longitudinal [N]
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12424	82226	146423
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1623	14592	24678
	Comp. gl	3366	22761	40438
1b	380C1F1 / 380C2F1	12415	69411	141441
Wind, -20 dgr	380C1F2 / 380C2F2	12415	68957	141094
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	12415	68398	140703
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	1621	9211	18430
	Comp. gl	3363	18018	36966
3	380C1F1 / 380C2F1	19608	95239	183531
Wind+ice, -5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	19608	93729	182043
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	19608	91874	180319
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	5712	23411	43407
	Comp. gl	11556	43368	84417
4	380C1F1 / 380C2F1	14424	66059	134249
Construction/maintenance, +5 dgr	380C1F2 / 380C2F2	14424	65645	133989
Permanent loads yg= 1.0	380C1F3 / 380C2F3	14424	65134	133699
Wind angle: -45 dgr	GW / opgw	2123	9657	19388
	Comp. gl	4367	19139	39369

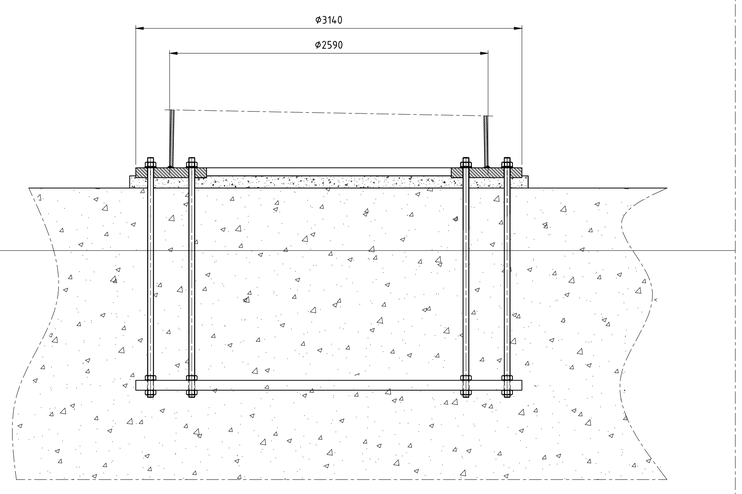




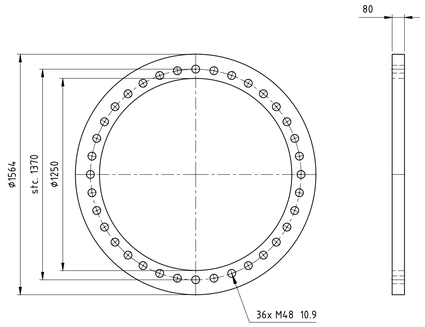
Schaal 1:5



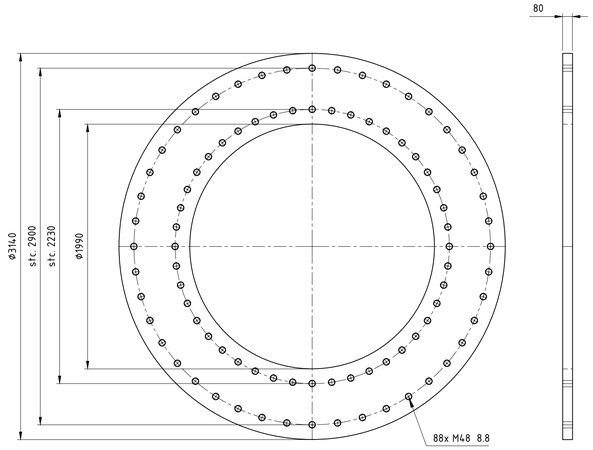
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:25

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

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

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

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

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

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

Benaming: Mast type W2E350+5

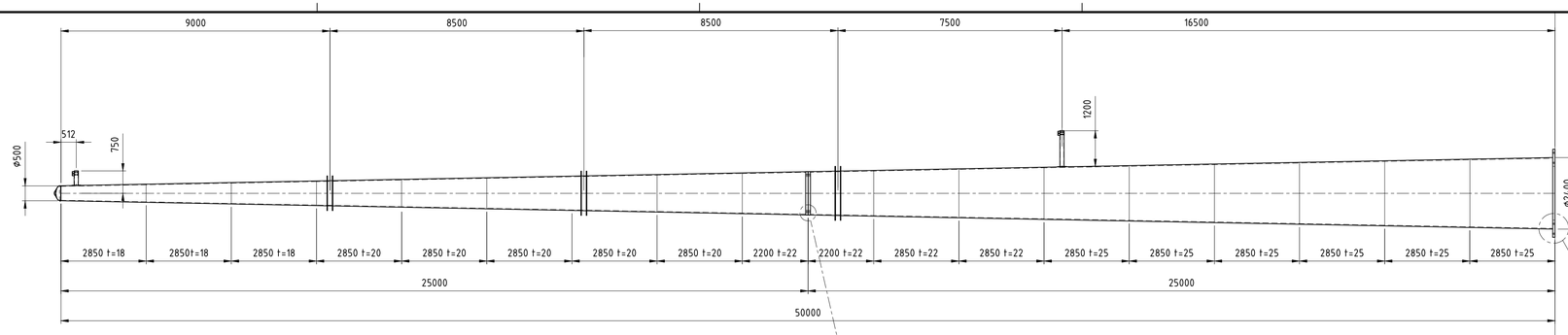
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

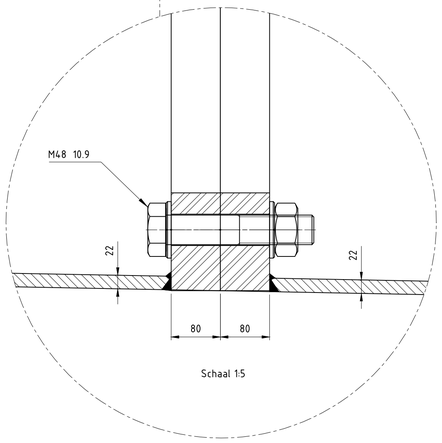
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom
Projectie | Tek.nr.: MS20120025/01 | A1

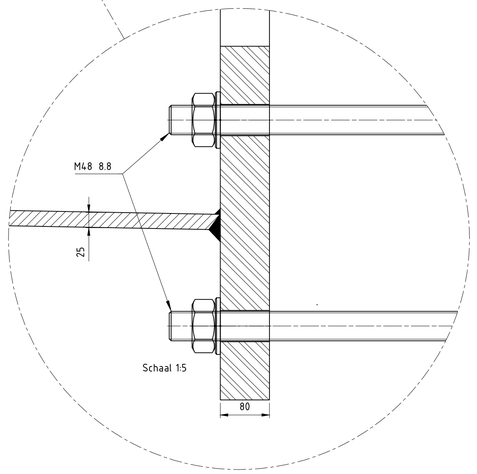
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31(0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

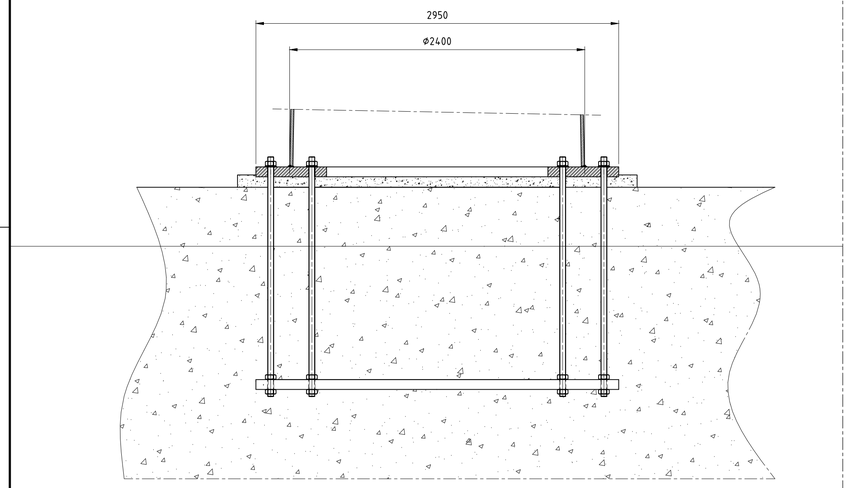




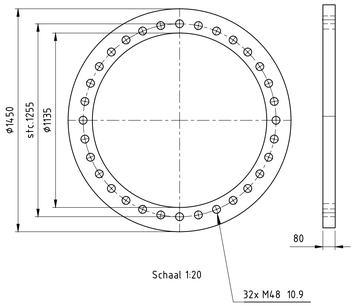
Schaal 1:5



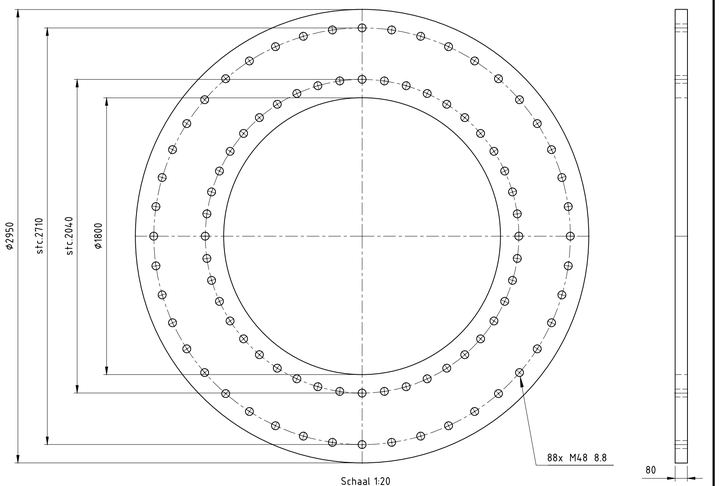
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

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

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

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

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

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

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

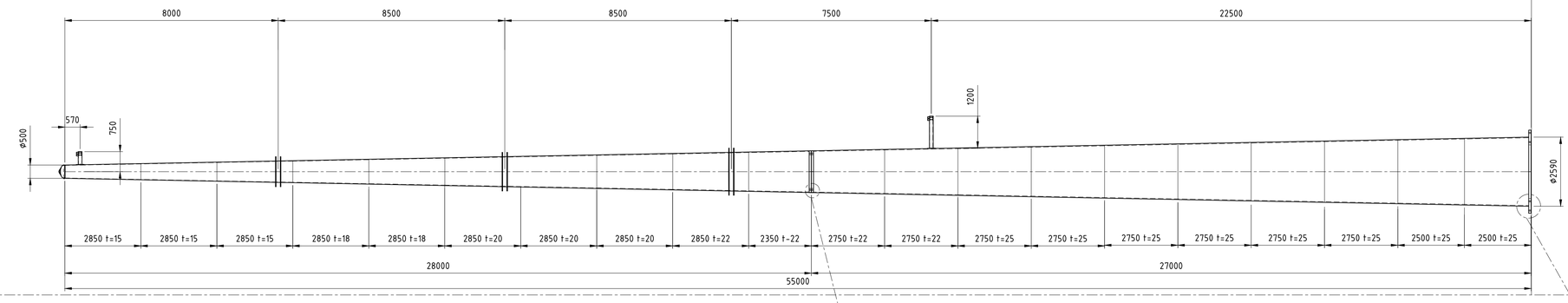
Benaming: Mast type W2E350+0

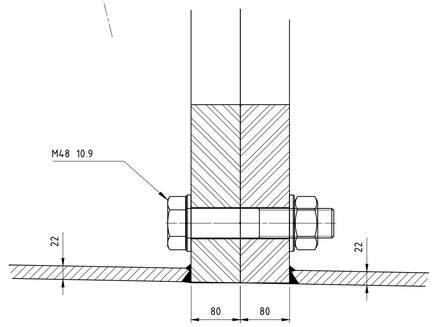
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/02

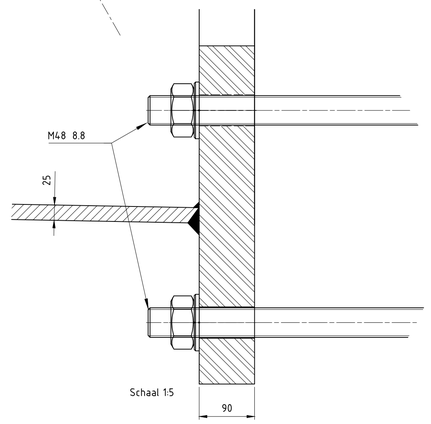
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

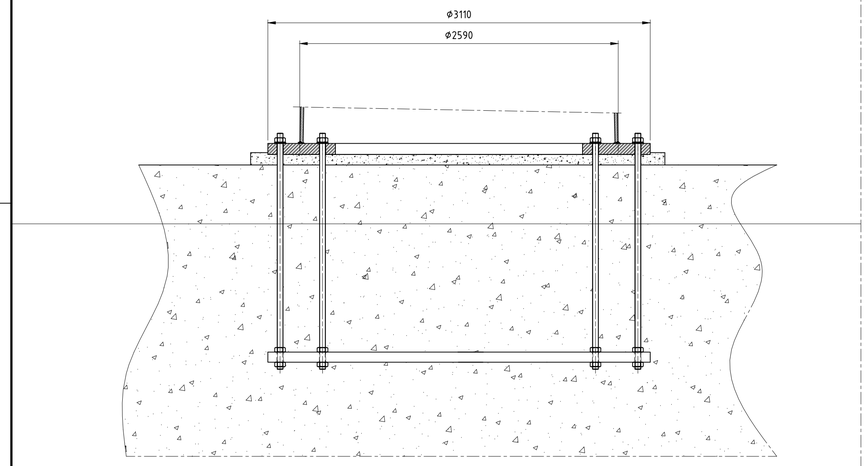




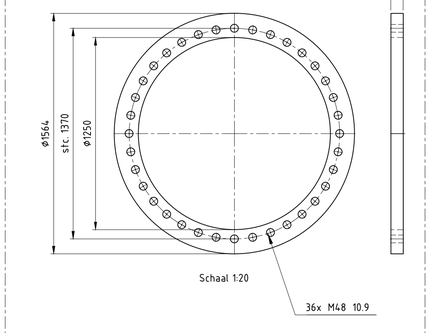
Schaal 1:5



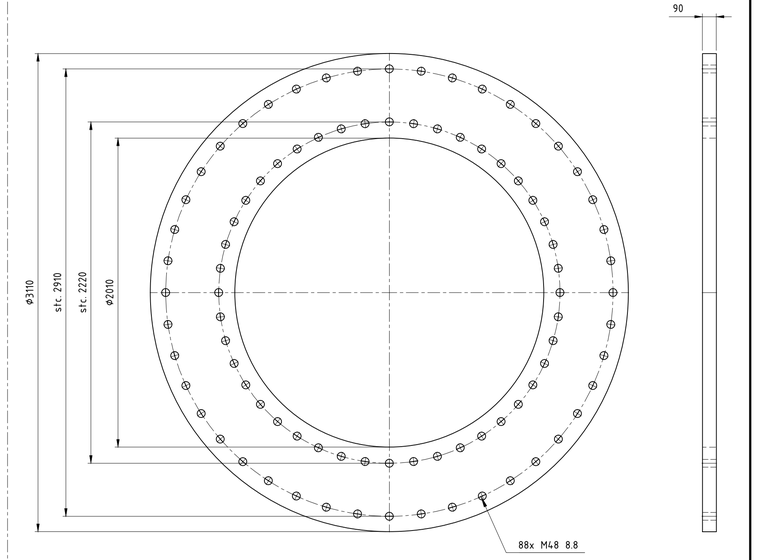
Schaal 1:5



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

Benaming: Mast type W2H350+5

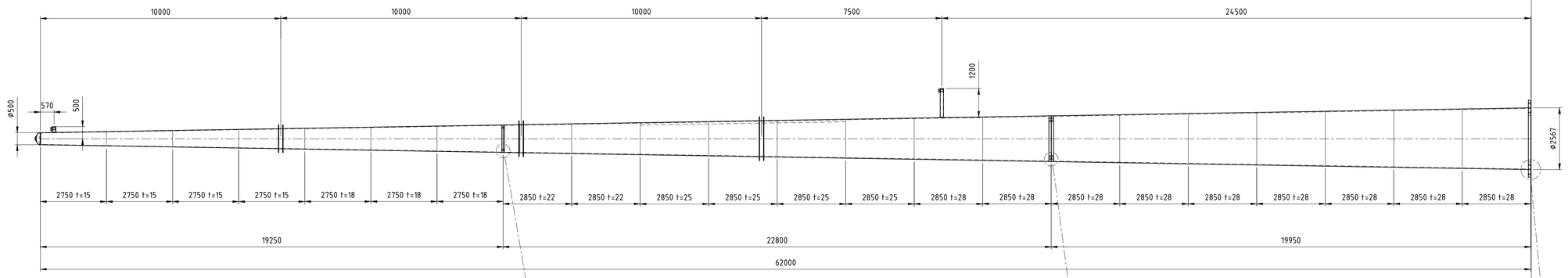
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

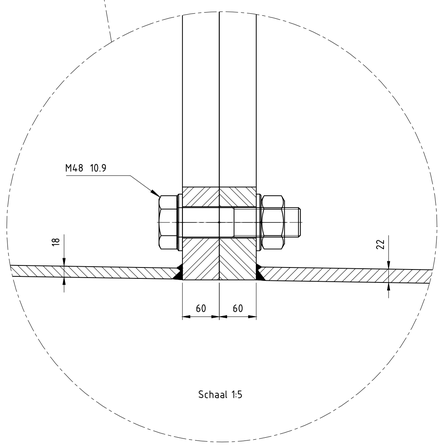
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

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

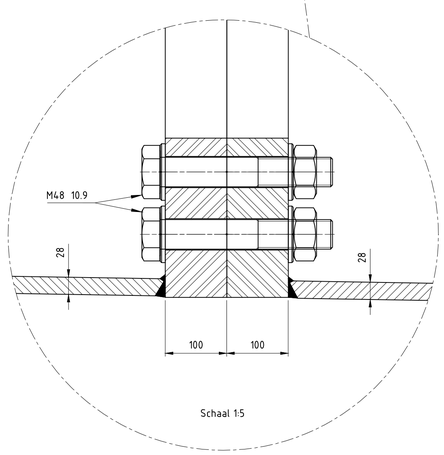
VolkerWessels Telecom
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

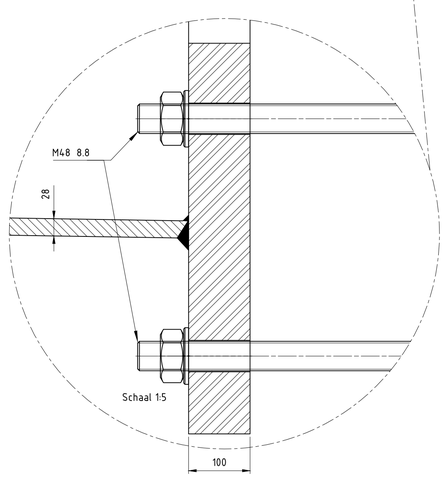




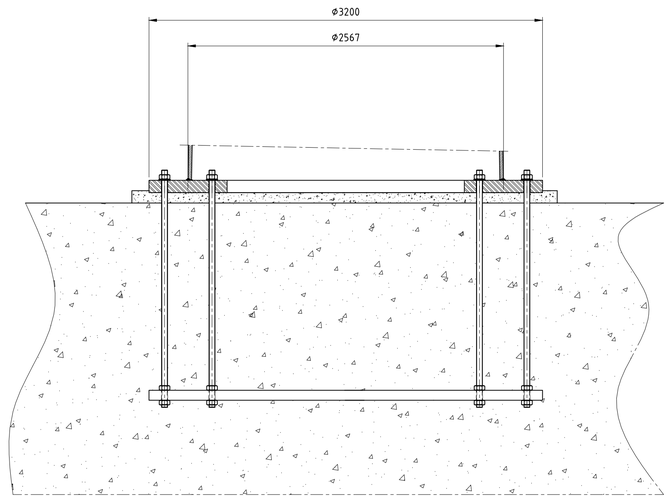
Schaal 1:5



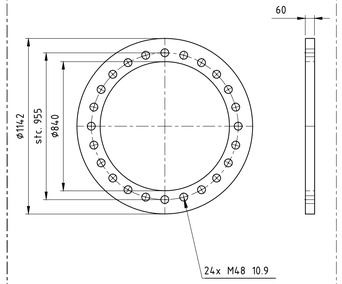
Schaal 1:5



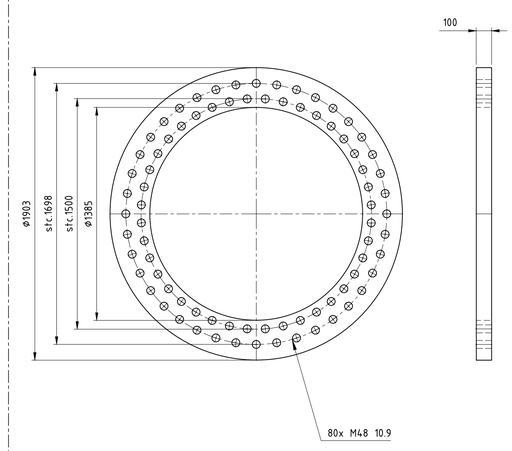
Schaal 1:5



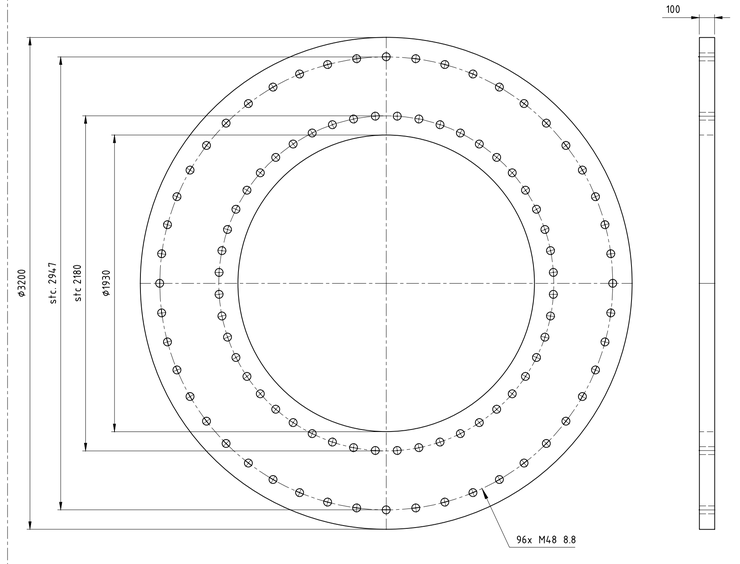
Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
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 2: kg
Gewicht mastdeel 1: kg
Totaal gewicht W2E350+5: kg

Benaming: Mast type W2H400+5

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

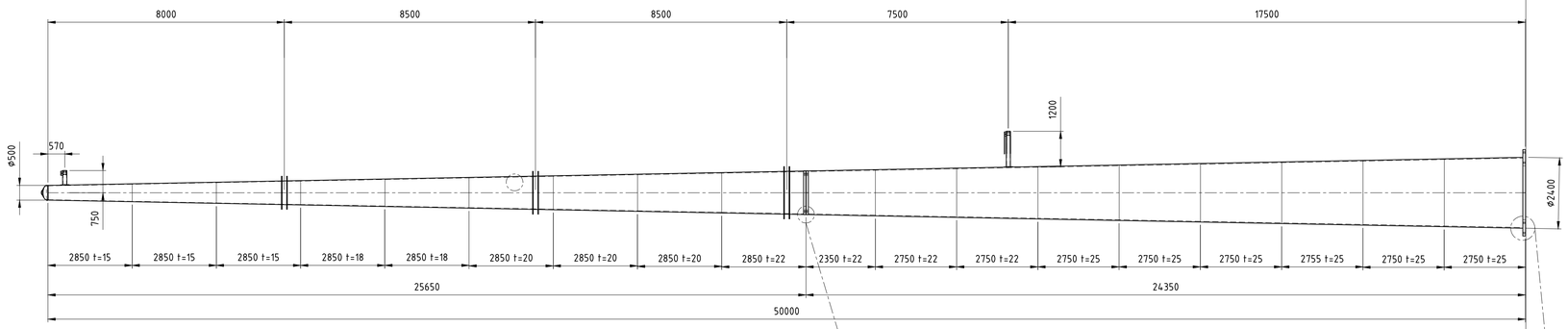
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

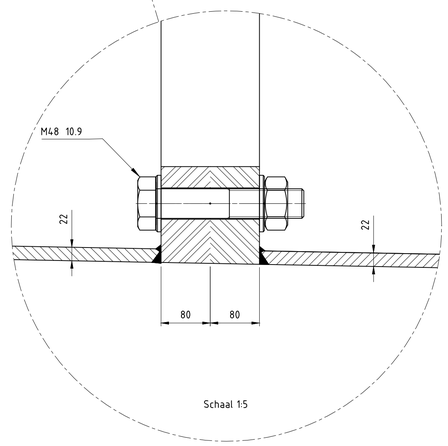
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/06 | A1

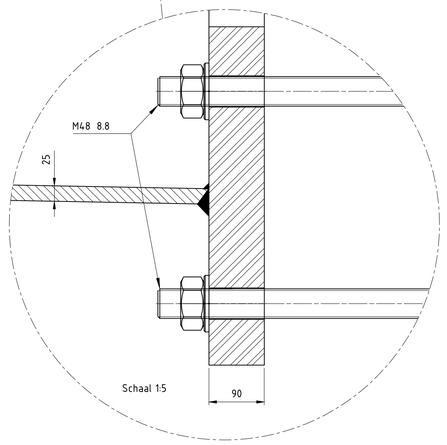
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

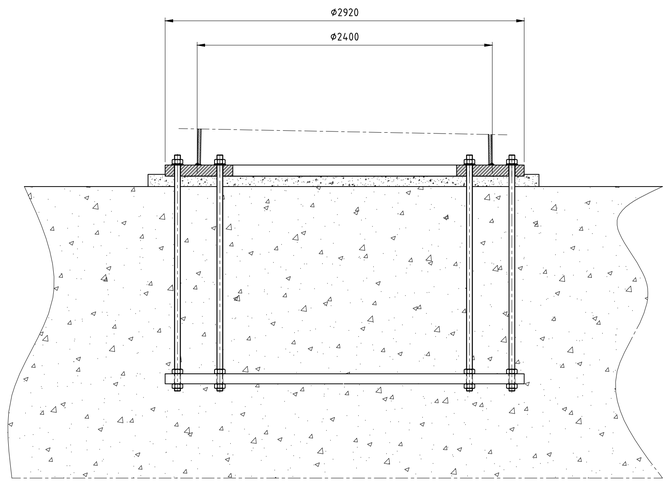




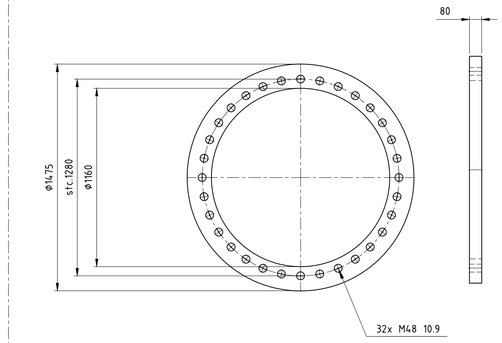
Schaal 1:5



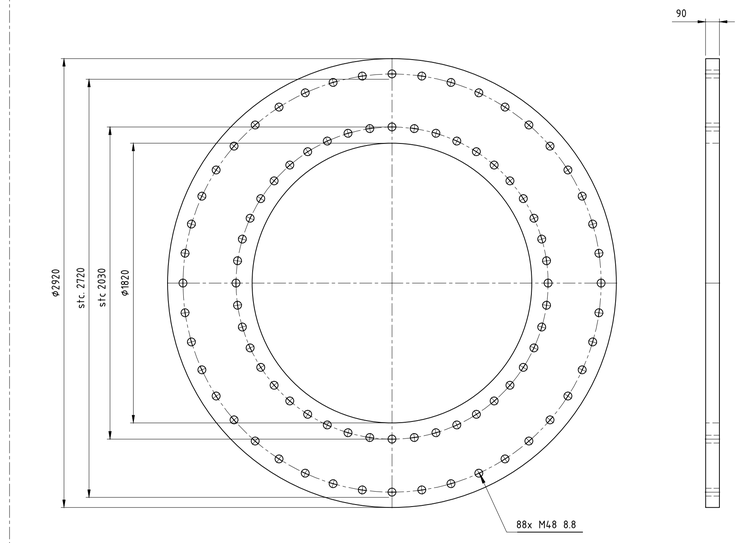
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

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

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

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

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

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

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

Benaming: Mast type W2H350+0

Uitg	Datum	Get	Gec
1	14-08-2012	WvL	
2	03-09-2012	WvL	

Schaal: 1:100
Maateenheid: mm
Materiaal:
Finish:

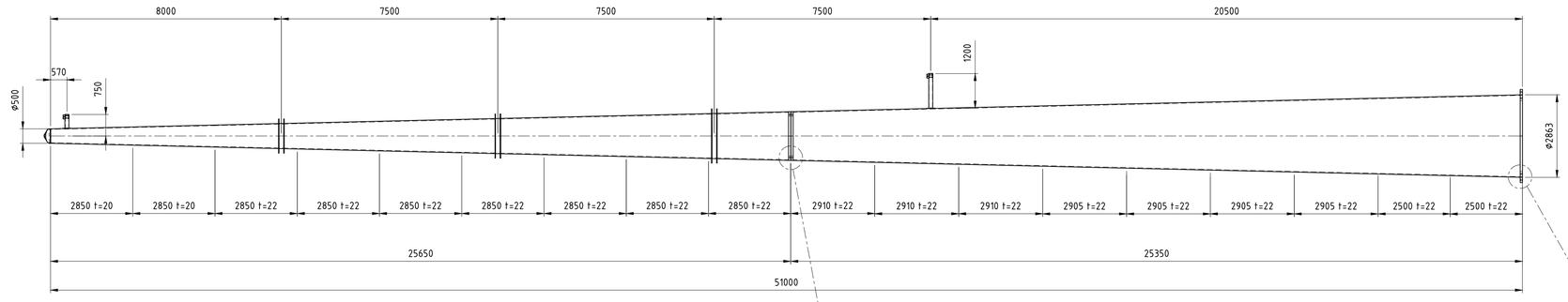
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

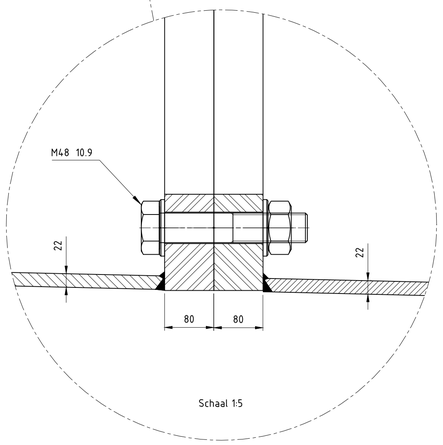
VolkerWessels Telecom

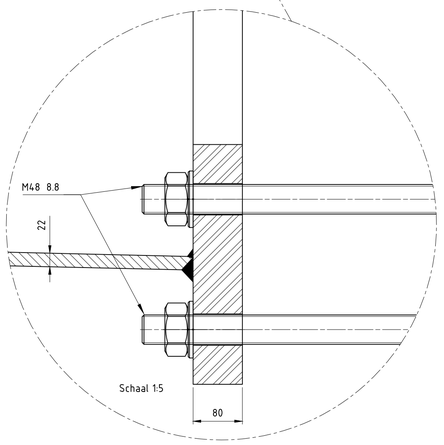
Projectie | **Tek.nr.:** MS20120025/07 | A1

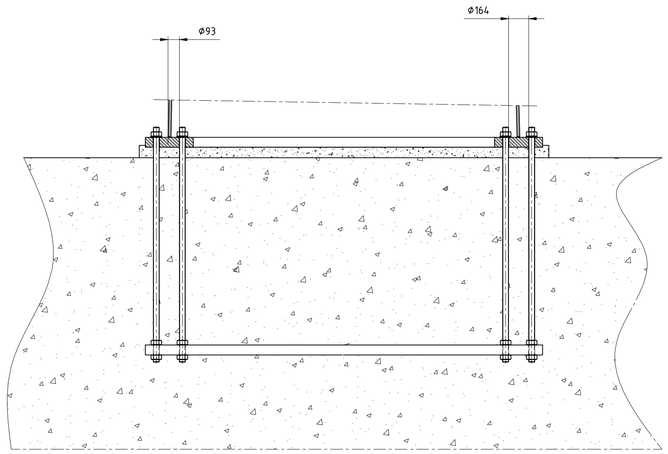
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

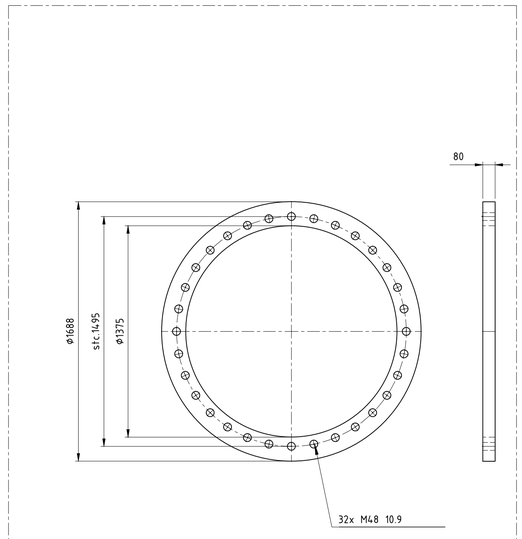
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

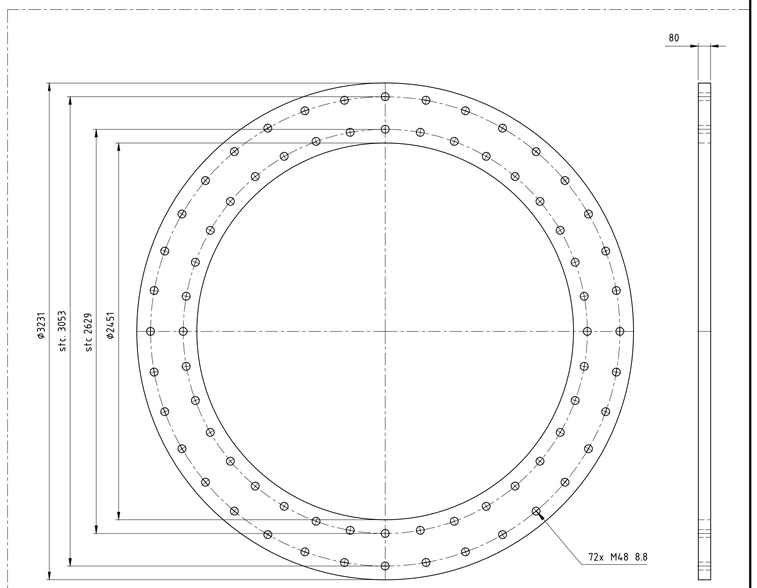












Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

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

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

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

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

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

Benaming: Mast type W2H300+10

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

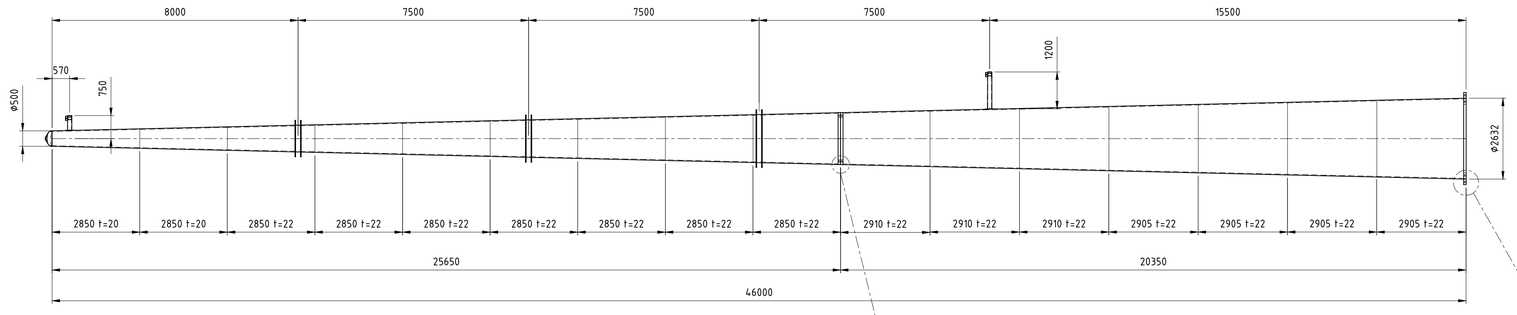
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

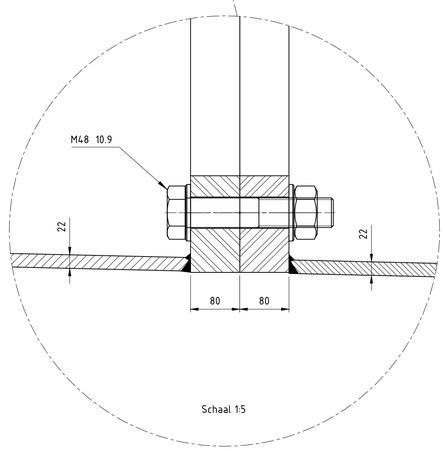
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/08 | A1

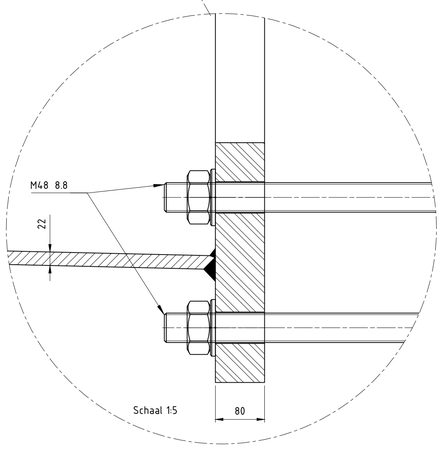
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

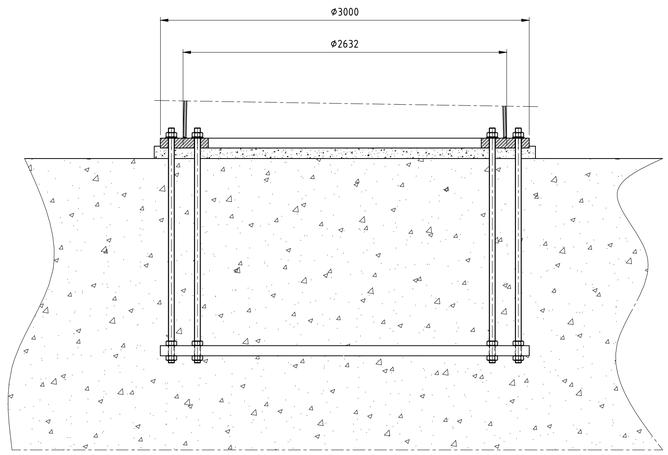




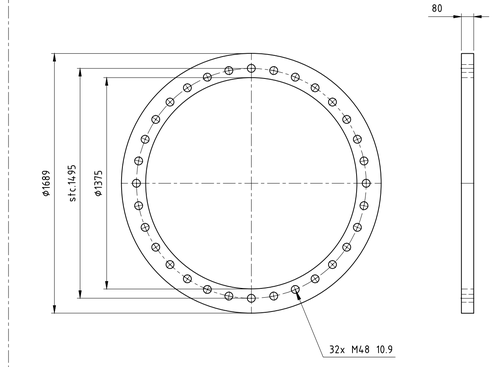
Schaal 1:5



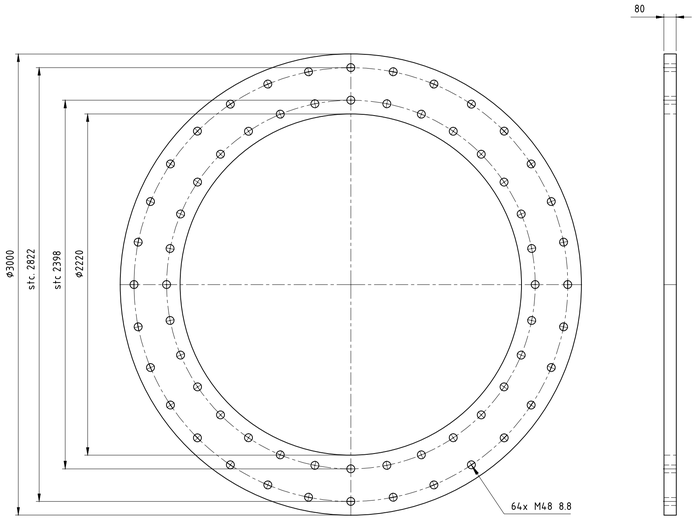
Schaal 1:5



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

Benaming: Mast type W2H300+5

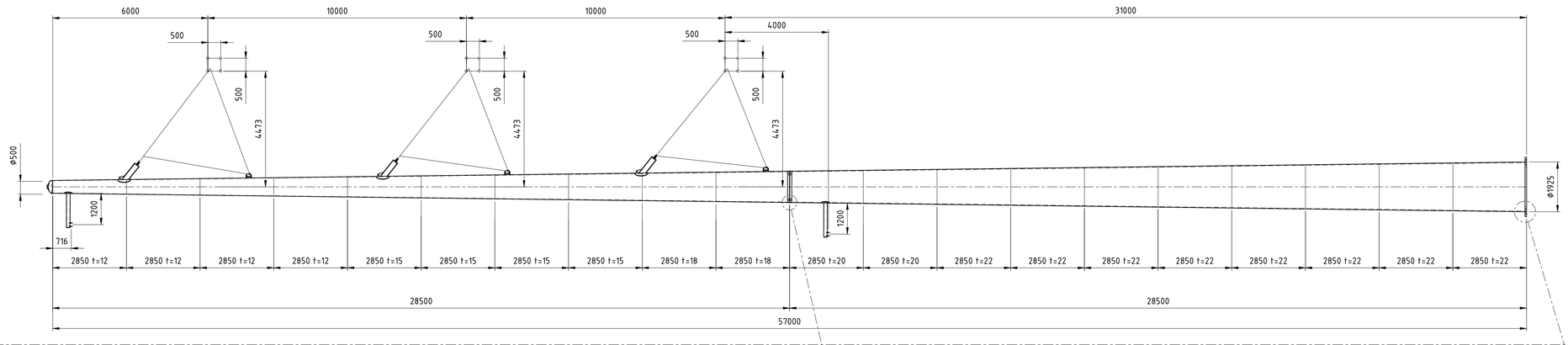
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

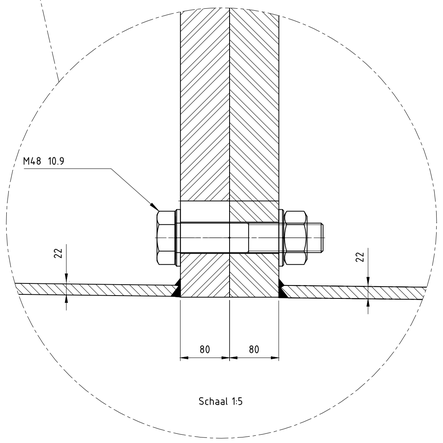
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/09 | A1

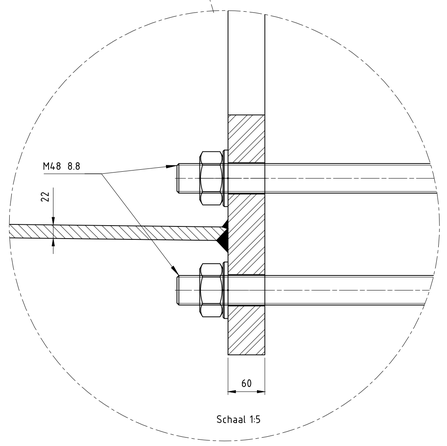
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

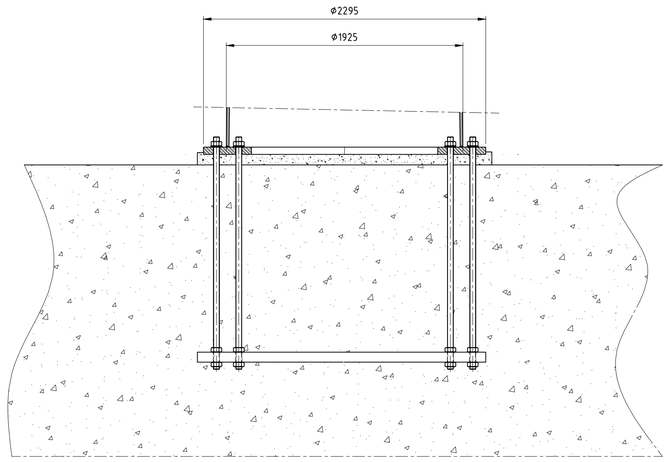




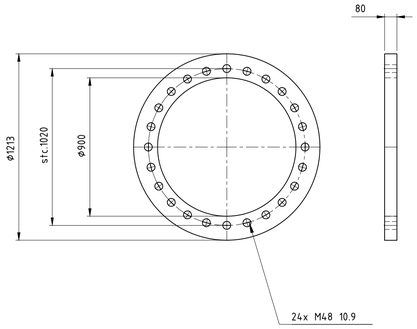
Schaal 1:5



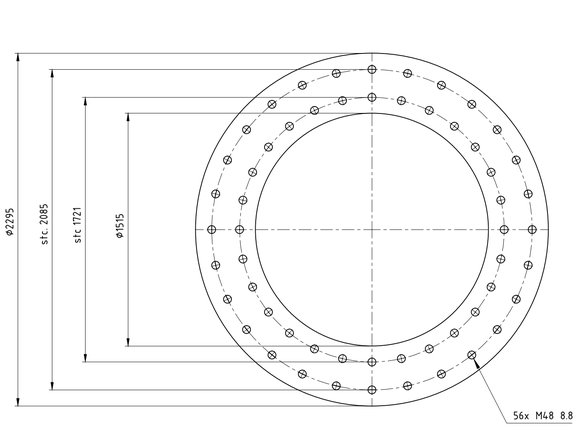
Schaal 1:5



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

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:
				Finish:

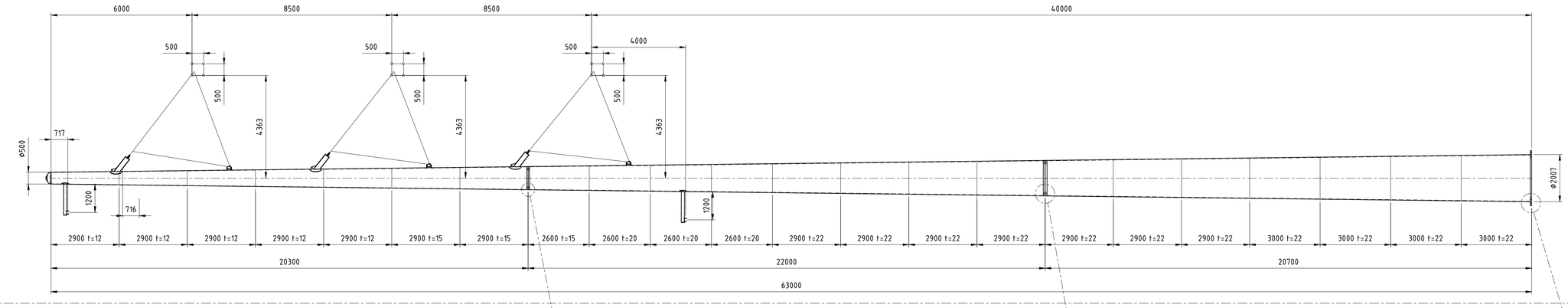
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

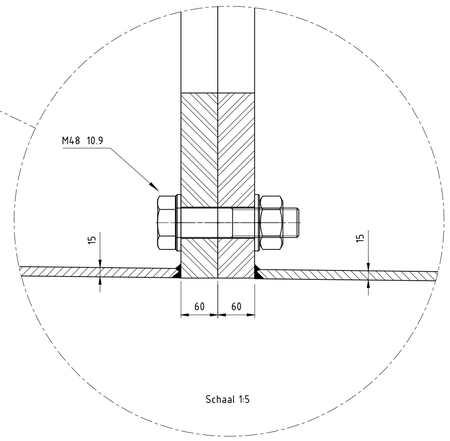
VolkerWessels Telecom

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

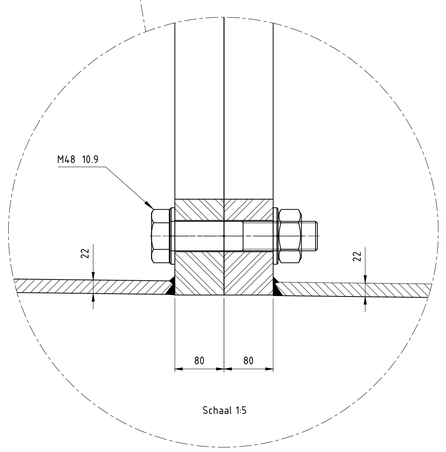
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

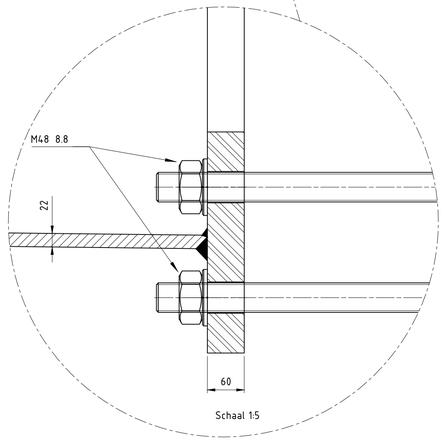




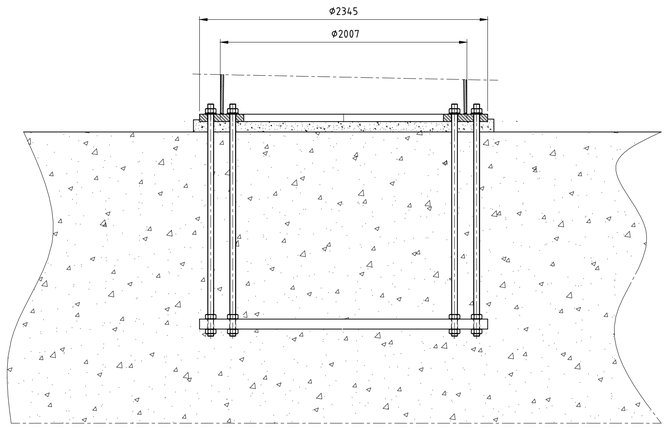
Schaal 1:5



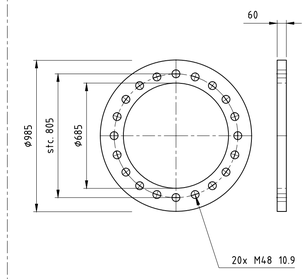
Schaal 1:5



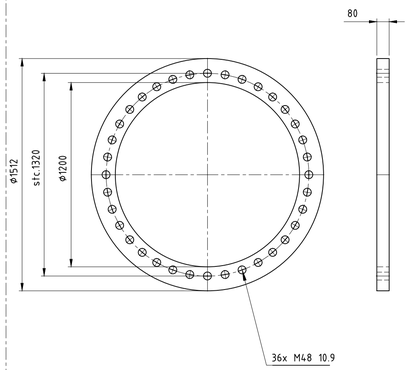
Schaal 1:5



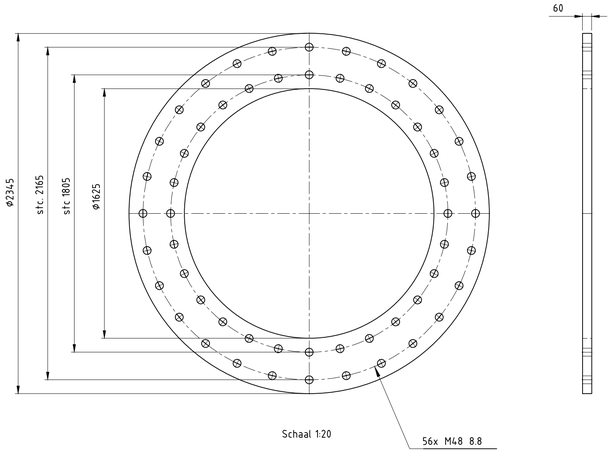
Schaal 1:20



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

Benaming: Mast type W2S350+17

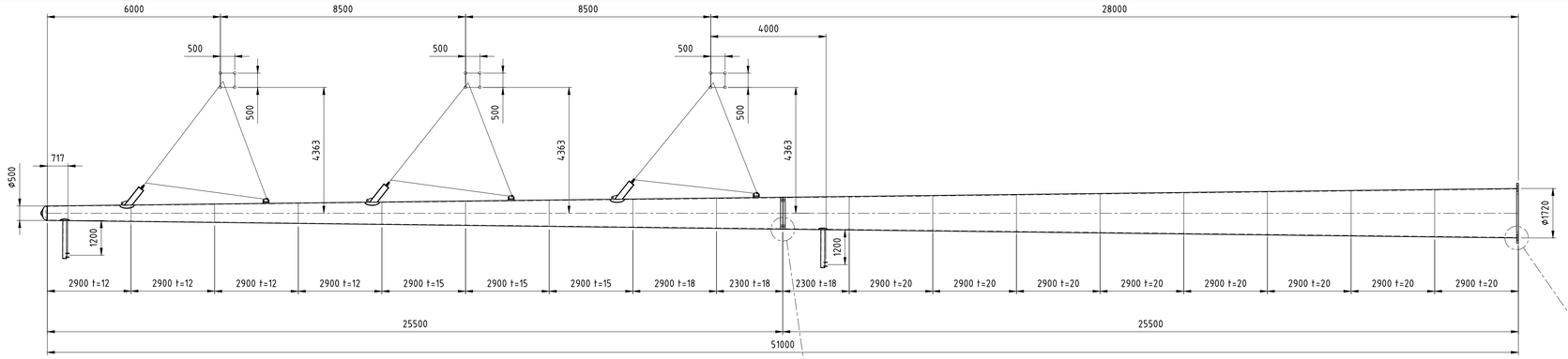
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

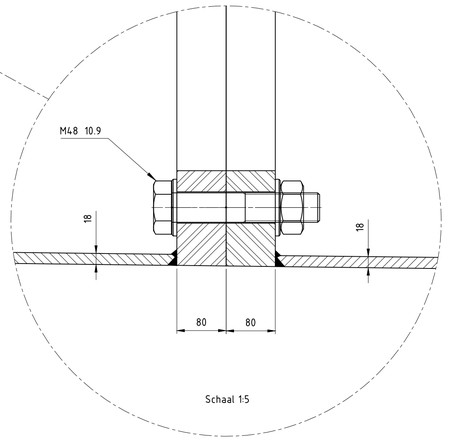
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom
Projectie | **Tek.nr.:** MS20120025/11 | A1

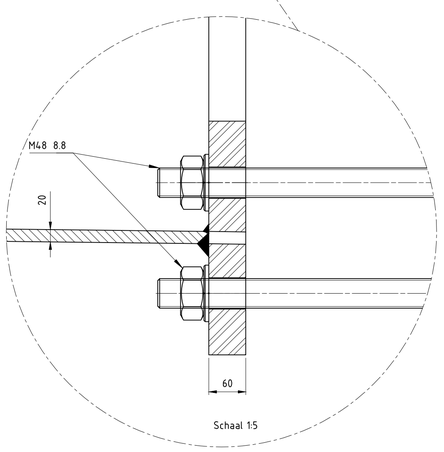
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel.: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

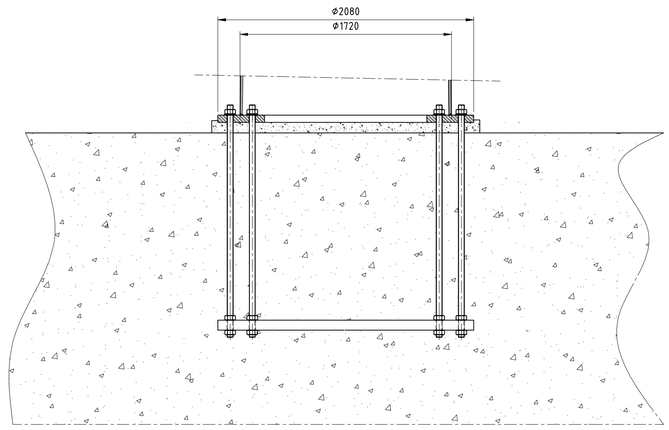




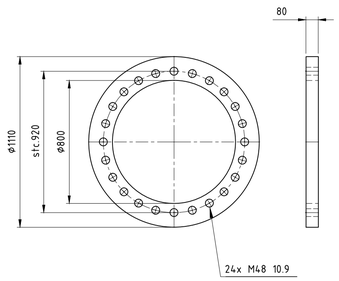
Schaal 1:5



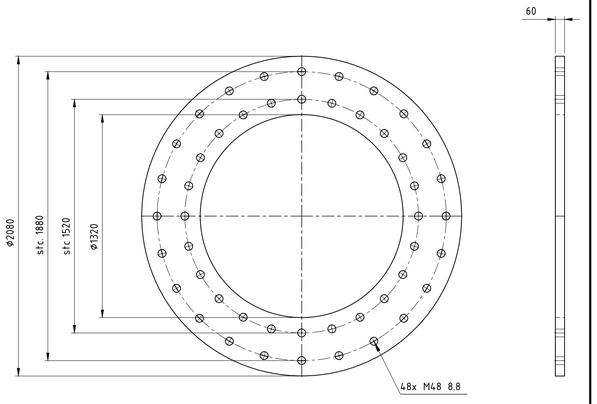
Schaal 1:5



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

Benaming: Mast type W2S350+5

Uitg	Datum	Get	Gec
1	14-08-2012	WvL	
2	03-09-2012	WvL	

Schaal: 1:100
Maateenheid: mm
Materiaal:
Finish:

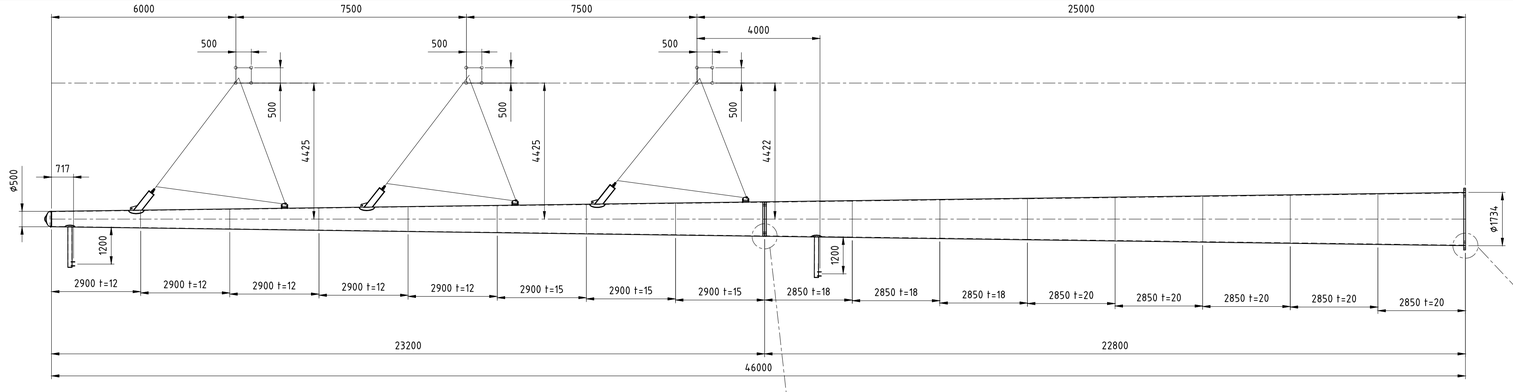
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

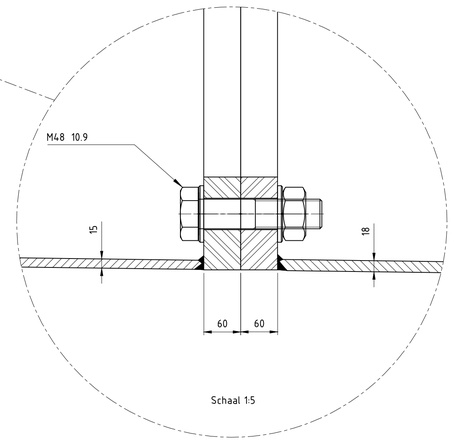
VolkerWessels Telecom

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

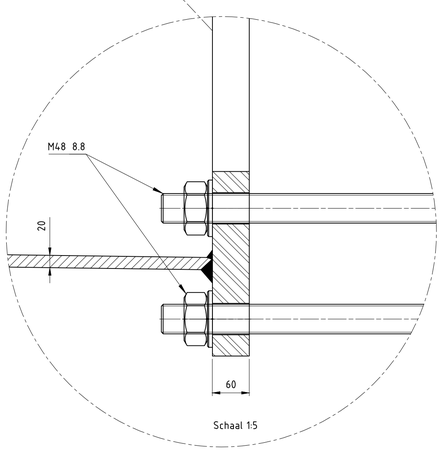
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

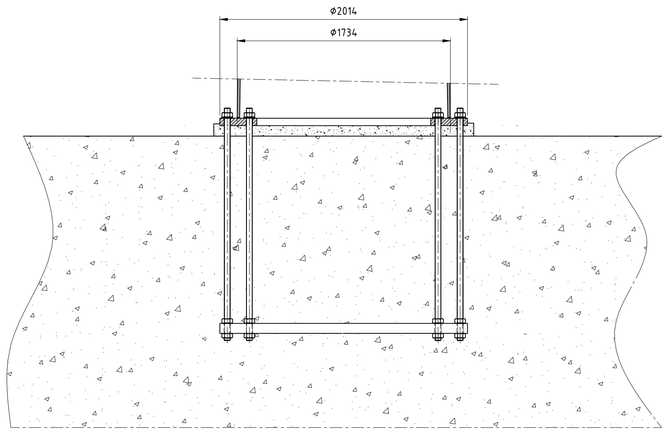




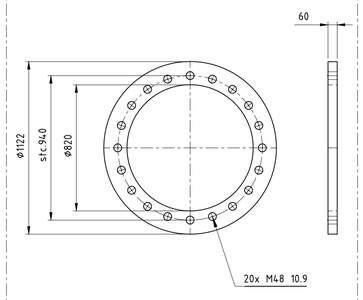
Schaal 1:5



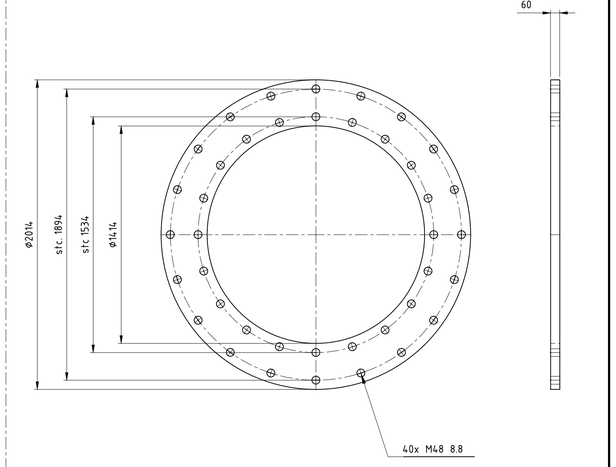
Schaal 1:5



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

Benaming: Mast type W2S300+5

Uitg	Datum	Get	Gec
1	14-08-2012	WvL	
2	03-09-2012	WvL	

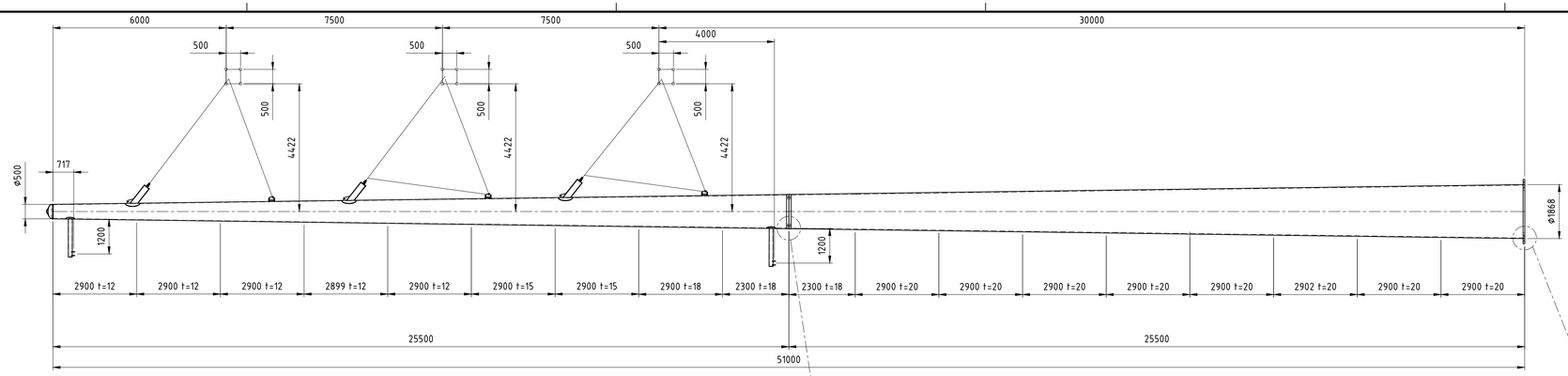
Schaal: 1:100
Maateenheid: mm
Materiaal:
Finish:

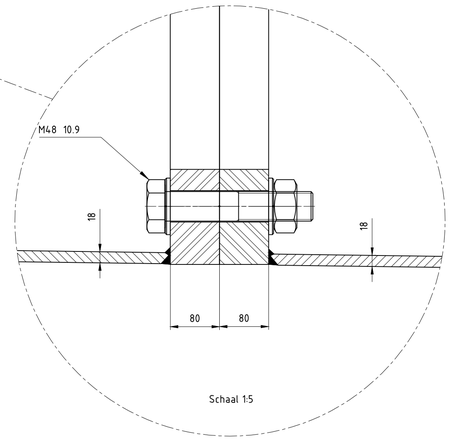
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/13
A1

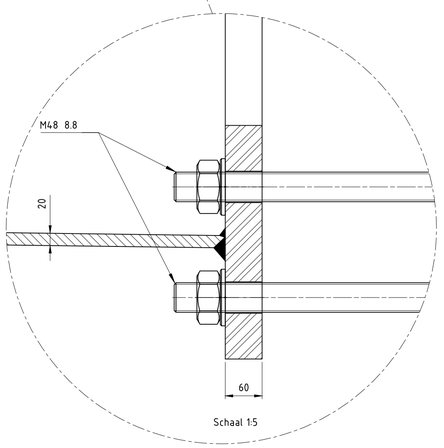
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

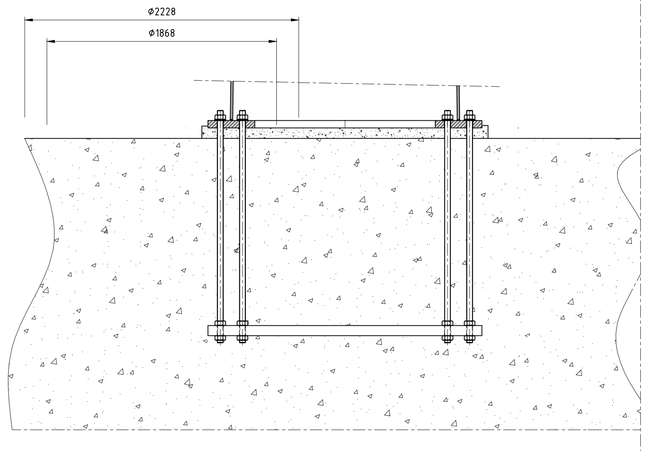


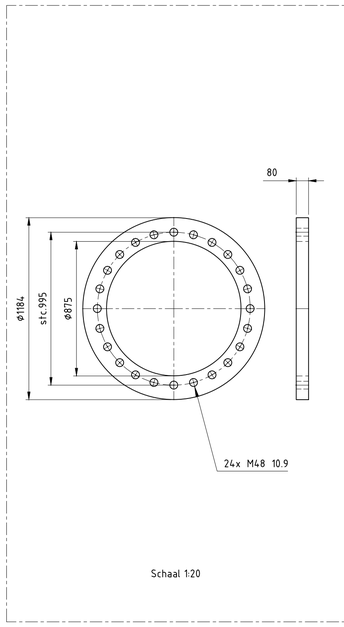


Schaal 1:5

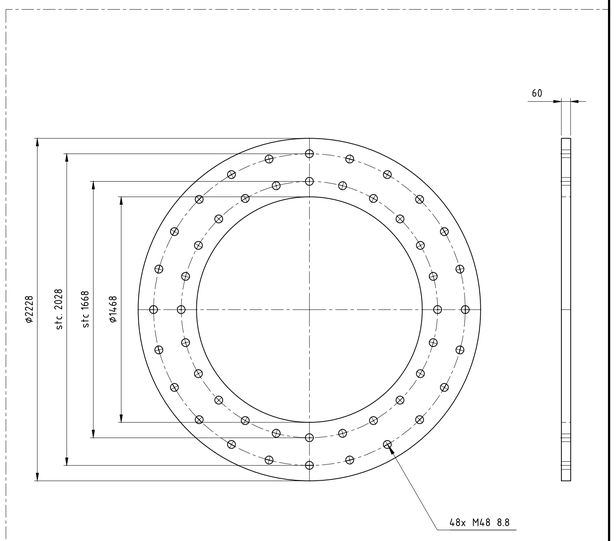


Schaal 1:5





Schaal 1:20



Schaal 1:20

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

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

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

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

Materiaal: S355J2G3 ≤ 15mm
S355K2G3 > 15mm

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

Benaming: Mast type W2S300+10

Uitg	Datum	Get	Gec
1	14-08-2012	WvL	
2	03-09-2012	WvL	

Schaal: 1:100
Maateenheid: mm
Materiaal:
Finish:

Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom

Projectie

Tek.nr.: MS20120025/14

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 A3-1 b

HRL-WV lijn BV

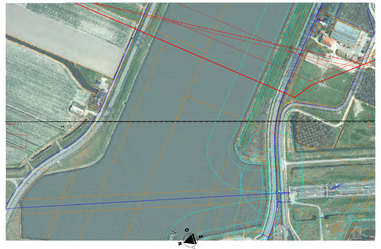
Lengteprofielen

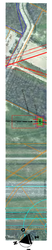
Conversietabel

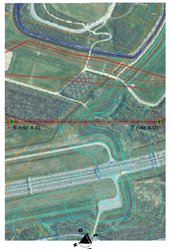
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

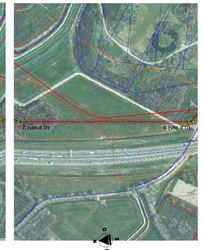
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
	Stations portaal Bev (vkt 4.0)
1	1 (vkt 4.0)
2	2 (vkt 4.0)
3	3 (vkt 4.0)
4	4 (vkt 4.0)
5	5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)
6	6 (vkt 4.0)
7	7 (vkt 4.0)
8	8 (vkt 4.0)
9	9 (vkt 4.0)
10	10 (vkt 4.0)
11	11 (vkt 4.0)
12	12 (vkt 4.0)
13	13 (vkt 4.0)
14	14 (vkt 4.0)
15	15 (vkt 4.0)
16	16 (vkt 4.0)
17	17 (vkt 4.0)
18	18 (vkt 4.0)
19	19 (vkt 4.0)
20	20 (vkt 4.0)

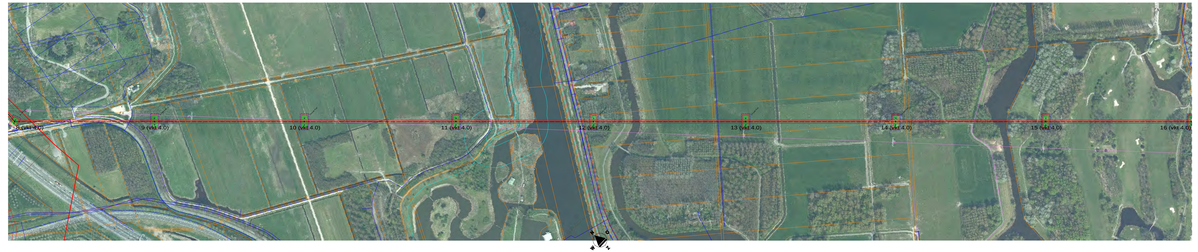
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)





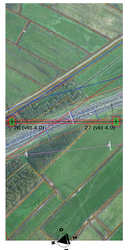






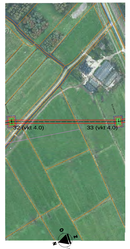
Legenda

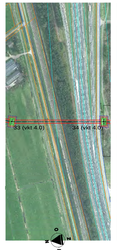
| Nr | Naam | Kleur | Vrije ruimte (m) | Vrije ruimte (m) | Vrije ruimte (m)

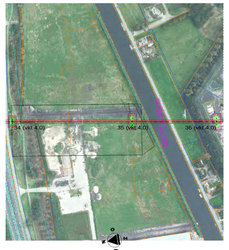


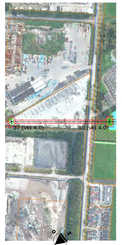
Legenda

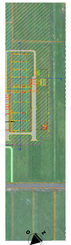
| Nr | Code | Tower / description | Overhead | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa (ijs) | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa (ijs) | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa (ijs) | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa (ijs) | Max. toev. Vlaai - 1400 Pa (ijs)











Legenda

| Nr | Naam | Tekstuur / beschrijving | Zichtbaar | Max. toel. Vmax - 1x95 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x120 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x185 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x240 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x300 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x400 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x500 mm² Cu | Max. toel. Vmax - 1x630 mm² Cu | Kruising Compatibel | Kruising Compatibel | Kruising Compatibel

BijlageA3-11

HRL-WV lijn BV

Tekeningen en berekeningen mastfundaties t.o.v. **waterkering**

Witteveen + Bos

notitie

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

onderwerp	quickscan stabiliteit waterkering Zijkanaal C
project	aanleg fundering mast 17
opdrachtgever	Breijn
projectcode	DT356-2 (SPD11-1)
referentie	DT356-2/zutd/002
opgemaakt door	ir. M.W. Fousert
goedgekeurd door	ir. P.E.M. Schoonen **paraaf**
status	definitief
datum opmaak	8 november 2011
bijlagen	- uitvoeringstekening werkterrein mast locatie 17 - resultaten grondonderzoek - resultaten stabiliteitsberekeningen - berekening opbarstrisico

aan	Breijn	F. Millenaar
kopie	-	

1. INLEIDING

Voor de aanleg van een hoogspanningsmast ter hoogte van de Buitenhuizerweg te Velserbroek worden nabij een waterkering van het zijkanaal C funderingswerkzaamheden uitgevoerd. Voor de funderingswerkzaamheden dient een ontgraving uitgevoerd te worden.

Omdat de werkzaamheden nabij een waterkering van het hoogheemraadschap Rijnland zijn gelegen, zal bij dit waterschap een KEUR-ontheffing worden aangevraagd. Het gaat hierbij om twee situaties:
- tijdelijke aanlegsituatie: ten behoeve van de fundering wordt een bouwput gegraven grenzend aan de dijk;
- eindsituatie: de fundering, mastvoet en mast zijn geplaatst, de bouwkuip is weer gevuld. De aanwezigheid van de paalfundering en de mastvoet heeft een positief effect op de stabiliteit van de waterkering.

Breijn heeft Witteveen+Bos gevraagd een quick-scan uit te voeren naar de standzekerheid van de waterkering gedurende de aanwezigheid van de ontgraving. Op basis van de beschikbare gegevens is een berekening uitgevoerd om de standzekerheid van de waterkering langs het Zijkanaal C te kunnen beoordelen.

Revisie beheer

Het hoogheemraadschap heeft inhoudelijk gereageerd op de stabiliteitsbeschouwing van 27 mei 2011 (mail Peter Cofie, d.d. 9 augustus 2011). Op basis van deze reactie is met het hoogheemraadschap een revisie van deze notitie afgesproken (mail Philippe Schoonen, d.d. 15 september 2011).

datum revisie		omschrijving
28-10-2011	1	Op de projectlocatie is aanvullend bodemonderzoek uitgevoerd (2 boringen). Deze boringen zijn meegenomen in de analyse van het grondprofiel en de standzekerheid van de waterkering.
	2	Een berekening van het risico van opbarsten is toegevoegd (zie bijlage IV).
	3	Behalve bij gemiddelde omstandigheden is de standzekerheid getoetst bij toetspeil.
	4	De stijghoogte voor de dagelijkse situatie is getoetst m.b.v. een peilbuis.

Afbeelding 1.1. Projectlocatie & locatie sondering en boringen

Referenties

1. Breijn, 'Uitvoeringstekening werkterrein Mast locatie 17', tekeningnummer 2410010-T-0-017, versie 2, d.d. 30 maart 2011 (zie bijlage I).
2. MOS Grondmechanica B.V., 'Geotechnisch onderzoek ten behoeve van het project R380kV Hoogspanningsverbinding', d.d. 28 juli 2010, sondering 18 (zie bijlage II).
3. Breijn, 'Mastvoeten Tennet, bemalingsindicatie', documentnummer 2410010g-RAP-AL-WT-1,0.doc, d.d. 13 mei 2011.
4. Breijn, Profiel van ontgraving, zoals per mail ontvangen d.d. 19 mei 2011.

5. Hoogheemraadschap van Rijnland, Sterkteparameters uit de regionale proeven verzameling, ontvangen van de heer Rijneker, d.d. 20 mei 2011.
6. MOS Grondmechanica B.V., 'Waterkeringen en Randstad 380kV t.b.v. mast 17', d.d. 7 oktober 2011, boringen B17 kruin en B17 teen (zie bijlage II).
7. Hoogheemraadschap van Rijnland, Afmetingen legger regionale keringen, technisch achtergrond rapport, d.d. februari 2010.

2. UITGANGSPUNTEN

2.1. Profiel van ontgraving

In bijlage I is een overzicht gegeven van het werkterrein, inclusief een dwarsprofiel van de waterkering en de geprojecteerde locatie van de fundering van de hoogspanningsmast. De onderkant van de funderingsplaat ligt op NAP -3,99 m. In de berekeningen in deze notitie, is het uitgangspunt dat er onder de funderingsplaat een werkvloer van 0,30 m zand zal worden aangebracht. Maximale ontgravingsdiepte wordt hiermee NAP -4,30 m.

2.2. Grondprofiel

Op basis van de beschikbare sondering en boringen (bijlage II) is een grondprofiel samengesteld. Profiel en bijbehorende sterkteparameters zijn weergegeven in Tabel 2.1. Sterkteparameters zijn afgeleid uit [ref. 5.].

Tabel 2.1. Sterkte parameters (rekenwaarden)

laag	onderkant laag [m+NAP]	$\gamma_/ \gamma_n$ [kN/m^3]	φ'_d [°]	c'_d [kPa]
Veen, kleiig	-1,30	11,5 / 11,5	13,8	2,0
Klei, siltig	-5,30	15,5 / 15,5	19,2	2,3
Klei, zandig	-10,80	17,7 / 17,7	26,2	1,6
Klei, siltig	-13,30	15,5 / 15,5	19,2	2,3
Basis veen	-13,90	12,0 / 12,0	12,1	1,9
Zand	-17,00	18,0 / 20,0	23,0	0,0
Klei, siltig	-17,60	15,5 / 15,5	19,2	2,3
Zand, Pleistoceen	v.d.*	18,0 / 20,0	25,7	0,0

* verkende diepte

Het maatgevend profiel zoals weergegeven in tabel 2.1 (voor de stabiliteitsberekeningen) is verkregen uit sondering S18.

Voor het berekenen van het opbarst risico is gebruikgemaakt van boring B17-teen. In deze boring wordt een zandlaag aangegeven tussen NAP -10,70 en NAP -12,20.

2.3. Waterstanden

Kanaalpeil
Het streefpeil in Zijkanaal C bedraagt NAP -0,4 m. Dit kan sporadisch toenemen tot NAP -0,3 m. Voor een toetsing onder gemiddelde omstandigheden is een hoogwatersituatie beschouwt waarbij het peil toeneemt tot NAP -0,20 m [ref. 3.].

Bij extreme waterstanden (toetspeil) dienen geen werkzaamheden in de buurt van de waterkering plaats te vinden. Indien de bouwkuip reeds aanwezig is, zal de bemaling bij verwachte extreme omstandigheden moeten worden stopgezet. Voor het toetspeil is een wa-

terstand aangenomen 0,5 m onder de leggerhoogte [ref. 7.]. Het toetspeil bedraagt dan NAP +0,15 m.

Stijghoogte
Voor de bepaling van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket bij gemiddelde omstandigheden is gebruikgemaakt van de meest nabijgelegen peilbuis gegevens van het DINO loket. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket circa NAP -1,00 m tot NAP -1,60 m bedraagt. Uit de geplaatste peilbuis B17 volgt een stijghoogte van NAP -2,63 m. Veiligheidshalve is in de berekening uitgegaan van NAP -1,00 m.

Voor de stijghoogte onder extreme omstandigheden is uitgegaan van een stijghoogte gelijk aan toetspeil (NAP +0,15 m).

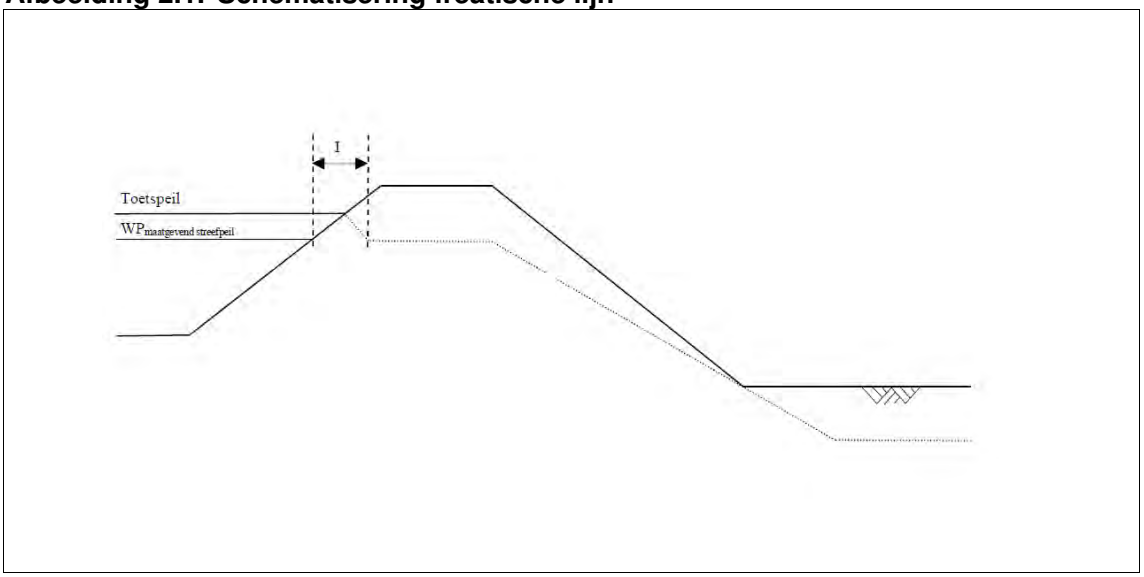
Vanuit de watervoerende zandlaag zal de toegenomen waterspanning indringen in het slappe lagen pakket. In de berekening is uitgegaan van een indringingsdiepte van 3,0 m. Dit is een veilige waarde voor kleiige ondergrond bij langdurig hoogwater.

Ontwateringsdiepte
Voor de ontwateringsdiepte van de bouwkuip wordt in de berekeningen een niveau van 0,5 m onder de onderzijde van de bouwkuip aangehouden [ref. 3.]. Voor de onderzijde van de bouwkuip wordt een niveau van NAP -4,30 m aangehouden. De grondwaterstand in het gebied rondom de bouwkuip wordt derhalve gereduceerd tot NAP -4,80 m.

2.4. Freatische lijn

De freatische lijn is geschematiseerd conform de methode uit het Technisch achtergrondrapport bij de legger [ref. 7.]. Deze methode is gebaseerd op een veilige schematisering uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, Bijlage I (TAW, 2004). Deze schematisering is weergegeven in onderstaande afbeelding. De lengte I is niet berekend, het knikpunt is veilig geschematiseerd door deze onder de buitenkruinlijn te plaatsen (I ≈ 3,5 m).

Afbeelding 2.1. Schematisering freatische lijn



2.5. Verkeersbelasting

De Buitenhuizerweg bevindt zich op de waterkering. In de berekeningen is uitgegaan van een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 over een breedte van 2,5 m.

2.6. Veiligheidsklasse

De IPO-veiligheidsklasse voor deze kade is III. De bijbehorende stabiliteitseis is $\gamma \geq 0{,}90$.

3. RESULTATEN

Stabiliteit dagelijkse omstandigheden
De resultaten van de stabiliteitsberekeningen bij een beperkte hoogwatersituatie (0,2 m boven streefpeil) zijn bijgevoegd in bijlage III en in de onderstaande tabel samengevat.

Tabel 3.1. Resultaten stabiliteitsberekeningen hoogwater

situatie	SF	eis	toets
Huidige situatie	1,22	>0,90	voldoet
Ontgraven tot NAP -4,30, met 13 kN/m^2 verkeersbelasting	0,95	>0,90	voldoet
Ontgraven tot NAP -4,30, zonder 13 kN/m^2 verkeersbelasting	1,07	>0,90	voldoet
Niveau b.k. werkvloer (zand) op NAP -4,00, met 13kN/m^2 verkeersbelasting	0,98	>0,90	voldoet

De stabiliteit van de waterkering voldoet voor alle beschouwde gevallen aan de geldende stabiliteitseisen. Na aanbrengen van de fundering, zal de bouwkuip weer aangevuld worden met gebiedseigen grond. De aanwezige paalfundering zal lokaal een positieve invloed hebben op de stabiliteit.

In de berekeningen is uitgegaan van een verkeersbelasting van 13 kN/m^2. Indien verwacht wordt dat tijdens de werkzaamheden materiaal/zwaar materieel (belasting > 13 kN/m^2) over de waterkering/Buitenhuizerweg zal worden aangevoerd, zullen aanvullende berekeningen moeten worden uitgevoerd om de stabiliteit van de waterkering aan te tonen.

Stabiliteit bij toetspeil
De ontgraving betreft een tijdelijke situatie waarvan de kans zeer klein is dat deze gelijktijdig is met een extreme hoogwatersituatie. De invloed van extreem hoogwater is beperkt, omdat de kern van de dijk voornamelijk bestaat uit kleiig materiaal en de freatische lijn langs het binnentalud bijgevolg niet toeneemt.

Tabel 3.2. Resultaten stabiliteitsberekeningen toetspeil

situatie	SF*	eis	toets
Huidige situatie	1,22	>0,90	voldoet
Ontgraven tot NAP -4,30, met 13 kN/m^2 verkeersbelasting	0,95	>0,90	voldoet

Piping dagelijkse omstandigheden
Bij een ontgraving tot NAP -4,30 m en een stijghoogte in het eerste watervoerend pakket van NAP -1,00 m zal de bodem van de bouwkuip niet opbarsten en bestaat er geen risico op piping. Een berekening van het opbarst risico is weergegeven in bijlage IV.

Piping toetspeil
Bij een ontgraving tot NAP -4,30 m en een stijghoogte in het eerste watervoerend pakket van NAP +0,15 m zal bij het uitblijven van maatregelen de bodem van de bouwkuip opbarsten en bestaat er een risico op piping.

Indien een extreem hoogwater optreedt, dient de bemaling van de bouwkuip te worden stopgezet. Bij een waterstand van NAP -3,15 m is de bodem van de bouwkuip stabiel (het polderpeil bedraagt NAP -2,30 m).

Uitbreidbaarheid
De kruinhoogte van de huidige kering voldoet reeds aan het leggerprofiel van vrije ruimte. De mastvoet staat daarom toekomstige uitbreiding niet in de weg.

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De waterkering voldoet aan de stabiliteitseis (SF>0,90) voor alle beschouwde bouwfasen.

Uit de analyse volgen de onderstaande aandachtspunten:
- werkzaamheden niet uitvoeren indien zich extreme omstandigheden (extreem hoogwater) voordoen- of worden verwacht. Indien de bouwkuip reeds aanwezig is, zal de bemaling bij verwachte extreme omstandigheden moeten worden stopgezet;
- geen zwaar (funderings) materieel (belasting > 13 kN/m^2) aanvoeren vanaf de Buitenhuizerweg wanneer de bouwkuip gegraven is en de funderingsplaat nog niet aanwezig is.

BIJLAGE I UITVOERINGSTEKENING WERKTERREIN MAST LOCATIE 17

controleren

bomenrij
indicatief

watergang
versmallen
event. extra duiker toevoegen

raster
palen h.o.h. ca 2.50m
schapengaas

veerpont
t.b.v. fiets- en voetgangers

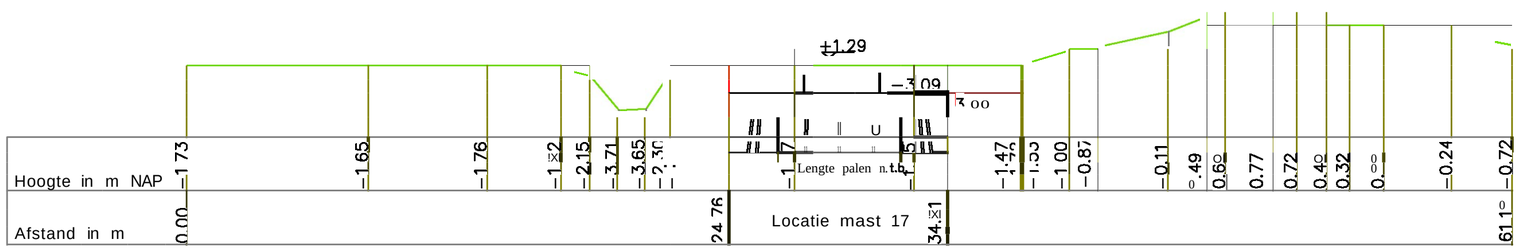
golfbaan

watergang
breed ca. 150m
diep ca. O.BOm

Buitenhuizerweg

Zijkanaal C

dijklichaam zijkanaal [



Versie nr.	Datum:	Toelichting op de versie:	Getekend:
2	30-03-2011	Toevoegen inmeting Geodesie	a a3
1	10-02-2011	Eerste versie	a a3

heijmans Beton & Waterbouw B.V.
Graafsebaan 87, 5248 JT Rosmalen | Postbus 417, 5240 AK Rosmalen | T 31(0173 543 88 00 | F +31 (0173 543 85 01

TennetTSO
Limaweg 51, 2743 CC Waddinxveen | Postbus 718, 6800 AS Arnhem | W2BI3731112 | W2BI3731111

breijn
Stedelijke Infra
Laandammerweg 14, 1566 PG Assendelft | Postbus 92, 1560 AB Krommenie
I www.breijn.nl | T 31 (0)75 687 2140 | F +31 (0)75 687 34 59

TennetTSO
Randstad

Uitvoeringstekening werkterrein
Mast locatie 17

Aveco de Bondt

Schaal:	1:1000/1:50	Getekend:	paga3
Formaat:	A2	Verificatie:	ledi3
Projectnr.:	2410010	Authorisatie:	nipa
		Gemeten:	

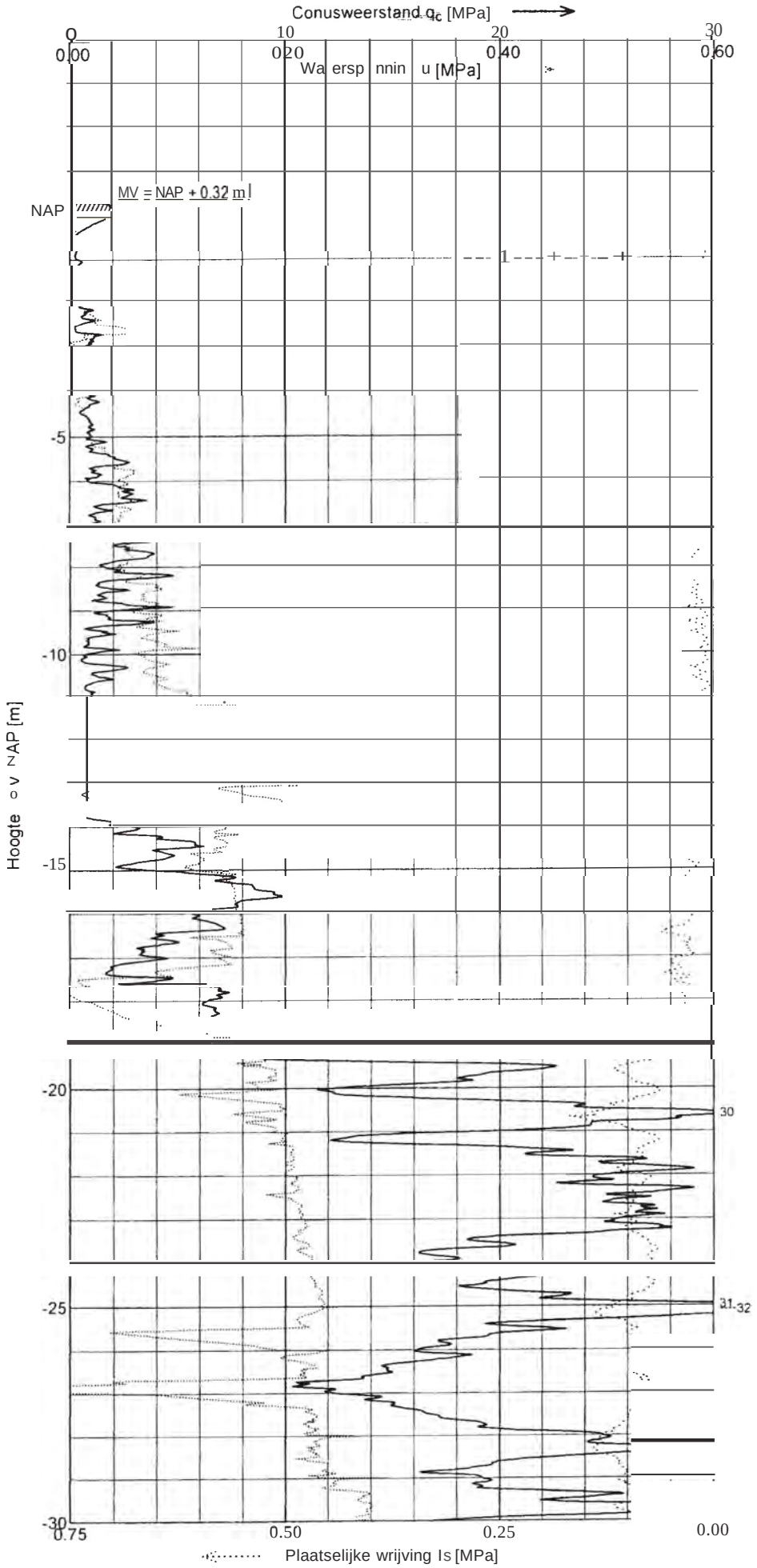
CC·
2500 mm
Lengte a'en n.t.b.:
IC

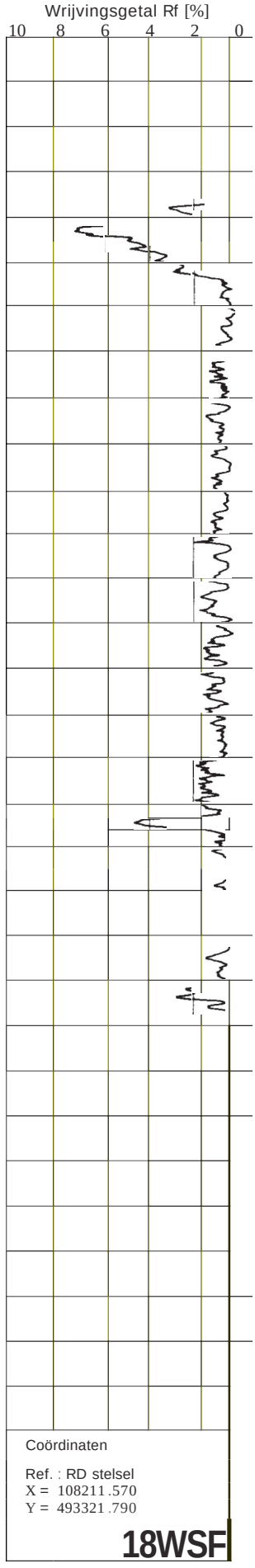
BIJLAGE II RESULTATEN GRONDONDERZOEK

Sondering 18WSP

Opdracht	0013310	Conus nummer:	Cl OCF]P462
Plaats	Beverwijk	Soort conus	: Elektrisch
Datum	15-06-2010		
Betreft	Masten		

NEN 5]40
Wagen: I
Pagina : I van 2





Coördinaten

Ref. : RD stelsel
X = 108211.570
Y = 493321.790

18WSF

MRSV v201 (c) 2010

MOS GRONDMECHANICA

Postbus 80L 3160 AA Rhoon - Telefoon OIO *S030200* - Fax010SOl36S6

MOS GRONDMECHANICA B.V.

ISO 9001 & VCA** GECERTIFICEERD

Kleidijk 35, 3161 EK Rhoon
Postbus 801, 3160 AA Rhoon

Telefoon 010 - 50 30 200
Telefax 010- 50 13 656
KvK Rotterdam 257098
BTW-nummer 080.06.799.B.Ol
ABN-AMRO Bank 50.34.31.508
E-Mail fo@mosgeo.com

reg.nr.: 11025951
zaak nr. 2716
kode nr. 562.1
14 OKT. 2011
aan: K i IV,1) par.
cc. 1< Vld I lovde

Tennet TSO B.V.
T.a.v. Dhr. R. van der Woude
Postbus 718
6800 AS ARNHEM

Ons kenmerk : V0074511-RH_2
Contactpersoon : G. van Herk

Uw Kenmerk:

Datum : 13 oktober 2011

Betreft: Waterkeringen en Randstad 380 kV te

Geachte heer Van der Woude,

Bijgaande stukken worden U in 3- voud toegezonden.

- ✓ Rapportage buitenwerk
  - Sondering(en)
  - ✓ Boring(en)
  - ✓ Uitzetten en waterpassen
  - ✓ Situatietekening
  - LaboratoriumondeT2oek
  - ✓ Peilbuisgegevens
- ✓ Rapportage advies
  - ✓ Werkverslag
  - Rapport
  - Brief
  - Heiresultaten
  - Sonisch doormeten
  - Nauwkeurigheidswaterpassingen
  - Tankmetingen

Volgens afspraak

Op uw veT20ek

Ter goedkeuring / dooT2ending
- Factuur
- Brochure
- Opdrachtbevestiging
- Aanbieding

Vertrouwend U hiermee van dienst te zijn geweest verblijven wij,

Hoogachtend,

G. van Herk

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Betreft	Waterkeringen en Randstad 380 kV t.b.v. mast 17 te VELSEN-ZUID
Opdrachtgever	Tennet TSO B.V. T.a.v. Dhr. R. van der Woude Postbus 718 6800 AS ARNHEM
Behandeld door	ing. M. van Es (OIO 5030200)
Kenmerk	R0074511-RH I
Datum	7 oktober 2011

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Kleidijk 35	**Postbus**	801	3160 AA Rhoon	tcl. 010-5030200
Kanaaldijk N.O. 104	**Postbus**	38	5700 AA Helmond	tel. 0492-535455
Kalanderstraat 10a	**Postbus**	153	7460 AD Rijssen	tel. 0548-512363
Gyroscoopweg t20			**1042 AZ Amsterdam**	tel. 020-7537984

1. ONDERZOEKSOPDRACHT

Ten behoeve van boven genoemd project hebben wij in uw opdracht een grondonderzoek uitgevoerd. De opdracht omvatte de volgende werkzaamheden:

Bureau werkzaamheden waaronder klic-melding en interpretatie

2 locaties uitzetten en waterpassen tov NAP

1 boring tot een diepte van maaiveld - 14 m of 1 m in het pleistocene zand.

1 boring tot een diepte van maaiveld - 18 m of 1 m in het pleistocene zand

Het plaatsen van één peilbuis op einddiepte in de teenboring, inclusiefhet afwerken met een beschennkoker.

2. UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

Landmeten

Voor de uitvoering van dit onderzoek heeft de opdrachtgever ons een tekening ter beschikking gesteld.

Aan de hand van de verstrekte tekening heeft Mos Grondmechanica een klic-melding gedaan. De onderzoekslocaties zijn met behulp van GPS-rtk apparatuur in het veld uitgezet en gewaterpast. De onderzoekslocaties zijn op tekening weergegeven, en in dit rapport opgenomen.

Boren

Ter plaatse van sonderingen 17CFJ en 17WSP zijn een teen- en kruinboring uitgevoerd tot een diepte van maaiveld - J8 m (kruinboring) en maaiveld -16 (teenboring). De boringen zijn als (verbuisde) pulsboringen en confonn NEN-EN-ISO 22475-1 uitgevoerd.

Per boring is confonn NEN 5104 de grondopbouw beschreven en in de vorm van een boorstaat met schaal I:½√2 ten opzichte van NAP geplot in dit rapport opgenomen.

Peilbuizen

In de teenboring is confonn NEN-EN-ISO 22475-1 op maaiveld - 16 m een peilbuis geplaatst. De peilbuis is met een beschennkoker afgewerkt. De plaatsingsgegevens van de peilbuizen zijn in een tabel opgenomen in dit rapport.

ing. M. van Es (010 5030200)

Contr. NM

Rhoon, 7 oktober 2011

Mos Grondmechanica B.V.

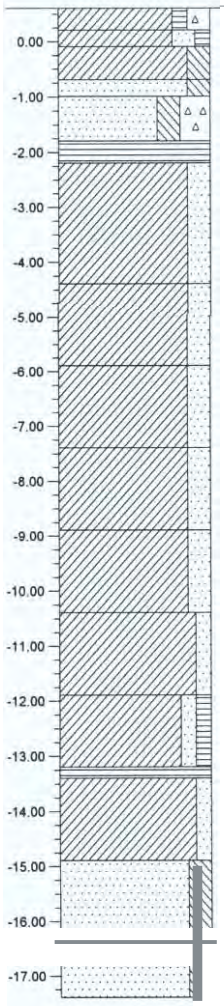
Inhoud:

- **Boringen**
- **Plaatsingsformulier peilbuizen**
- **Coördinatenlijst**
- **Situatietekening**

Opdracht	0074511
Plaats	Velsen-Zuid
Betreft	Waterkeringen en Randstad 380 Kv mast 17

BORING B17 kruin

Datum	14-10-2011	X	108244.012	Boormeester	SD
GWS	NAP -0.99 m	y	493325.749	Beschrijver	GH
Maaiveld	NAP +0.61 m	GHG:		Norm	NEN5104
Opmerkingen		GLG:			

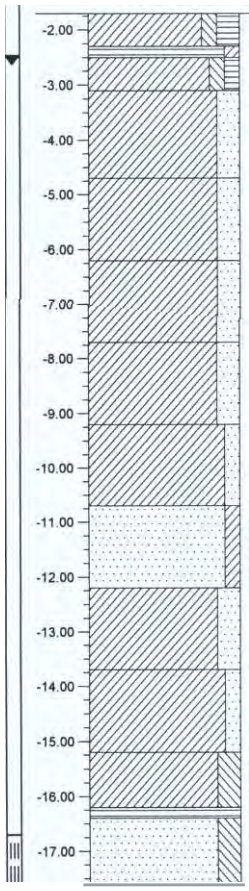


Boorprofiel	Laag nr.	Diepte [m t.o.v. NAP] van	tot	Omschrijving grondlaag	Kleur
	I	+0.61	+0.21	Klei, zwak humeus, matig puinhoudend	bruin
	2	+0.21	-0.09	Klei, matig zandig (matig fijn), zwak humeus	bruin
	3	-0,09	-0.69	Klei. matig sillig	grijs
	4	-0.69	-0.99	Zand, zeer grof, matig siltig	grijs
	5	-0.99	-1.79	Zand, zeer grof, matig siltig, sterk puinhoudend	grijs
	6	-1.79	-2.19	Veen, mineraalarm	bruin
	7	-2,19	-4.39	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
	6	-4.39	-5.69	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
	9	-5,89	-7.39	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
	8	-7.39	-8.89	Klei, matig zandig (matig tijn)	grijs
	11	-a.89	-10.39	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
	12	-10.39	-11.89	Klei, zwak zandig (matig fijn)	grijs
	9	-11.89	-13.19	Klei, zwak zandig (matig fijn), zwak humeus	grijs
	14	-13.19	-13.39	Veen, mineraalarm	bruin
	IQ	-13.39	-14.89	Klei, zwak zandig (matig fijn)	grijs
	16	-14.89	-16.39	Zand, matig fijn, matig siltig	grijs
	11	-16.39	-17.39	Zand, matig fijn, matig siltig	grijs
	12	0.61	-15.39	Kleistop 1	
	t3				
	14				
	15				
	16				
	t7				

Opdracht	0074511
Plaats	Velsen-Zuid
Betreft	Waterkeringen en Randstad 380 Kv mast 17

BORING B17 Teen

Datum	05-' 0-2011	X	108226.695	Boormeester	SD
GWS	NAP -3.10 m	y	493332.699	Beschrijver	GH
Maaiveld	NAP-1.70m	GHG :		Norm	NEN5104
Opmerkingen		GLG :			



Laag nr.	Diepte [m t.O.V. NAP) van	tot	Omschrijving grondlaag	Kleur
1	·1.70	·2.30	Klei, zwak siltig, matig humeus	bruin
2	-2.30	-2.50	Veen, zwak kleiïg	bruin
3	-2.50	-3.10	Klei, zwak siltig, zwak humeus	bruin
4	-3.10	-4.70	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
5	-4.70	-6.20	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
6	-6.20	-7.70	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
7	-7.70	-9.20	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
6	-9.20	-10.70	Klei, zwak zandig (matig fijn)	grijs
9	-10.70	-12.20	Zand, matig grof, zwak kleïig	grijs
10	-12.20	-13.70	Klei, matig zandig (matig fijn)	grijs
11	-13.70	-15.20	Klei. *zwak* zandig (matig fijn)	grijs
12	-15.20	-16.20	Klei, matig siltig	grijs
13	-16.20	-16.40	Veen, mineraalarm	bruin
14	·16.40	-17.70	Zand, matig grof, matig siltig	grijs
9	-1.70	-16.70	Kleistop 1	

Opdracht 007451 1
Plaats : Velsen-Zuid
Betreft : Waterkeringen en Randstad 380 Kv mast 17

PEILBUISGEGEVENS

Peilbuisnummer	817 Teen- l
Datum plaatsing	05-10-2011
Diameter [mm]	25
Materiaal	HDPE
Filterkous	nee
Grind	ja
Lengte stijgbuis [m]	1555
Lengte filter [m]	1.00
Totale lengte [mi	16.55
MV [m t.o.v. NAP]	-1 .70
bk stijgbuis [m t.o.v. NAP]	-1.15
bk filter [m t.o.v. NAP]	-16.70
ok filter [m t.o.v. NAP]	-17.70
bk kleistop [m t.o.v. NAP]	-1.70
ok kleistop [m t.o.v. NAP]	-16.70
GWS [m t.o.v. NAP]	-2.63
Straatpot	nee
Beschermkap	ja
Schoongemaakt	nee
Geplaatst door / met	RSB 1
Plaatsing (methode)	**pulsboren**

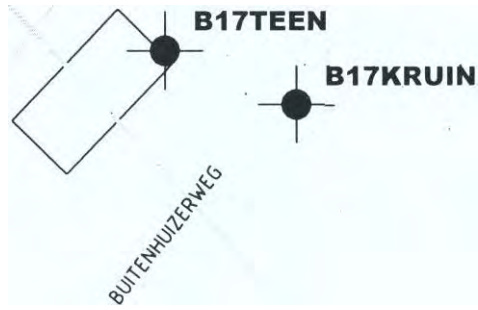
Opdr.nr. 0074511
Plaats Beverwijk
Project Geotechnisch onderzoek

Meting uitgevoerd in RD stelsel

Boring nummer	Xlm) Opgegeven	Ylm) Opgegeven	hoogte tov NAP
B17KRUIN	108244.012	493325,749	0.61
B1ITEEN	108226.695	493332.699	-1 .70

Naam vast punt
Hoogte vast punt
Opgegeven door Rijkswaterstaat
Gewaterpast door E.Visser
Datum waterpassing 03-10-11
Omschrijving vast punt Meting uitgevoerd met leica gps

GEOMECHANICA



Sondering

Boring

Sondering met pl.wrijving

Peilbuis

0 4 8 12 16 1:200

0 10 20 30 40 1:500

onderdeel SITUATIE GRONDONDERZOEK

uitzetten verzorgd door MOS GRONDMECHANICA

project , WaterkeringenenRandstadJ80kV
t.b.v. mast 17 te Velsen Zuid

schaal , : 1000

maten in meters

get. n.k. gel.

datum : 12-10-11

opdr.nr.: 0013310

wijz.

MOS GRONDMECHANICA
Postbus aal, 3160 AA Rhoon - Telefoon 101015030200 - Fax (010) 5013656

H:\PrOJecten\201tlO074511 . Waterkeringen en Randstad 380\S-0074S11.dwg

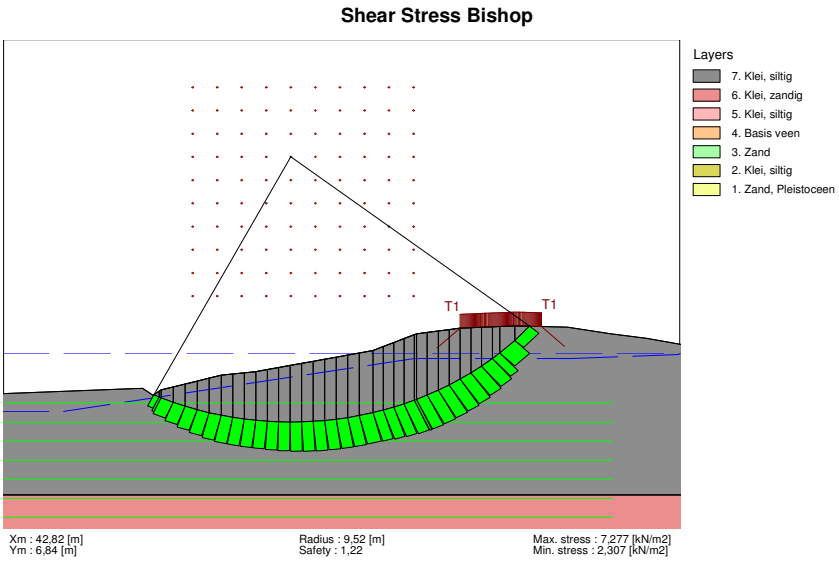
BIJLAGE III RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN

Tennet TSO - Mast 17
Stabiliteit waterkering Zijkanaal C
Huidige situatie

Phone
Fax

date 08-11-2011
drw. -
ctr. -
form. A4
Annex -

D-Geo Stability 10.1 : Huidige situ.stl

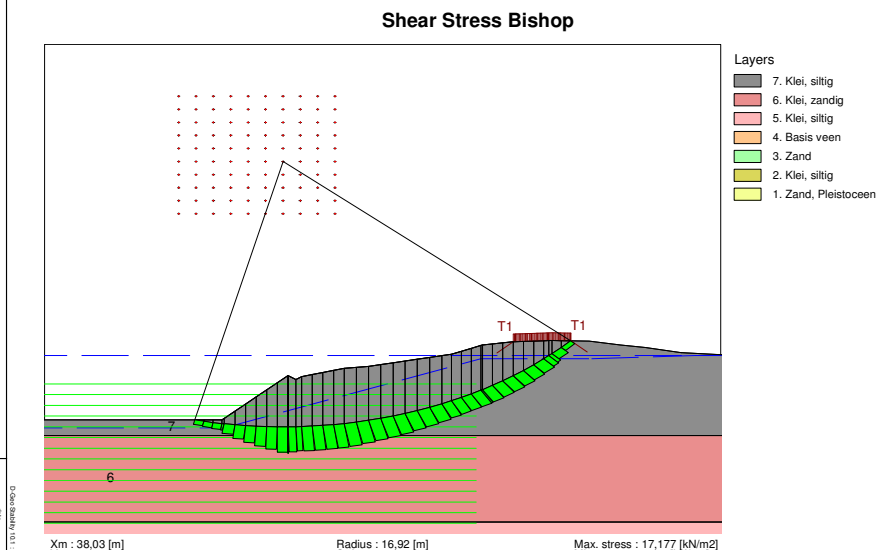


Tennet TSO - Mast 17
Stabiliteit waterkering Zijkanaal C
Ontgraving tot NAP-4,30m

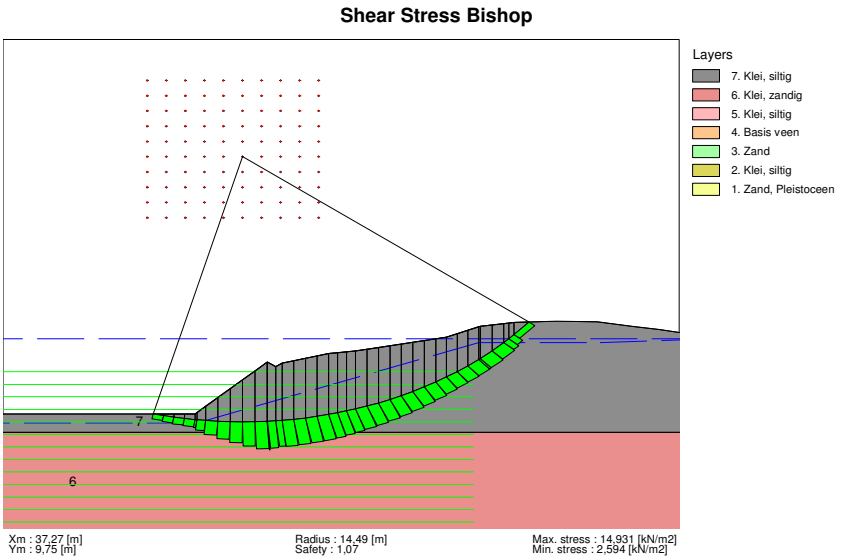
Phone
Fax

date 08-11-2011
drw. -
ctr. -
form. A4
Annex -

D-Geo Stability 10.1 : Ontgraven st.stl



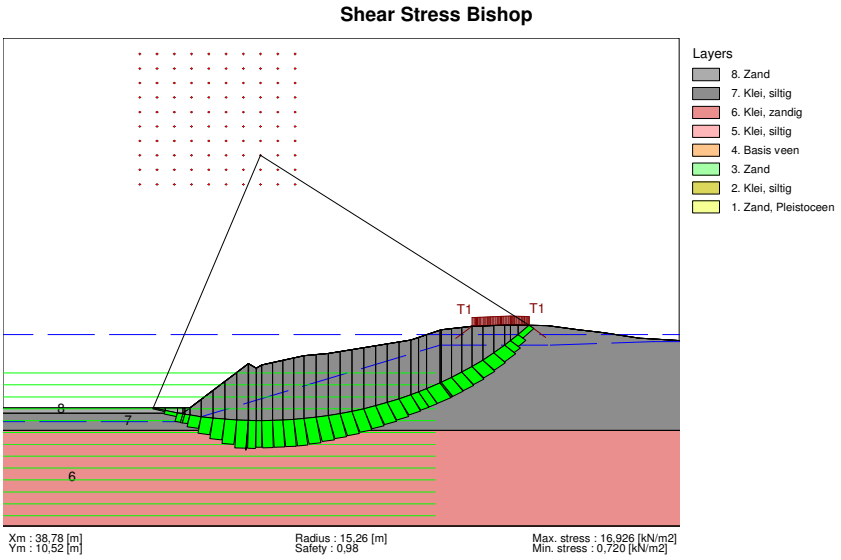
Tennet TSO - Mast 17
Stabiliteit waterkering Zijkanaal C
ontgraven zonder verkeer



Phone
Fax
date 08-11-2011
dw. -
dr. -
form. A4
Annex -

D-Geo Stability 10.1 : Ontgraven_geen verkeer.stl

Tennet TSO - Mast 17
Stabiliteit waterkering Zijkanaal C
Zandlaag (werkvloer) aangebracht



Phone
Fax
date 08-11-2011
dw. -
dr. -
form. A4
Annex -

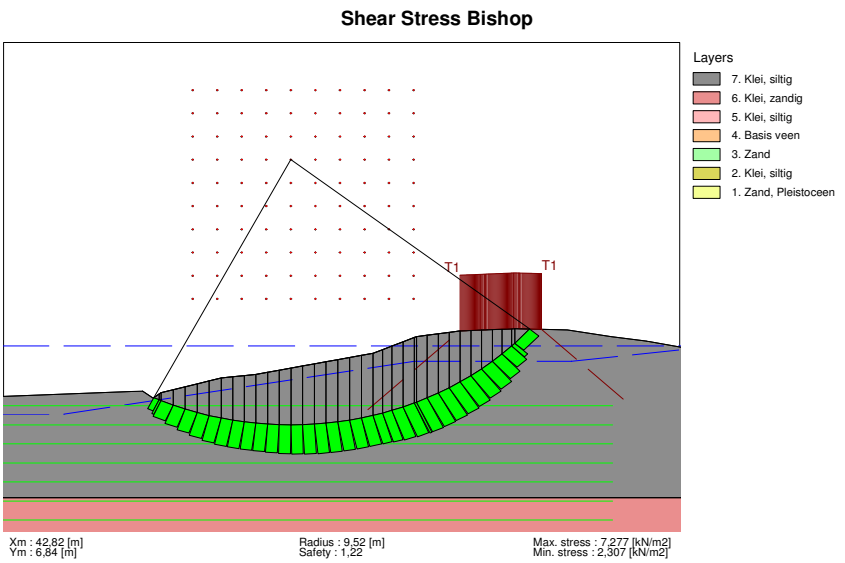
D-Geo Stability 10.1 : Ontgraven_zandlaag aangebracht.stl

Tennet TSO - Mast 17
Stabiliteit waterkering Zijkanaal C
Huidige situatie bij toetspeil

Phone
Fax

date 08-11-2011
dw. -
dr. -
form. A4
Annex -

D-Geo Stability 10.1 : Huidige situ

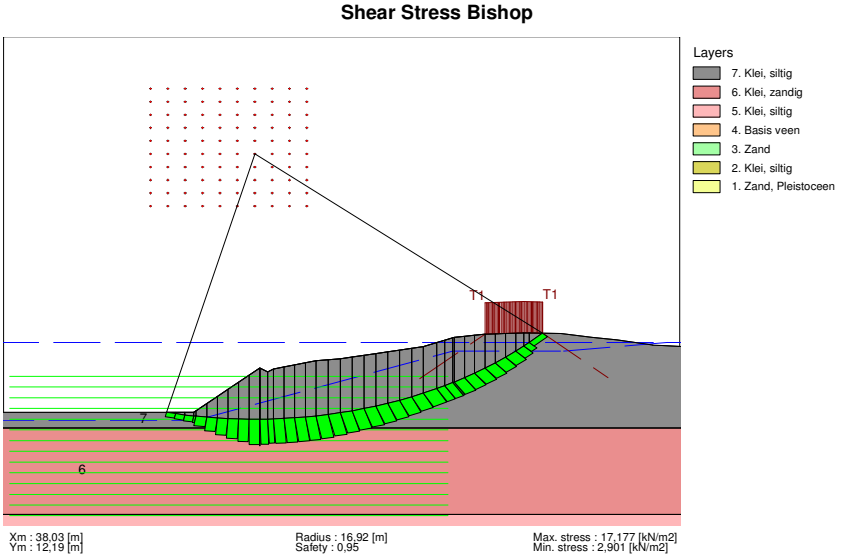


Tennet TSO - Mast 17
Stabiliteit waterkering Zijkanaal C
Ontgraving tot NAP-4,30m bij toetspeil

Phone
Fax

date 08-11-2011
dw. -
dr. -
form. A4
Annex -

D-Geo Stability 10.1 : Ontgraven situ



BIJLAGE IV BEREKENING OPBARSTRISICO

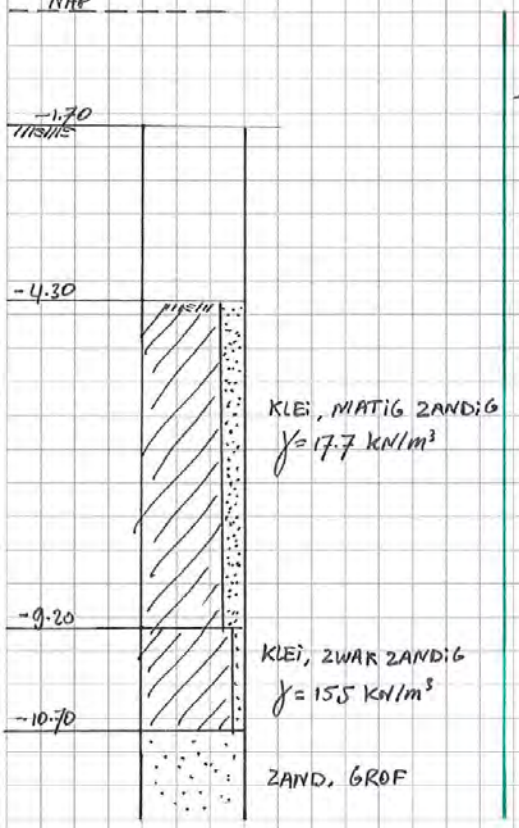
Witteveen Bos

berekeningen

projectnummer SPD11-1
door ir. M.W. Fousert
datum 28-10-2011
nummer

BEREKENING OPBARSTRISICO CONFORM NEN 6740, 14.3. FUNDERING MAST 17

MAATGEVEND PROFIEL : B17-teen
MAAIVELD : NAP - 1.70m
ONTGRAVINGSDIEPTE : NAP - 4.30m
STYGHOOGTE 1e ZANDLAAG: NAP - 1.00m



Totaal gronddruk : 4.9m x 17.7 = 86.73 kN/m²
1.5m x 15.5 = 23.25 kN/m²
109,98 kN/m²

Reductie met γ = 1.1 : 100 kN/m²
5% reductie t.g.v. ontspanning : 95 kN/m²

Totaal waterdruk : 9.7m x 9.81 = 95 kN/m²

veiligheidsfactor tegen opbarsten : 1,0 → voldoet
zonder 5% ontspanning : 1,05 → voldoet
zonder partiele factor : 1,16 → voldoet.

OPMERKING: BESCHOUWDE ZANDLAAG IS SLECHTS LOKAAL AANWEZIG; IN BORING B17-KRUIN EN SONDERING S18 IS DEZE NIET AANWEZIG/ZICHTBAAR ALS ZANDIGE KLEI. BOVENSTAANDE BEREKENING DIENT DERHALVE ALS CONSERVATIEF BESCHOUWD TE WORDEN.

TenneT
Toking power further

Bijlage A3-16a

HRL-WV lijn BV

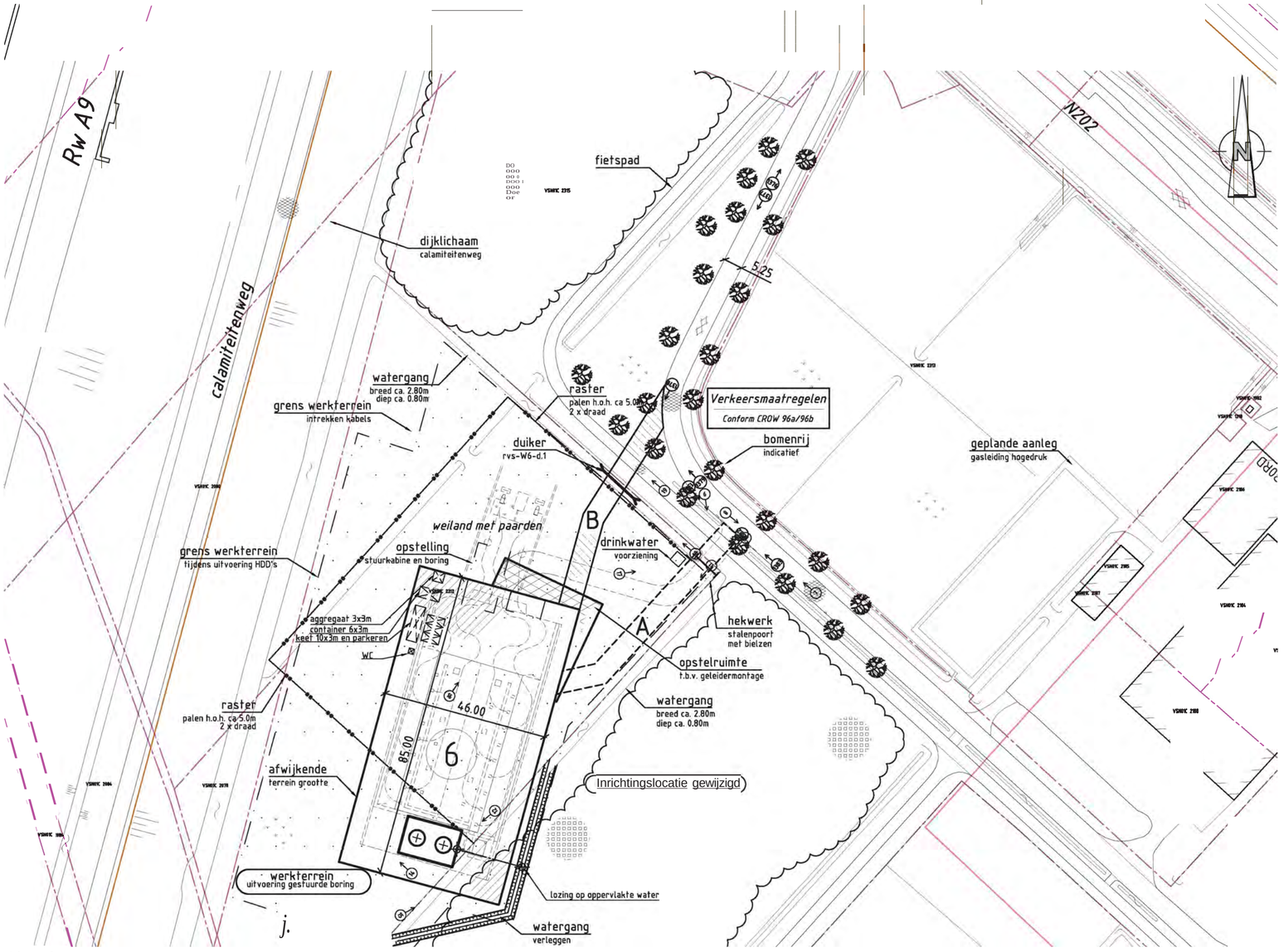
Tekeningen werkterreinen masten, sloop 150 kV en noodlijnen

Conversietabel

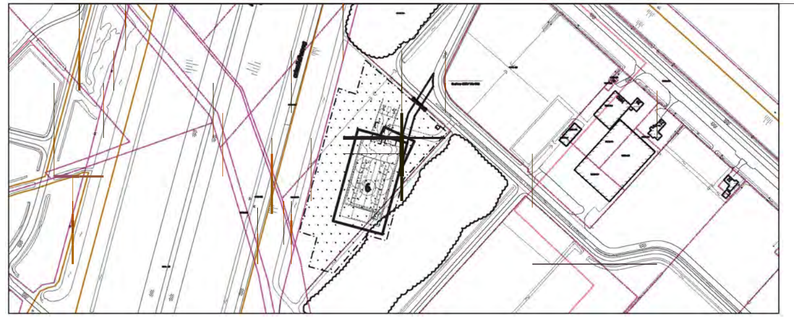
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
	Stations portaal Bev (vkt 4.0)
1	1 (vkt 4.0)
2	2 (vkt 4.0)
3	3 (vkt 4.0)
4	4 (vkt 4.0)
5	5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)
6	6 (vkt 4.0)
7	7 (vkt 4.0)
8	8 (vkt 4.0)
9	9 (vkt 4.0)
10	10 (vkt 4.0)
11	11 (vkt 4.0)
12	12 (vkt 4.0)
13	13 (vkt 4.0)
14	14 (vkt 4.0)
15	15 (vkt 4.0)
16	16 (vkt 4.0)
17	17 (vkt 4.0)
18	18 (vkt 4.0)
19	19 (vkt 4.0)
20	20 (vkt 4.0)

Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)



Situatie
schaal 1:1000



Overzicht werkterrein gestuurdeboring
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

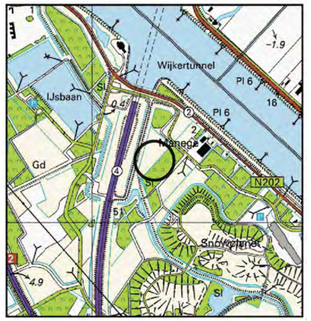
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

6a			6b		
Type	: W2E350		Type	: W2E350	
Paallengte	: 57	lmt	Paallengte	: 57	lmt
Gewicht	: 367723	kg	Gewicht	: 367723	kg
Diameter	: 240	kmt	Diameter	: 240	kmt
Metrering	: 2396,4	lkm	Metrering	: 2396,4	lkm
Maaiveld	: -1,515	lmt	Maaiveld	: -1,515	lmt
Coördinaten:	196282.61		Coördinaten:	196289.95	
	496286.56			496284.59	

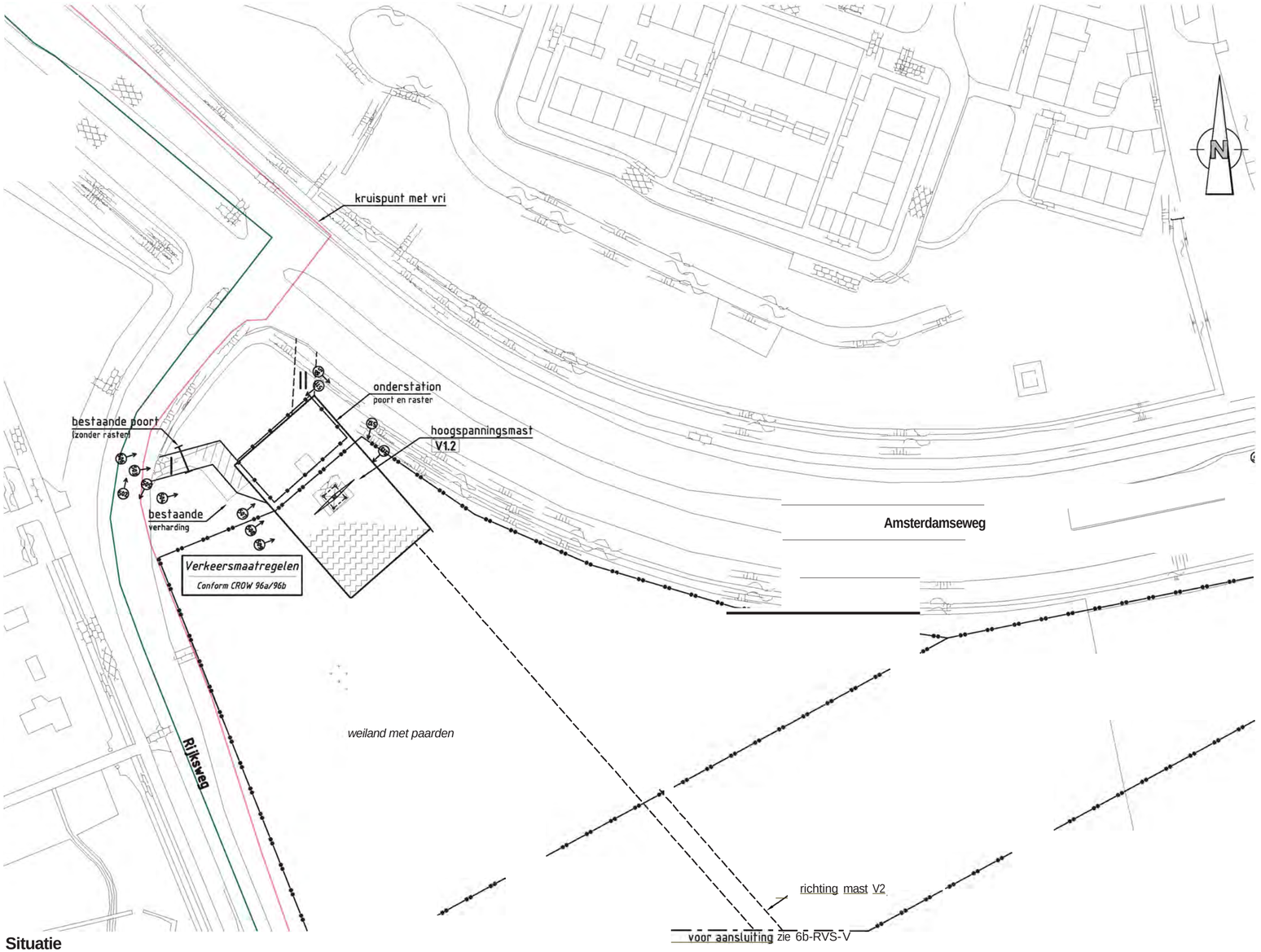


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 6 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 6 van 48 bladen	versie	6.0
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO	

project nr. 100699
tek.nr. 6-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein (afm ca. 60.00 x 3S.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- opstelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- optionele opstelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- V1.11 — hoogspanningsmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x S0.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- N1.1 — noodmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x S0.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker (diameter n.t.b.)
- kadastergrens (met nummer)

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overzicht
schaal 1:20.000

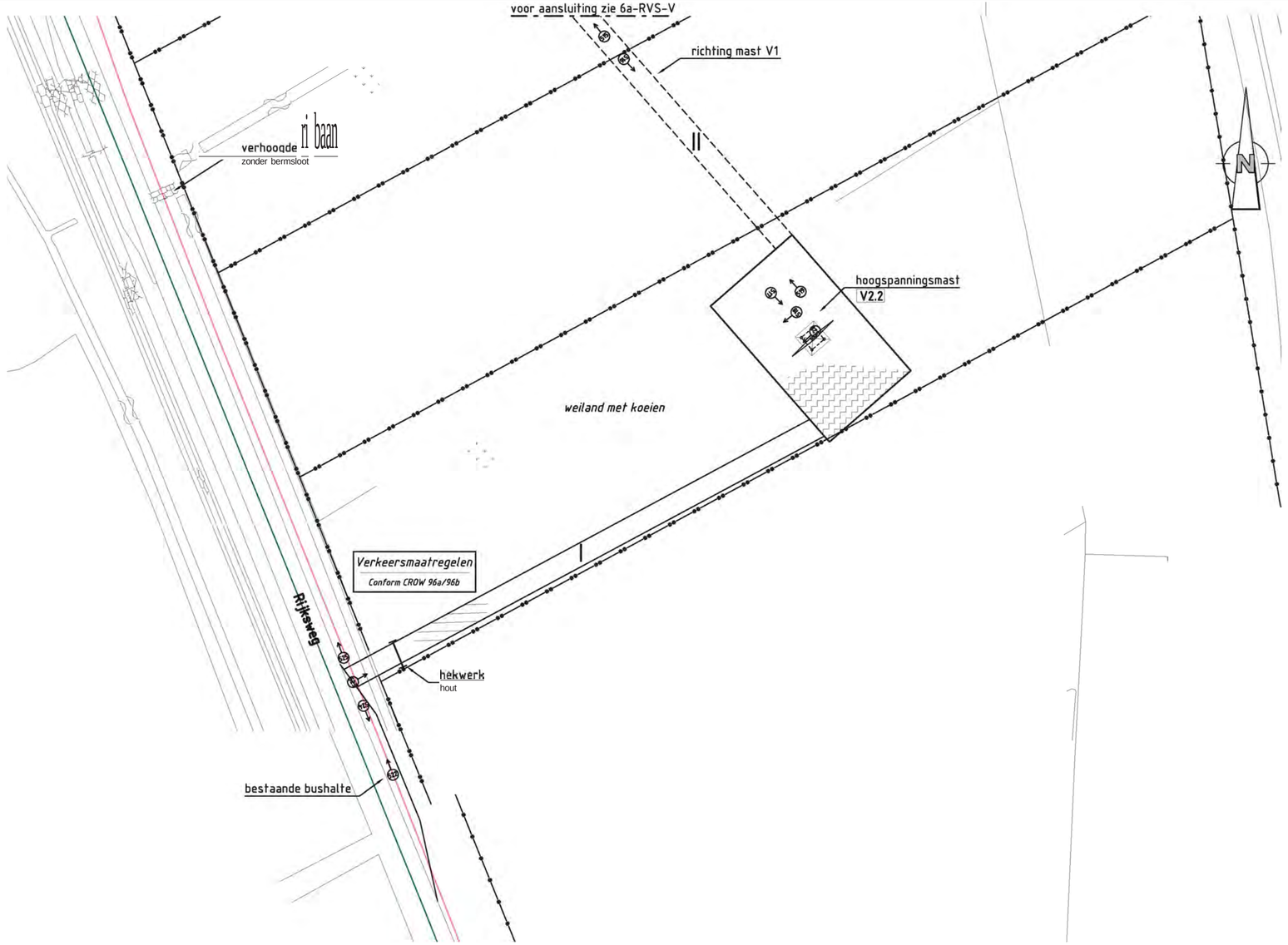
projekt

onderdeel **Vergunning aanvraag werkterrein**
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast V1 ..
Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland

opdrachtgever Volker WVT elecom - Tenne T TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 7 van 48 bladen		
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	versie 601	projekt nr. 10.0059
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A3	status/uitgave VO	tek.nr. 6a-RVS-V



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

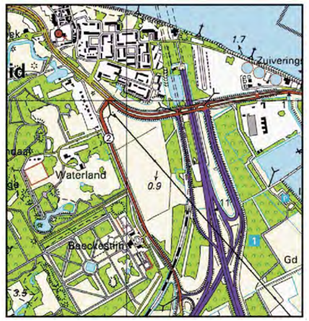
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos



Overzicht
schaal 1:20.000

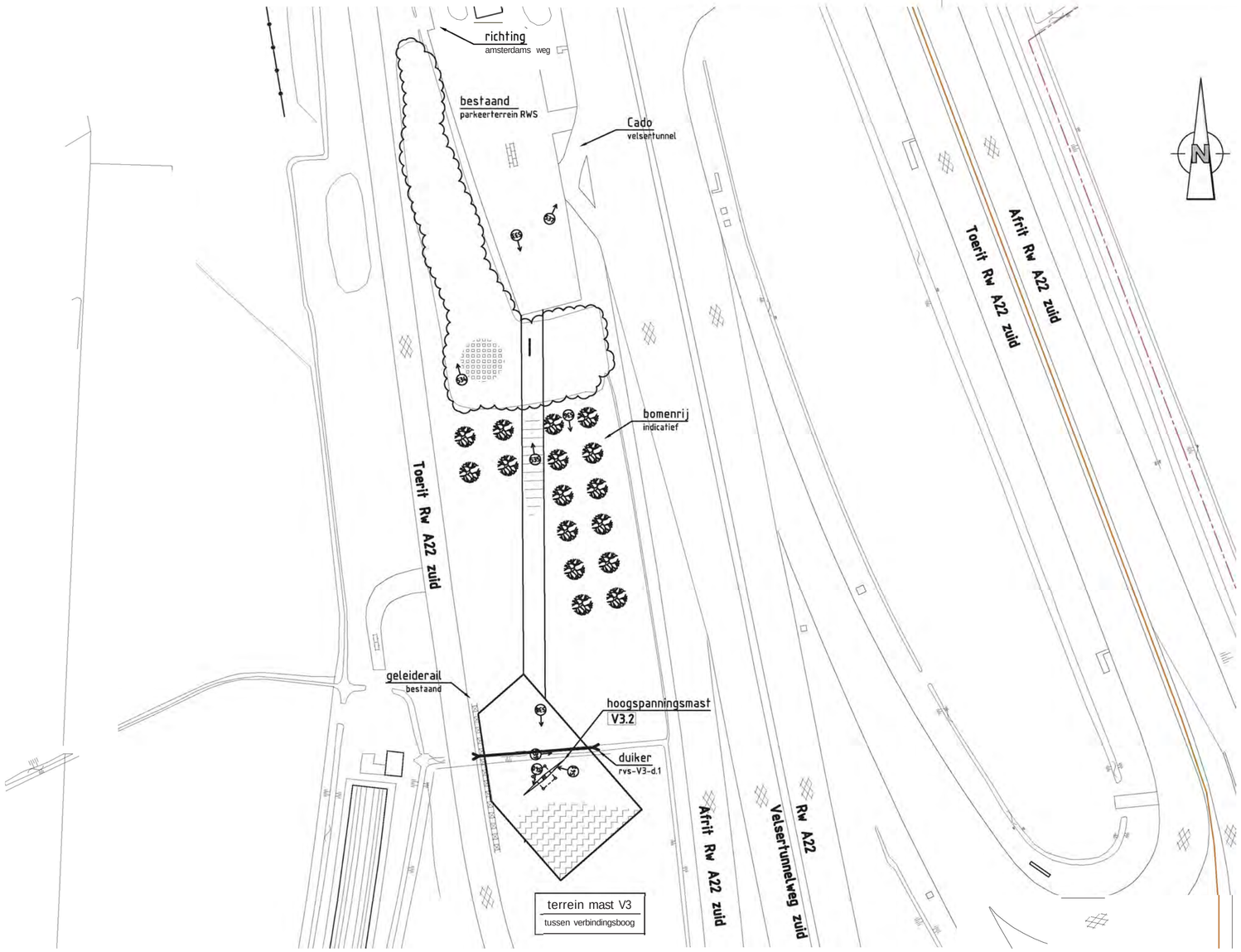
projekt **Randstad-Noord 380kV**

onderdeel Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast V2
Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland

opdrachtgever VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E.rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 8 van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO		6b-RVS-V



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein (afm ca. 60.00 x 3S.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- OpStelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- optionele opstelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x S0.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- N1.1 noodmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x S0.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)

Verhardingen

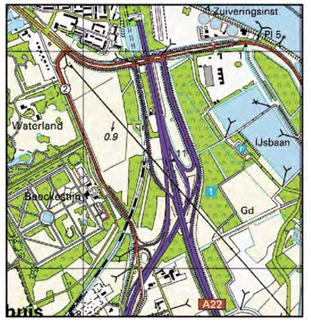
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker (diameter n.t.b.)
- BVVMA 170/1 kadastergrens (met nummer)

Vegetatie

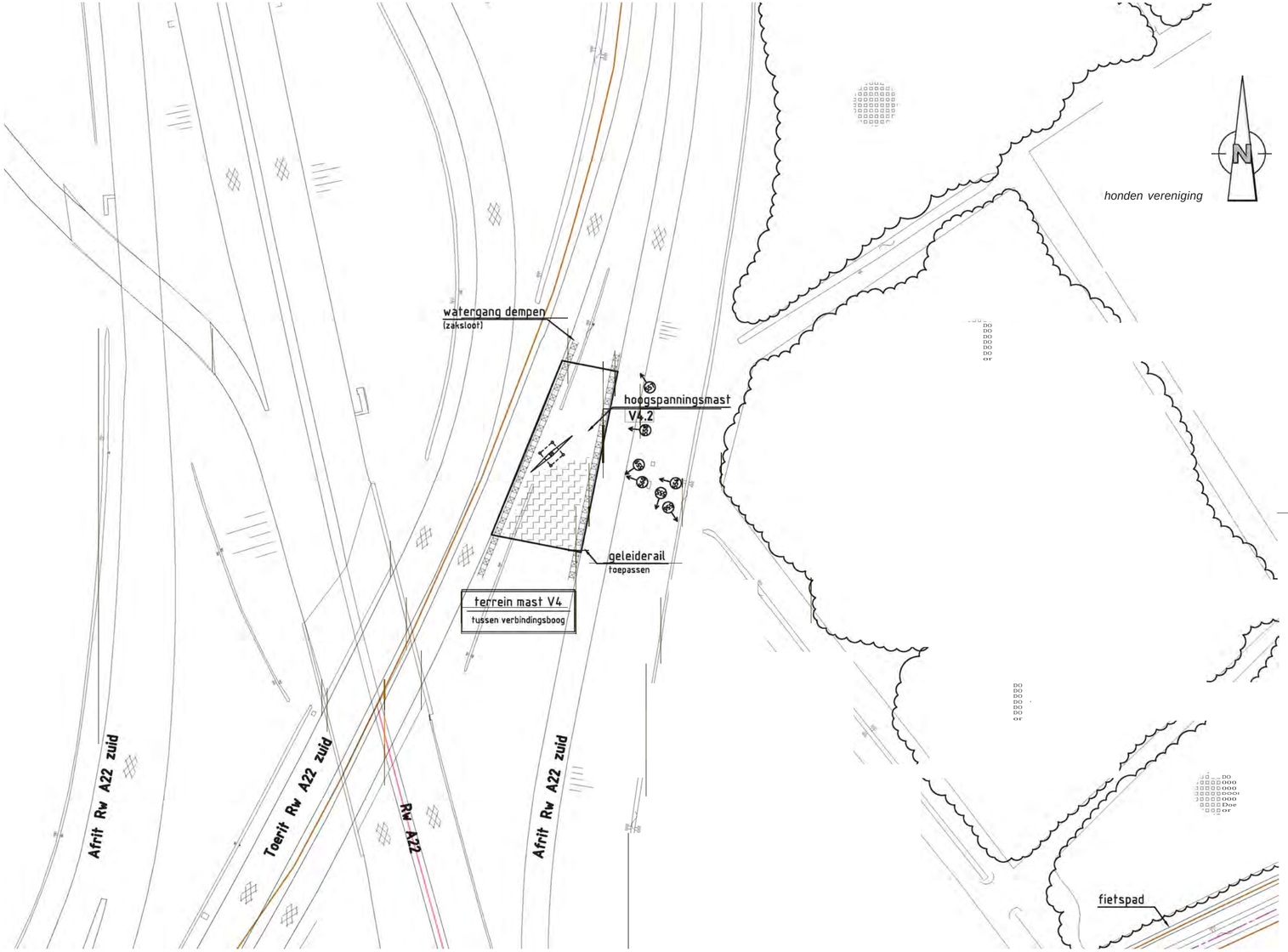
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast V3 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 9 van 48 bladen	versie 6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	tek.nr.
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO	6c-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

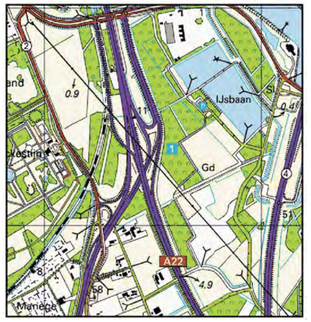
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

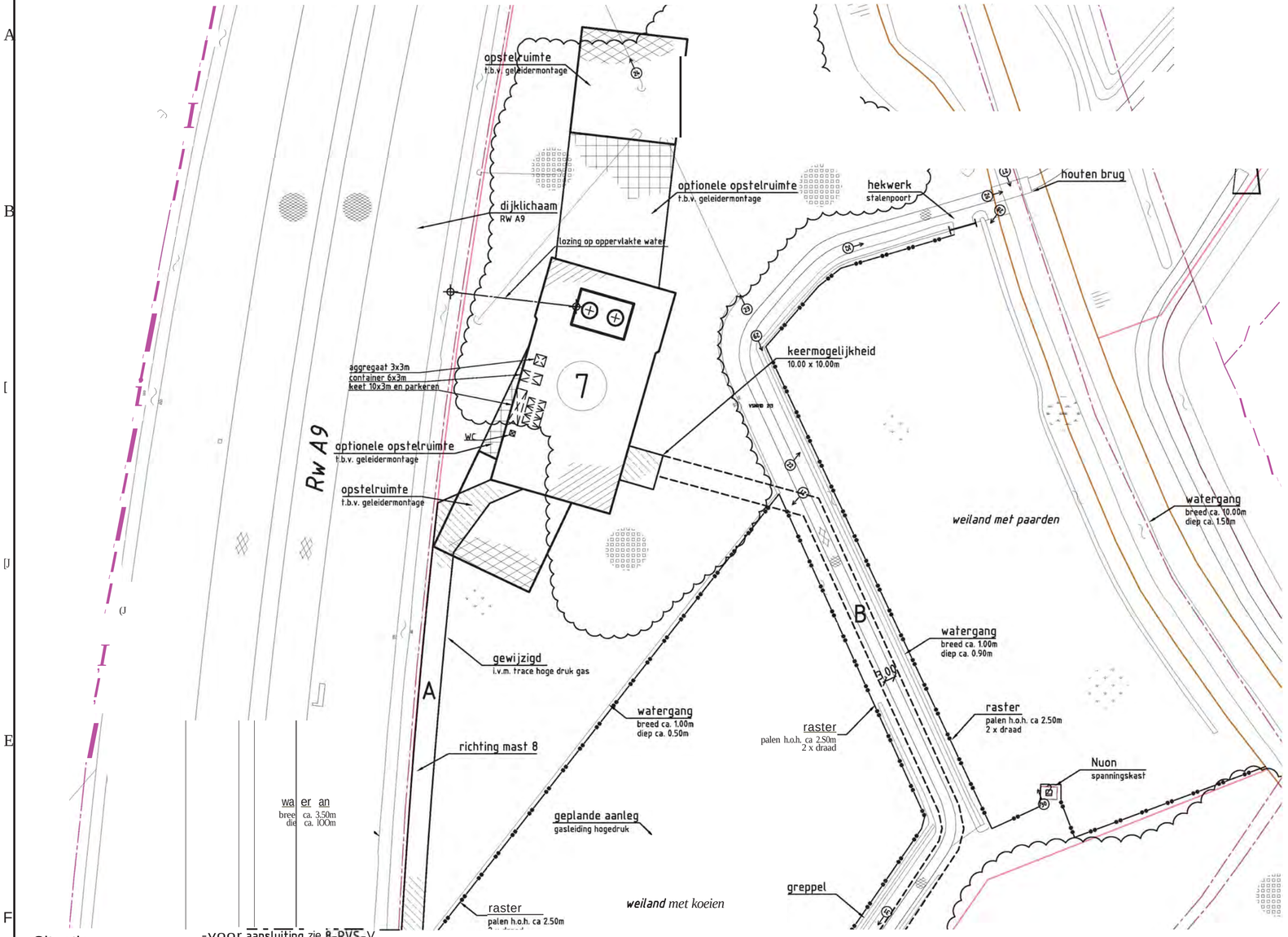


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast V4 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 10van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO		6d-RVS-V



Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 7-8
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

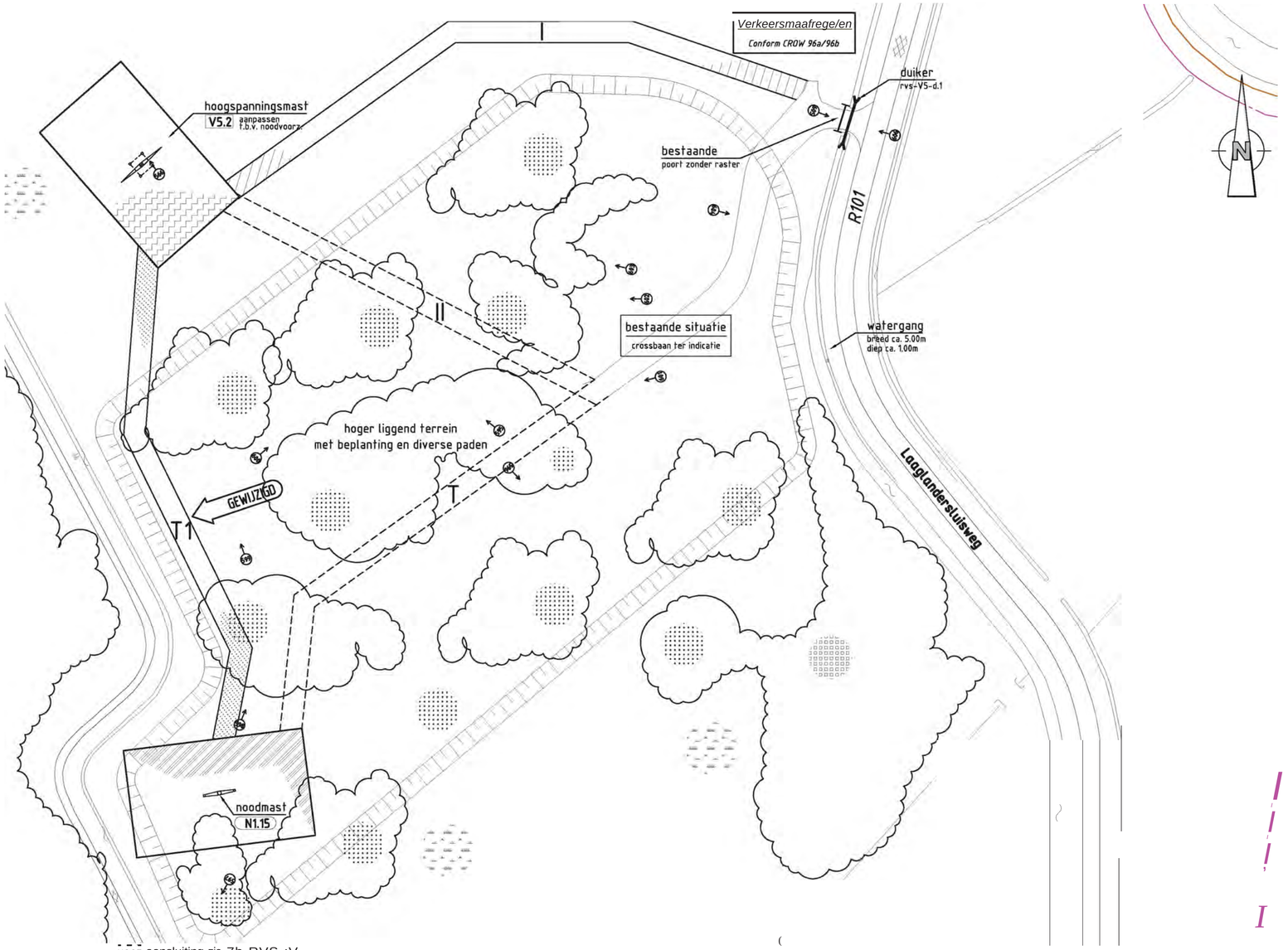
7a		7b	
Type	: W2H400+S	Type	: W2H400+S
Paallengte	: 62 lm	Paallengte	: 62 lm
Gewicht	: 288436 kg	Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kcm	Diameter	: 150 kcm
Metrering	: 2740,0 lkm	Metrering	: 2740,0 lkm
Maaiveld	: -0,430 lm	Maaiveld	: -0,430 lm
Coördinaten:	196195.96	Coördinaten:	196142.36
	495976.29		495974.19

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 7 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 11 van 48 bladen	versie	6.0
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO	
					project nr.	100699
					tek.nr.	7-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

9 10 11 12



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

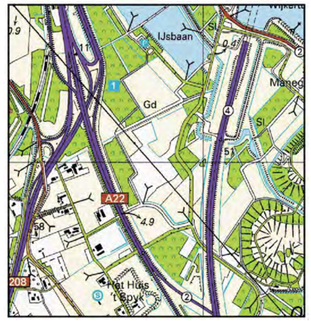
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

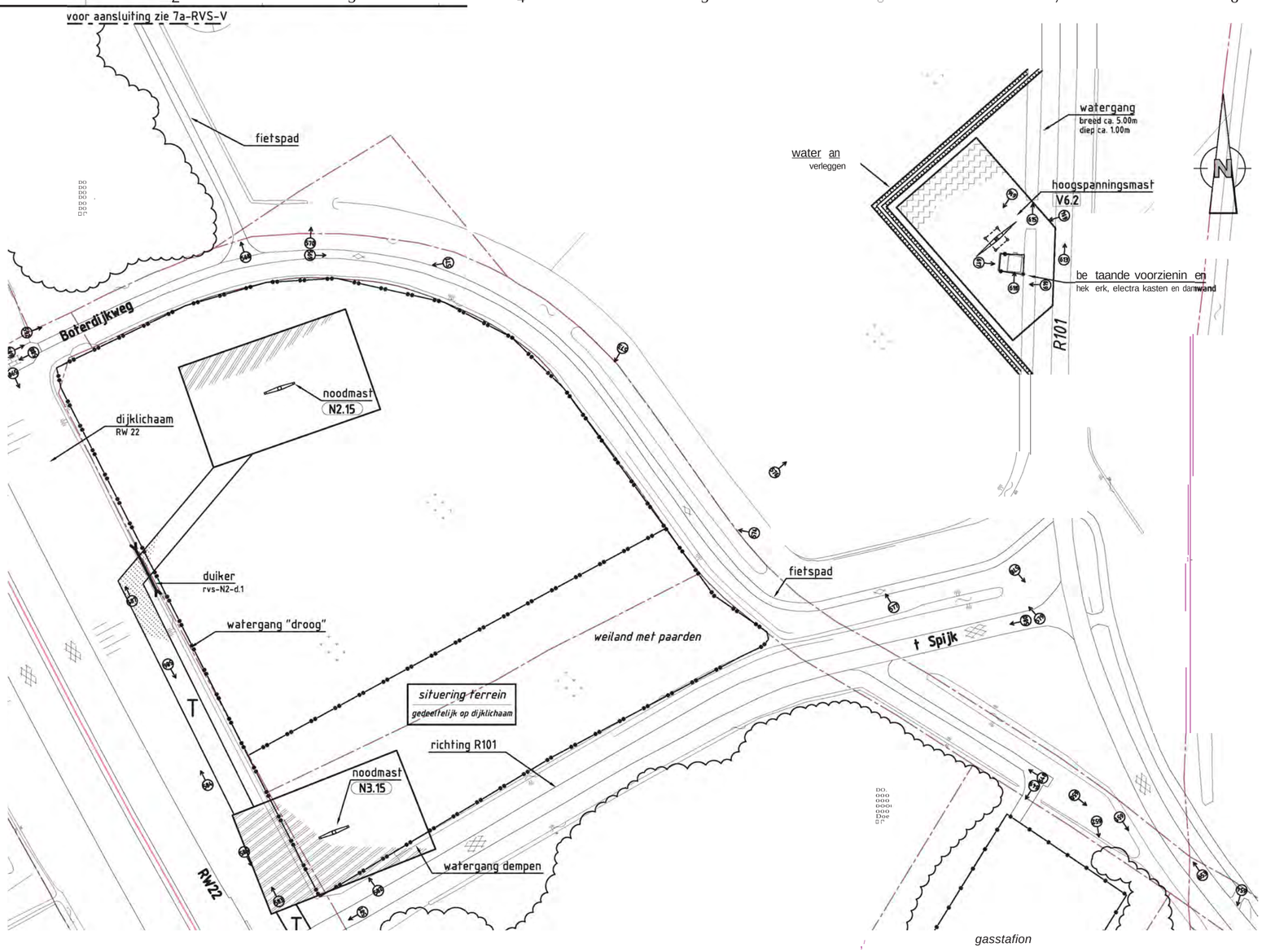
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380k V**						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast V5 en N1 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 12 van 48 bladen	versie	6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO	7a-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

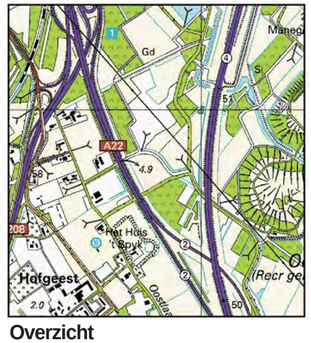
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

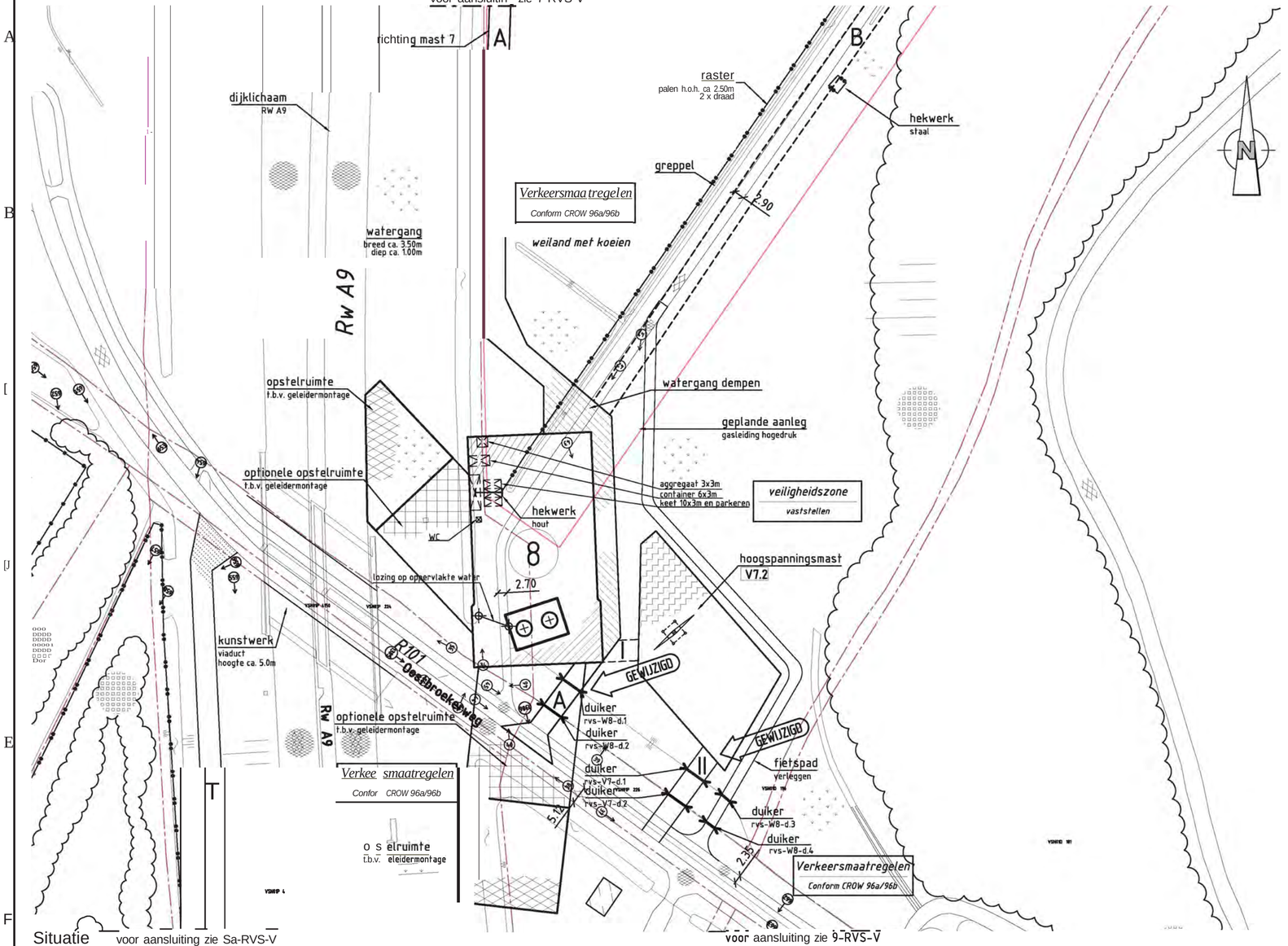


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**				
onderdeel	**Vergunning aanvraag werkterrein** Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast V6, N2 en N3 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland				
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO				

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 13van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000	status/uitgave	tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	A2.3	VO		7b-RVS-V



Verbindingsweg 7-8
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

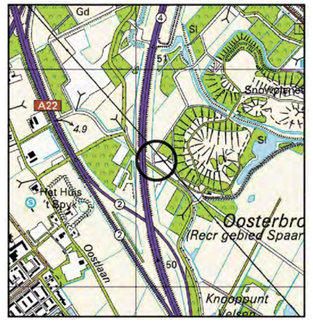
Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

Ba	
Type	: W2H400+5
Paallengte	: 62 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kmh
Metrering	: 3137,8 lkm
Maaiveld	: 0.559 lm
Coördinaten:	196489.65
	495578.93

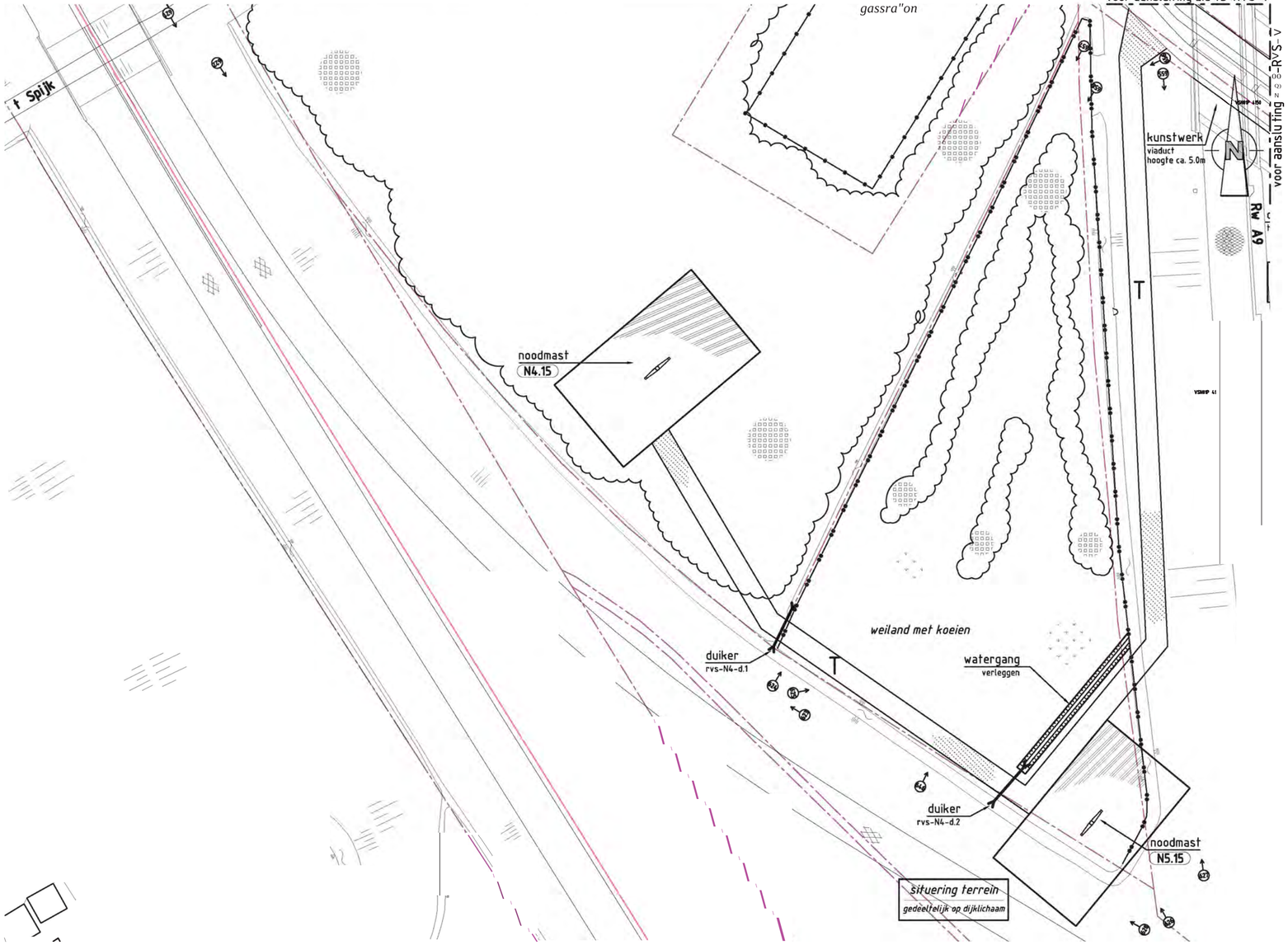
Bb	
Type	: W2H400+5
Paallengte	: 62 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kmh
Metrering	: 3137,8 lkm
Maaiveld	: 0.559 lm
Coördinaten:	196096.17
	495558.28



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast S en V7 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 14van 48 bladen	versie	6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	20-0S-2012	20-0S-2012	20-0S-2012	formaat A2.3		VO	8-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

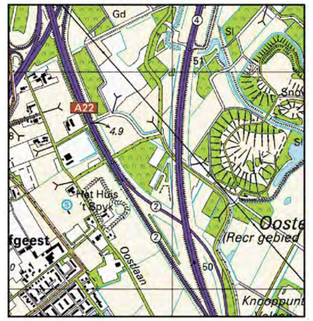
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

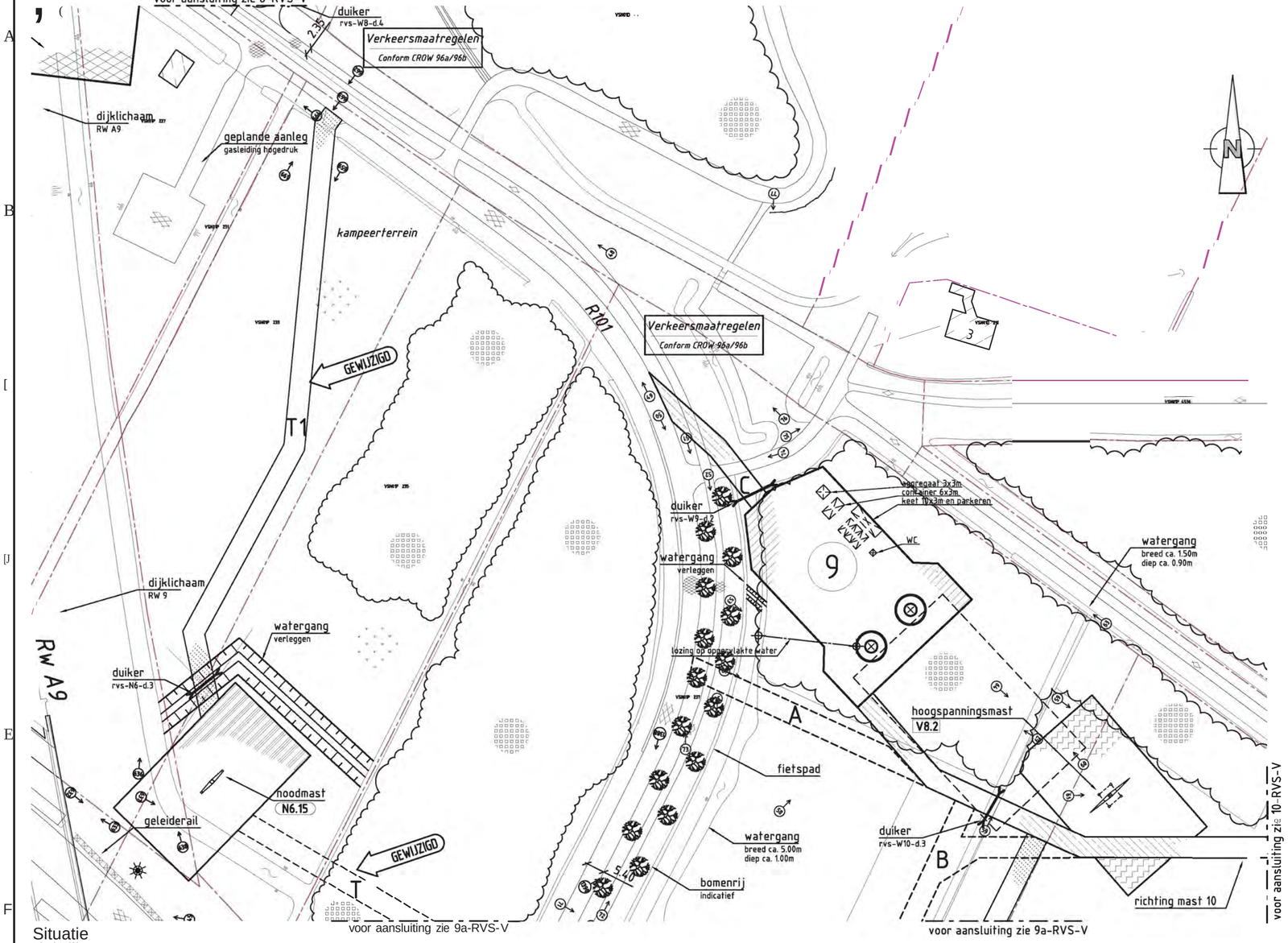
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos



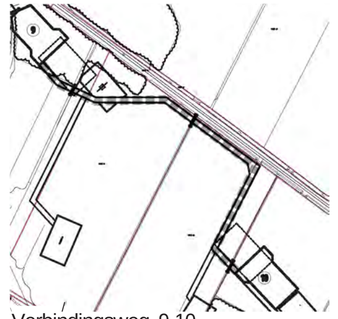
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**				
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast N4 en N5 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland				
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO				
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 1Svan 48 bladen	versie 6.0
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	project nr. 100699
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	tek.nr. VO 8a-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E.rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 9-10
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- Z optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

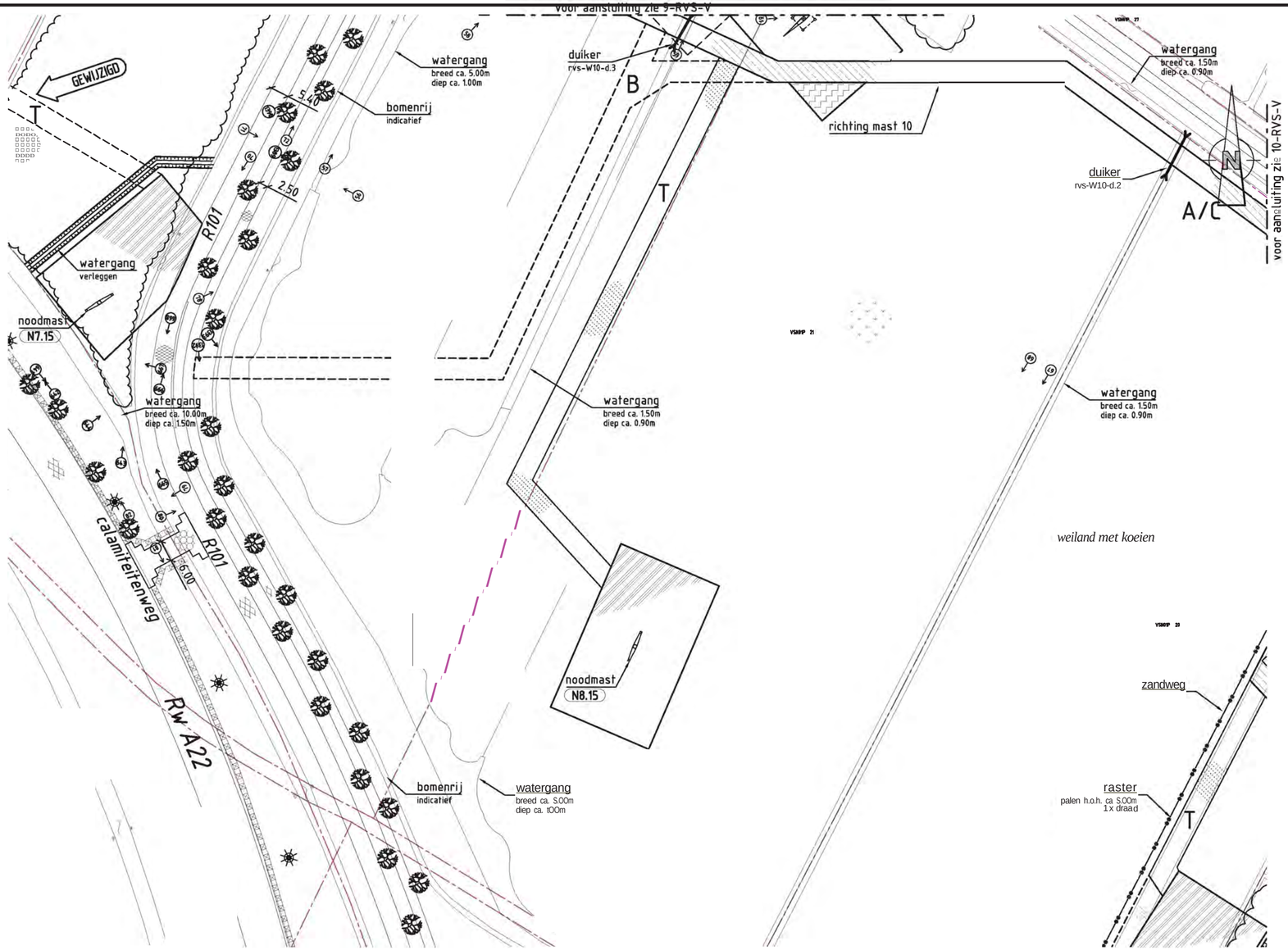
9a	
Type	: W25400+S
Paallengte	: S7 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kmi
Metrering	: 3463,7 lkm
Maaiveld	: 0,258 lmi
Coördinaten:	106311.23 495337.68

9b	
Type	: W25400+S
Paallengte	: S7 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kmi
Metrering	: 3463,7 lkm
Maaiveld	: 0,258 lmi
Coördinaten:	106322.49 495348.18

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 9, V8 en N6 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 16van 48 bladen	versie 6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal		
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	VO	tek.nr. 9-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein (afm ca. 60.00 x 3S.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- OpStelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- optionele opstelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x S0.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- N1.1 noodmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x S0.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)

Verhardingen

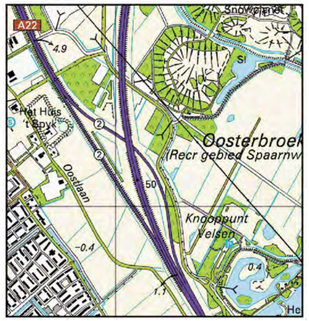
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker (diameter n.t.b.)
- kadastergrens (met nummer)

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt **Randstad-Noord 380kV**

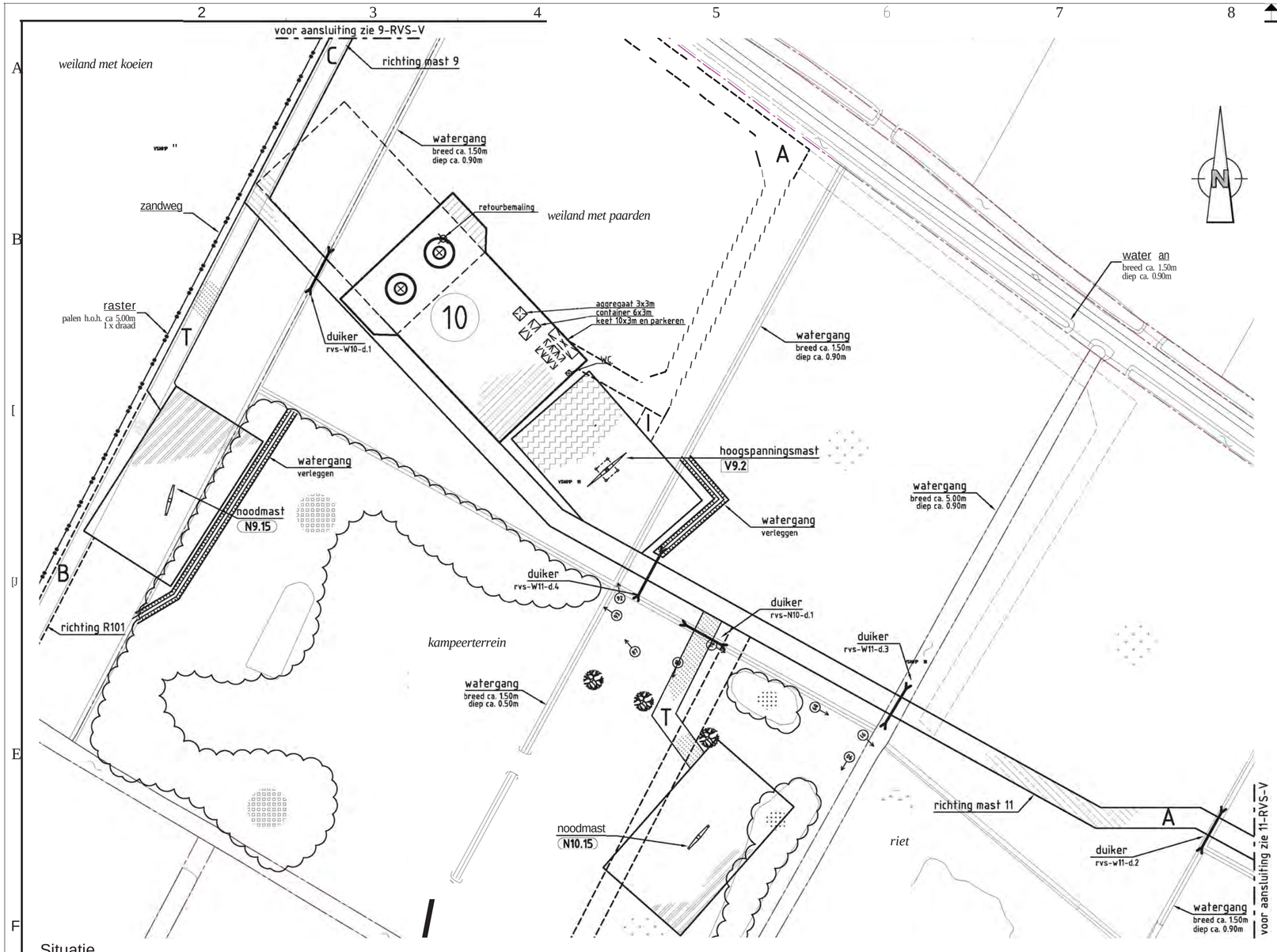
onderdeel Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast N7 en N8
Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland

opdrachtgever VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

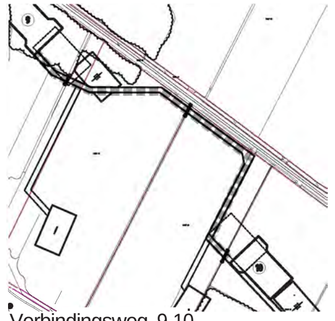
	getekend	gecontroleerd	gezien		
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000
dat./par.	20-0S-2012	20-0S-2012	20-0S-2012	formaat	A2.3

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

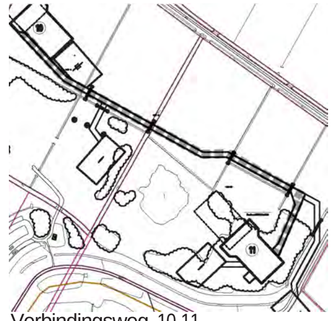
6.0 project nr. 100699
tek.nr.
VO 9a-RVS-V



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 9-10
schaal 1:5.000



Verbindingsweg 10-11
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.V. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.V. geleidermontage
- V1.11 — hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 — noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

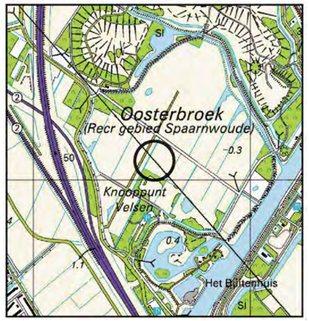
- aanrijroute
- z — optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

10a			10b		
Type	: W25400+5		Type	: W25400+5	
Paallengte	: 57	lmt	Paallengte	: 57	lmt
Gewicht	: 288436	lkg	Gewicht	: 288436	lkg
Diameter	: 150	lcm	Diameter	: 150	lcm
Metrering	: 3812,7	lkm	Metrering	: 3812,7	lkm
Maaiveld	: -0,257	lmt	Maaiveld	: -0,257	lmt
Coördinaten:	106550.62		Coördinaten:	106560.11	
	495849.76			495894.26	



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**				
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 10, V9, N9 en N10 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland				
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO				
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 18van 48 bladen	
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

versie	6.0	project nr.	100699
		tek.nr.	
	VO		10-RVS-V

Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 10-11
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

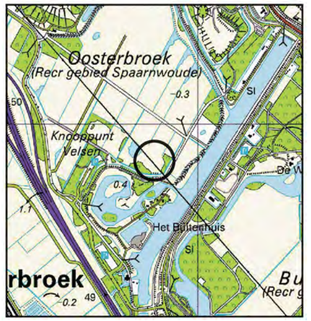
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

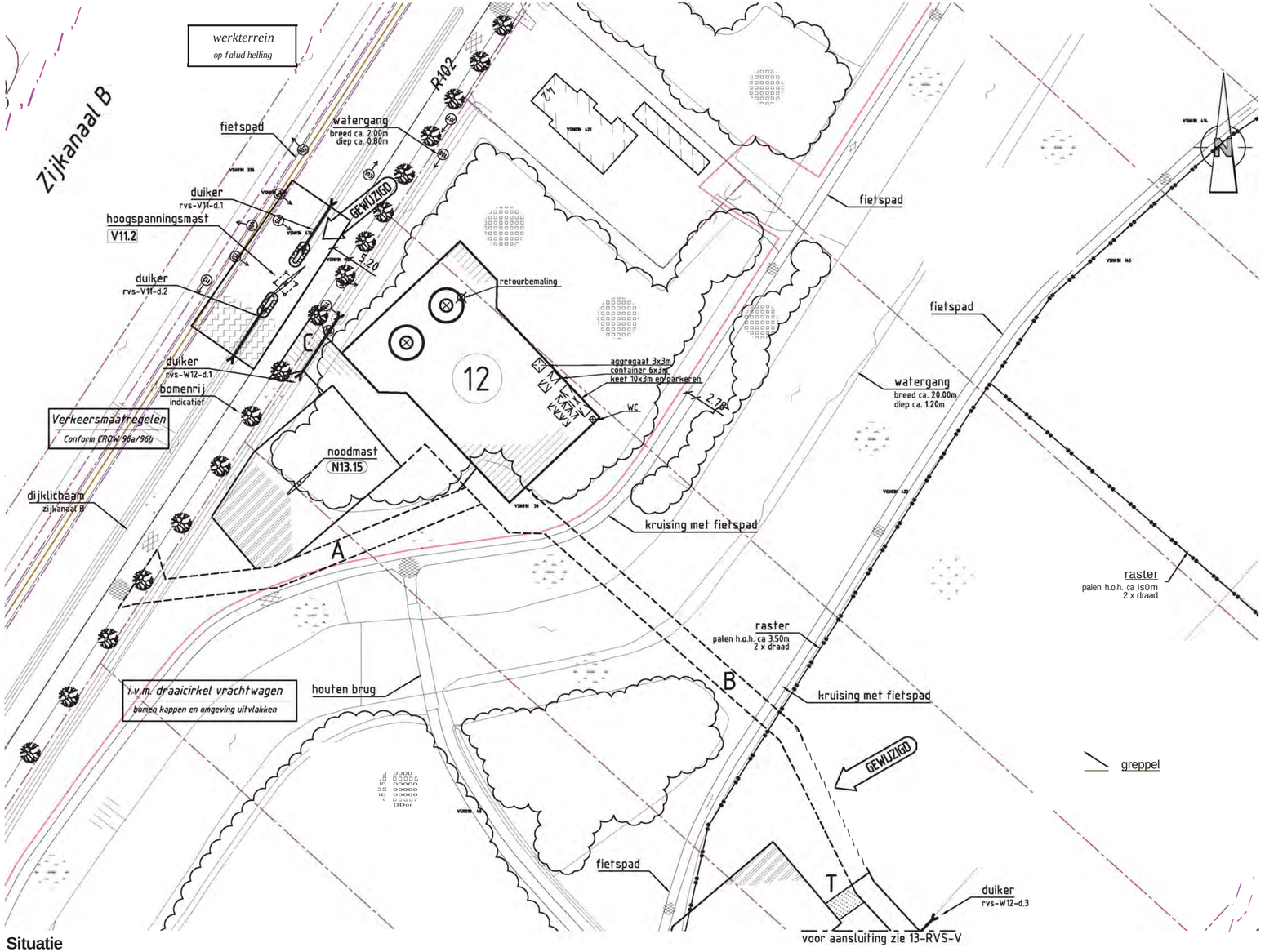
11.			11b		
Type	: W25400+5		Type	: W25400+5	
Paallengte	: 57	lm	Paallengte	: 57	lm
Gewicht	: 288436	kg	Gewicht	: 288436	kg
Diameter	: 150	kcm	Diameter	: 150	kcm
Metrering	: 4165,8	lkm	Metrering	: 4165,8	lkm
Maaiveld	: -0,035	lm	Maaiveld	: -0,035	lm
Coördinaten:	196792.87		Coördinaten:	196804.13	
	494926.81			494837.31	



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 11, V10, N11 en N12 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 19van 48 bladen	versie 6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal		
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	VO	tek.nr. 11-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3s.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x s0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x s0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

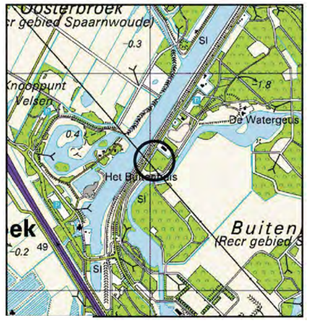
Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

12a	
Type	: W253S0+17
Paallengte	: 63 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 km
Metrering	: 4486,4 km
Maaiveld	: -1,990 lm
Coördinaten:	107012.76 494593.57

12b	
Type	: W253S0+17
Paallengte	: 63 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 km
Metrering	: 4486,4 km
Maaiveld	: -1,990 lm
Coördinaten:	107024.02 494604.07

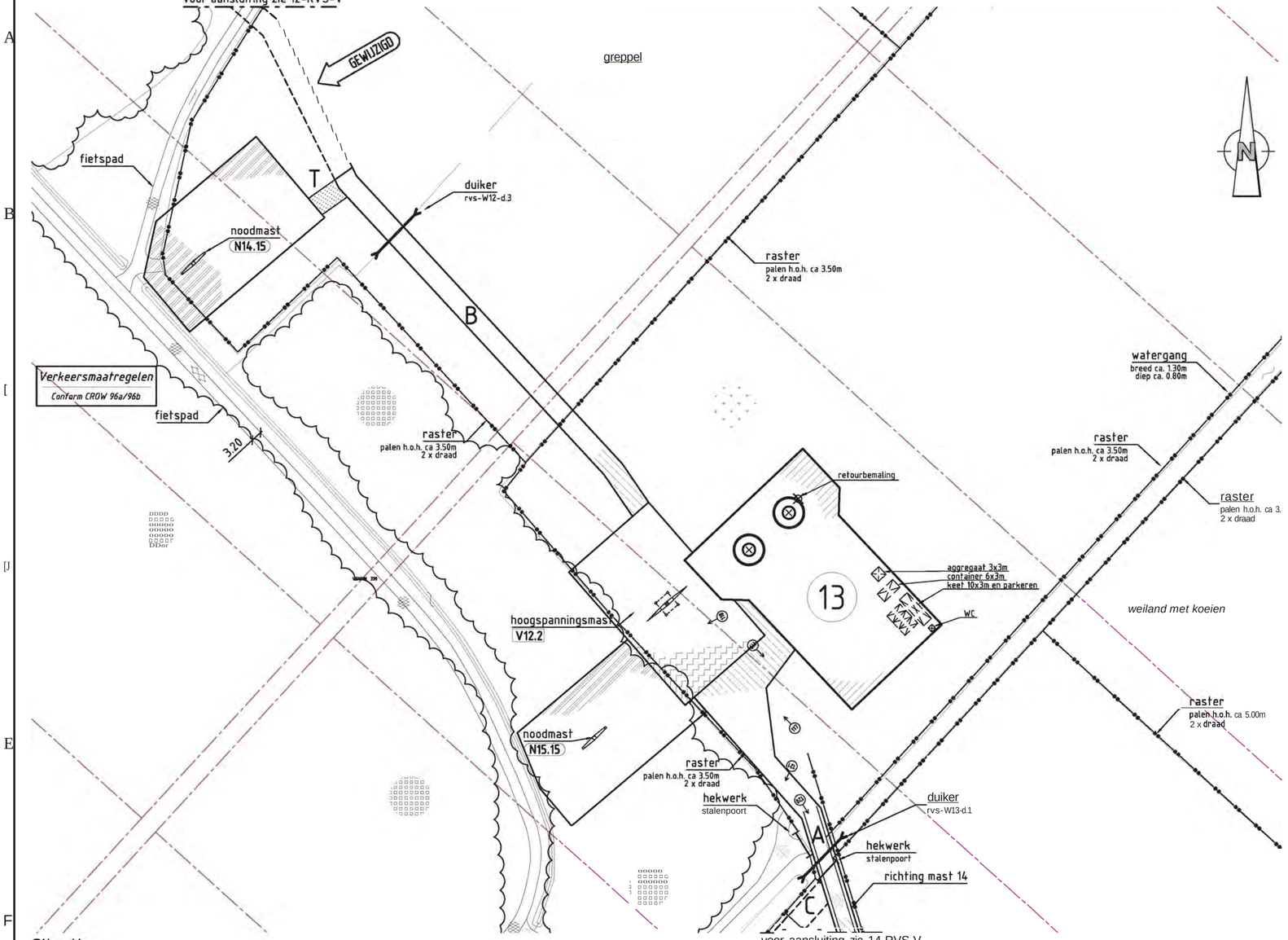


Overzicht
schaal 1:20.000

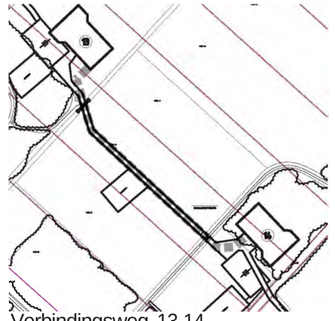
projekt	**Randstad-Noord 380kV**
onderdeel	**Vergunning aanvraag werkterrein** Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 12, V11 en N13 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 20van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	VO	tek.nr.	12-RVS-V
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3				



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 13-14
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein (afm ca. 60.00 x 35.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- OpStelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- optionele opstelruimte (t.b.v. geleidermontage)
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x 50.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)
- N1.1 noodmasten
- werkterrein (afm ca. 30.00 x 50.00m)
- bouwweg (breed 6.00m)

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker (diameter n.t.b.)
- kadastergrens (met nummer)

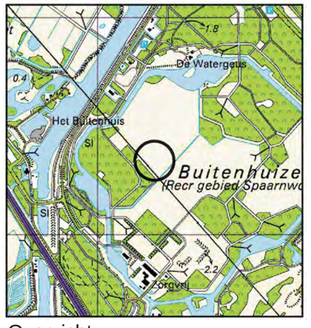
Vegetatie

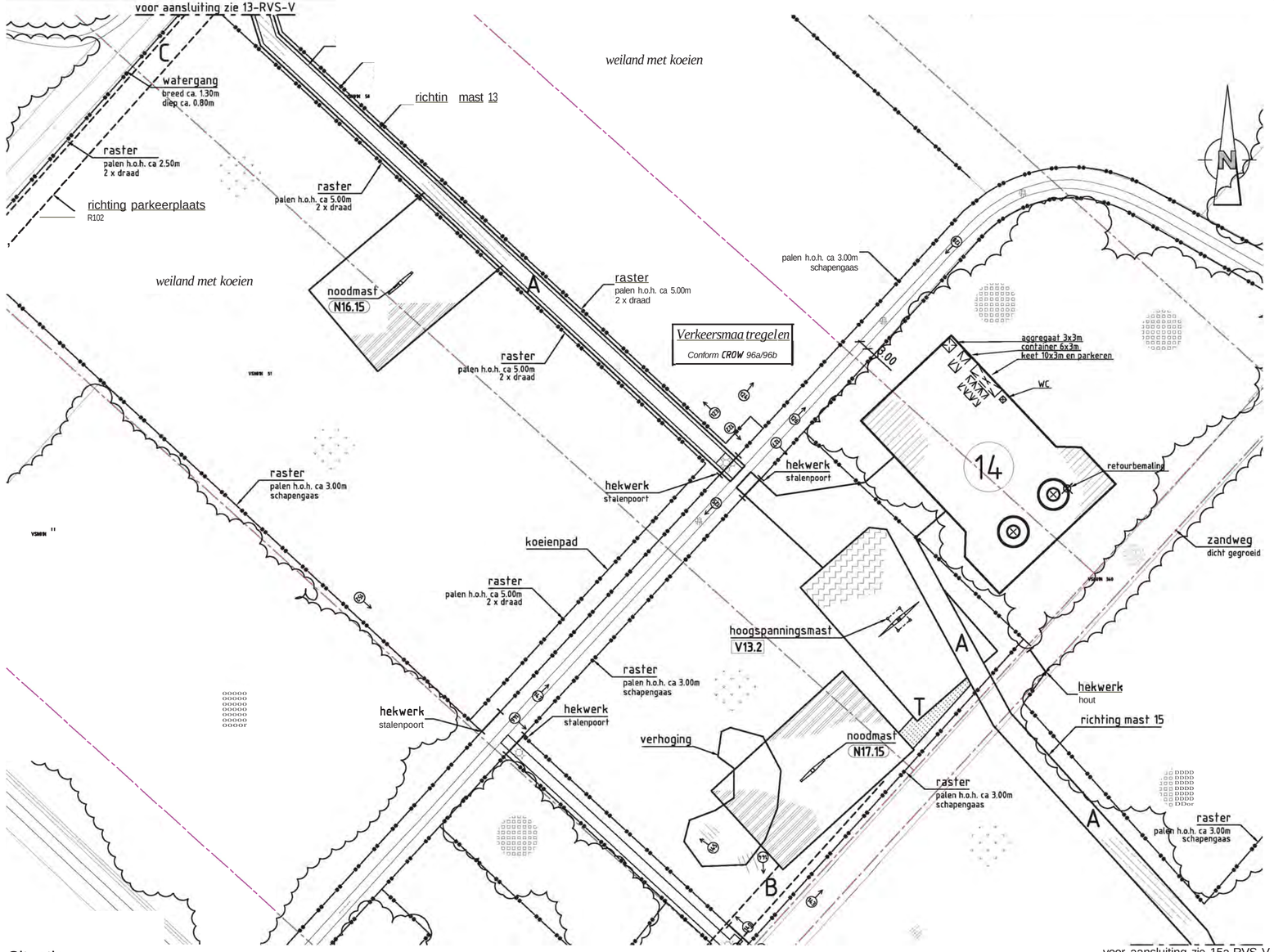
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

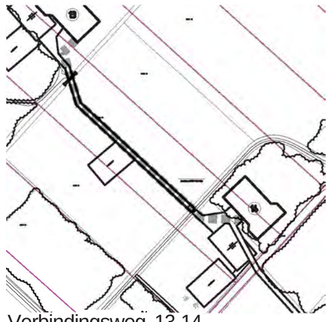
13a	
Type	: W25400+5
Paallengte	: 57 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kmm
Metrering	: 4840,6 lkm
Maaiveld	: -2,534 lm
Coördinaten:	107255.74 434335.84

13b	
Type	: W25400+5
Paallengte	: 57 lm
Gewicht	: 288436 kg
Diameter	: 150 kmm
Metrering	: 4840,6 lkm
Maaiveld	: -2,534 lm
Coördinaten:	107367.91 434346.34


De Watergeus
Het Buitenhuis
Buitenhuize
(Recr gebied Spaarnwo
Sl
Sl
Sl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 13-14
schaal 1:5.000

Verbindingsweg 14-15
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

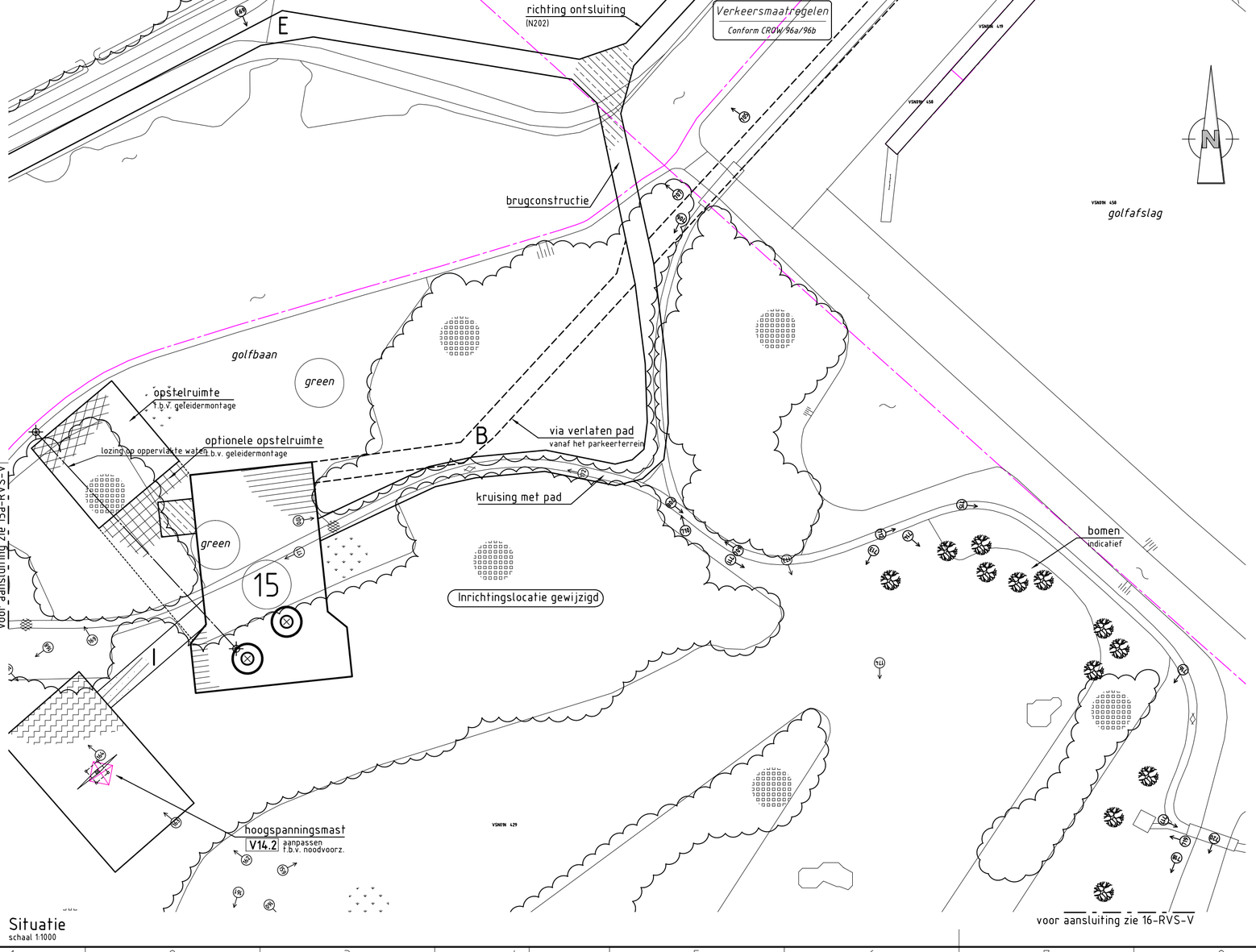
Mastgegevens

14a			14b		
Type	: W25400+5		Type	: W25400+5	
Paallengte	: 57	lm	Paallengte	: 57	lm
Gewicht	: 288436	kg	Gewicht	: 288436	kg
Diameter	: 150	kmi	Diameter	: 150	kmi
Metrering	: 5190,3	lkm	Metrering	: 5190,3	lkm
Maaiveld	: -2,270	lmi	Maaiveld	: -2,270	lmi
Coördinaten:	97145.50		Coördinaten:	97506.86	
	494981.43			494701.93	

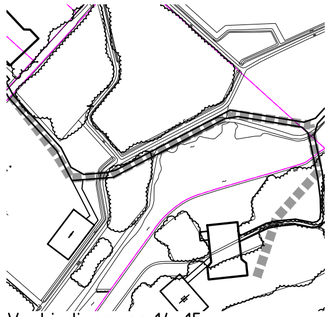
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 14, V13, N16 en N17 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 22van 48 bladen	versie	6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO		14-RVS-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 14-15
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

15a (vkt 4.0)

Type	: W2S400+5	
Masthoogte	: 57	(m)
Metrering	: 5508	(m)
Maaiveld	: -1.859	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 107735.43	
	493827.04	

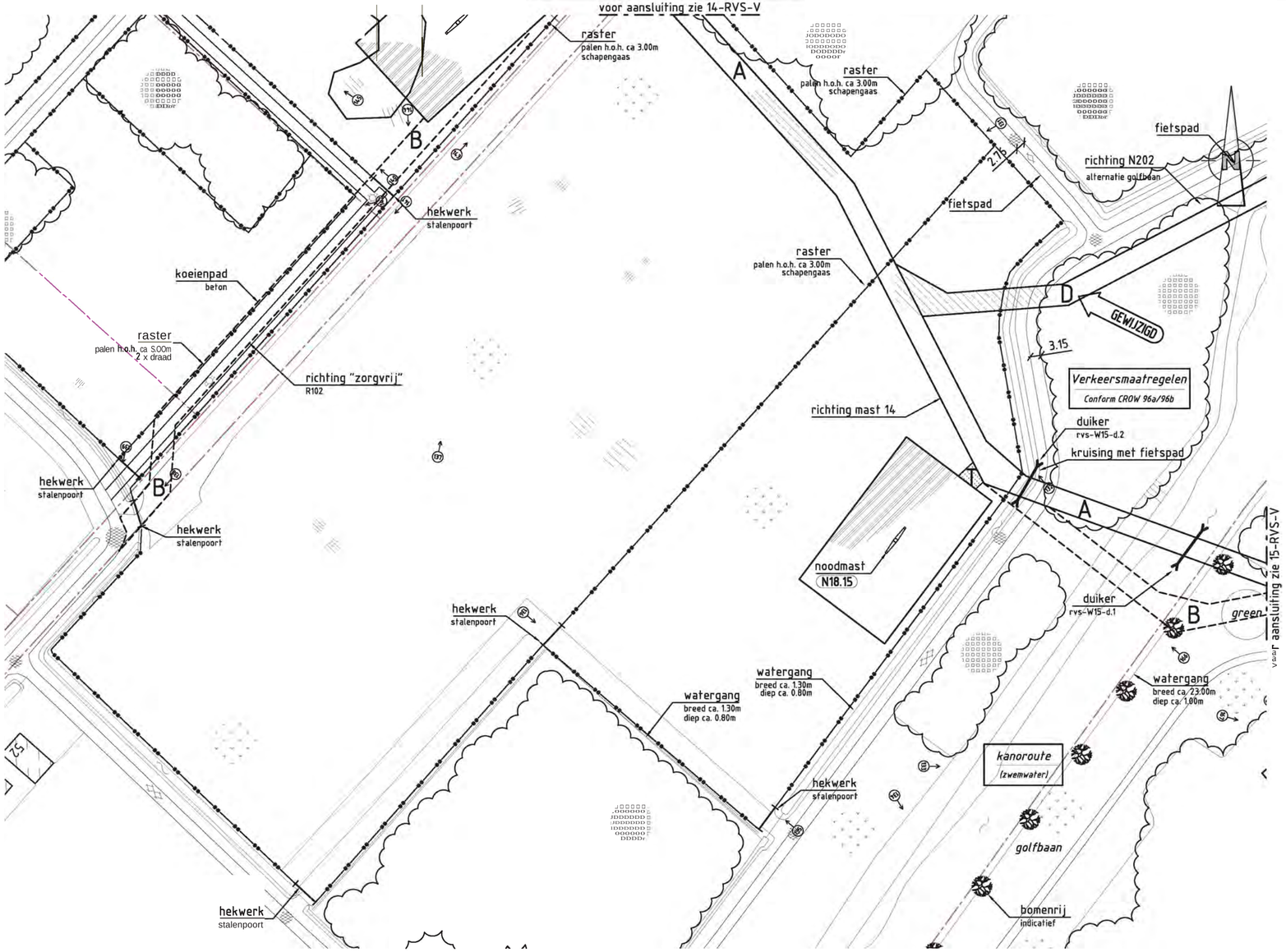
15b (vkt 4.0)

Type	: W2S400+5	
Masthoogte	: 57	(m)
Metrering	: 5508	(m)
Maaiveld	: -1.859	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 107746.64	
	493837.6	

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 15 en V14 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 23 van 48 bladen	versie 9.2	project nr. 100699	
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave DO	tek.nr. 15-RVS-V	
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat A2.3			

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**
onderdeel	**Vergunning aanvraag werkterrein** Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast N18 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

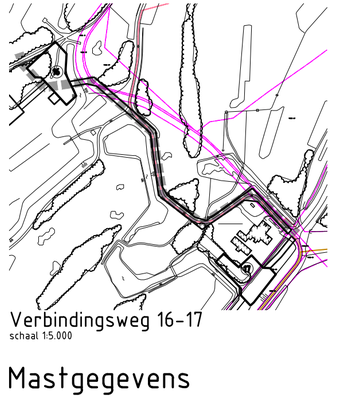
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 24van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO		15a-RVS-V

voor aansluiting zie 15-RVS-V

voor aansluiting zie 17-RVS-V

Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 16-17
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- kadastergrens — met nummer (BVW884 11397)
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

16a (vkt 4.0)

Type	: W2S400+5	
Masthoogte	: 57	(m)
Metrering	: 5847	(m)
Maaiveld	: -1.232	(m)
Terrein	: C	
Coordinaten	: 107967.93	
	493580.43	

16b (vkt 4.0)

Type	: W2S400+5	
Masthoogte	: 57	(m)
Metrering	: 5847	(m)
Maaiveld	: -1.232	(m)
Terrein	: C	
Coordinaten	: 107979.14	
	493590.99	

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt: Randstad-Noord 380kV

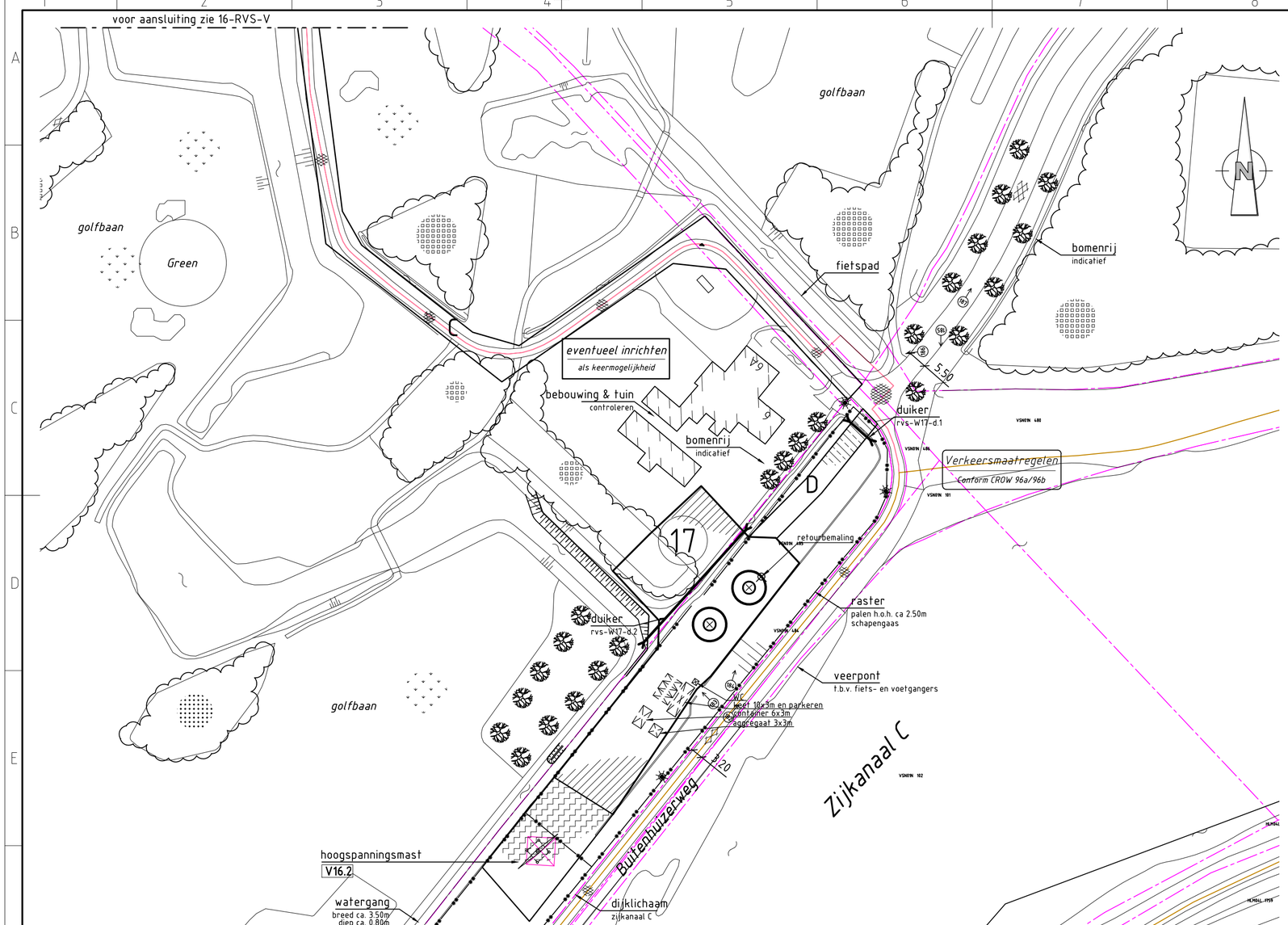
onderdeel: Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 16 en V15
Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland

opdrachtgever: VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

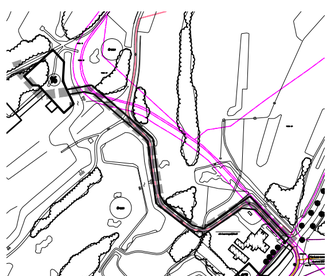
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 25van 48 bladen	versie	9.2	project nr.	100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat A2.3		DO		16-RVS-V

Drawing name: N:\Infra\Projecten\2010\100699 Randstad-Noord 380kV VW Kennis\07 VER\Vergunningen\Bouwwegen vergunning\16-17-RVS-V_9.2.dwg



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 16-17
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

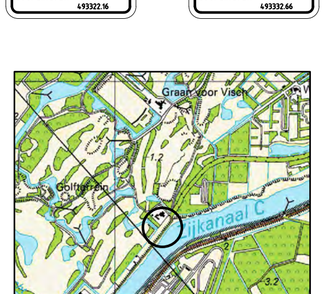
Mastgegevens

17a (vkt 4.0)

Type	: W2S350+17	
Masthoogte	: 63	(m)
Metrering	: 6202	(m)
Maaiveld	: -1.59	(m)
Terrein	: D	
Coördinaten	: 108211.42	
	493322.16	

17b (vkt 4.0)

Type	: W2S350+17	
Masthoogte	: 63	(m)
Metrering	: 6202	(m)
Maaiveld	: -1.59	(m)
Terrein	: D	
Coördinaten	: 108222.69	
	493332.66	

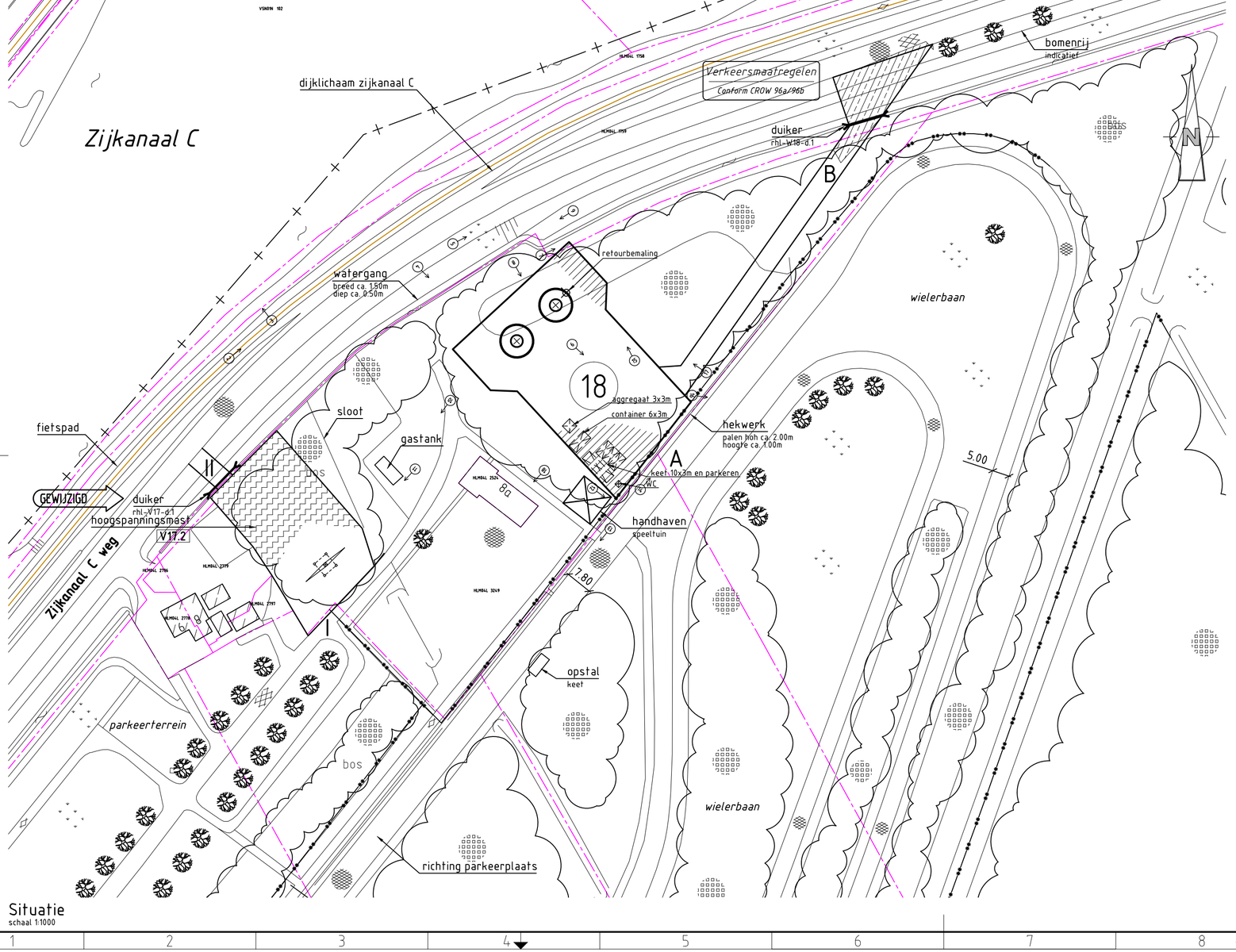


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 17 en V16 Gemeente Velsen / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 26van 48 bladen	versie 9.3	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	tek.nr.
dat./par.	06-06-2013	06-06-2013	06-06-2013	formaat A2.3	DO	17-RVS-V



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.1 — hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 — noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- BVW884 11597 — kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

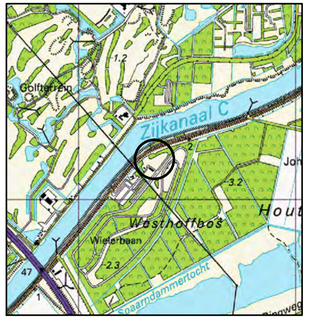
Mastgegevens

18a (vkt 4.0)

Type	: W2S350+17	
Masthoogte	: 63	(m)
Metrering	: 6393	(m)
Maaiveld	: -1.159	(m)
Terrein	: D	
Coordinaten	: 108360.4	
	493182.37	

18b (vkt 4.0)

Type	: W2S350+17	
Masthoogte	: 63	(m)
Metrering	: 6393	(m)
Maaiveld	: -1.159	(m)
Terrein	: D	
Coordinaten	: 108351.72	
	493192.81	



Overzicht
schaal 1:20.000

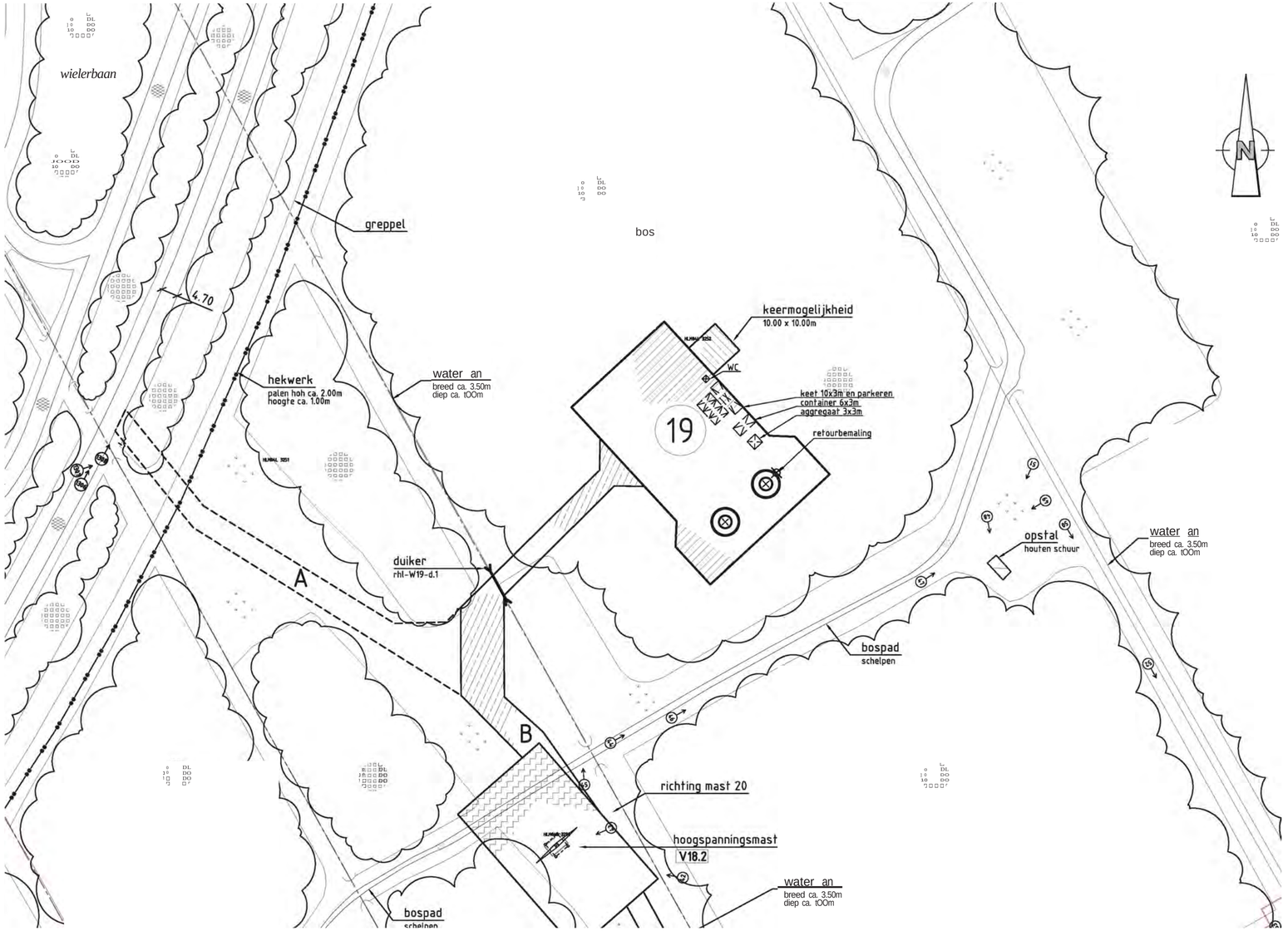
projekt: **Randstad-Noord 380kV**

onderdeel: Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 18 en V17
Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland

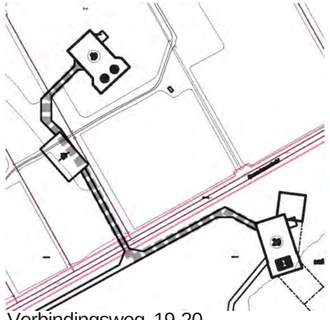
opdrachtgever: VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 27 van 48 bladen	versie	9.0	project nr.	100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr.	18-RHL-V
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3				



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 19-20
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

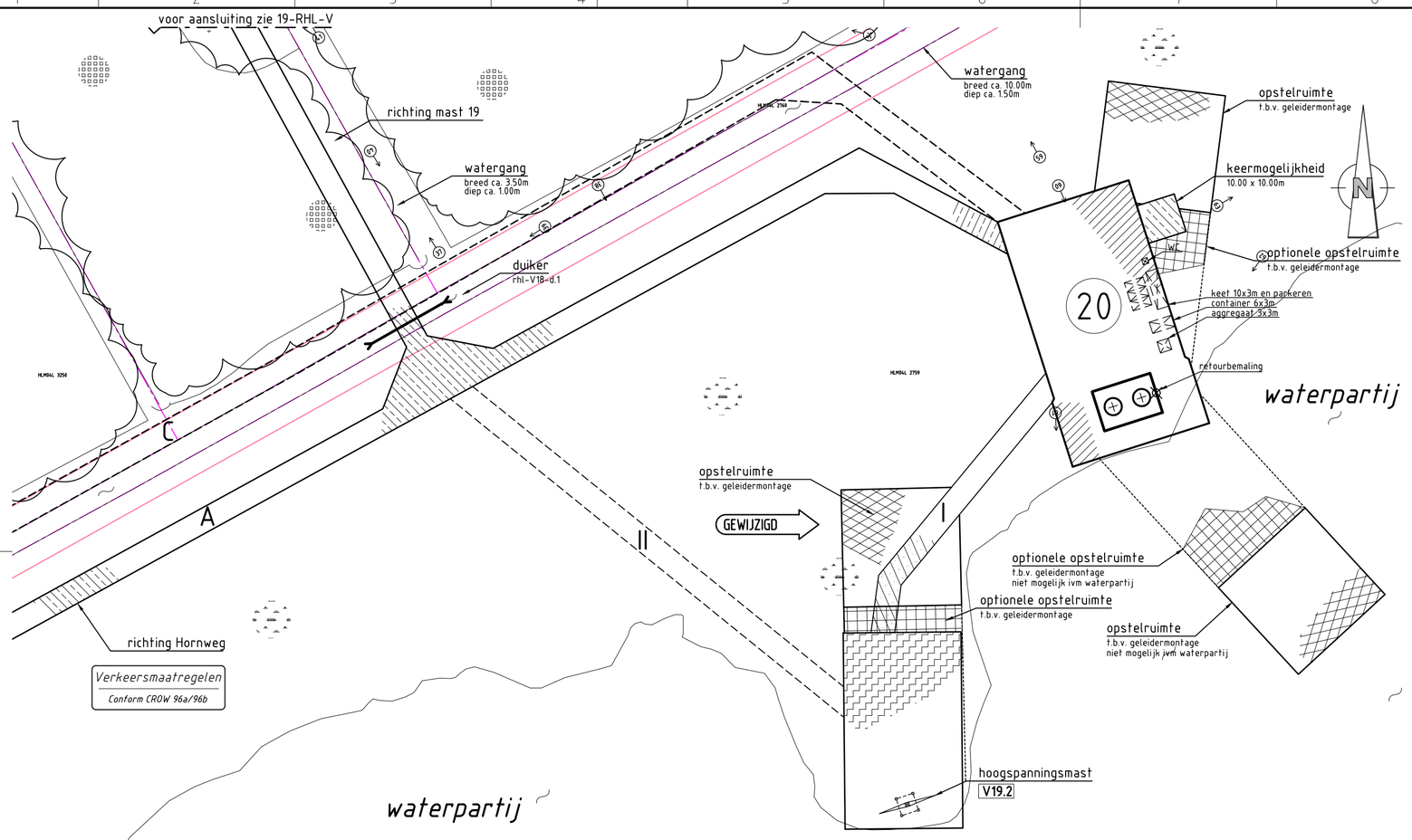
Mastgegevens

19a			19b		
Type	: W25350+5		Type	: W25350+5	
Paallengte	: 51	lm	Paallengte	: 51	lm
Gewicht	: 367723	kg	Gewicht	: 367723	kg
Diameter	: 240	kmi	Diameter	: 240	kmi
Metrering	: 6777,1	lkm	Metrering	: 6777,1	lkm
Maaiveld	: -2,885	lml	Maaiveld	: -2,885	lml
Coördinaten:	108579.86		Coördinaten:	101391.12	
	492922.86			492933.36	

Overzicht
schaal 1:20.000

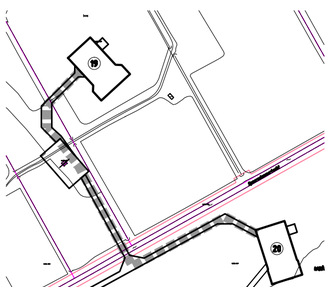
projekt	**Randstad-Noord 380kV**						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 19 en V18 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 28van 48 bladen	versie	6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO	19-RHL-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Verkeersmaatregelen
Conform CROW 96a/96b

Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 19-20
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

20a (vkt 4.0)

Type	: W2H350	
Masthoogte	: 50	(m)
Metrering	: 7042	(m)
Maaiveld	: -2.647	(m)
Terrein	: A	
Coördinaten	: 108782.91	
	492709.07	

20b (vkt 4.0)

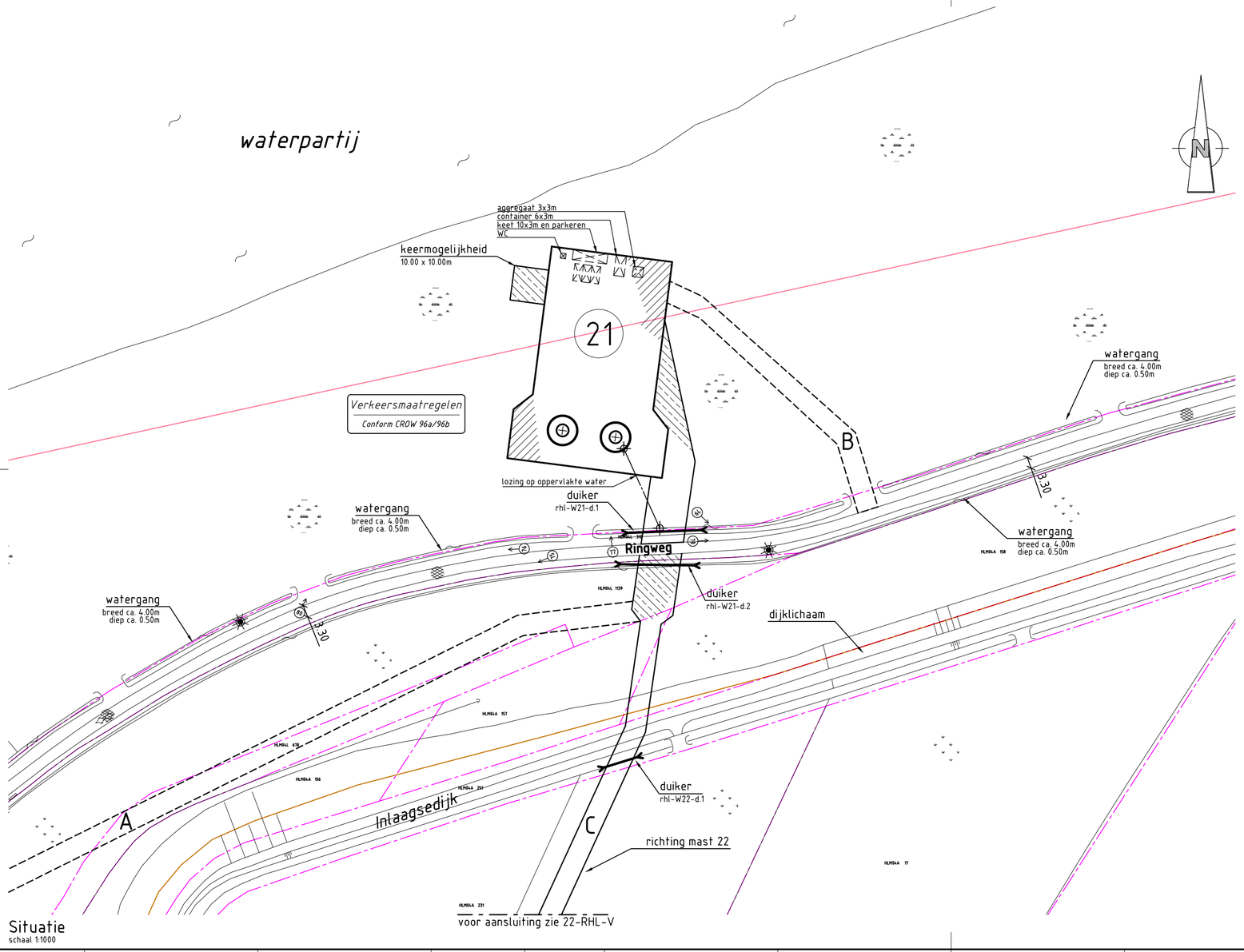
Type	: W2H350	
Masthoogte	: 50	(m)
Metrering	: 7042	(m)
Maaiveld	: -2.647	(m)
Terrein	: A	
Coördinaten	: 108790.15	
	492711.38	

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 20 en V19 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

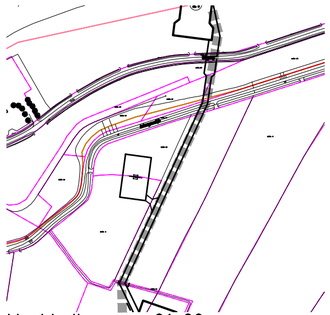
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 29 van 48 bladen		versie	9.0	project nr.	100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr.	20-RHL-V
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat	A2.3				



Situatie
schaal 1:1000

voor aansluiting zie 22-RHL-V



Verbindingsweg 21-22
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- BVW884 11397 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

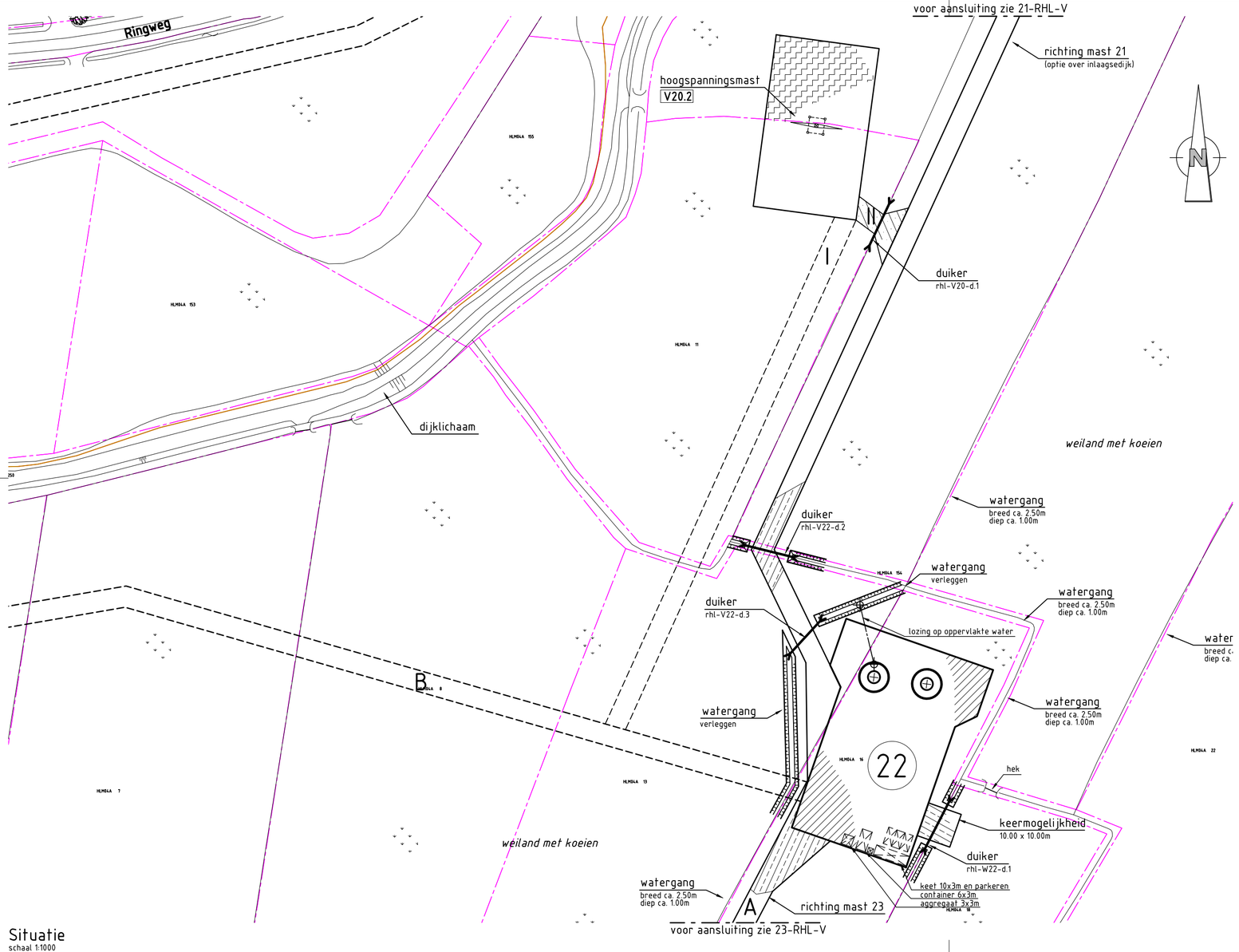
Mastgegevens

21a (vkt 4.0)			21b (vkt 4.0)		
Type	: W2S350+5		Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)	Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 7323	(m)	Metrering	: 7323	(m)
Maaiveld	: -2.646	(m)	Maaiveld	: -2.646	(m)
Terrein	: C		Terrein	: C	
Coordinaten	: 108763.15		Coordinaten	: 108758.42	
	492432.25			492430.29	

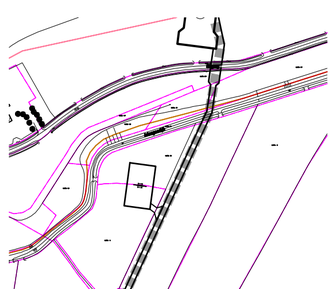
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 21 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 30 van 48 bladen	versie	9.0	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr. 21-RHL-V
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3			

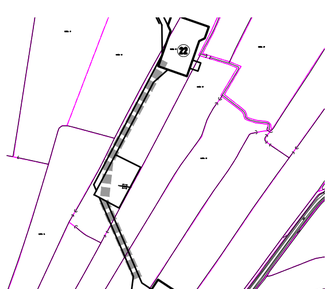
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 21-22
schaal 1:5.000



Verbindingsweg 22-23
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- BVW884 11997 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

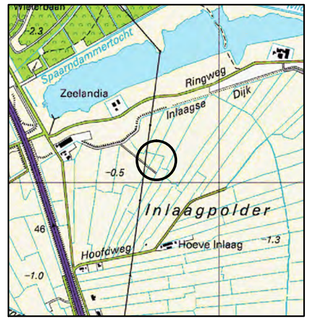
Mastgegevens

22a (vkt 4.0)

Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 7657	(m)
Maaiveld	: -0.83	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108780.75	
	492101.49	

22b (vkt 4.0)

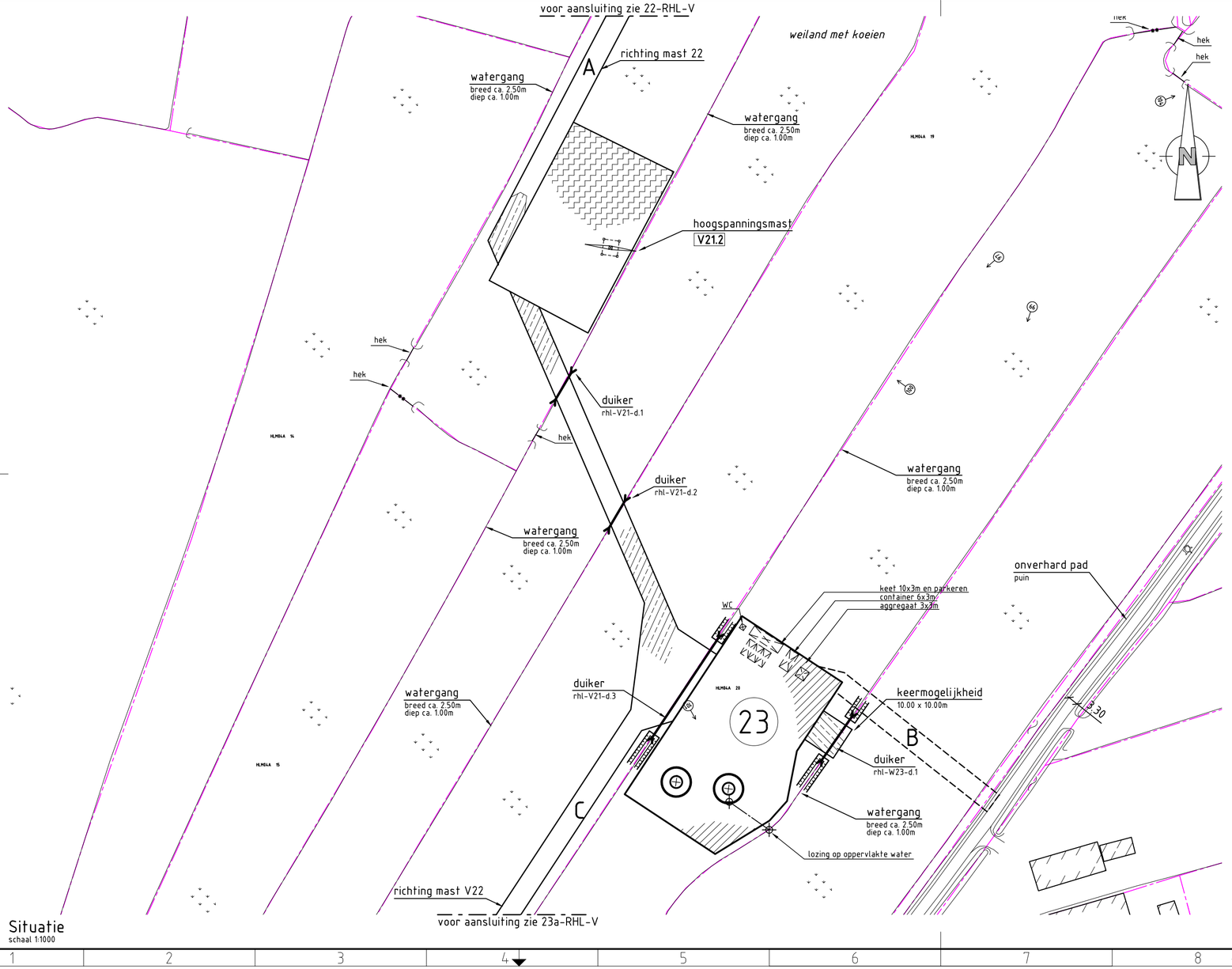
Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 7657	(m)
Maaiveld	: -0.83	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108716.02	
	492099.53	



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 22 en V20 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 31 van 48 bladen	versie	9.0	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3		DO	22-RHL-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 22-23
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

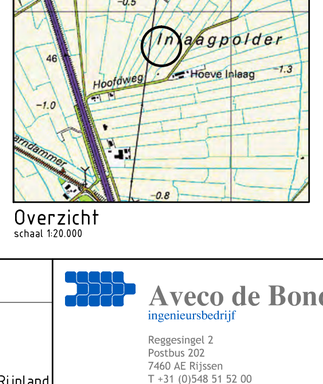
Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

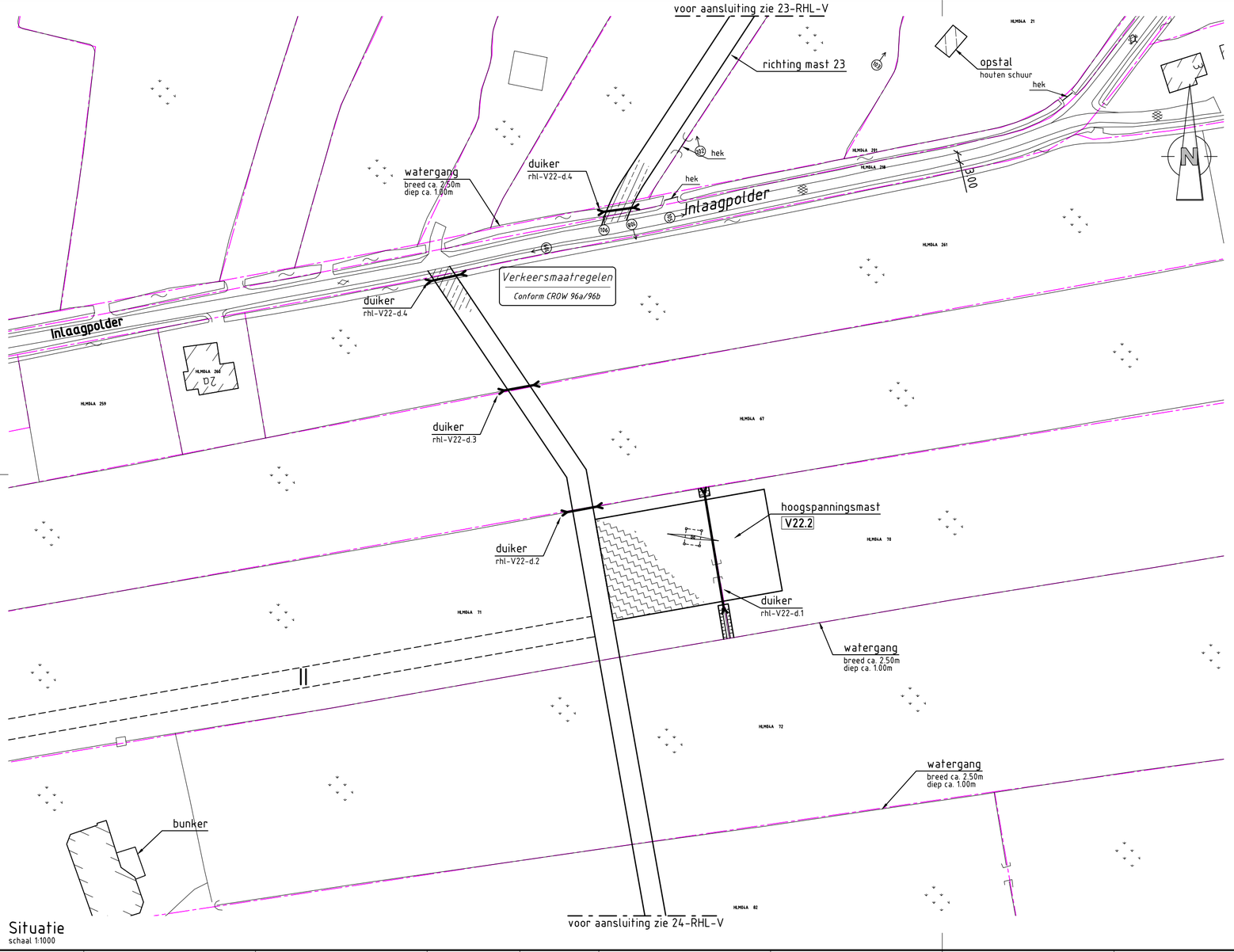
23a (vkt 4.0)			23b (vkt 4.0)		
Type	: W2S350+5		Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)	Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 7997	(m)	Metrering	: 7997	(m)
Maaiveld	: -2.615	(m)	Maaiveld	: -2.615	(m)
Terrein	: C		Terrein	: C	
Coordinaten	: 108657.47		Coordinaten	: 108672.75	
	491763.69			491761.73	



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 23 en V21 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 32van 48 bladen	versie	9.0	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr. 23-RHL-V
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3			

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

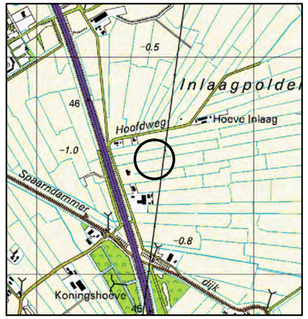
Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.1 — hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 — noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

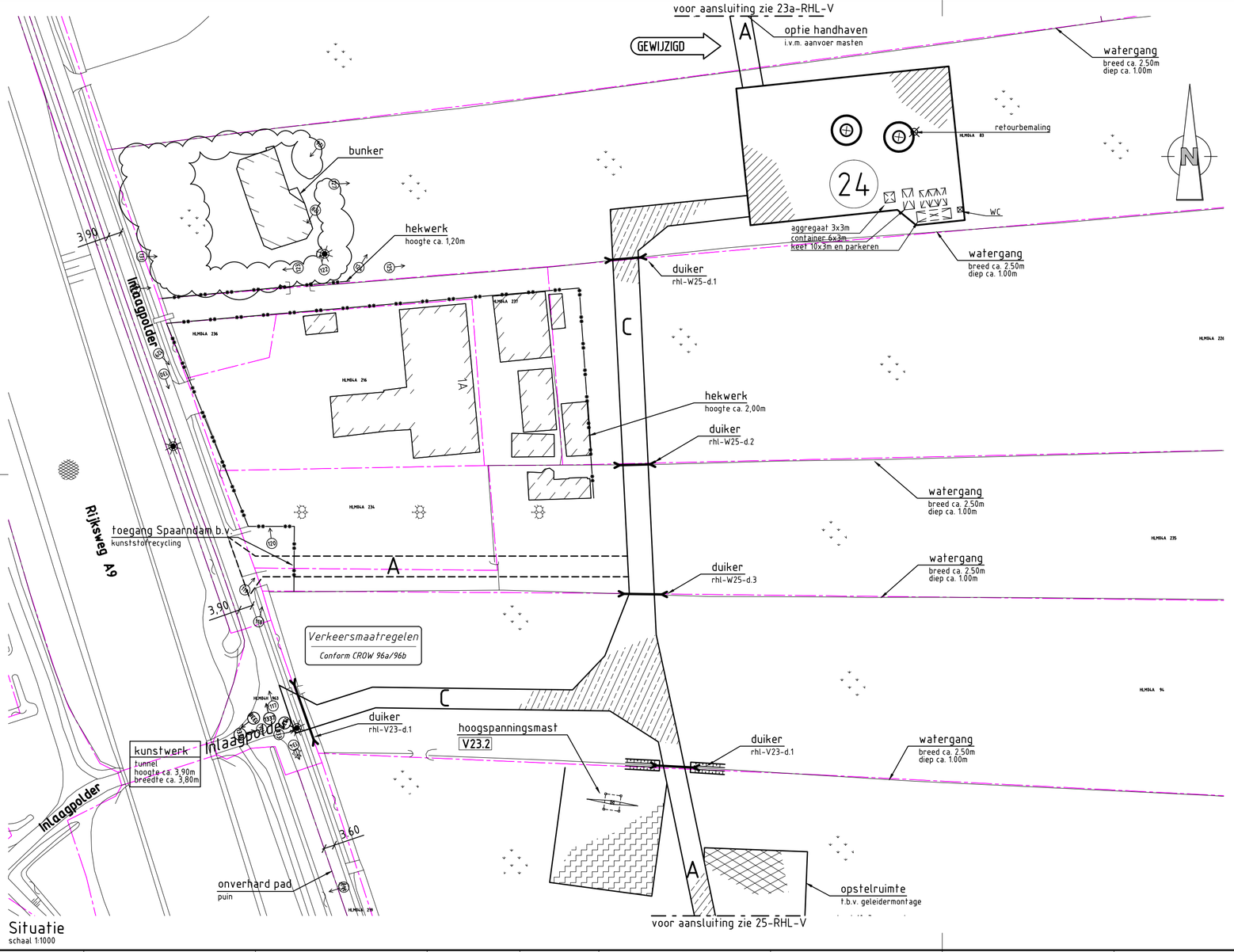
Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- BVW884 11397 — kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast



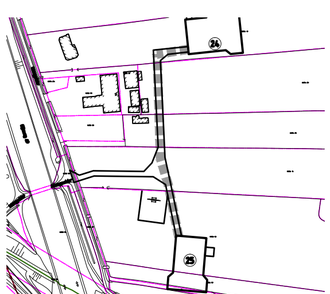
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast V22 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 33 van 48 bladen	versie	9.2	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat A2.3		DO	23a-RHL-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 24-25
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- BVW884 11397 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

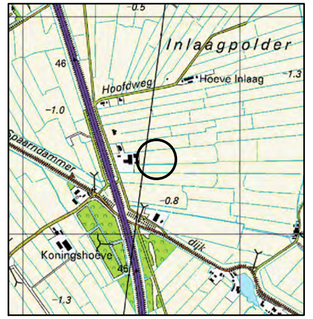
Mastgegevens

24a (vkt 4.0)

Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 8346	(m)
Maaiveld	: -2.541	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108613.12	
	491417.84	

24b (vkt 4.0)

Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 8346	(m)
Maaiveld	: -2.541	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108628.4	
	491415.88	

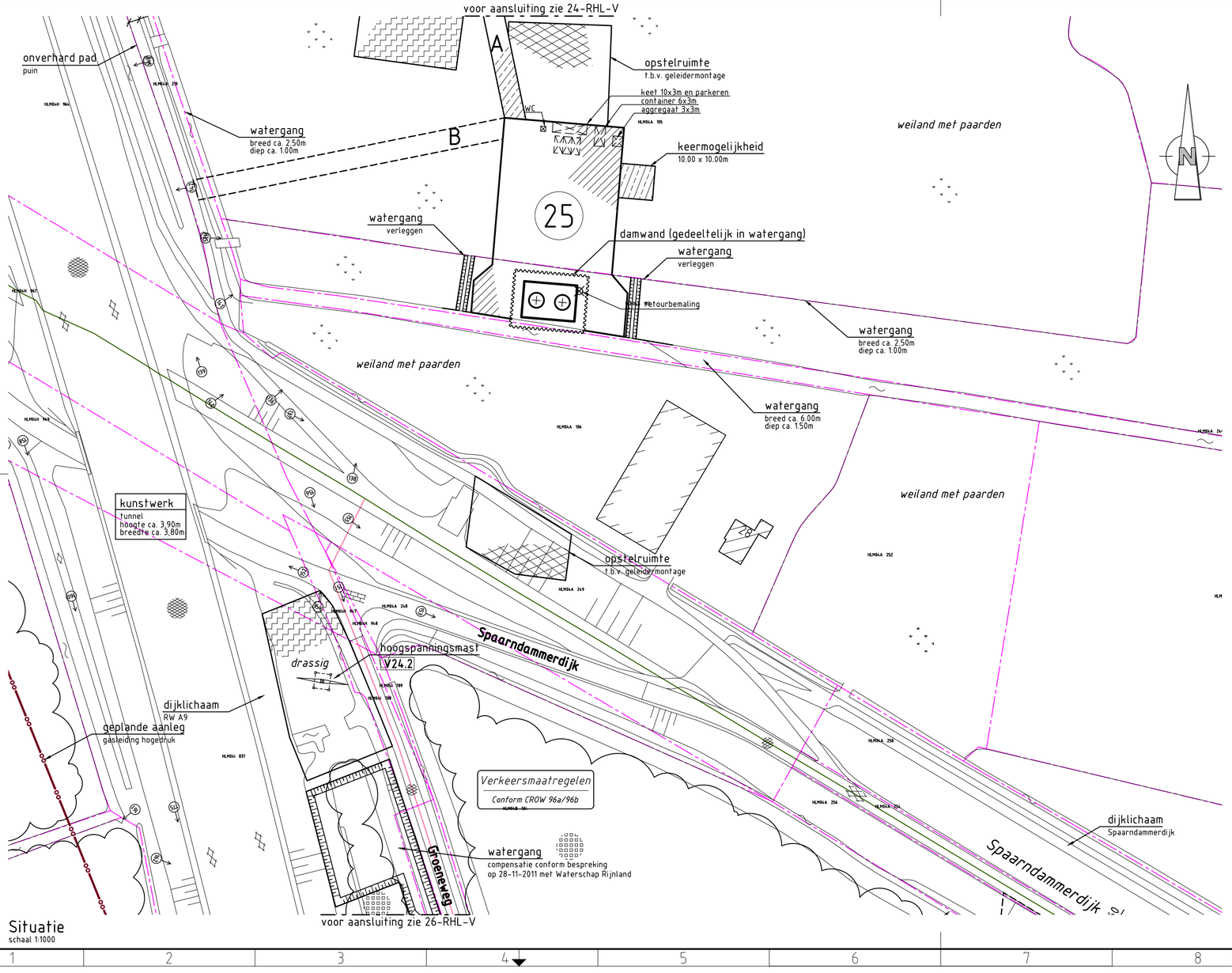


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 24 en V23 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 34 van 48 bladen	versie	9.0	project nr.	100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr.	24-RHL-V
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3				



Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 24-25
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

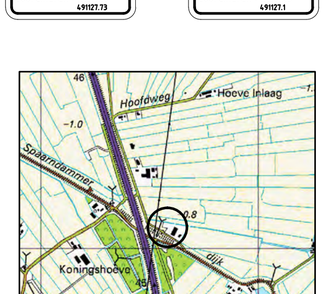
Mastgegevens

25a (vkt 4.0)

Type	: W2H350+5
Masthoogte	: 55 (m)
Metrering	: 8638 (m)
Maaiveld	: -0.494 (m)
Terrein	: A
Coördinaten	: 108579.88 491127.73

25b (vkt 4.0)

Type	: W2H350+5
Masthoogte	: 55 (m)
Metrering	: 8638 (m)
Maaiveld	: -0.494 (m)
Terrein	: A
Coördinaten	: 108587.45 491127.1

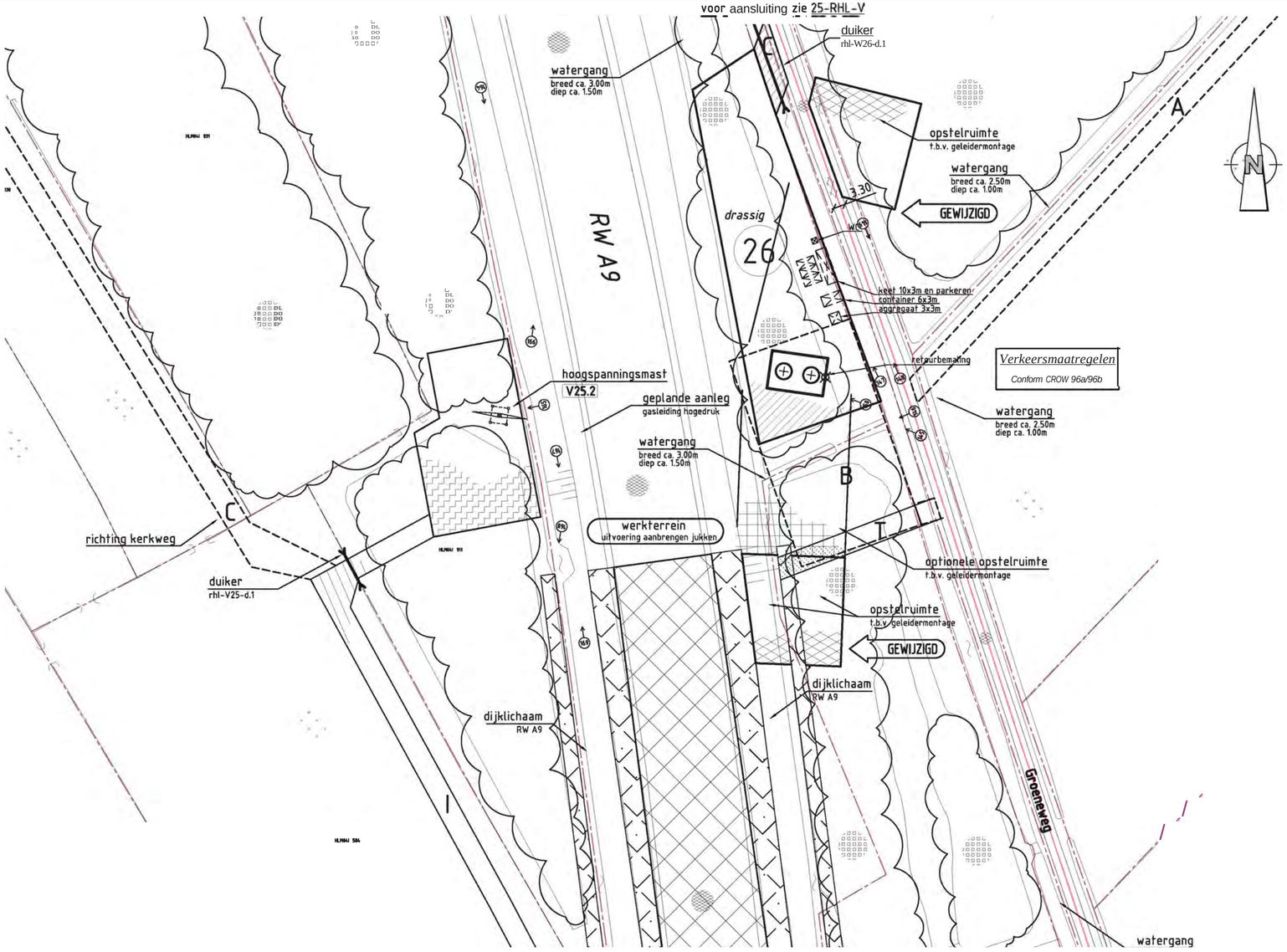


Overzicht
schaal 1:20.000

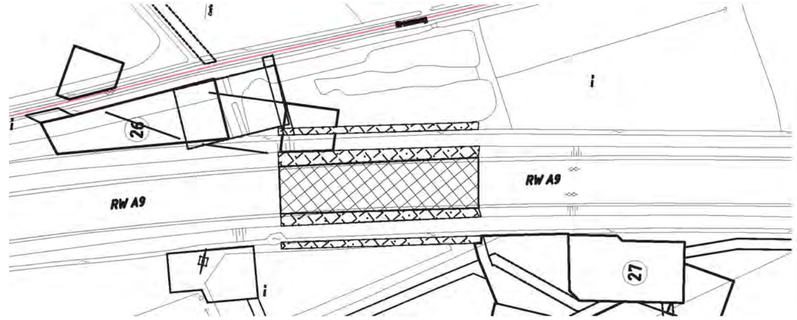
projekt	Randstad-Noord 380kV
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 25 en V24 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 35 van 48 bladen	versie 9.2	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave DO	tek.nr. 25-RHL-V
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat A2.3		



Situatie
schaal 1:1000



Overzicht werkterrein jukken (132mx20m)
schaal 1:2.500

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

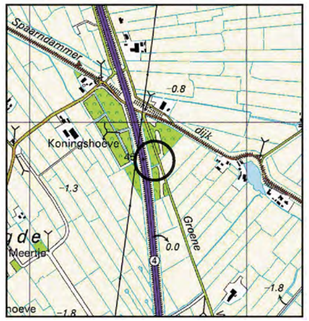
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- BVVMA 170/P1 kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

26a			26b		
Type	: W2H300+10		Type	: W2H300+10	
Paallengte	: 51	lmt	Paallengte	: 51	lmt
Gewicht	: 468204	lkg	Gewicht	: 468204	lkg
Diameter	: 240	kmt	Diameter	: 240	kmt
Metrering	: 8976,0	lkm	Metrering	: 8976,0	lkm
Maaiveld	: -1,499	lmt	Maaiveld	: -1,499	lmt
Coördinaten:	109568.16		Coördinaten:	110575.69	
	470821.28			470828.22	

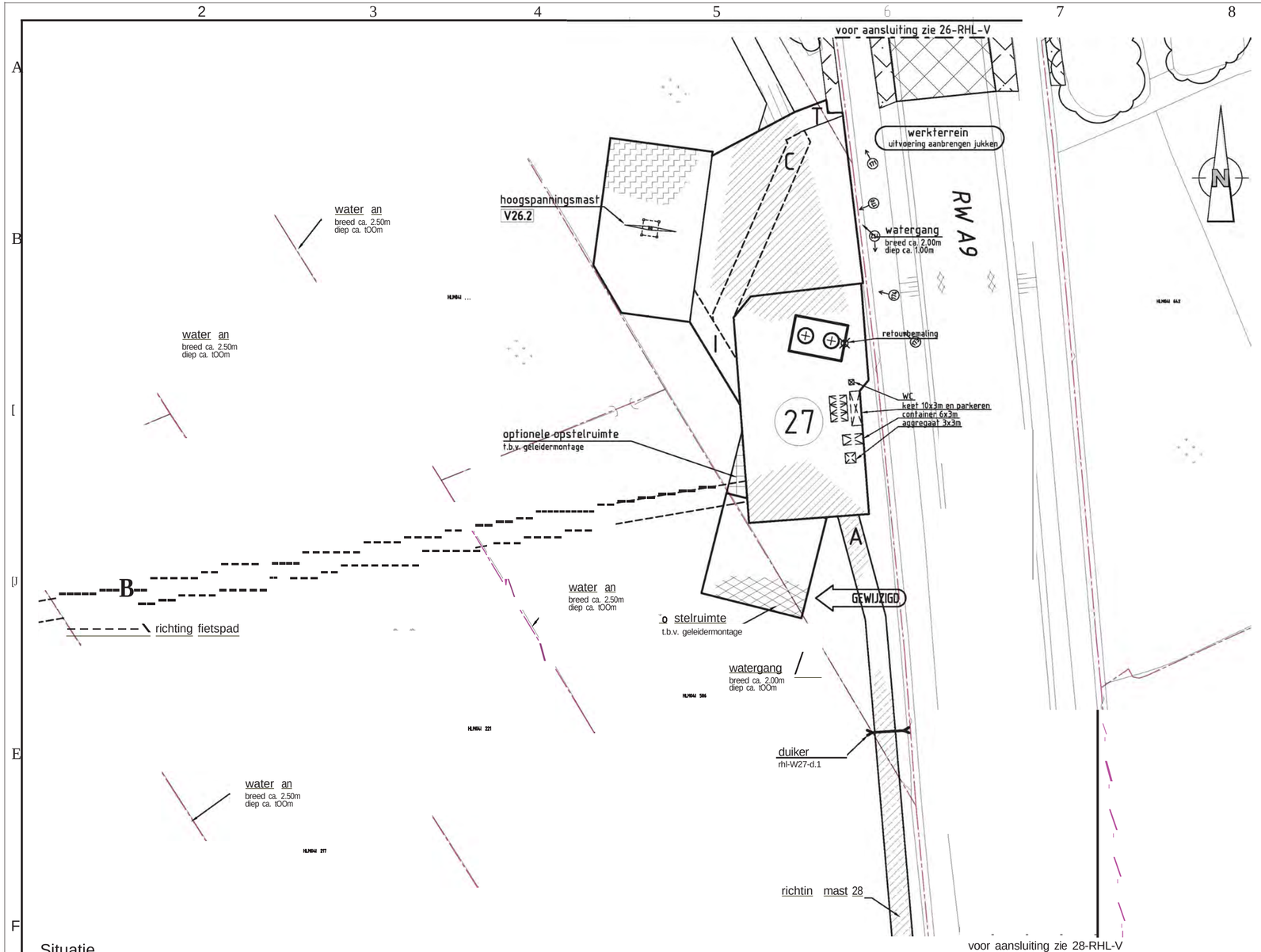


Overzicht
schaal 1:20.000

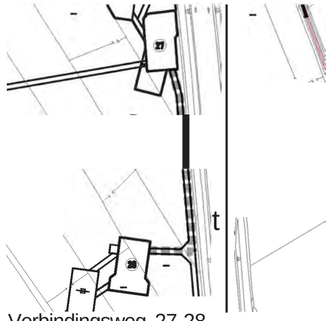
projekt	**Randstad-Noord 380kV**
onderdeel	**Vergunning aanvraag werkterrein** Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 26 en V25 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 36 van 48 bladen	versie	6.1	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	03-09-2012	03-09-2012	03-09-2012	formaat A2.3		VO		26-RHL-V



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 27-28
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen
- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

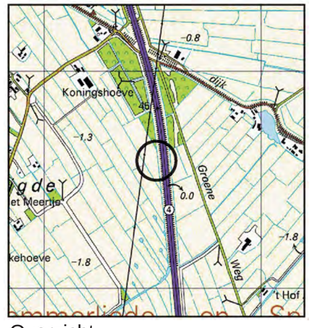
Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

27a	
Type	: W2H300+10
Paallengte	: 51 m
Gewicht	: 468204 kg
Diameter	: 240 cm
Metrering	: 9218,9 tkm
Maaiveld	: -1,567 m
Coördinaten:	108509.16
	439585.92

27b	
Type	: W2H300+10
Paallengte	: 51 m
Gewicht	: 468204 kg
Diameter	: 240 cm
Metrering	: 9218,9 tkm
Maaiveld	: -1,567 m
Coördinaten:	105516.62
	439584.47

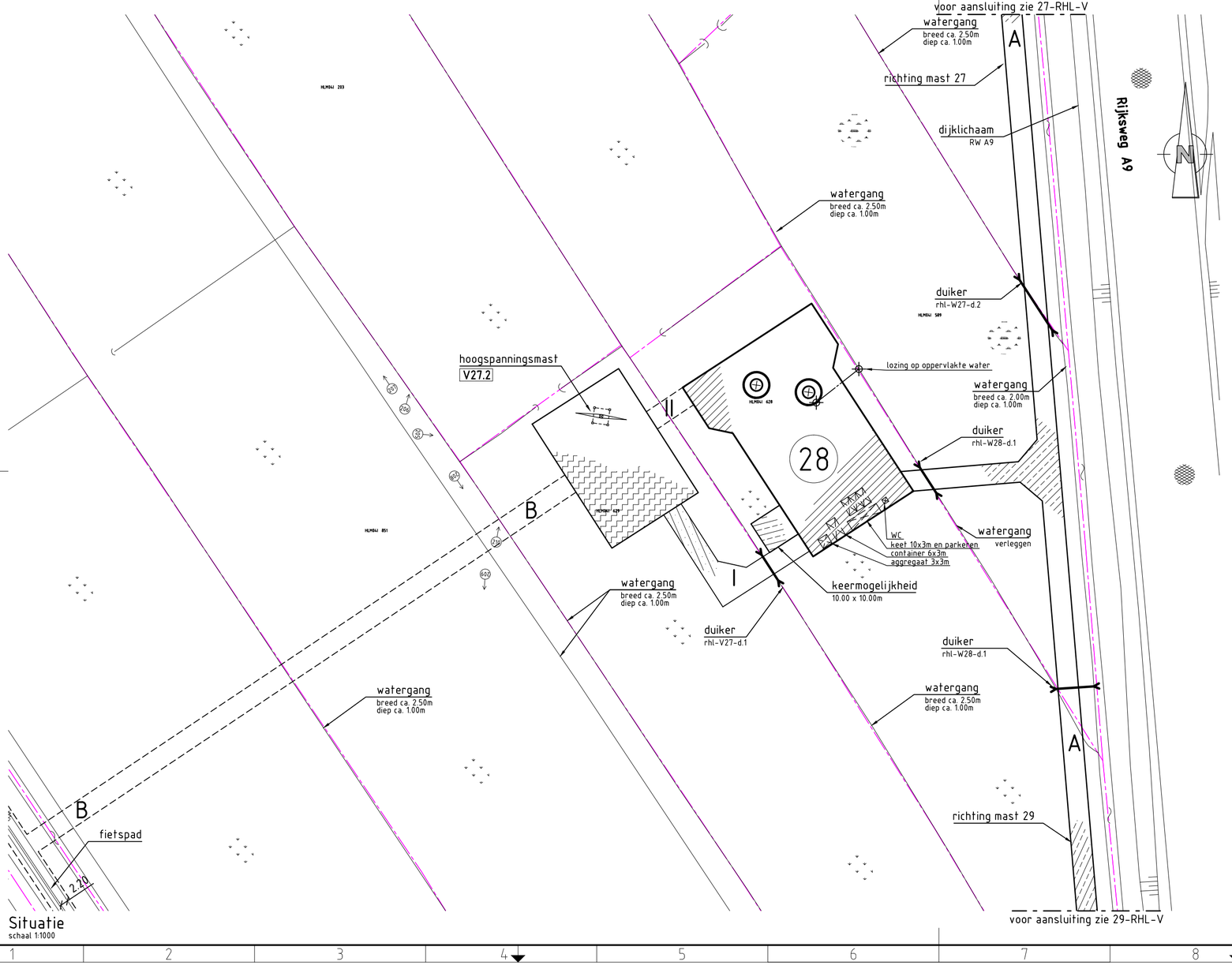


Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 27 en V26 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 37 van 48 bladen	versie	6.1
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	VO
dat./par.	03-09-2012	03-09-2012	03-09-2012	formaat A2.3	tek.nr.	27-RHL-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

project nr. 100699



Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 27-28
schaal 1:5.000

Verbindingsweg 28-29
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- BVW884 11397 kadastergrens — met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

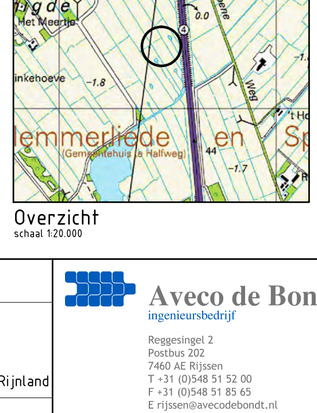
Mastgegevens

28a (vkt 4.0)

Type	: W2S300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 9490	(m)
Maaiveld	: -1.489	(m)
Terrein	: B	
Coördinaten	: 108463.97	
	490286.79	

28b (vkt 4.0)

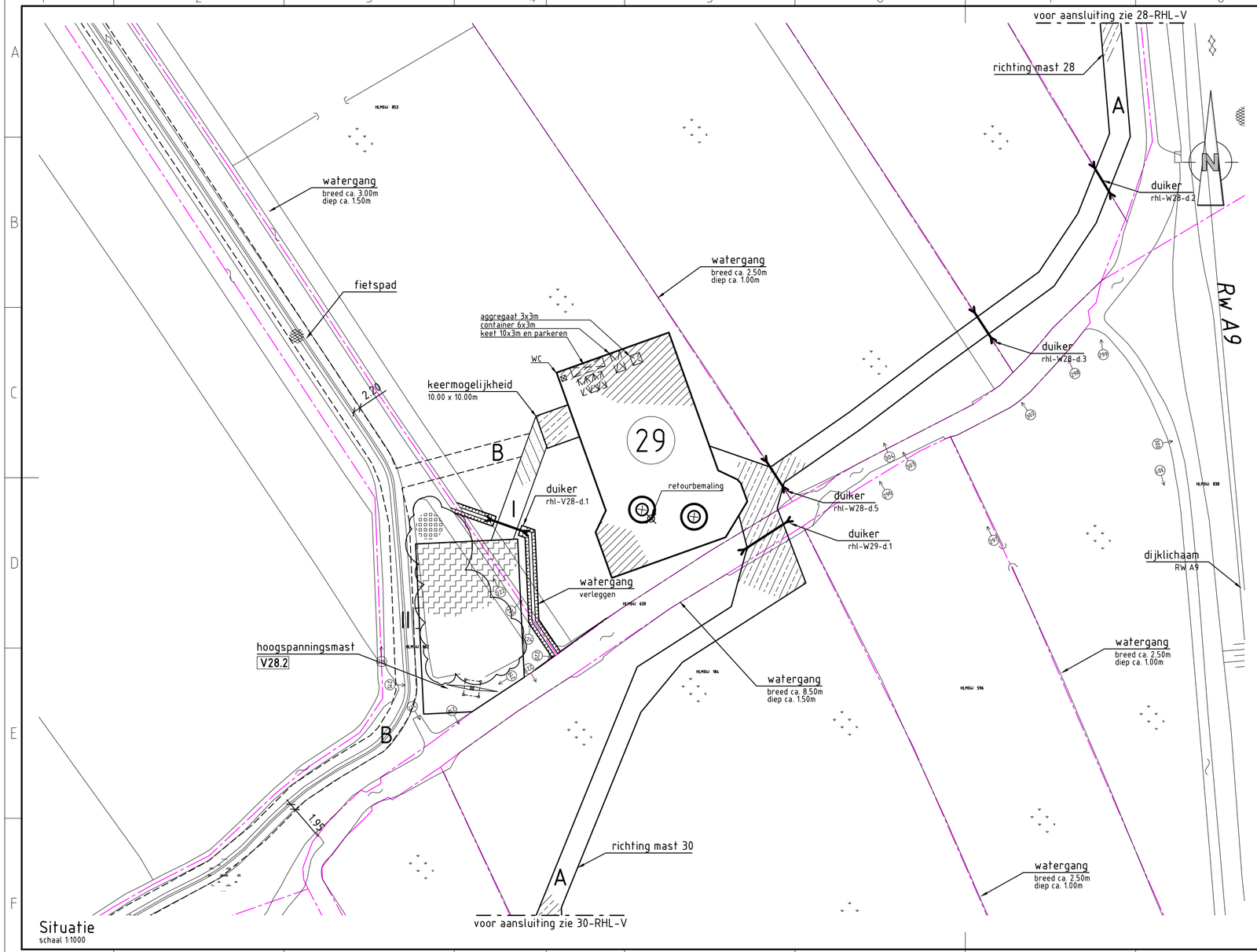
Type	: W2S300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 9490	(m)
Maaiveld	: -1.489	(m)
Terrein	: B	
Coördinaten	: 108479.23	
	490284.69	



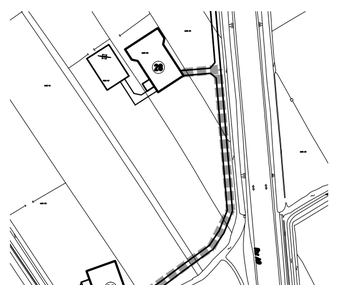
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 28 en V27 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 38 van 48 bladen	versie	9.0	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3		DO	28-RHL-V

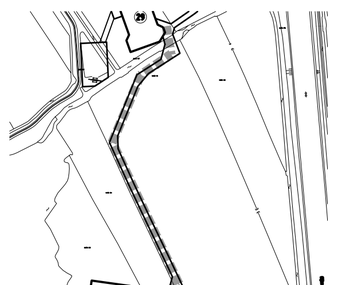
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 28-29
schaal 1:5.000



Verbindingsweg 29-30
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Werkterreinen
- wintrack masten — incl. fundering
- werkterrein — afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte — t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein — afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg — breed 6.00m

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker — diameter n.t.b.
- BVW884 11397 kadastergrens — met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

Mastgegevens

29a (vkt 4.0)

Type	: W2S300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 9789	(m)
Maaiveld	: -1.581	(m)
Terrein	: B	
Coördinaten	: 108423.08	
	489990.18	

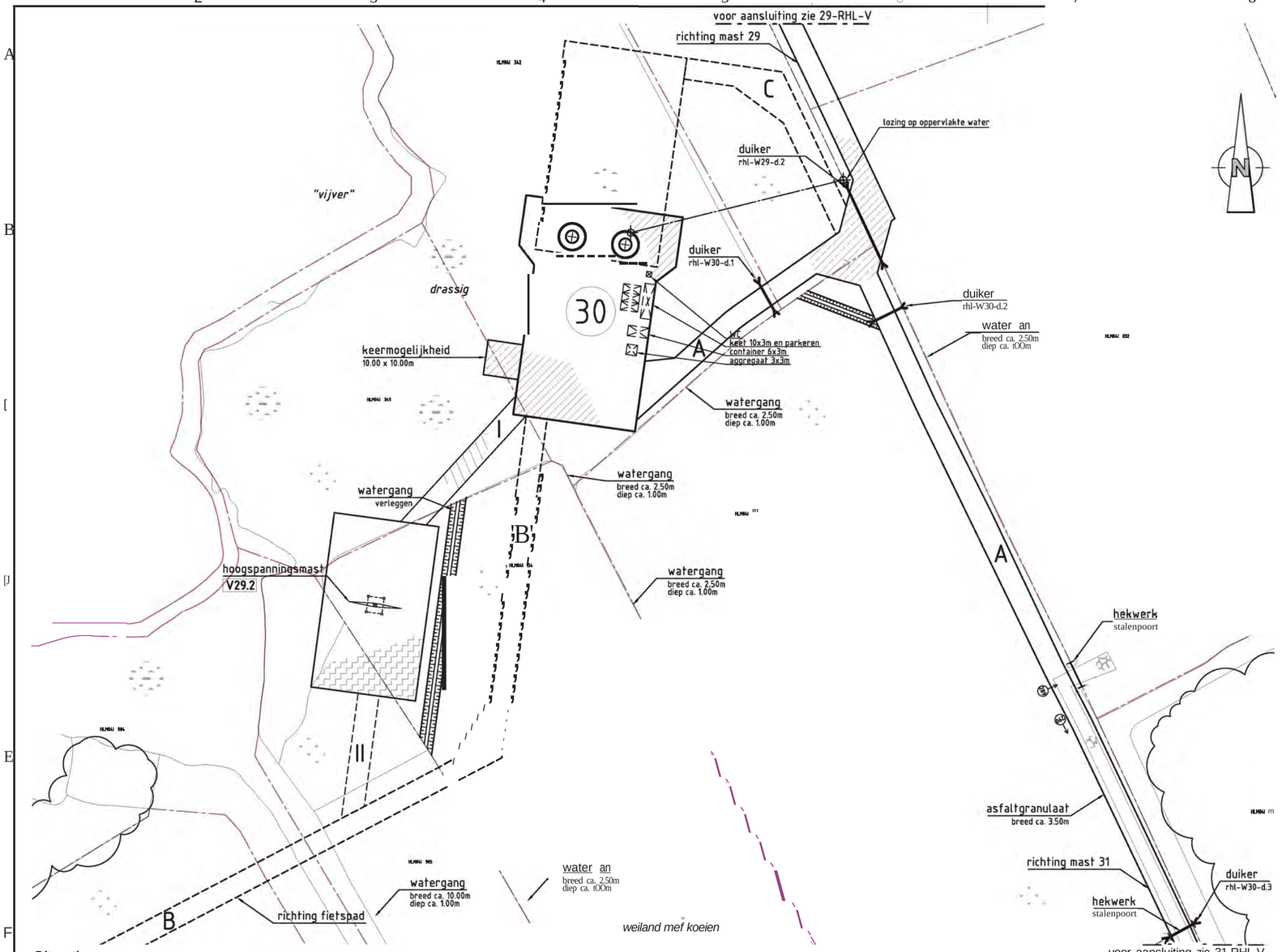
29b (vkt 4.0)

Type	: W2S300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 9789	(m)
Maaiveld	: -1.581	(m)
Terrein	: B	
Coördinaten	: 108438.33	
	489988.08	

Overzicht
schaal 1:20.000

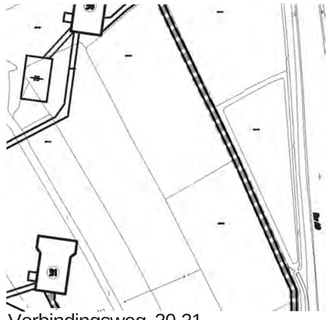
projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 29 en V28 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 39van 48 bladen	versie	9.2	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr. 29-RHL-V
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat A2.3			

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verbindingsweg 29-30
schaal 1:5.000



Verbindingsweg 30-31
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

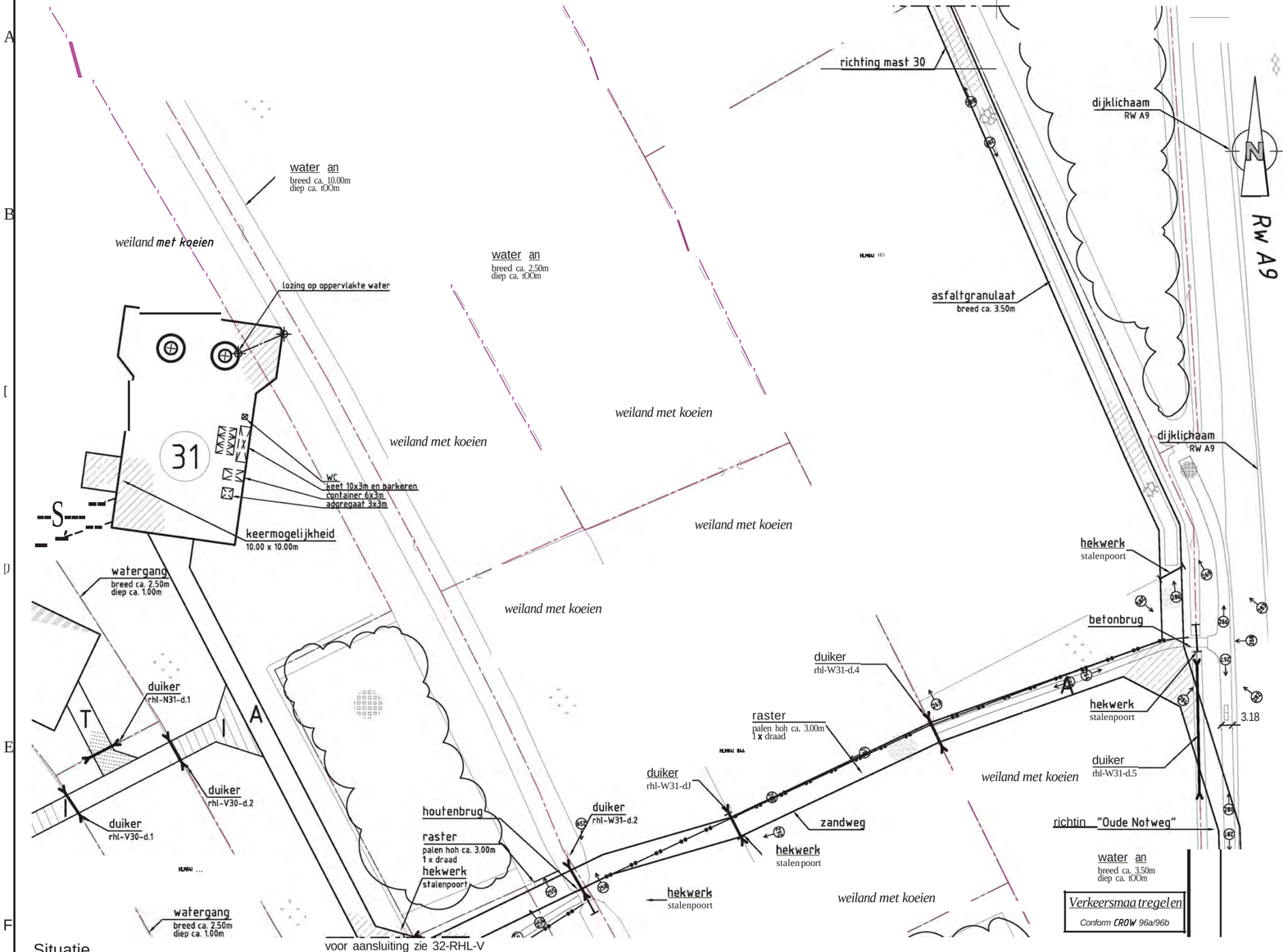
Mastgegevens

30a			30b		
Type	: W2S300+5		Type	: W2S300+5	
Paallengte	: 46	lmt	Paallengte	: 46	lmt
Gewicht	: 367723	kg	Gewicht	: 367723	kg
Diameter	: 240	kmt	Diameter	: 240	kmt
Metrering	: 10118,8	lkm	Metrering	: 10118,8	lkm
Maaiveld	: -1,581	lmt	Maaiveld	: -1,581	lmt
Coördinaten:	108382.36		Coördinaten:	108397.61	
	439654.83			439672.69	

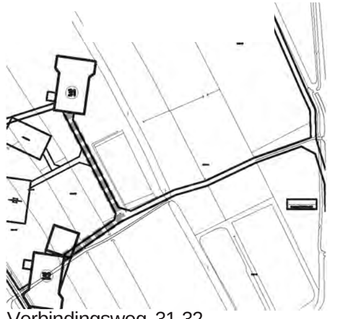
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 30 en V29 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 40van 48 bladen	versie	6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO	30-RHL-V

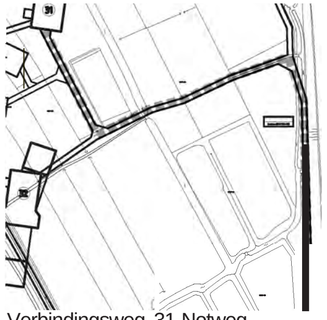
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 31-32
schaal 1:5.000



Verbindingsweg 31-Notweg
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen
- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

31a	
Type	: W25300+S
Paallengte	: 46 lmi
Gewicht	: 367723 kgl
Diameter	: 240 kcm
Metrering	: 10419,2 lkm
Maaiveld	: -1,463 lmi
Coördinaten:	193434.32
	493207.23

31b	
Type	: W25300+S
Paallengte	: 46 lmi
Gewicht	: 367723 kgl
Diameter	: 240 kcm
Metrering	: 10419,2 lkm
Maaiveld	: -1,463 lmi
Coördinaten:	193196.57
	493295.08

Overzicht
schaal 1:20.000

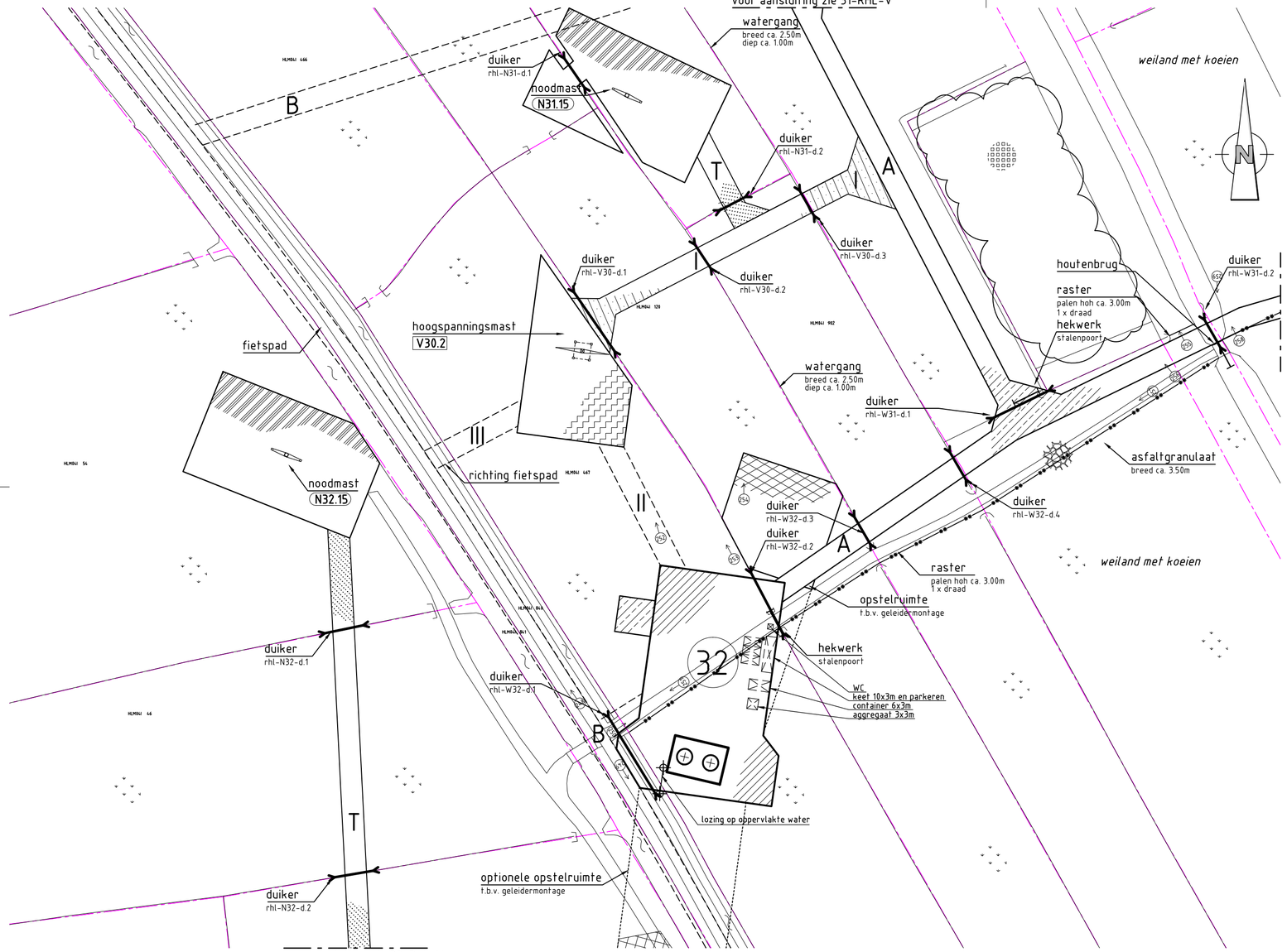
projekt **Randstad-Noord 380kV**

onderdeel Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 31
Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland

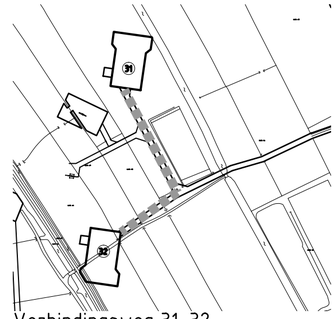
opdrachtgever VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

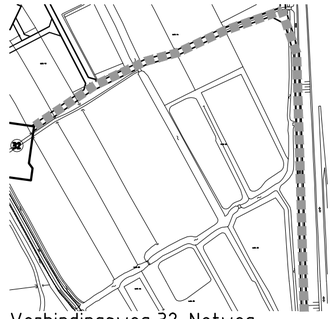
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer41 van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO		31-RHL-V



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 31-32
schaal 1:5.000



Verbindingsweg 32-Notweg
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen
- wintrack masten (incl. fundering)
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie
- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

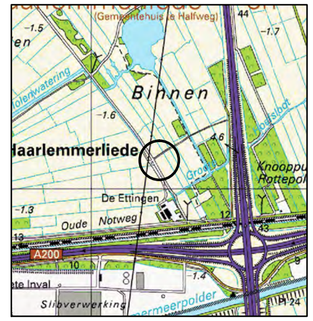
Mastgegevens

32a (vkt 4.0)

Type	: W2H300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 10658	(m)
Maaiveld	: 0	(m)
Terrein	: A	
Coördinaten	: 108308.46	
	489129.75	

32b (vkt 4.0)

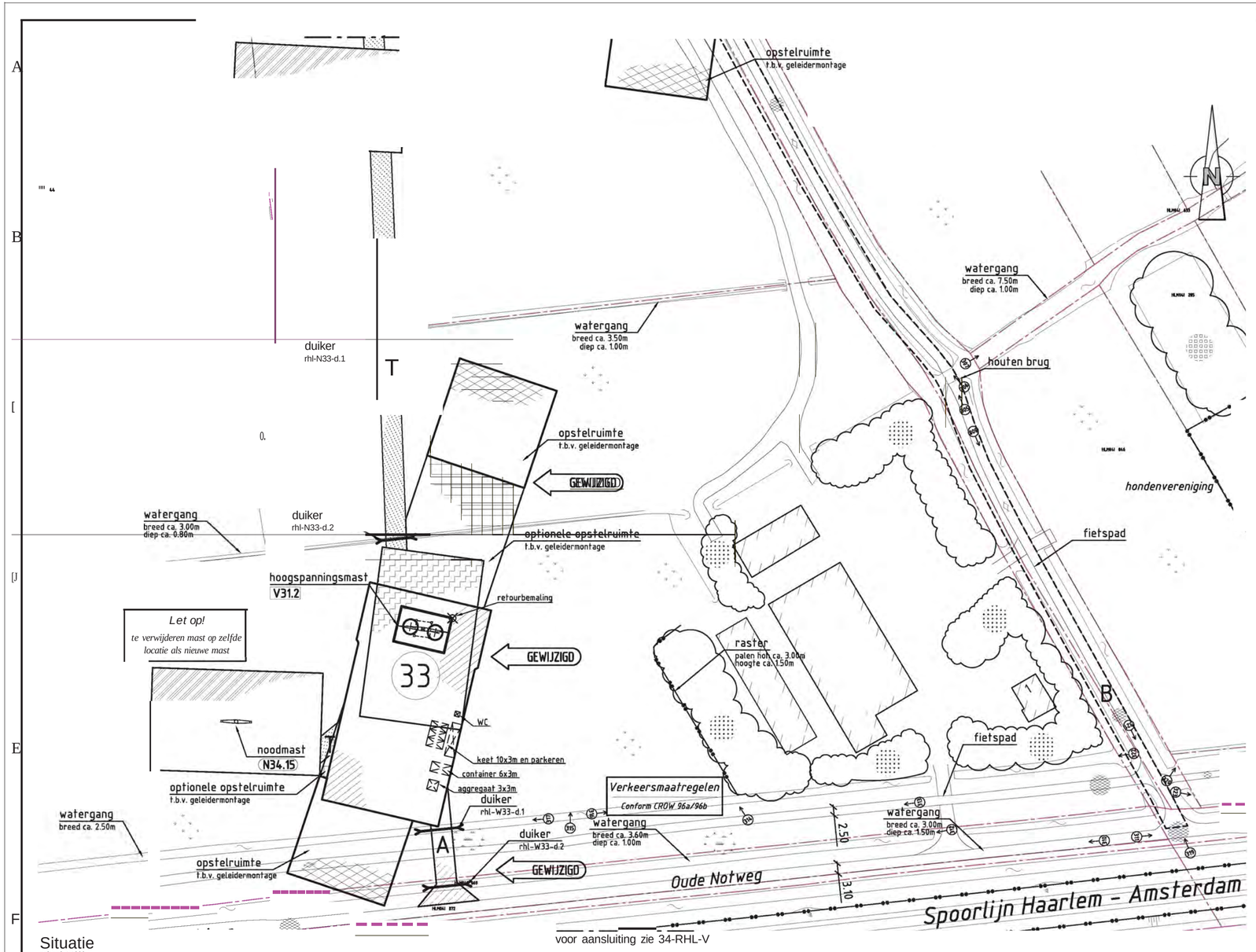
Type	: W2H300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 10658	(m)
Maaiveld	: 0	(m)
Terrein	: A	
Coördinaten	: 108315.72	
	489128.04	



Overzicht
schaal 1:20.000

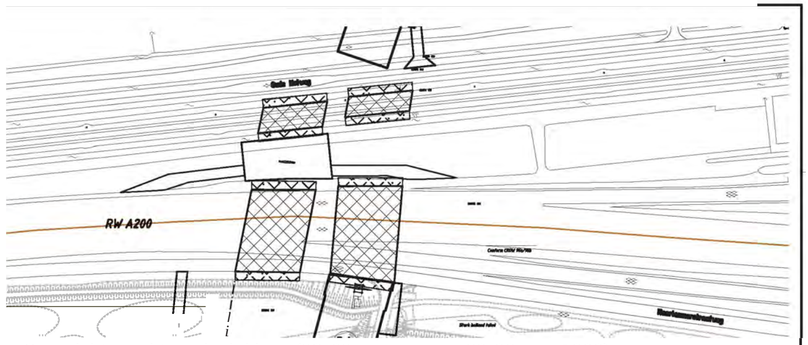
projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 32, V30, N31 en N32 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 42 van 48 bladen		versie 9.2	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000	status/uitgave DO	tek.nr. 32-RHL-V
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat	A2.3		

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

voor aansluiting zie 34-RHL-V



Overzicht werkterrein jukken (3Sx22m spoor en SSxSOm rwA200)
schaal 1:2.500

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 3S.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x S0.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

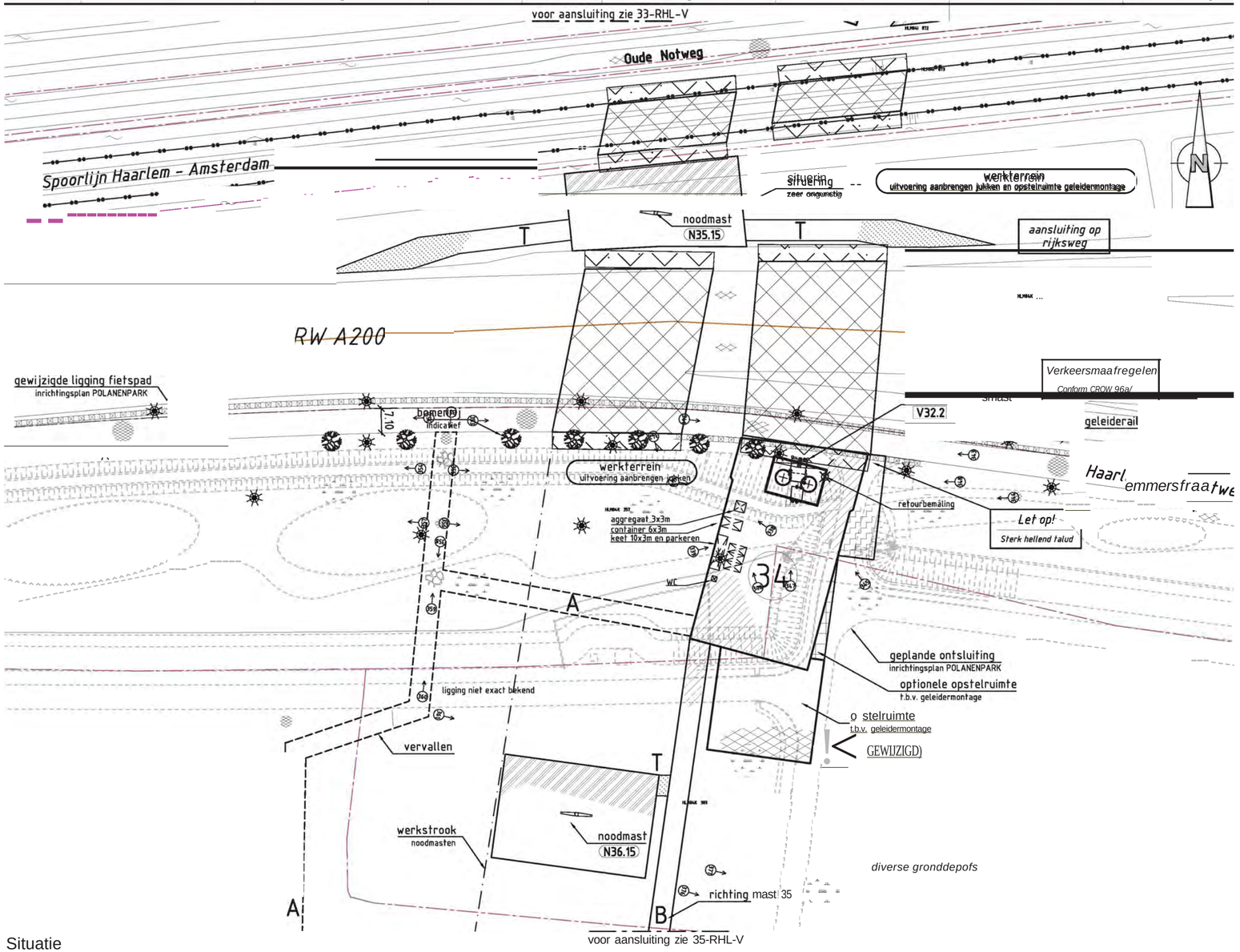
33a	
Type	: W2H3S0
Paallengte	: 50 lm
Gewicht	: 468204 kg
Diameter	: 240 kcm
Metrering	: 10941,0 tkm
Maaiveld	: -1,498 (m)
Coördinaten:	100229.25 488893.87

33b	
Type	: W2H3S0
Paallengte	: 50 lm
Gewicht	: 468204 kg
Diameter	: 240 kcm
Metrering	: 10941,0 tkm
Maaiveld	: -1,498 (m)
Coördinaten:	101236.65 488892.09

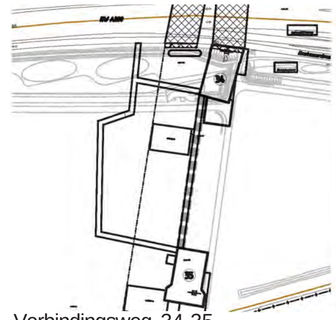
Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 33, V31, N33 en N34 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 43van 48 bladen	versie	6.0
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	project nr. 100699
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO	tek.nr. 33-RHL-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000



Verbindingsweg 34-35
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

34a	
Type	W2H350
Paallengte	50 m
Gewicht	468204 kg
Diameter	240 mm
Metrering	11152,4 km
Maaiveld	0,133 m
Coördinaten:	100200.66 489681.92

34b	
Type	W2H350
Paallengte	50 m
Gewicht	468204 kg
Diameter	240 mm
Metrering	11152,4 km
Maaiveld	0,133 m
Coördinaten:	100208.08 489679.96

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV					
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 34, V32, N35 en N36 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland					
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO					
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 44 van 48 bladen	versie	6.0
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	VO	

project nr. 100699
tek.nr. 34-RHL-V

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

voor aansluiting zie 34-RHL-V

richting mast 34

diverse gronddepots

geplande ontsluiting
inrichtingsplan POLANENPARK

slibverwerking 'De Zoete Inval'

op het terrein zijn leidingen geconstateerd

4.00

werkstrook
noodmasten

a re aat 3x3m
container 6x3m
keet 10x3m en arkeren

35

retourbemaling

wc

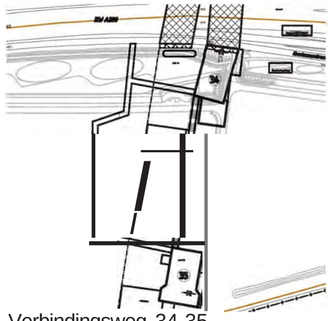
hoogspanningsmast
V33.2

noodmast
N37.15

Ringvaart

Zwanenburgerdijk

schaal 1:1000



Verbindingsweg 34-35
schaal 1:5.000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- OpStelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

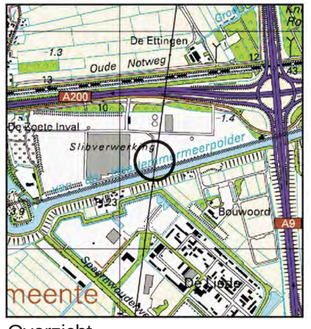
Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

35a	
Type	W25300+10
Paallengte	51
Gewicht	267723
Diameter	240
Metrering	11431.9
Maaiveld	1.700
Coördinaten:	100149.98 489406.76

35b	
Type	W25300+10
Paallengte	51
Gewicht	267723
Diameter	240
Metrering	11431.9
Maaiveld	1.700
Coördinaten:	100165.04 489454.86



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt: **Randstad-Noord 380kV**

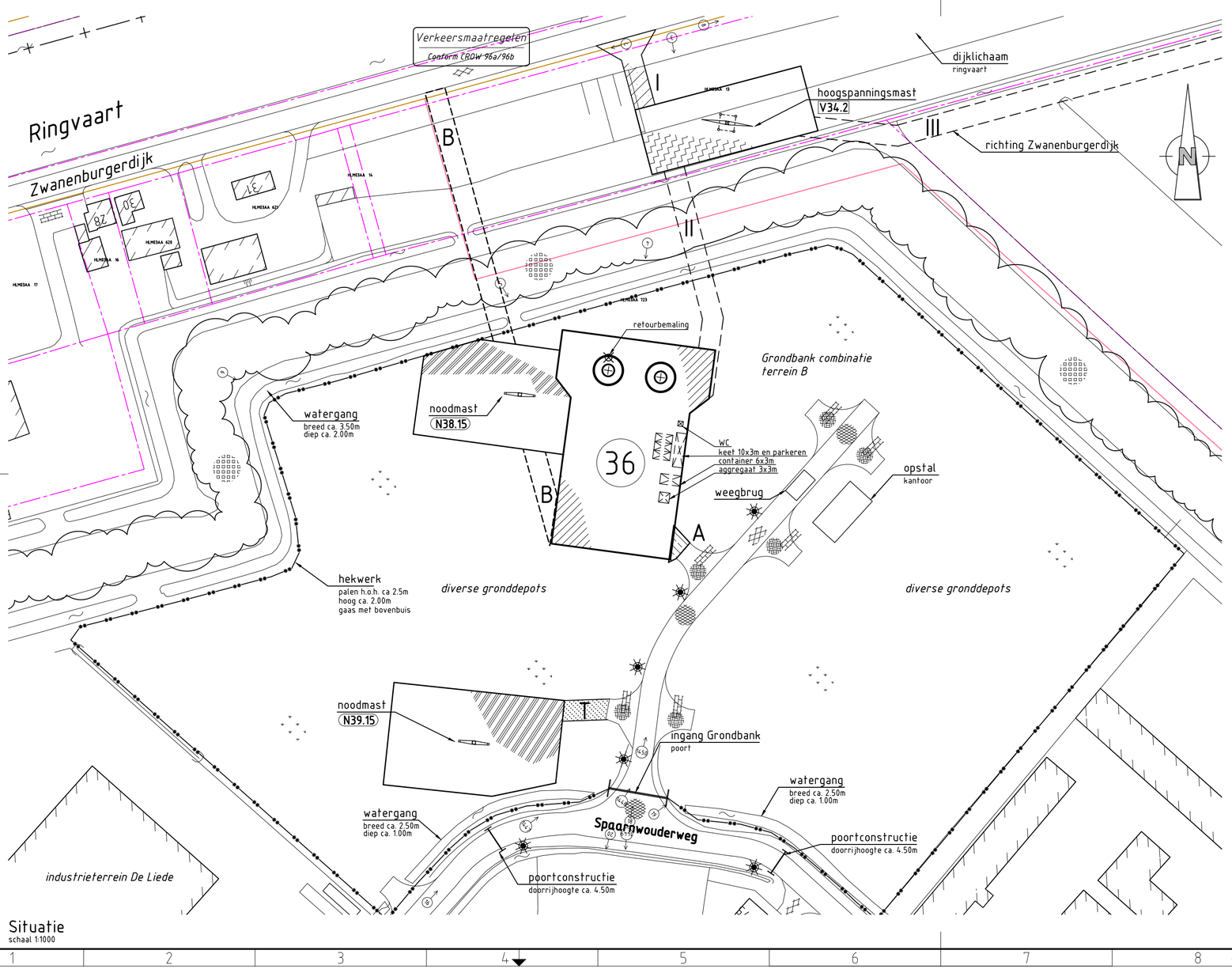
onderdeel: Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 35, V33 en N37
Gem. Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland

opdrachtgever: VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

versie: 6.0
status/uitgave: VO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T+31 (0)548 51 52 00
F+31 (0)54851 8565
Erijssen@avecodebondt.nl

project nr. 100699
tek.nr. 35-RHL-V



Verklaring

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- BVW884 11597 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

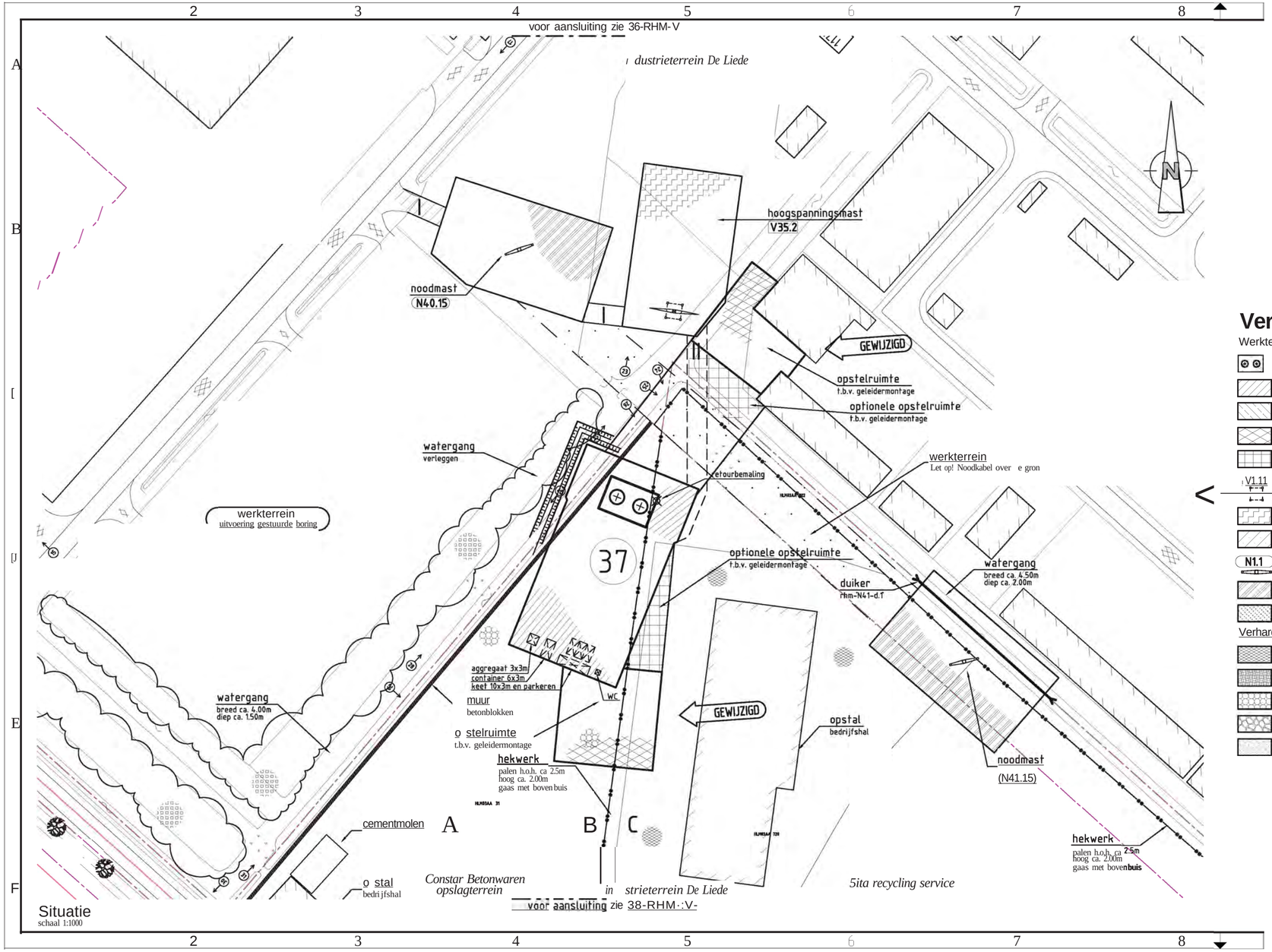
Mastgegevens

36a (vkt 4.0)			36b (vkt 4.0)		
Type	: W2S300+10		Type	: W2S300+10	
Masthoogte	: 51	(m)	Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 11597	(m)	Metrering	: 11597	(m)
Maaiveld	: -2.572	(m)	Maaiveld	: -2.572	(m)
Terrein	: C		Terrein	: C	
Coördinaten	: 108116.83		Coördinaten	: 108132.09	
	488212.42			488210.39	

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	Randstad-Noord 380kV						
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 36, V34, N38 en N39 Gemeente Haarlemmermeer / Waterschap Rijnland						
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO						
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 46 van 48 bladen	versie	9.0	project nr. 100699
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	DO	tek.nr. 36-RHM-V
dat./par.	19-04-2013	19-04-2013	19-04-2013	formaat A2.3			

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



Situatie
schaal 1:1000

Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten incl. fundering
- werkterrein afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg breed 6.00m
- opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker diameter n.t.b.
- kadastergrens met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

37a	
Type	: W2H300+5
Paallengte	: 46 (ml)
Gewicht	: 468204 (kg)
Diameter	: 240 (cm)
Metrering	: 11929,0 (km)
Maaiveld	: -3,245 (ml)
Coördinaten:	100092.15 487913.92

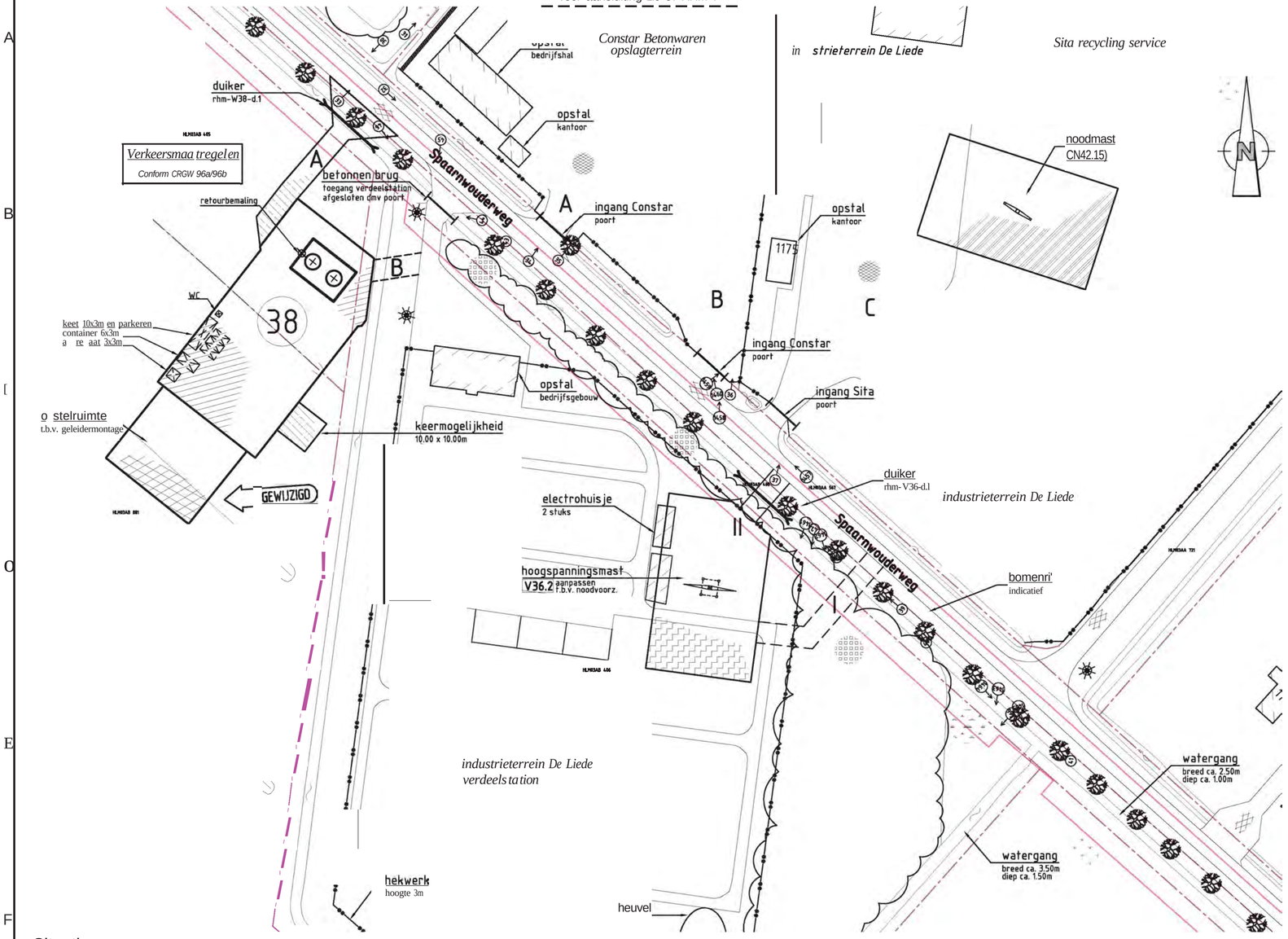
37b	
Type	: W2H300+5
Paallengte	: 46 (ml)
Gewicht	: 468204 (kg)
Diameter	: 240 (cm)
Metrering	: 11929,0 (km)
Maaiveld	: -3,245 (ml)
Coördinaten:	101099.19 487911.08

Overzicht
schaal 1:20.000

projekt	**Randstad-Noord 380kV**
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 37, V35, N40 en N41 Gemeente Haarlemmermeer / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)54851 8565
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 47van 48 bladen	versie 6.0	project nr. 100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave VO	tek.nr. 37-RHM-V
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		



Verklaring

Werkterreinen

- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- OpStelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.11 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m

Verhardingen

- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

Overig

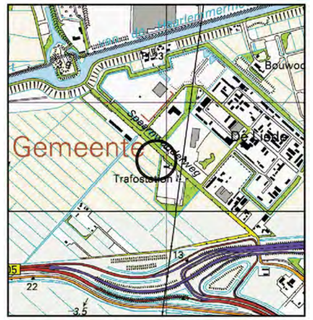
- aanrijroute
- optie route
- fotolocatie
- hekwerk
- lichtmast
- boom
- duiker, diameter n.t.b.
- kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

3Ba			38b		
Type	: W2E350		Type	: W2E350	
Paallengte	: 50	(m)	Paallengte	: 50	(m)
Gewicht	: 367723	(kg)	Gewicht	: 367723	(kg)
Diameter	: 240	(cm)	Diameter	: 240	(cm)
Metrering	: 12157,0	(cm)	Metrering	: 12157,0	(cm)
Maaiveld	: -4,000	(m)	Maaiveld	: -4,000	(m)
Coördinaten:	W79S2.93		Coördinaten:	W79S8.91	
	487734.97			487738.01	



Overzicht
schaal 1:20.000

projekt **Randstad-Noord 380kV**

onderdeel Vergunning aanvraag werkterrein
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 38, V36 en N42
Gemeente Haarlemmermeer / Waterschap Rijnland

opdrachtgever VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 48van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave		tek.nr.	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3		VO		38-RHM-V

Randstad 380 kV

Werkweg jukkken spoor Haarlem-Amsterdam

Legenda

- Mastvoet
- 380kV bovengronds (solo)
- RIPstrook
- Spoorbaan
- Bouwweg
- Overige werkterrein / bouwweg

Randstad 380 kV Werkweg jukken

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	06-09-2012	Formaat	A3
Revisiedatum	-	Schaal	1:3.000
Kenmerk	000.007.40 0024427	Blad	1 van 1

A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_water_a200_werkweg_120906_a3l.mxd

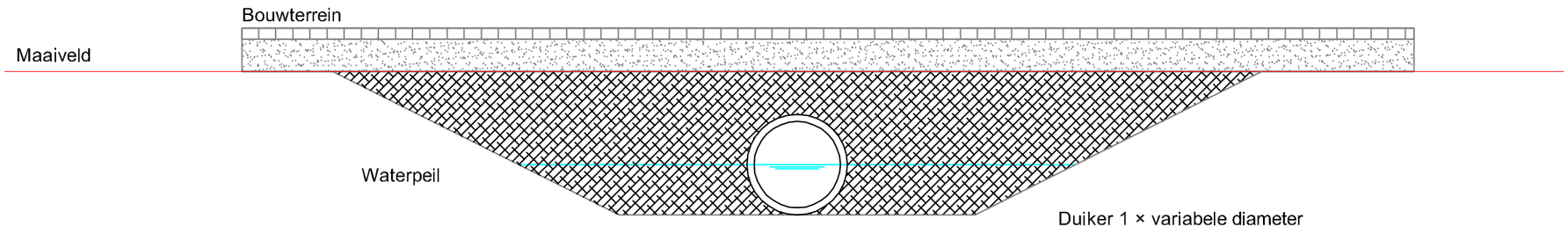
0 25 50 75 100 125 150 m

N

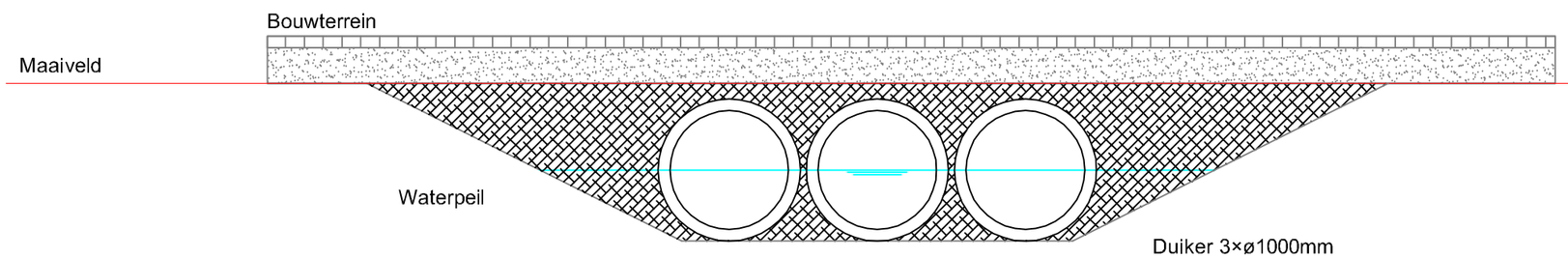
Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Tekening	v6.0	diameter	lengte	opmerkingen	v5.0	v4.0	v3.3
mast 1	hbw-W1-d.1	600	45		hbw-W1-d.1	hbw-W1-d.1	hbw-W1-d.1
	hbw-W1-d.2	600	20		-	-	-
	hbw-W1-d.3	500	12	nieuw in versie 6	hbw-W1-d.2	hbw-W1-d.2	hbw-W1-d.2
mast 2	geen duikers				-	-	-
mast 3	hbw-W3-d.1	500	20		hbw-W3-d.1	hbw-W3-d.1	hbw-W3-d.1
	hbw-W3-d.2	*500*	12	nieuw in versie 6	hbw-W3-d.2	-	-
mast 4	hbw-W4-d.1	*500*	12		hbw-W4-d.1	hbw-W4-d.1	hbw-W4-d.1
mast 5	hbw-W5-d.1	500	12		hbw-W5-d.1	hbw-W5-d.1	hbw-W5-d.1
	hbw-W5-d.2	600	12		hbw-W5-d.2	hbw-W5-d.2	hbw-W5-d.2
mast 6	rvs-W6-d.1	geen duiker		vervallen, zie lijst	rvs-W6-d.1	rvs-W6-d.1	rvs-W6-d.1
mast 6a	geen duikers				-	-	-
mast 6b	geen duikers				-	-	-
mast 6c	rvs-V3-d.1	500	31	tbv verwijderen mast 3	rvs-V3-d.1	rvs-V3-d.1	rvs-V3-d.1
mast 6d	geen duikers				-	-	-
mast 7	geen duikers				-	rvs-W7-d.1	rvs-W7-d.1
mast 7a	rvs-V5-d.1			vervallen, bestaande duiker, zie lijst	rvs-V5-d.1	rvs-V5-d.1	rvs-V5-d.1
mast 7b	rvs-N2-d.1	*250*	13		rvs-N2-d.1	-	-
mast 8	rvs-W8-d.1	*250*	7		-	rvs-W8-d.1	rvs-W8-d.1
	rvs-W8-d.2	*250*	7		-	rvs-W8-d.2	rvs-W8-d.2
	rvs-W8-d.3	*250*	5	nieuw in versie 6	-	-	-
	rvs-W8-d.4	*250*	5	nieuw in versie 6	-	-	-
	rvs-V7-d.1	*250*	7	nieuw in versie 6	-	-	-
	rvs-V7-d.2	*250*	7	nieuw in versie 6	-	-	-
mast 8a	rvs-N4-d.1	300	12		rvs-N4-d.1	-	-
	rvs-N4-d.2	*500*	12		rvs-N4-d.2	-	-
mast 9				vervallen	rvs-W9-d.1	rvs-W9-d.1	rvs-W9-d.1
	rvs-W9-d.2	500	12		rvs-W9-d.2	rvs-W9-d.2	rvs-W9-d.2
	rvs-W10-d.3	300	9		rvs-W10-d.3	rvs-W10-d.3	rvs-W10-d.3
	rvs-N6-d.3	*500*	12	500 volgens rvs-N6-d.1 van v3.3	-	-	-
mast 9a				vervallen	rvs-N6-d.1	rvs-N6-d.1	rvs-N6-d.1
				vervallen	rvs-N6-d.2	-	-
	rvs-W10-d.2	300	12		rvs-W10-d.2	rvs-W10-d.2	rvs-W10-d.2
mast 10	rvs-W10-d.1	300	12		rvs-W10-d.1	rvs-W10-d.1	rvs-W10-d.1
	rvs-W11-d.2	300	12		rvs-W11-d.2	rvs-W11-d.2	rvs-V10-d.3
	rvs-W11-d.3	3 x 1000	12		rvs-W11-d.3	rvs-W11-d.3	rvs-W11-d.2
	rvs-W11-d.4	300	15		rvs-W11-d.4	-	rvs-W11-d.3
	rvs-N10-d.1	*300*		300 volgens rvs-W11-d.4 van v5.0	rvs-N10-d.1	rvs-N10-d.1	rvs-N10-d.1
mast 11	rvs-W11-d.1	250	12		rvs-W11-d.1	rvs-W11-d.1	rvs-W11-d.1
	rvs-V10-d.1	250	18		rvs-V10-d.1	-	rvs-V10-d.1
	rvs-N12-d.1	*3 x 1000*	12		rvs-N12-d.1	rvs-n12-d.1	-
mast 12	rvs-W12-d.1	*300*			rvs-W12-d.1	rvs-W12-d.1	rvs-W12-d.1
				vervallen	rvs-W12-d.2	rvs-W12-d.2	-
	rvs-V11-d.1	*vervallen*		greppel	rvs-V11-d.1	-	-
	rvs-V11-d.2	*vervallen*		greppel	rvs-V11-d.1	-	-
mast 13	rvs-W12-d.3	250	10		rvs-W12-d.3	rvs-W12-d.3	rvs-N14-d.1
	rvs-W13-d.1	500	10		rvs-W13-d.1	rvs-W13-d.1	rvs-W13-d.1
mast 14	geen duikers				-	-	-
mast 15	geen duikers				-	-	-
mast 15a	rvs-W15-d.1	3 x 1000	12		rvs-W15-d.1	rvs-W14-d.1	rvs-W15-d.1
	rvs-W15-d.2	300	12		rvs-W15-d.2	rvs-W14-d.2	rvs-W14-d.1
	rvs-W15-d.3	*300*	12	300 volgens rvs-W15-d.2 van v6.0	-	-	-
mast 16	rvs-V15-d.1	300	30		rvs-V15-d.1	rvs-V15-d.1	rvs-V15-d.1
mast 17	rvs-W17-d.1	250	14		rvs-W17-d.1	rvs-W17-d.1	rvs-W17-d.1
	rvs-W17-d.2	800	42		rvs-W17-d.2	rvs-W17-d.2	rvs-W17-d.2
				vervallen	-	rvs-W17-d.3	-
mast 18				vervallen	rhl-W18-d.1	rhl-W18-d.1	-
				vervallen	rhl-V17-d.1	-	rhl-W18-d.1
mast 19	rhl-W19-d.1	600	13		rhl-W19-d.1	rhl-W19-d.1	rhl-W19-d.1
mast 20	rhl-W20-d.1	800	12	bestaande duiker	rhl-W20-d.1	rhl-W20-d.1	rhl-W20-d.1
	rhl-V18-d.1	3 x 1000	12		rhl-V18-d.1	rhl-V18-d.1	rhl-V18-d.1
mast 21	rhl-W21-d.1	600	20		rhl-W21-d.1	rhl-W21-d.1	rhl-W21-d.1
	rhl-W21-d.2	600	20		rhl-W21-d.2	rhl-W21-d.2	rhl-W21-d.2
				vervallen	rhl-W21-d.3	rhl-W21-d.3	rhl-W21-d.3
				vervallen	rhl-W21-d.4	rhl-W22-d.4	rhl-W22-d.4
				vervallen	rhl-W22-d.1	-	rhl-V20-d.2
				vervallen	rhl-W22-d.2	-	-
				vervallen	rhl-W22-d.3	-	-
				vervallen	rhl-W22-d.4	-	-
				vervallen	rhl-W22-d.5	-	-
	rhl-W22-d.1	*300*	12		-	-	-
	rhl-W22-d.2	*300*	12		-	-	-
	rhl-V20-d.1	*300*	26	300 volgens rvs-V20-d.1 van v5.0	-	-	-
mast 22	rhl-W22-d.3	300	12	zie optimalisatie	rhl-V20-d.1	rhl-V20-d.1	rhl-V20-d.1
	rhl-W22-d.4	*300*	12	geen duiker in wateromlegging	-	-	-
mast 23	rhl-V21-d.1	300	10		rhl-V21-d.1	rhl-V21-d.1	rhl-V21-d.1
	rhl-V21-d.2	*300*		300 volgens rhl-V21-d.1 v5.0	rhl-V21-d.2	rhl-V21-d.2	rhl-V21-d.2
mast 23a	rhl-W24-d.1	300	12	(rhl-W23-d.1)	rhl-W24-d.1	rhl-W23-d.3	rhl-W23-d.3

Tekening	v6.0	diameter	lengte	opmerkingen	v5.0	v4.0	v3.3
	rhl-W24-d.2	250	12	(rhl-W23-d.2)	rhl-W24-d.2	rhl-W23-d.2	rhl-W23-d.2
	rhl-W24-d.3	800	12	(rhl-W23-d.3)	rhl-W24-d.3	rhl-W23-d.1	rhl-W23-d.1
	-				-	rhl-W24-d.1	rhl-W24-d.1
mast 24	rhl-W25-d.1	300	12	(rhl-W24-d.1), zie optimalisatie	-	-	-
	rhl-W25-d.2	300	12	(rhl-W24-d.2)	rhl-W25-d.1	rhl-W24-d.2	rhl-W24-d.2
	rhl-W25-d.3	*300*	12	(rhl-W24-d.3) 300 volgens rhl-W25-d.1 van v6.0	rhl-W25-d.2	rhl-W24-d.3	rhl-W24-d.3
	rhl-V23-d.1	draglineschotten		draglineschotten	rhl-V23-d.1	rhl-V23-d.1	rhl-V23-d.1
mast 25	geen duikers			vervallen	rhl-W26-d.1	-	-
mast 26	rhl-W26-d.1	*500*	26		rhl-W27-d.1	-	-
	rhl-V25-d.1	300	12		rhl-V25-d.1	rhl-V25-d.1	rhl-V25-d.1
mast 27	rhl-W27-d.1	300	12		rhl-W28-d.1	rhl-W27-d.1	rhl-W27-d.1
mast 28	rhl-W27-d.2	300	12		rhl-W28-d.2	rhl-W27-d.2	rhl-W27-d.2
	rhl-W28-d.1	300	12		rhl-W29-d.1	rhl-W28-d.1	rhl-W28-d.1
	rhl-V27-d.1	300	20		rhl-V27-d.1	rvs-V27-d.1	rvs-V27-d.1
mast 29	rhl-W28-d.2	300	12		rhl-W29-d.2	rhl-W28-d.2	rhl-W28-d.2
	rhl-W28-d.3	250	14		rhl-W29-d.3	rhl-W28-d.3	rhl-W28-d.3
	rhl-W28-d.4	300	12		rhl-W29-d.4	rhl-W28-d.4	rhl-W28-d.4
	rhl-W28-d.5	250	12		rhl-W29-d.5	rhl-W28-d.5	rhl-W28-d.5
					-	rhl-W28-d.6	-
					-	rhl-W29-d.1	-
					-	rhl-W29-d.2	-
	rhl-W29-d.1	3 x 1000	12	of brug	rhl-W30-d.1	rhl-W30-d.1	rhl-W28-d.6
	rhl-V28-d.1	300	12		rhl-V28-d.1	rhl-V28-d.1	rhl-V28-d.1
mast 30	rhl-W29-d.2	300	12		rhl-W30-d.2	-	rhl-W29-d.1
	rhl-W30-d.1	*300*		300 volgens rhl-W30-d.1 v3.3	rhl-W31-d.1	rhl-W31-d.1	-
	rhl-W30-d.2	300	12		rhl-W31-d.2	-	rhl-W29-d.2
	rhl-W30-d.3			vervallen, bestaande duiker	rhl-W31-d.3	-	-
mast 31	rhl-W31-d.2	600	12		rhl-W32-d.2	rhl-W31-d.3	rhl-W31-d.3
	rhl-W31-d.3	250	12		rhl-W32-d.3	rhl-W31-d.4	rhl-W31-d.4
	rhl-W31-d.4	300	12		rhl-W32-d.4	rhl-W31-d.5	rhl-W31-d.5
	rhl-W31-d.5	300	12		rhl-W32-d.5	rhl-W31-d.6	rhl-W31-d.6
mast 32	rhl-W31-d.1	300	12		rhl-W32-d.1	rhl-W31-d.2	rhl-W31-d.2
	rhl-W32-d.1	*500*	26		rhl-W33-d.1	-	-
	rhl-W32-d.2	*250*	20		rhl-W33-d.2	-	-
	rhl-W32-d.3	*250*	10		rhl-W33-d.3	-	-
	rhl-W32-d.4	300	12		rhl-W33-d.4	-	rhl-W31-d.1
	rhl-V30-d.1	*300*		300 volgens rhl-W31-d.1 v3.3	rhl-V30-d.1	-	-
	rhl-V30-d.2	300	12		rhl-V30-d.2	-	rhl-W31-d.1
	rhl-N31-d.1	*250*	12		rhl-N31-d.1	-	-
	rhl-N32-d.1	*250*	12		rhl-N32-d.1	-	-
	rhl-N32-d.2	*250*	12		rhl-N32-d.2	-	-
mast 33	rhl-W33-d.1	300	12		rhl-W34-d.1	rhl-W32-d.1	rhl-W32-d.1
	rhl-W33-d.2	300	12		rhl-W34-d.2	rhl-W32-d.2	rhl-W32-d.2
	rhl-N33-d.1	300	12		rhl-N33-d.1	?	rhl-N19-d.1
	rhl-N33-d.2	300	12		rhl-N33-d.2	?	rhl-N19-d.2
mast 34	geen duikers				-	-	-
mast 35	geen duikers				-	-	-
mast 36	geen duikers				-	-	-
mast 37	rhl-N41-d.1	*500*	54		rhl-N41-d.1	-	-
mast 38	rhm-W38-d.1	draglineschotten		draglineschotten	rhm-W39-d.1	rhm-W37-d.1	rhm-W37-d.1



Principe profiel 1



Principe profiel 2

1	25-07-2012	Eerste uitgave	rokl6
Versie nr.	Datum:	Toelichting op de versie:	Getekend:

heijmans Heijmans Wegen B.V.
Zaandammerweg 14 1566 PG Assendelft
Postbus 43 1566 ZG Assendelft
T +31(0)75 687 22 22 F +31(0)75 687 34 59

Tennet TSO

Limaweg 51 2743 CC Waddinxveen
Postbus 718 6800 AS Arnhem
(026) 373 11 12 (026) 373 11 11

heijmans
I www.heijmans.nl
Zaandammerweg 14 1566 PG Assendelft
Postbus 43 1566 ZG Assendelft
T +31 (0)75 687 22 22 F +31 (0)75 687 34 59

CONCEPT

Tennet TSO
Randstad

Principe profielen
Duikers

Concept

Schaal:	1:50	Getekend:	rokl6
Formaat:	A4	Verificatie:	nipa
Projectnr.:	160380	Authorisatie:	nipa
		Gemeten:	-

Tekeningnr. 160380-P1

Bestandslocatie:C:\Documents and Settings\rokl6\Desktop\Temp\160380\160380-P1 Principe profielen duiker.dwg

			29WSP	108552	490822	20,0	NEE
27	108513	490585	30CFI	108521	490585	8,1	JA
			30BOL	108521	490584	8,2	JA
			30WSP	108505	490586	7,9	JA
28	108468	490261	32CFI	108476	490261	7,8	JA
			32BOL	108476	490260	7,9	JA
			32WSP	108460	490262	8,3	JA
29	108421	489922	33BOL	108429	489921	7,6	JA
			33CFI	108429	489922	7,5	JA
			33WSP	108414	489923	7,5	JA
30	108374	489576	35BOL	108382	489575	8,3	JA
			35CFI	108382	489576	8,2	JA
			35WSP	108366	489577	7,8	JA
31	108326	489227	37BOL	108334	489225	8,6	JA
			37CFI	108334	489226	8,4	JA
			37WSP	108318	489228	7,7	JA
32	108278	488879	38BOL	108286	488878	8,4	JA
			38CFI	108286	488879	8,3	JA
			38WSP	108270	488880	7,7	JA
33	108205	488683	39BOL	108212	488681	7,6	JA
			39CFI	108213	488682	8,4	JA
			39WSP	108195	488680	10,1	JA
34	108157	488405	40BOL	108159	488404	2,1	JA
			40CFI	108159	488405	1,6	JA
			40WSP	108150	488407	7,6	JA
35	108124	488211	40BOL	108159	488404	195,7	NEE
			40CFI	108159	488405	196,7	NEE
			40WSP	108150	488407	197,3	NEE
36	108096	487913	40BOL	108159	488404	495,6	NEE
			40CFI	108159	488405	496,6	NEE
			40WSP	108150	488407	497,5	NEE
37	108109	487600	40BOL	108159	488404	805,7	NEE
			40CFI	108159	488405	806,7	NEE
			40WSP	108150	488407	808,2	NEE

Redenen afwijkende positie sonderingen ten opzichte van masten:

- Mast 4 en 7 zijn verplaatst;
- T.p.v. mast 9 blijkt uit de situatietekening dat de nabije sonderingen een afwijkende ligging hebben. De exacte reden hiervan wordt nog bij Mos grondmechanica nagegaan;
- T.p.v. mast 11 zijn de afwijkingen gering. Exacte reden wordt nog bij Mos grondmechanica nagegaan;

- T.p.v. mast 12 blijkt uit de situatietekening dat de nabije sonderingen een afwijkende ligging hebben. De exacte reden hiervan wordt nog bij Mos grondmechanica nagegaan;
- T.p.v. mast 14 blijkt uit de situatietekening dat de nabije sonderingen een afwijkende ligging hebben. De exacte reden hiervan wordt nog bij Mos grondmechanica nagegaan;
- T.p.v. mast 16 zijn de afwijkingen gering. Exacte reden wordt nog bij Mos grondmechanica nagegaan;
- Voor de overige masten zijn de afstanden tot het dichtsbijzijnde grondonderzoek een stuk groter, hier is nog geen onderzoek uitgevoerd. De reden hiervan wordt nog nagegaan.