Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude
T.a.v. dhr M. Driessen
Teding van Berkhoutweg 3
1165 LZ HALFWEG

DATUM	17 september 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0024441 GHS-OMGV lijn
BEHANDELD DOOR	Brechje van Densen
TELEFOON DIRECT	026 373 15 55
E-MAIL	Brechje.van.densen@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	10

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

Geachte heer Driessen,

Hierbij ontvangt u een aanvraag omgevingsvergunning in het kader van artikel 2.1 eerste lid van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht 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:

- **Werk of werkzaamheden uit te voeren**: in de vorm van werkwegen en werkterreinen;
- **Bouwen: Overig bouwwerk**: in de vorm van 15 (mast 18 – mast 36) nieuwe hoogspanningsmasten;
- **Bouwen: Overig bouwwerk**: in de vorm van tijdelijke noodlijnen (N33-N37)

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 2.1 eerste lid van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht is op grond van artikel 20c Elektriciteitswet j° artikel 2 lid 1 onder a Uitvoeringsbesluit rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten de rijkscoördinatieregeling 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.C. Bernardina
   Postbus 93144
   2509 AC Den Haag
   o.v.v. (Randstad 380 kV)

GE100100 UN1008

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:

0. Aanvraagformulier omgevingsvergunning

1 Algemeen
Bijlage 1.1 Tracékaart Randstad 380 kV Noordring
Bijlage 1.2 Kadastrale kaarten

2 Werk of werkzaamheden uitvoeren
Bijlage 2.1 Analyse aanlegvergunningplicht
Bijlage 2.2 Werkterreintekeningen mast 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33 en 34

3 Bouwen – Overig bouwwerk
Bijlage 3.1 Constructietekeningen en berekeningen masten
Bijlage 3.2 Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties
Bijlage 3.3 Lengteprofielen
Bijlage 3.4 Noodlijnenplan
Bijlage 3.5 Schets obstakelverlichting en markering in verband met vliegveiligheid Schiphol

Een volledig overzicht van de vergunningsgegevens vindt u ook op het bijgevoegde vrijgaveblad.
U ontvangt de complete aanvraag inclusief bijlagen in 4-voud.

Wij verzoeken u om in de vergunning te bepalen dat de gegevens en bescheiden als bedoeld in artikel 2.7 lid 1 Mor uiterlijk binnen een termijn van 3 weken voor de start van de uitvoering van de desbetreffende handeling worden overgelegd. Voorts verzoeken wij u om in de vergunning ingevolge artikel 2.7 lid 3 Mor te bepalen dat gegevens en bescheiden, op grond van artikel 2.4 (o.a. bouwveiligheidsplan) en 2.5 (vanuit redelijke eisen van welstand; principedetails van gezichtsbepalende delen van het bouwwerk, vanwege de verdere uitwerking van de obstakelverlichting en markering) van het Mor binnen een termijn van drie weken voor de start van de uitvoering van de desbetreffende handeling worden overgelegd.

GE1001DD UN1008

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

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

I.F.M. (Isidoor) Hermans
Projectmanager Randstad 380

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmerliede-Spaarnwoude
T.a.v. dhr. M. Driessen
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG

DATUM 15 november 2012
ONZE REFERENTIE 000.007.40 0049520
BEHANDELD DOOR Brechje van Densen
TELEFOON DIRECT 026 373 15 55
E-MAIL Brechje.van.Densen@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN 3

BETREFT Aanpassing aanvraag omgevingsvergunning - Randstad 380 kV (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Driessen,

Op 17 september 2012 heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding, het bouwen van tijdelijke noodlijnen en het aanleggen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen.

Gedurende de recente detailengineering van de hoogspanningsverbinding en de tijdelijke noodlijn is gebleken dat de mast met nummer 32 aangepast moet worden van een zogenaamde 'steunmast' naar een 'hoekmast'. Deze wijziging van masttype is noodzakelijk vanwege de trekkrachten die ontstaan bij de tijdelijke aansluiting van de noodlijn op de nieuwe hoogspanningsverbinding. Het masttype van mast 32 moet derhalve aangepast worden van het type 'W2S300+5' naar het type 'W2H300+5'. Daarnaast moet het type fundatie van deze mast aangepast worden van type 'C14.7B' naar het type 'R38.5N'. De aanvraag van 17 september jl. omvat reeds een andere mast van dit type (mast 33). Toetsing van de betreffende mast en fundatie zal derhalve niet opnieuw plaats hoeven te vinden.

Gezien het vorengaande ontvangt u bijgaand een aantal aangepaste gegevens:

- Mastenlijst wintrackmasten (onderdeel van bijlage 3.1 – constructietekeningen en berekeningen masten);
- Overzichtskaart fundatie wintrackmasten (onderdeel van bijlage 3.2 – constructietekeningen en principeberekening mastfundaties).
- Lengteprofiel (bijlage 3.3).

Vriendelijk verzoeken wij u om de betreffende bijlagen met gegevens in de aanvraag te vervangen door onderhavige gegevens.

GE1601DD.UN1008

Wij verwachten u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Indien een nadere toelichting gewenst is, verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

B/A G. Volman

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmerliede-Spaarnwoude
T.a.v. dhr. M. Driessen
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG

DATUM	20 december 2012
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0049520
BEHANDELD DOOR	Wenda van Dijk
TELEFOON DIRECT	026 373 29 75
E-MAIL	Wenda.van.Dijk@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	2

BETREFT Aanpassing aanvraag omgevingsvergunning - Randstad 380 kV (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Driessen,

Ten behoeve van de realisatie van de hoogspanningsverbinding Randstad 380kV heeft u op 17 september jl. een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het bouwen van een aantal 380kV wintrackmasten, het bouwen van tijdelijke noodlijnen en het aanleggen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen.

In de periode tussen de indiening van de aanvraag en heden heeft diverse malen overleg plaatsgevonden tussen uw gemeente, de ministeries van EZ en I&M en de Inspectie Leefomgeving en Transport (IL&T) inzake de voorgeschreven obstakelmarkeringen en verlichtingen op en aan de masten met nummer 30 t/m 36 vanwege de nabijheid van Schiphol. Na afweging van de diverse voorliggende varianten heeft IL&T een sterke voorkeur uitgesproken voor de variant 1, waarin de masten worden voorzien van rood-witte banden (voor de dagperiode) en vast brandende rode verlichting (voor de nachtperiode). De ministers van EZ en I&M hebben u laten weten in het kader van de vliegveiligheid deze voorkeur te zullen volgen. Wij zenden u derhalve bijgaand de aangepaste tekeningen van de betreffende masten 30 t/m 36.

Bijgaand ontvangt u naar aanleiding van het voorgaande traject deze aangepaste tekeningen, welke in de aanvraag zijn opgenomen als bijlage 3.5. Vriendelijk verzoeken wij u de eerder ontvangen bijlage 3.5 te vervangen door bijgaande bijlage. Ter onderbouwing zenden wij u de brief van de Inpectie Leefomgeving & Transport van 13 december jl., waarin de voorkeur voor de betreffende variant wordt onderbouwd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

QE1001DD.UN1008

TenneT
Taking power further

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmerliede-Spaarnwoude
T.a.v. dhr. M. Driessen
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG

DATUM	15 januari 2013
ONZE REFERENTIE	000 70 40 0078320
BEHANDELD DOOR	Wenda van Dijk
TELEFOON DIRECT	026 373 29 75
E-MAIL	Wenda.van.Dijk@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	1

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

Geachte heer Driessen,

Hierbij ontvangt u zoals besproken een aanvullende tekening behorende bij de aanvraag omgevingsvergunning, door ons verstuurd op 17 september 2012 en gewijzigd op 15 november 2012 en 20 december 2012. De aanvraag omgevingsvergunning betreft het bouwen van 15 masten en het bouwen van tijdelijke noodlijnen als ook het uitvoeren van werk en werkzaamheden. De aanvullende tekening heeft betrekking op het bouwen van de 15 masten. De aanvulling betreft de toevoeging van de klimrail/high step (een voorziening ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden). Deze voorziening is abusievelijk op de eerdere tekeningen niet opgenomen.

Bijlage 3.6 – Aanzicht klimrail/high step aan Wintrackmast

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

Isidoor Hermans
Projectmanager Randstad 380

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Haarlemmerliede-Spaarnwoude
T.a.v. dhr. M. Driessen
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG

DATUM	30 mei 2013
UW REFERENTIE	2013-0008-b
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0153431
BEHANDELD DOOR	Wenda van Dijk
TELEFOON DIRECT	026 373 15 55
E-MAIL	Wenda.van.Dijk@tennet.eu
AANTAL BIJLAGEN	8 (in 4-voud)

BETREFT Wijziging aanvraag omgevingsvergunning - Randstad 380 kV (Beverwijk-Vijfhuizen)

Geachte heer Driessen,

Op 17 september 2012 heeft u een aanvraag omgevingsvergunning ontvangen voor het bouwen van een 380 kV hoogspanningsverbinding, het bouwen van tijdelijke noodlijnen en het aanleggen van tijdelijke werkwegen en werkterreinen. Wij hebben verzoeken om wijziging en aanvulling van deze aanvraag ingediend op 15 november 2012, 20 december 2012 en 15 januari 2013. Op 12 april 2013 is het ontwerpbesluit omgevingsvergunning door Bureau Energieprojecten ter inzage gelegd conform de procedure van de rijkscoördinatieregeling.

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

A. Wijziging van een aantal werkterreinen en werkwegen
B. Afwijkend gebruik t.b.v. brede afspanning tuidraden tijdelijke noodmasten

Ad A

Naar aanleiding van contacten met diverse belanghebbenden 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 wijzigingen zijn eveneens afgestemd met het Hoogheemraadschap van Rijnland. De wijzigingen betreffen de werkterreinen en werkwegen van de nieuw te bouwen wintrackmasten 22, 23, 24, 26, 29, 30, 33 en de bestaande vakwerkmasten 21.2, 23.2 en 27.2.
Wij verzoeken u dan ook om de betreffende tekeningen van bijlage 2.2 te vervangen door de bijgevoegde tekeningen:

Mastnr. Tracé kaart	Mastnr. overige kaarten	Tek nr.	Toelichting wijziging
22	22	22-RHL-V	Het werkterrein wordt gekanteld, waardoor minder slootomlegging

GE100/DD/UN1008

		Versie 9 19-4-2013	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.
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.
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.

U ontvangt de gewijzigde tekeningen in 4-voud.

Ad B

Daarnaast is het zo dat de tuidraden van de noodmasten op dermate grote afstand van de mast dienen te worden afgespannen, dat deze zich gedeeltelijk buiten de tijdelijke bestemde zone van het inpassingsplan (Leiding- Hoogspanningsverbinding III voorlopig) bevinden. De bouw van de tijdelijke noodmasten met tuidraden maakt onderdeel uit van de aanvraag om omgevingsvergunning (bijlage 2.5, tekening 'maatschets tijdelijke steunmast'). In de aanvraag is echter per abuis het planologisch strijdig gebruik niet opgenomen. Hierbij verzoeken wij u alsnog om toestemming voor het planologisch strijdig gebruik van de tuidraden, voor zover deze zich buiten de plangrens van het inpassingsplan bevinden en derhalve in strijd zijn met de vigerende bestemming. Wij menen dat hiermee geen belangen van derden geschaad worden omdat het een tijdelijke situatie betreft, en omdat de feitelijke belemmering niet groter wordt dan in de oorspronkelijke aanvraag van 17 september 2012.

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

TenneT
Taking power further

GEMEENTE HAARLEMMERLIEDE EN SPAARNWOUDE
INGEK. - 4 JUL 2013
REG. NR. 1925

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland

Gemeente Haarlemmerliede en Spaarnwoude
T.a.v. de heer Kilic
Postbus 83
1160 AB ZWANENBURG

DATUM	1 juli 2013
ONZE REFERENTIE	000.007.40 0170281
BEHANDELD DOOR	Arend Middelburg
TELEFOON DIRECT	026 373 36 82
E-MAIL	Arend.Middelburg@tennet.eu

VERZONDEN - 3 JULI 2013

~~de raad~~
Behoort bij besluit van burgemeester en wethouders
d.d. 13-8-2013, no. 2013-0008
~~De secretaris~~

BETREFT Wijziging mastnummers Randstad 380kV

Geachte heer Kilic,

Zoals u weet is TenneT TSO B.V. bezig met de voorbereidingen van het aanleggen van de nieuwe Randstad 380kV hoogspanningverbinding (Noordring). Deze verbinding loopt van Bleiswijk via Vijfhuizen naar Beverwijk.

Op het tracégedeelte tussen de masten 20 en 39 (oude nummering) is na mast 24 één mast komen te vervallen. Doordat er één mast is komen te vervallen, wordt de nummering van de masten aangepast. Wij hebben een kaart waarop het oude en het nieuwe mastnummer vermeld staat bij deze brief gevoegd. Vanaf dit moment zullen wij in correspondentie en op kaartmateriaal het nieuwe mastnummer vermelden.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

i.o.

Cees de Jong
Hoofd Grondzaken

Voorstel aan B. en W. Rui
B W W
ACCOORD OVEREENK. VOLGSTEL
BESPREKEN
B en W d.d.
BESLISSING No.

GHS-OMGV lijn

Aanvraag omgevingsvergunning
Randstad 380kV Noordring
Beverwijk Vijfhuizen

Gegevens bevoegd gezag

Referentienummer	Datum ontvangst

Formulierversie
2012.01

Aanvraaggegevens

Let op: vul het formulier alstublieft volledig in.

Aanvraagnummer	-
Aanvraagnaam	-
Uw referentiecode	-
Ingediend op	-
Projectomschrijving	-
Gefaseerd	

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

- Werk of werkzaamheden uitvoeren
  - Werk of werkzaamheden uitvoeren
- Overig bouwwerk bouwen
  - Bouwen

Bijlagen

Nawoord en ondertekening

Formulierversie
2012.01

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-vestigingsnummer: 09155985

Statutaire naam: TenneT TSO BV

Handelsnaam: TenneT TSO BV

2 Contactpersoon

Geslacht:
- [X] Man
- [ ] Vrouw

Voorletters: I.F.M.

Voorvoegsels:

Achternaam: Hermans

Functie: Projectmanager Randstad 380kV

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode: 6812 AR

Huisnummer: 310

Huisnummertoevoeging:

Straatnaam: Utrechtseweg

Woonplaats: Arnhem

Adres:

4 Correspondentieadres

Adres: Postbus 718
6800 AS Arnhem

5 Contactgegevens

Telefoonnummer: 026 373 1555

Faxnummer:

E-mailadres: Brechje.van.Densen@tennet.eu

Adres berichtenbox:

Formulierversie
2012.01

Locatie

1 Locatieaanduiding

Locatie waar de werkzaamheden plaatsvinden

- ☐ Adres
- ☒ Kadastraal perceelnummer
- ☐ Locatie op Noordzee, Waddenzee of IJsselmeer

2 Adres

Postcode: Zie bijlage 1.2

Huisnummer

Huisnummertoevoeging

Straatnaam

Plaatsnaam

Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?

- ☒ Ja > *Specificeer hieronder de locatie(s)*
- ☐ Nee

Specificatie locatie

Toelichting op locatie

3 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente: Zie bijlage 1.2

Kadastrale gemeente: -

Kadastrale sectie

Kadastraal perceelnummer

Bouwplannaam

Bouwnummer

Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?
- [X] Ja
- [ ] Nee

Specificatie locatie

Toelichting op locatie

4 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel
- [ ] U bent eigenaar van het perceel
- [ ] U bent erfpachter van het perceel
- [ ] U bent huurder van het perceel
- [X] Anders

Uw belang bij deze aanvraag: TenneT is initiatiefnemer project Gesprekken worden gevoerd om een zakelijk recht te vestigen

5 Aanvulling locatieaanduiding

RD coördinaten

X-coördinaat: Zie bijlage 1.2

Y-coördinaat

UTM ED50 coördinaten

UTM-zone
- [ ] 31
- [ ] 32

N-coördinaat

E-coördinaat

ETRS89 / WGS84 Coördinaten

Invoerwijze
- [ ] Graden.decimale graden
- [ ] Graden.minuten.decimale minuten
- [ ] Graden.minuten.seconden.decimale seconden

Lengte

Breedte

Kilometerraai

Rivier of kanaal

Kilometering

Zijde
- [ ] Noorden (N)
- [ ] Zuiden (Z)
- [ ] Oosten (O)
- [ ] Westen (W)
- [ ] Links (Li)
- [ ] Rechts (Re)

6 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie: Zie bijlage 1.2

Werk of werkzaamheden uitvoeren

Formulierversie
2012.01

1 Werk of werkzaamheden uitvoeren

? Binnen welk bestemmingsplan zullen de werken, geen bouwwerk zijnde, of werkzaamheden worden uitgevoerd?

Bestemmingsplan Hofambacht
Bestemmingsplan Ver.Binnenpolder
Bestemmingsplan Polanenpark

Welke werken, geen bouwwerken zijnde, of welke werkzaamheden zullen worden uitgevoerd?

Ten behoeve van het project worden werkwegen aangelegd.
Zie bijlagen 2.1 en 2.2

Wordt grond afgevoerd naar een andere locatie?

☐ Ja
☒ Nee

Geef aan om hoeveel m³ af te voeren grond het gaat.

Geef het adres van de locatie waarnaar de grond wordt afgevoerd.

Zijn er obstakels aanwezig die in de weg staan voor het uitvoeren van het werk of de werkzaamheid?

☐ Ja
☒ Nee

? Staat in het bestemmingsplan dat een rapport moet worden overlegd waarin de archeologische waarde is vastgelegd van het terrein dat zal worden verstoord?

☐ Ja
☒ Nee

Formulierversie
2012.01

Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

1 Type bouwwerk

? Wat gaat u bouwen?

trace 380 kV hoogspanningsverbinding mast 18 - mast 36 (permanent) tijdelijke noodlijnen N33-N37

Gaat het om de bouw van één of meerdere zorgwoning(en)?

- ☐ Zorgwoning(en)
- ☐ Geen zorgwoning(en)

2 De bouwwerkzaamheden

? Wat is er op het bouwwerk van toepassing?

- ☐ Het wordt geheel vervangen
- ☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen
- ☒ Het wordt nieuw geplaatst

? Eventuele toelichting

Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?

- ☐ Ja
- ☒ Nee

3 Plaats van het bouwwerk

? Waar gaat u bouwen?

- ☒ Op het terrein
- ☐ Aan of op het hoofdgebouw
- ☐ Aan of op een bijgebouw of ander bouwwerk > *Vul hieronder de naam van het bijgebouw of bouwwerk in.*

Naam van het bijgebouw of bouwwerk

4 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

? Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk.*
- ☐ Nee

? Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

0 m2

Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

circa 40 m2 (permanente masten)

5 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

☒ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de bruto inhoud van het bouwwerk.*
☐ Nee

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

zie bijlagen 3.1 en 3.2

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

6 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

☒ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de bebouwde oppervlakte van het terrein.*
☐ Nee

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

0 m2

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

40 m2

7 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

> *Een bouwwerk kan seizoensgebonden en/ of tijdelijk zijn. Denk aan bijvoorbeeld een tijdelijke bouwkeet of een strandtent die voor drie jaar achter elkaar in april wordt opgebouwd en in oktober weer afgebroken.*

Gaat het om een seizoensgebonden bouwwerk?

☐ Ja > *Beantwoord de volgende twee vragen over de periode waarin het bouwwerk aanwezig is.*
☒ Nee

Het bouwwerk is aanwezig van

☐ Januari
☐ Februari
☐ Maart
☐ April
☐ Mei
☐ Juni
☐ Juli
☐ Augustus
☐ September
☐ Oktober
☐ November
☐ December

Het bouwwerk is aanwezig tot

☐ Januari
☐ Februari
☐ Maart
☐ April
☐ Mei
☐ Juni
☐ Juli
☐ Augustus
☐ September
☐ Oktober
☐ November
☐ December

Gaat het om een tijdelijk bouwwerk?

☒ Ja > *Vul hieronder in hoeveel jaren het bouwwerk op de locatie blijft bestaan.*
☐ Nee

Hoeveel jaar blijft het bouwwerk op de locatie bestaan?

de tijdelijke noodlijnen zijn 1 jaar in bedrijf

8 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor?

- ☐ Wonen
- ☐ Overige gebruiksfuncties > *Vul hieronder in waar u het bouwwerk en/of terrein momenteel voor gebruikt.*

Geef aan waar u het bouwwerk en/ of terrein momenteel voor gebruikt.

niet van toepassing

Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken?

- ☐ Wonen > *Beantwoord de volgende twee vragen over de gebruiks- en vloeroppervlakte.*
- ☒ Overige gebruiksfuncties > *Vul hieronder in waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.*

Wat wordt de gebruiksoppervlakte van de woning in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

Wat wordt de vloeroppervlakte van het verblijfsgebied van de woning in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken.

een 380 kV hoogspanningsverbinding

> Vul deze tabel in als het bouwwerk één of meer van de overige gebruiksfuncties krijgt.

9 Gebruiksfuncties

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

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

> Beantwoord onderstaande vragen alleen als u één of meerdere woningen of wooneenheden gaat bouwen.

10 Huurwoningen

Wat is het aantal huurwoningen waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

niet van toepassing

Wat is het aantal huurwooneenheden waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

11 Koopwoningen

Wat is het aantal koopwoningen waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

niet van toepassing

Wat is het aantal koopwooneenheden waarvoor een vergunning wordt aangevraagd?

12 Algemeen

Bent u na voltooiing van de werkzaamheden bewoner van het bouwwerk?

- ☐ Ja
- ☒ Nee

13 Uiterlijk bouwwerk/welstand

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

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

Vul hier overige onderdelen en bijbehorende materialen en kleuren in.

Zie bijlagen 3.1 tot en met 3.6

14 Mondeling toelichten

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

- ☐ Ja
- ☒ Nee

15 Kosten

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

PM

> Beantwoord onderstaande vragen alleen als u één of meerdere zorgwoningen of wooneenheden gaat bouwen.

16 Wonen en zorg

Zorgwoningen zijn woningen waar bewoners zorg krijgen. Het kan gaan om grondgebonden woningen of woningen in een woongebouw. De woningen hebben een eigen voordeur waarachter bewoners individueel of in een groep wonen al dan niet met een gezamenlijke huishouding.

(?) Om welk soort woning gaat het?

- ☐ Zelfstandige woning, grondgebonden (individueel wonen)
- ☐ Zelfstandige woning, in woongebouw (individueel wonen)
- ☐ Geclusterde grondgebonden woningen i.v.m. zorg (individueel wonen)
- ☐ Geclusterde woningen i.v.m. zorg in woongebouw (individueel wonen)
- ☐ Groepswoning

(?) Welke zorgvoorziening is aanwezig in de woningen/wooneenheden?

- ☐ Geen zorg/n.v.t.
- ☐ Zorg op afspraak (thuiszorg)
- ☐ Zorg op afroep (zorgpost in de buurt, via intercom)
- ☐ 24-uurs zorg (zorgverleners in huis)

Formulierversie
2012.01

Nawoord en ondertekening

Zijn de bijlagen bij deze aanvraag compleet?	☐ Ja ☒ Nee
Vul uw eventuele persoonlijke opmerkingen over uw aanvraag hier in.	Zie voor toelichting aanvraagbrief
Als blijkt dat voor één van de aangevraagde onderdelen geen vergunning verleend kan worden, wilt u dan voor de overige aangevraagde onderdelen wel een vergunning ontvangen?	☐ Ja ☒ Nee
Geeft u toestemming om persoonsen adresgegevens van de aanvrager/melder en, indien van toepassing, de gemachtigde openbaar te maken?	☐ Ja ☒ Nee
Geeft u toestemming om de geschatte kosten van de bouwwerkzaamheden openbaar te maken?	☐ Ja ☒ Nee

☐ Hierbij verklaar ik dat ik de aanvraag/melding naar waarheid heb ingevuld en dat ik weet dat er kosten zijn verbonden aan het indienen van een aanvraag.

Niet verplicht in te vullen indien u gemachtigde bent.

Handtekening aanvrager

Datum 17-9-2012

Handtekening

Handtekening gemachtigde

Datum

Handtekening

Terugsturen van de aanvraag

U kunt de aanvraag of melding inclusief bijbehorende bescheiden versturen naar onderstaand adres van het bevoegd gezag.

Bevoegd gezag omgevingsvergunning

Naam:	Gemeente Haarlemmerliede CA
Bezoekadres:	Haarlemmerstraatweg 51, 1165MJ Halfweg
Postadres:	Postbus 83, 1160 AB Zwanenburg
Emailadres:	wabo@haarlemmerliede.nl
Website:	www.haarlemmerliede.nl
Contactpersoon:	J.P.Mendrik

TenneT
Taking power further

VRIJGAVEBLAD VERGUNNINGSGEGEVENS

DATUM 17 september 2012
REFERENTIE 000.007.40 0024441 GHS-OMGV lijn

ONDERWERP Aanvraag GHS-OMGV lijn

Gemeente Haarlemmerliede Spaarnwoude
Wabo – omgevingsvergunning

Bijlage	Naam – kenmerk – revisiedatum	Gezien engineer	Paraaf voor vrijgave
1.1	Tracékaart Randstad 380 kV Noordring Beverwijk – Vijfhuizen kenmerk: R380 10 0963 d.d. 10-8-2012	J. Verduijn	I.F.M. Hermans
1.2	Kadastrale kaarten kenmerk: R380 10 1228 d.d. 29-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.1	Aanlegvergunningplicht kenmerk: 000.007.40 0024441 d.d. 29-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
2.2	Werkterreintekeningen mast 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 kenmerk: 22-RHL-V; 23-RHL-V;23a-RHL-V; 24-RHL-V; 28-RHL-V; 29-RHL-V; 30-RHL-V;31-RHL-V; 32-RHL-V; 33-RHL-V; 34-RHL-V d.d. 20-8-2012 kenmerk: 26-RHL-V d.d. 3-9-2012	J. Verduijn	G. Volman
3.1	Constructietekeningen en berekeningen masten Mastenlijst 380 kV verbinding Beverwijk-Vijfhuizen Kenmerk: 00.007.40 0036353 d.d. 4-9-2012	J. Verduijn	G. Volman

TenneT TSO B.V.

	Constructietekeningen masten: Kenmerk: MS20120025/04; MS20120025/07; MS20120025/08; MS20120025/09; MS20120025/11; MS20120025/12; MS20120025/13; MS20120025/14 d.d. 3-9-2012 Statische ontwerpberekening Masttype "W2H300 (+10)" Kenmerk: -- d.d. 30-7-2012		
3.2	Constructietekeningen en berekeningen mastfundaties Situatietekening fundatie Wintrackmasten Randstad 380 Noord kenmerk: T-VO-KW-0-001 d.d. 30-8-2012 Constructietekening funderingspoer R380.1, R33.7, C9.0, C11.5, C.14.7 kenmerk: 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 Principe constructietekening mastfundatie 380 kV poer R38.5 kenmerk: T-V0-KW-V-004 d.d. 20-8-2012 Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk-Vijfhuizen) Fundatie Wintrackmasten. Principeberekening R38.5N poer Kenmerk: 2410010-BER-DO-KW-001 d.d. 20-8-2012	J. Verduijn	G. Volman

TenneT TSO B.V.

3.3	Lengteprofielen: 380/150kV Lijn Beverwijk – Vijfhuizen lengteprofiel mast 17 (vkt 4.0) tot 31 (vkt 4.0) kenmerk: 30813059-50-001 (VKT 4.0) 3 van 4 d.d. 10-8-2012 380/150kV Lijn Beverwijk - Vijfhuizen lengteprofiel mast 32 (vkt 4.0) tot Stationsportaal Vhz (VKT 4.0) 4 van 4 Kenmerk: 30813059-50-001 VKT 4.0 d.d. 10-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
3.4	Noodlijnenplan: kenmerk: R380 10 0974 d.d. 29-8-2012 kenmerk: 1315-Velsen-Vijfhuizen noodlijnen pagina's 7 en 8 van 9 d.d. 16-8-2012 Maatschets tijdelijke steunmast Kenmerk – d.d. 30-8-2012	J. Verduijn	G. Volman
3.5	Schets obstakelverlichting en markeringen Masttype W2S300+10 kenmerk: MS20120025/15 d.d. 3-9-2012	J. Verduijn	G. Volman

TenneT
Taking power further

Bijlage 1.1

GHS-OMGV lijn

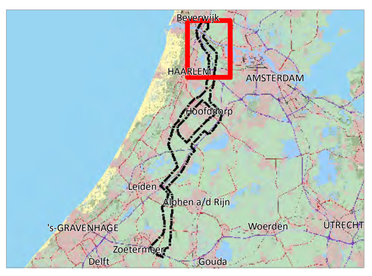
Tracékaart
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

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

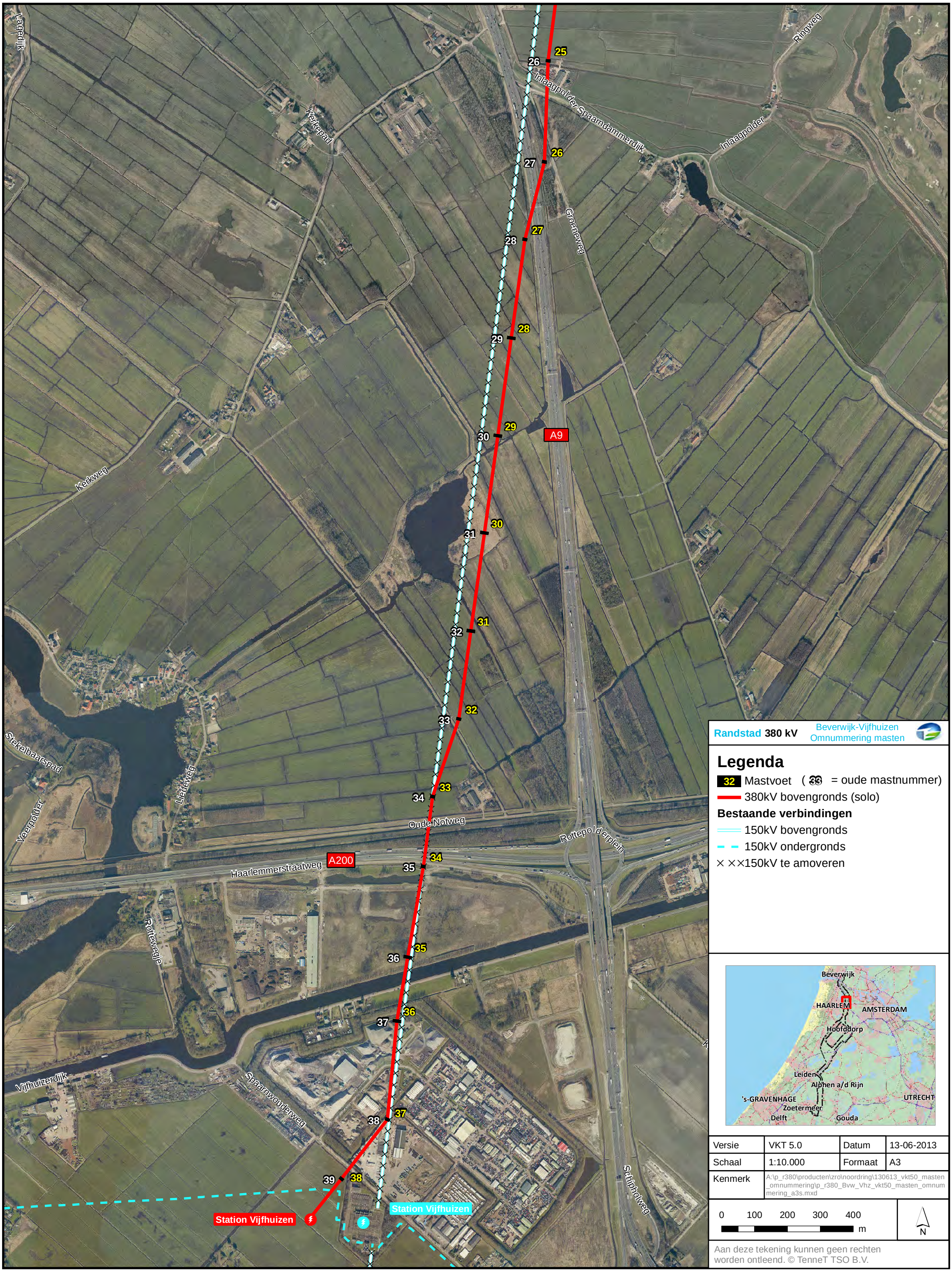
0 250 500 750 1.000 meter

N

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

Randstad 380 kV

Beverwijk-Vijfhuizen Omnummering masten



Randstad 380 kV Beverwijk-Vijfhuizen Omnummering masten

Legenda

32 Mastvoet (33 = oude mastnummer)

380kV bovengronds (solo)

Bestaande verbindingen

150kV bovengronds

150kV ondergronds

×××150kV te amoveren

Versie	VKT 5.0	Datum	13-06-2013
Schaal	1:10.000	Formaat	A3
Kenmerk	A:\p_r380\producten\zro\noordring\130613_vkt50_masten_omnummering\p_r380_Bvw_Vhz_vkt50_masten_omnummering_a3s.mxd		

0 100 200 300 400 m

N

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

TenneT
Taking power further

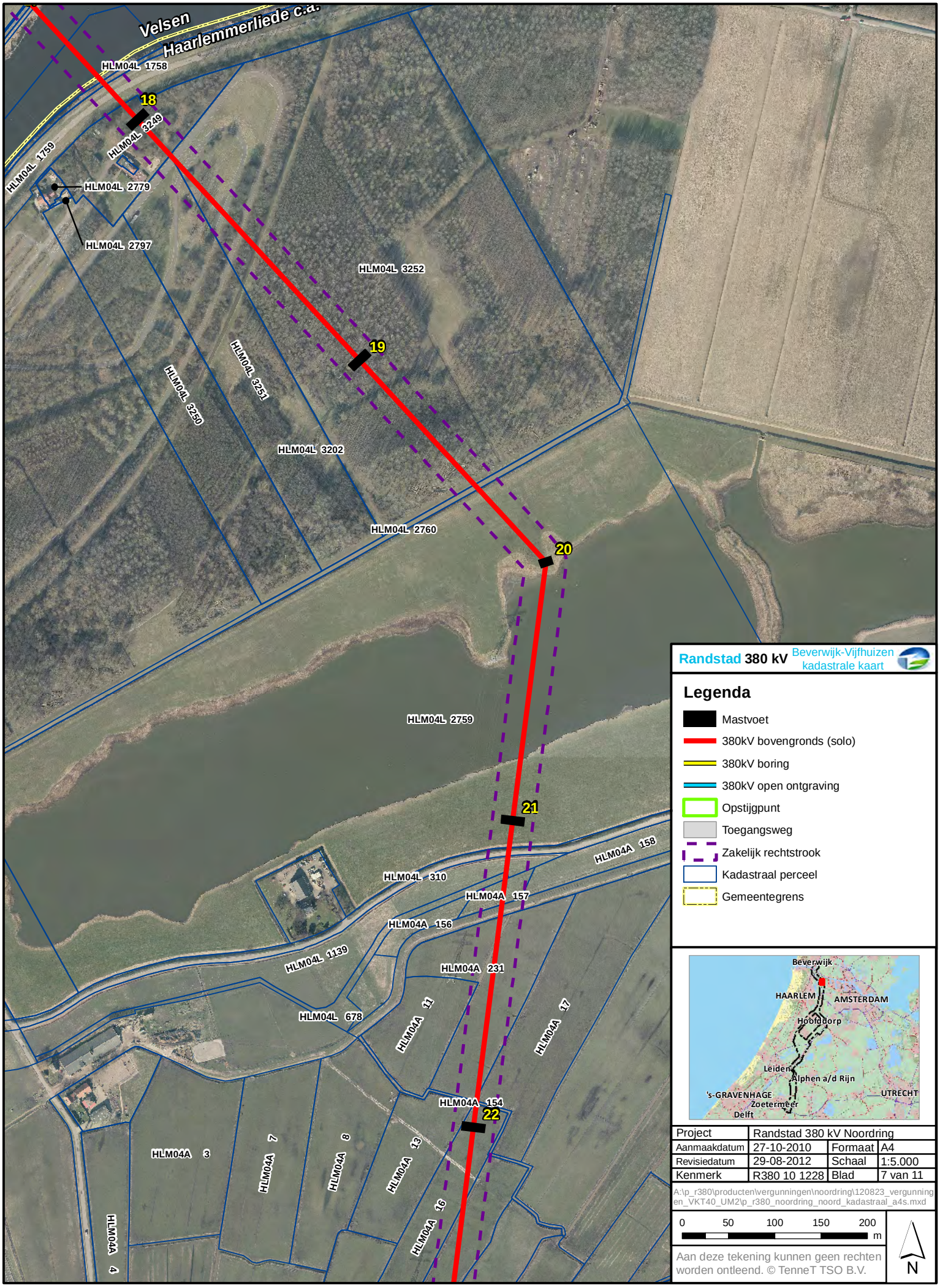
Bijlage 1.2

GHS-OMGV lijn

Kadastrale kaarten

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

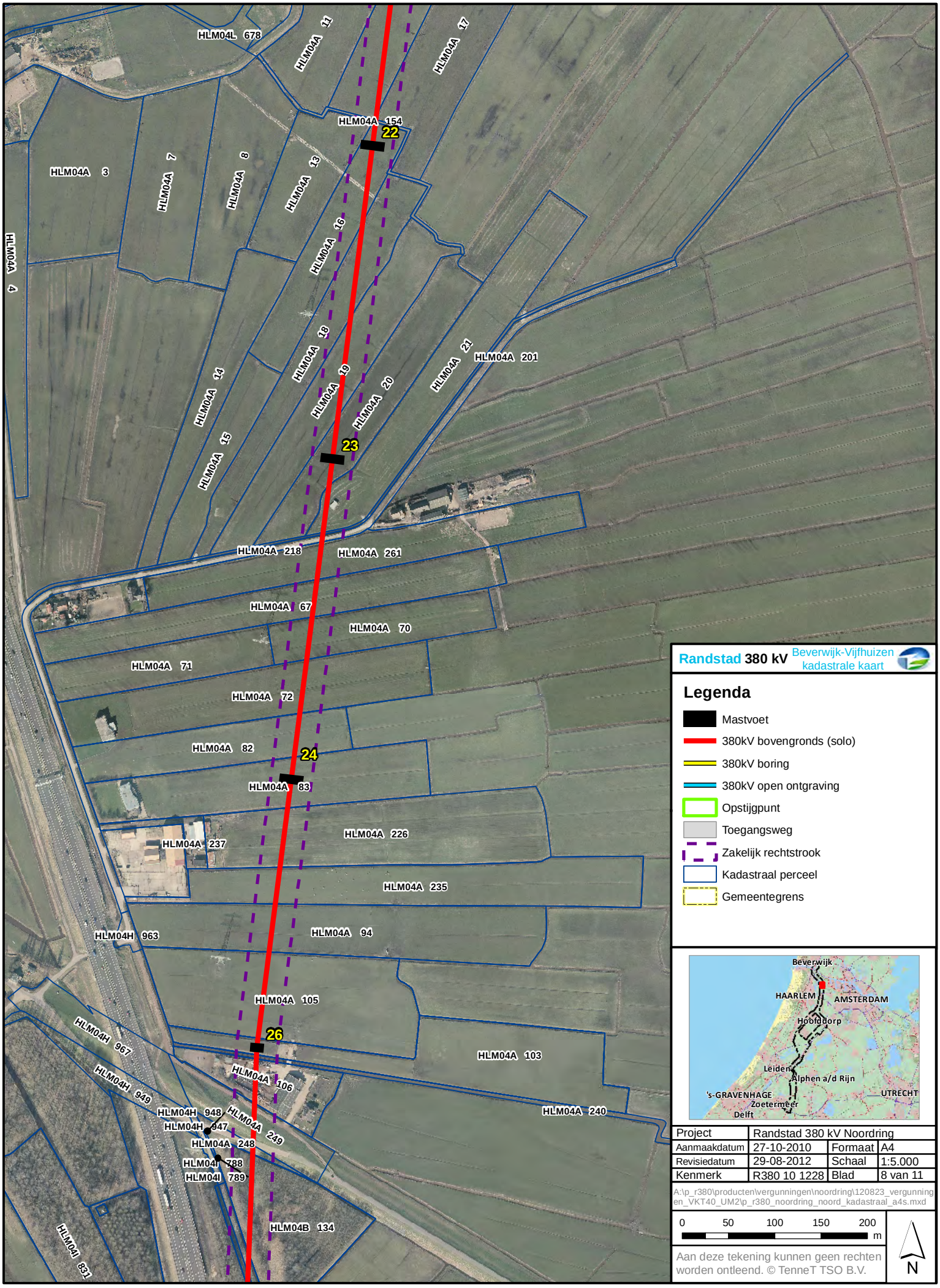
0 50 100 150 200 m

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

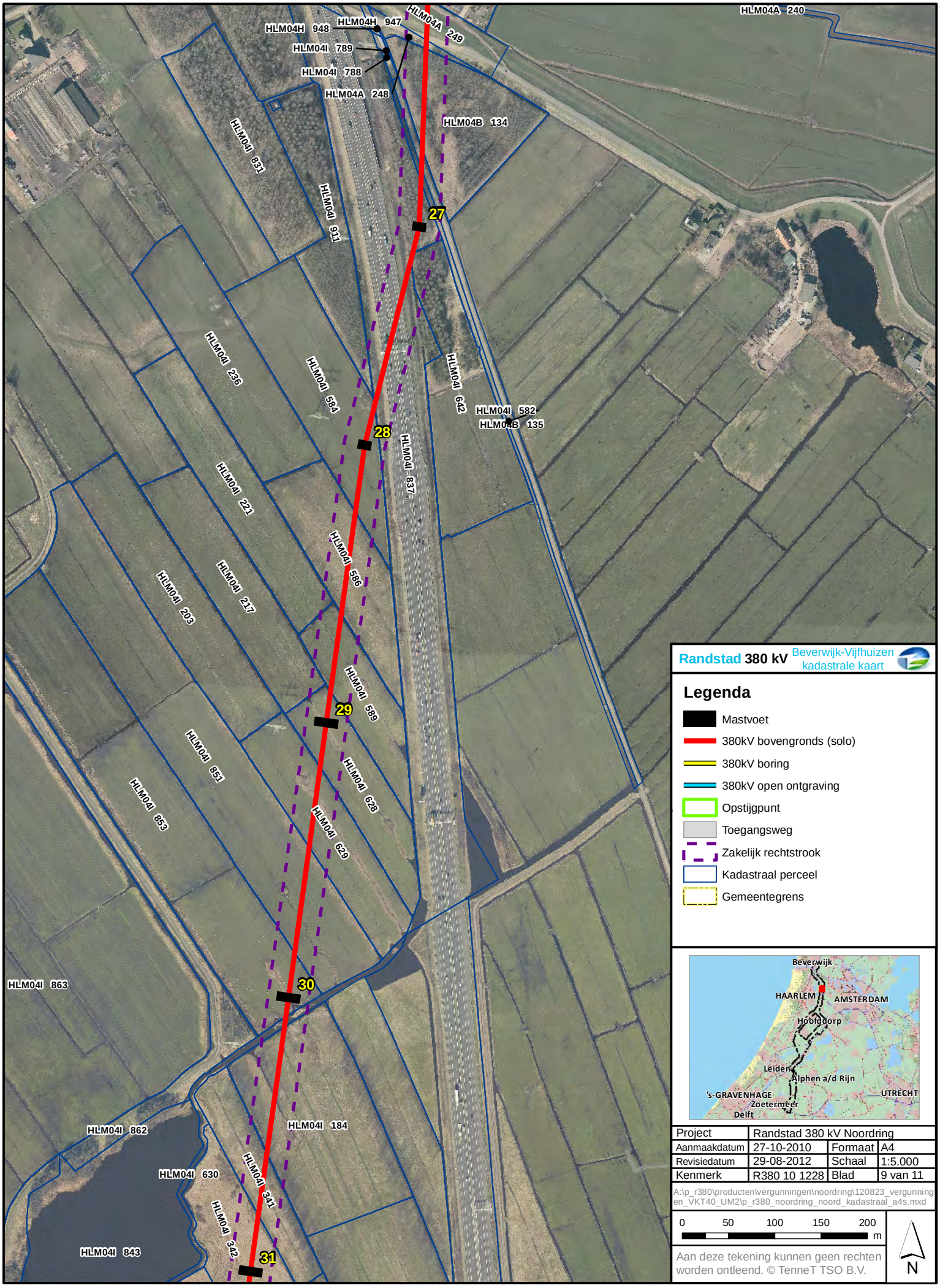
0 50 100 150 200 m

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

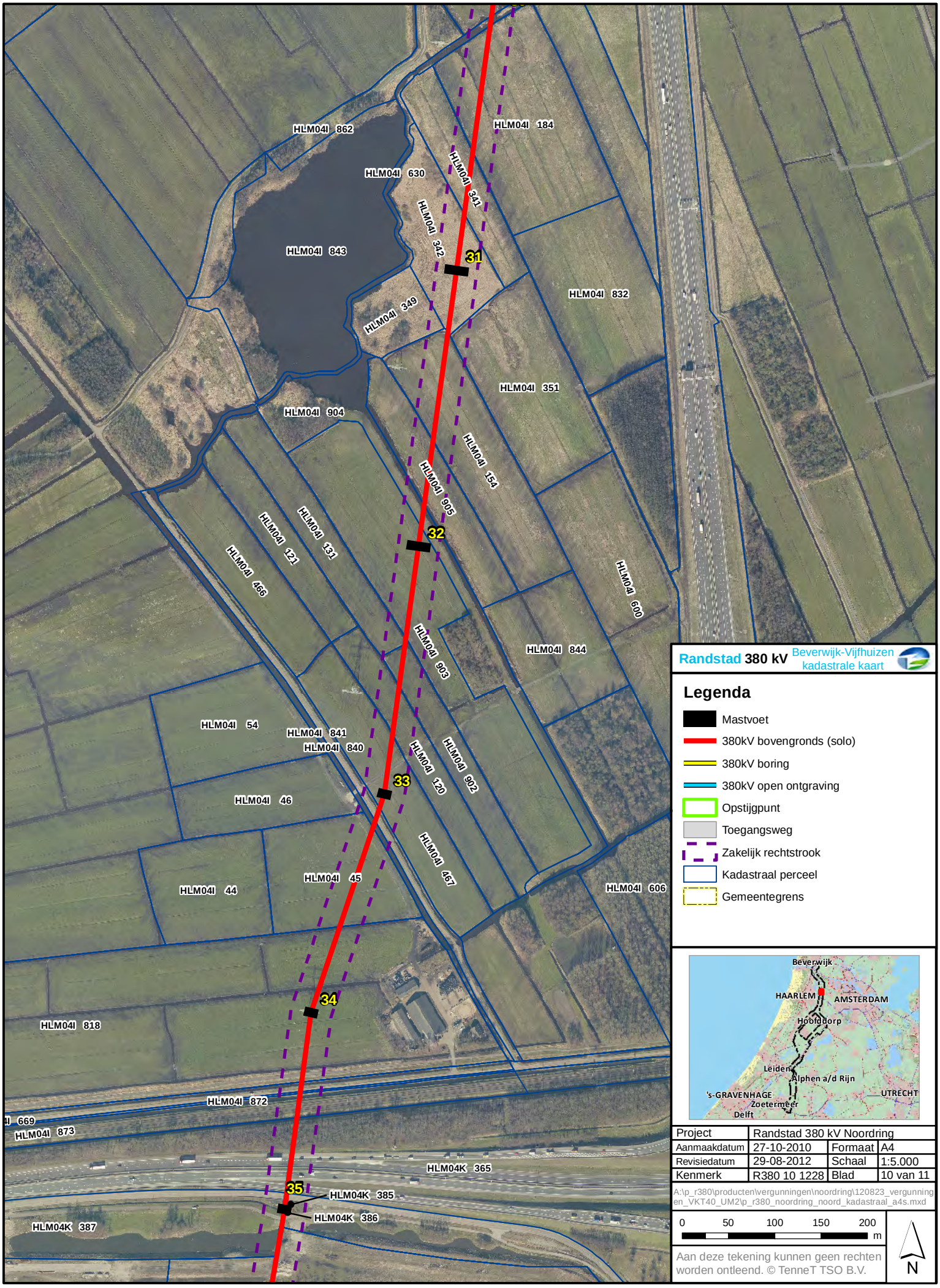
0 50 100 150 200 m

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

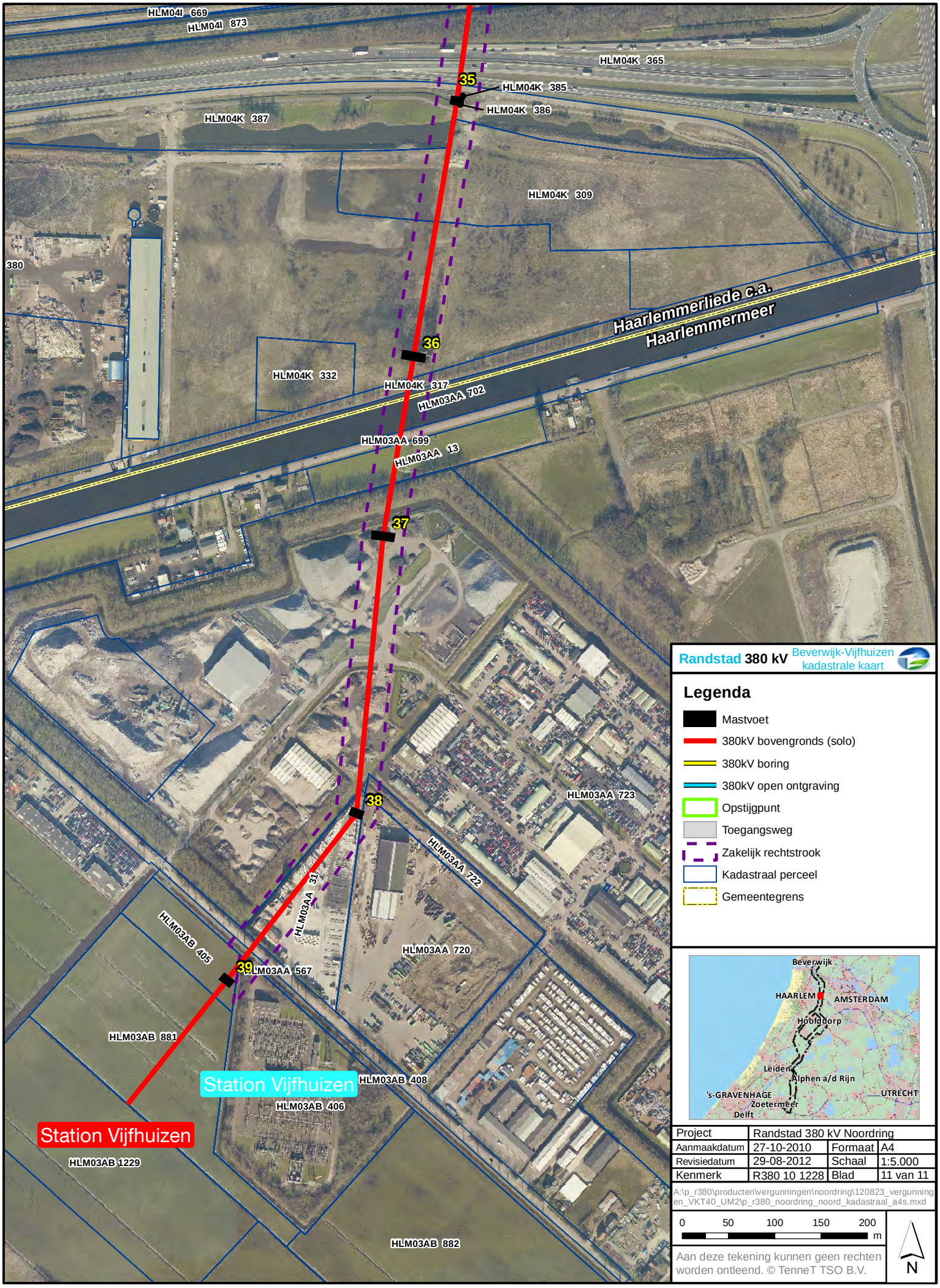
0 50 100 150 200 m

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

Bijlage 2.1

GHS-OMGV lijn

Analyse aanlegvergunningplicht

NOTITIE

AAN	Gemeente Haarlemmerliede-Spaarnwoude	**DATUM**	29 augustus 2012
		REFERENTIE	000.007.40.0024441
		VAN	Mark Meulepas

ONDERWERP Aanlegvergunningen in vigerende bestemmingsplannen

D Ter besluitvorming ■ Ter informatie

In het kader van het project Randstad 380 kV Noordring is nagegaan of op grond van vigerende bestemmingsplannen een omgevingsvergunning voor de aanleg ex artikel 2.1, eerste lid onder b, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (voorheen aangeduid als 'aanlegvergunning') is vereist voor een tijdelijke werkweg (ten behoeve van de aanleg van de hoogspanningsverbinding) buiten het inpassingsplangebied (het RIP-gebied). Voor het gemak wordt de oude term 'aanlegvergunning gebruikt.

In de vigerende bestemmingsplannen in de gemeente Haarlemmerliede-Spaarnwoude is onderzocht of er op het tracé van de geplande 380 kV hoogspanningsverbinding een aanlegvergunningenstelsel geldt wat ook van toepassing is op tijdelijke werkwegen. In deze notitie is de uitkomst van dit onderzoek opgenomen.

Bestemmingsplan 'Hofambacht 1986'

Ongeveer de helft van de geplande 380 kV-hoogspanningsverbinding die 'over' dit bestemmingsplangebied gaat, ligt binnen de bestemming(en) 'Agrarische doeleinden met recreatief medegebruik en met cultuurhistorische verkaveling' (en een stukje 'Agrarische doeleinden, tevens dijk en dijksbermen met landschappelijke en cultuurhistorische waarde'). Deze bestemming beslaat niet alleen een groot deel ter plaatse van de verbinding maar ook het gebied 'rondom' het RIP-gebied (het gebied ten oosten van de rijksweg A9 en ten noorden van de Spaarndammerdijk). Het betreft een lengte van ongeveer 1,5 kilometer: op dat stuk worden vier masten (met mastnummers 22, 23, 24 en 26) gebouwd.

Dit bestemmingsplan kent voor de bestemming 'Agrarische doeleinden met recreatief medegebruik en met cultuurhistorische verkaveling' een aanlegvergunningstelsel (artikel 5, lid 4 van de planregels) voor "het aanleggen van wegen". Voor dus ongeveer een tracé van 1,5 kilometer lengte (4 masten) bestaat een aanlegvergunningenstelsel. Voor de overige bestemmingen die de geplande verbinding 'kruist', is geen, althans een naar verwachting te ontwijken, aanlegvergunningenstelsel opgenomen.

Conclusie: Ten aanzien van de vier masten met mastnummers 22, 23, 24 en 26 zal naar verwachting een aanlegvergunning moeten worden aangevraagd voor (een) tijdelijke werkweg(en) indien deze werkweg(en) buiten het RIP-gebied worden gesitueerd.

Bestemmingsplan 'Vereenigde Binnenpolder 2005'

Op verreweg het grootste deel van de geplande 380 kV-hoogspanningsverbinding dat binnen het plangebied van het bestemmingsplan 'Vereenigde Binnenpolder 2005' ligt, rust de bestemming 'Natuurlijk terrein'. Deze bestemming beslaat niet alleen een groot deel ter plaatse van de verbinding maar ook het gebied 'rondom' het RIP-gebied (het gebied ten westen van de rijksweg A9 en ten noorden van de rijksweg A200). Het betreft een lengte van ongeveer 2 kilometer: op dat stuk worden acht masten (met mastnummers 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34) gebouwd.

De mastvoet van mast 27 ligt vlak bij een weg, de Groene Weg, hier valt de tijdelijke werkweg binnen het RIP-plangebied waarvoor geen aanlegvergunning voor een tijdelijke werkweg noodzakelijk is.

Het bestemmingsplan Vereenigde Binnenpolder 2005 kent voor de bestemming 'Natuurlijk terrein' een aanlegvergunningenstelsel (artikel 2.13, lid 4 van de planregels) voor "het aanleggen van wegen". Voor dus ongeveer een tracé van 2 kilometer lengte (7 masten) bestaat een aanlegvergunningenstelsel.

Conclusie: Ten aanzien van de zeven masten met mastnummers 28 tot en met 34 zal naar verwachting een aanlegvergunning moeten worden aangevraagd voor (een) tijdelijke werkweg(en) indien deze werkweg(en) buiten het RIP-gebied worden gesitueerd.

Bestemmingsplan Polanenpark

De tijdelijke werkwegen behorende bij mast 35 en 36 zijn gelegen binnen de bestemmingen Bedrijventerrein (1, 2, 3, 4 en 5) en de bestemming Verkeer van het bestemmingsplan Polanenpark. Hierin zijn geen aanlegvergunningenstelsels opgenomen.

Conclusie: Ten aanzien van twee masten 35 en 36 zal geen aanlegvergunning hoeven te worden aangevraagd voor (een) tijdelijke werkweg(en) welke buiten het RIP-gebied zijn gesitueerd.

Resumé:

Voor mast 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33 en 34 (totaal 11 masten) wordt een 'aanlegvergunning' aangevraagd voor de aanleg van tijdelijke werkwegen buiten het RIP-gebied.

Bijlage 2.2

GHS-OMGV lijn

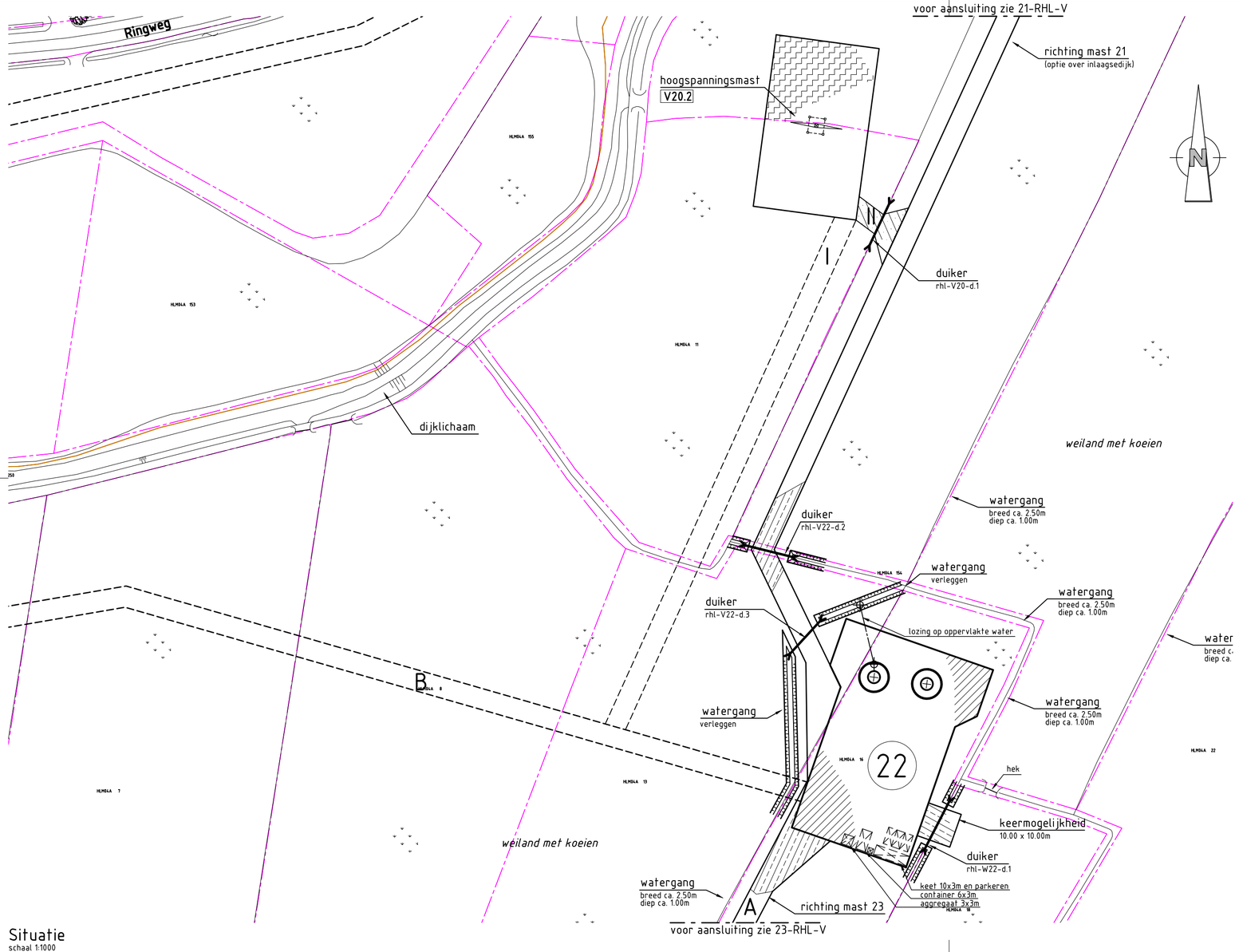
Werkterreintekeningen mast 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34

Conversietabel

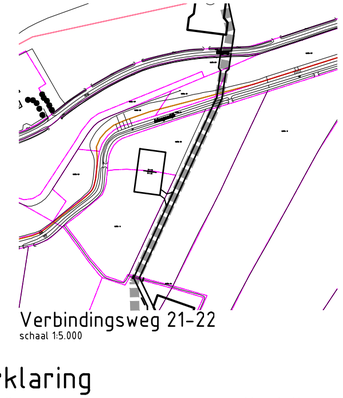
Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

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)

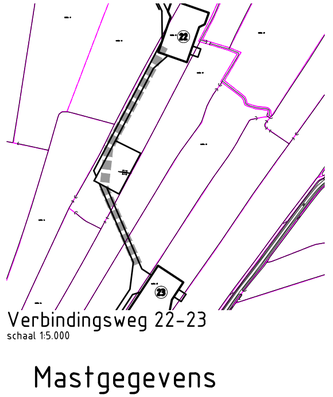
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)



Situatie
schaal 1:1000



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	: 108700.75	
	492101.49	

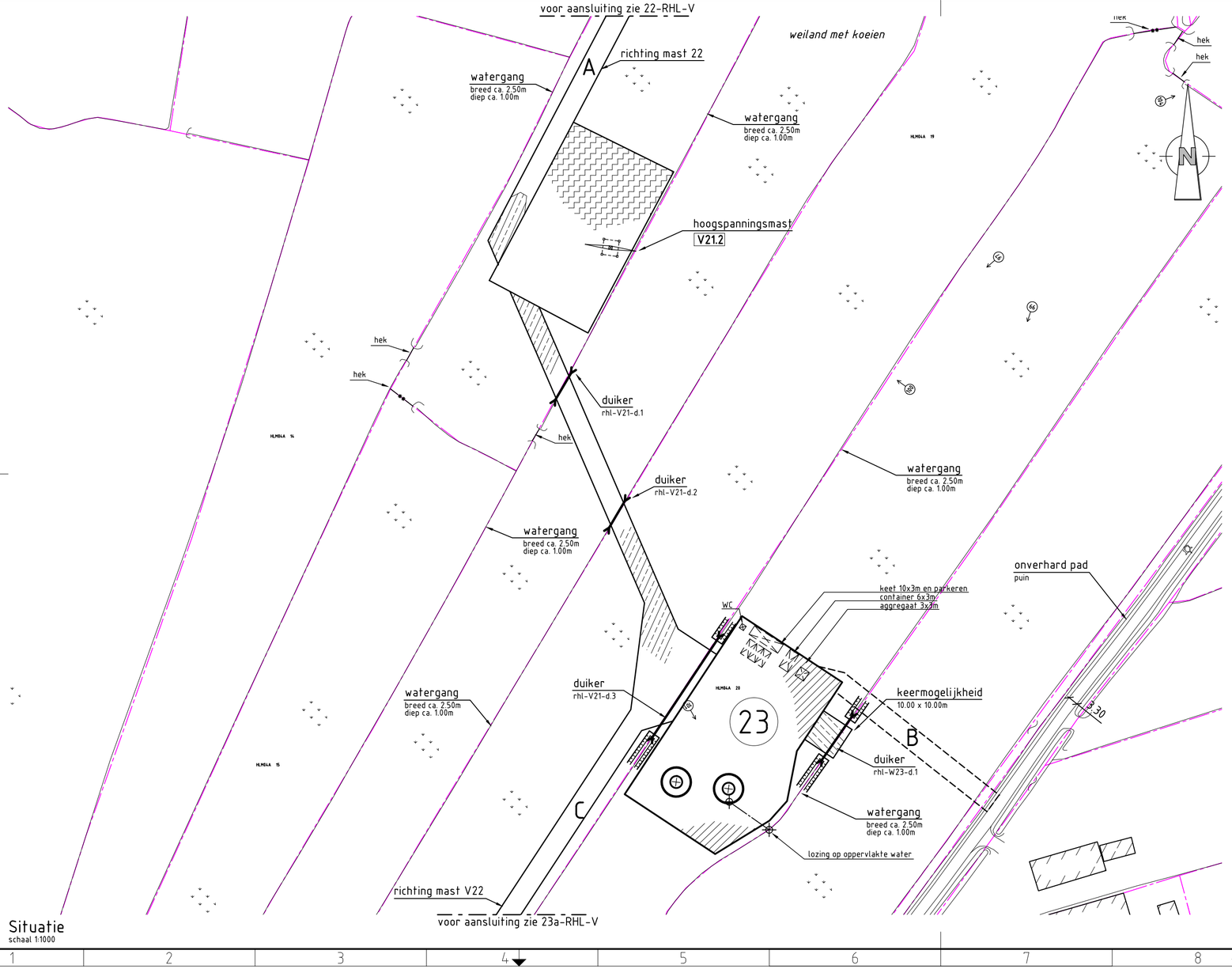
22b (vkt 4.0)

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	DO	tek.nr. 22-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 22-23
schaal 1:5.000

Verklaring

Verhardingen
- asfalt
- bestrating
- beton
- granulaat/puin
- onverhard

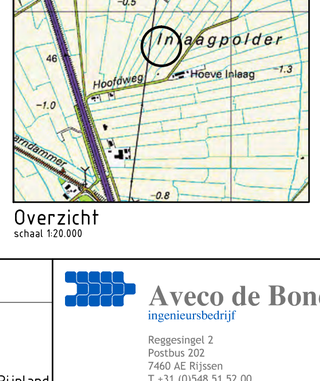
Werkterreinen
- wintrack masten, incl. fundering
- werkterrein, afm ca. 60.00 x 35.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- optionele opstelruimte, t.b.v. geleidermontage
- V1.1 hoogspanningsmasten
- werkterrein, afm ca. 30.00 x 50.00m
- bouwweg, breed 6.00m
- N1.1 noodmasten
- 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 11397 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

voor aansluiting zie 23-RHL-V

opstal
houten schuur
hek

watergang
breed ca. 2.50m
diep ca. 1.00m

duiker
rhl-W24-d.1

hek

Inlaagpolder

3.00

duiker
rhl-W24-d.2

GEWIJZIGD

Verkeersmaatregelen
Conform CROW 96a/96b

Inlaagpolder

duiker
rhl-W24-d.3

richting mast 23

hoogspanningsmast
V22.2

watergang
breed ca. 2.50m
diep ca. 1.00m

verbinding mast 23
vervallen

watergang
breed ca. 2.50m
diep ca. 1.00m

bunker

voor aansluiting zie 24-RHL-V

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
- V1.1 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

Overzicht
schaal 1:20.000

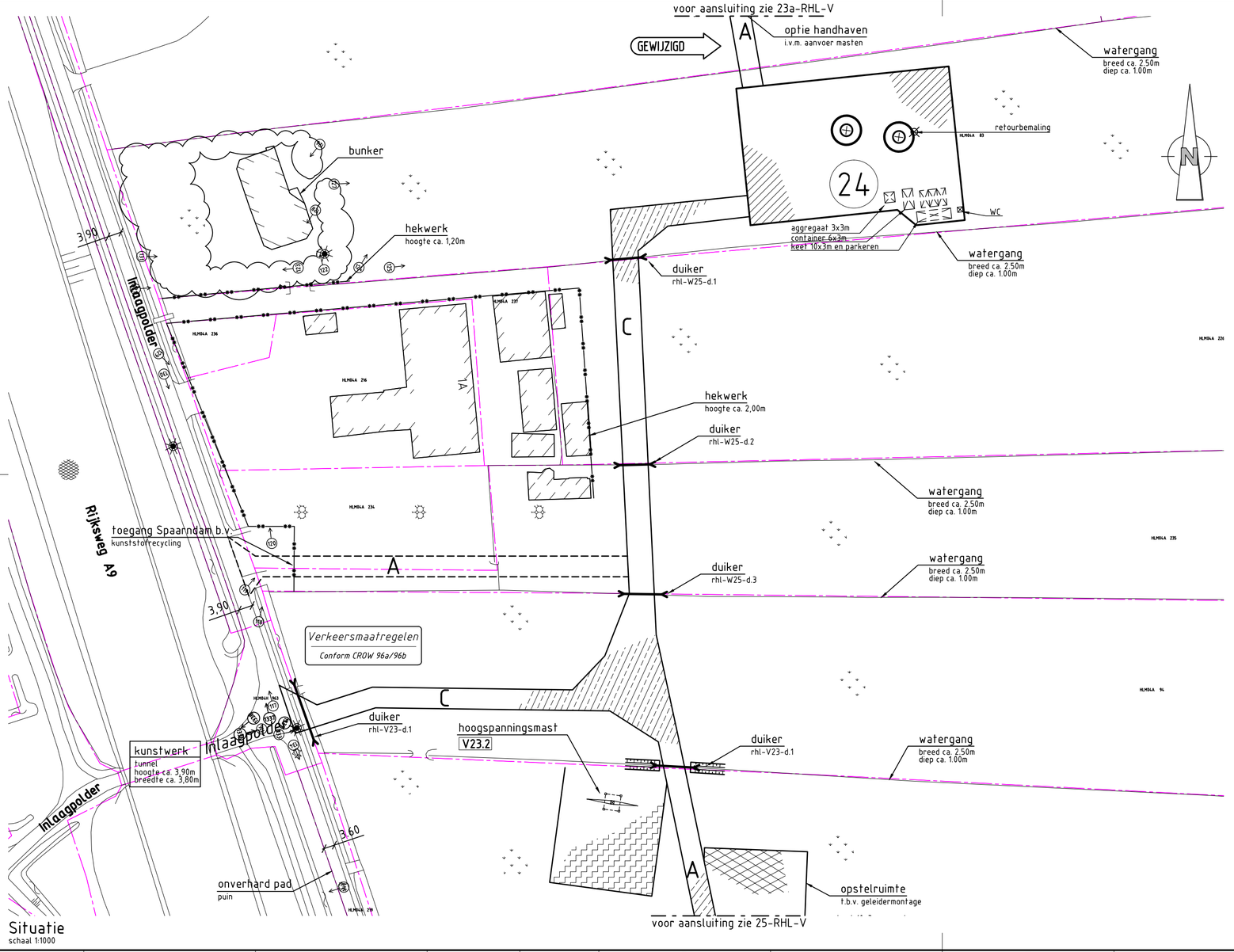
projekt: **Randstad-Noord 380kV**

onderdeel: **Vergunning aanvraag werkterrein**
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast V22
Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland

opdrachtgever: VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

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 33 van 48 bladen	versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	status/uitgave	V0	tek.nr.	23a-RHL-V
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	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.
- BVW884 11997 kadastergrens met nummer
- hoogspanningsmast
- noodmast

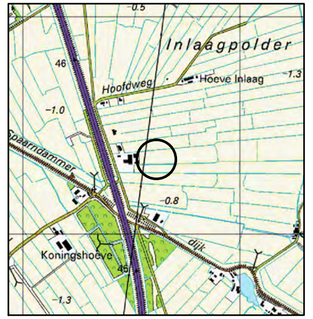
Mastgegevens

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)

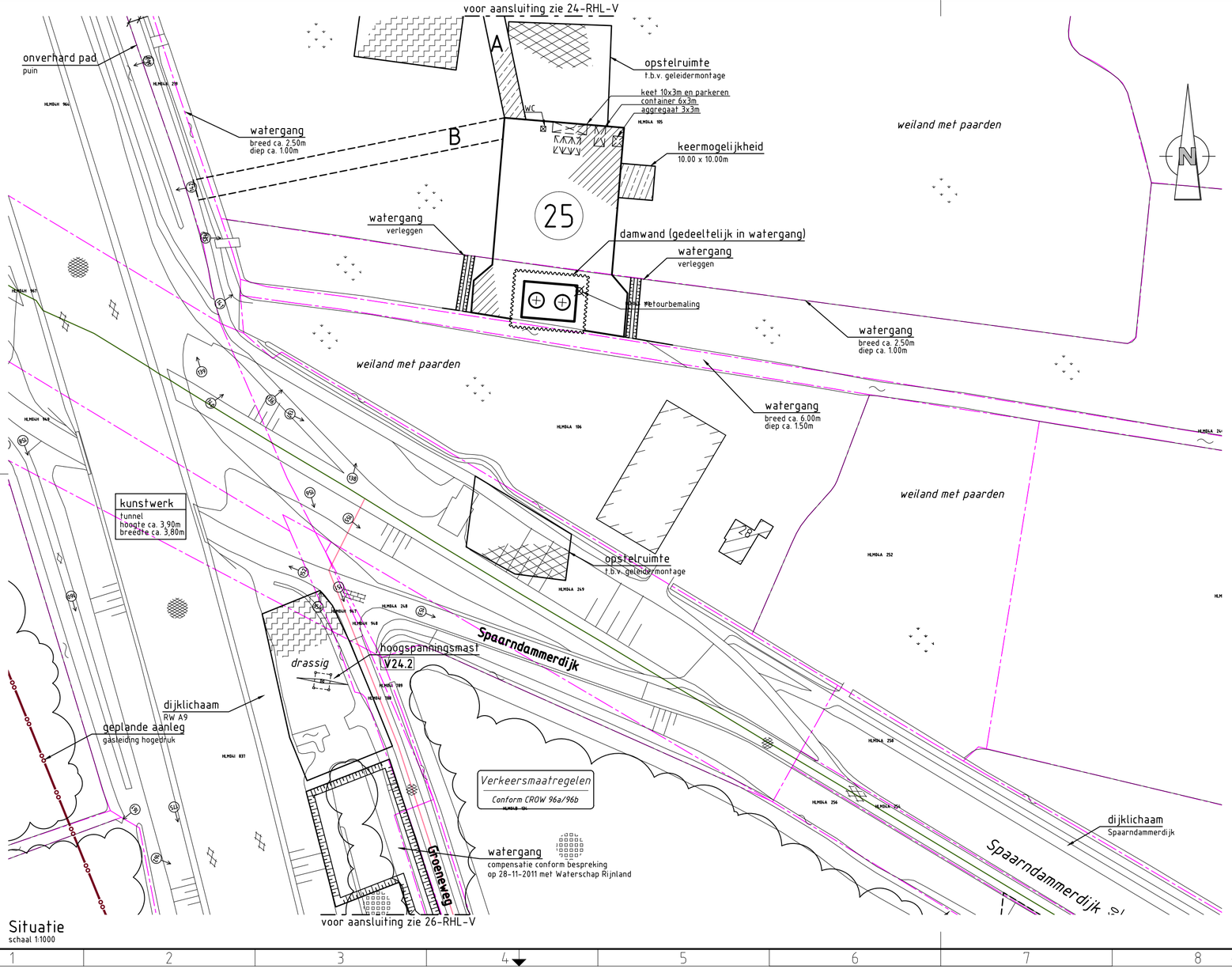
Type	: W2S350+5	
Masthoogte	: 51	(m)
Metrering	: 8346	(m)
Maaiveld	: -2.541	(m)
Terrein	: C	
Coördinaten	: 108628.4	
	491415.88	



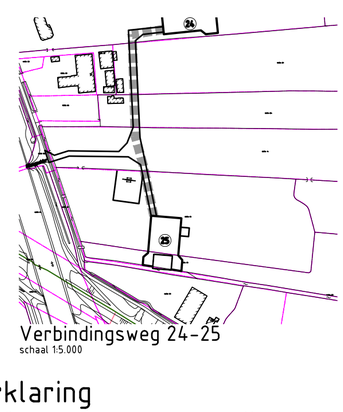
Overzicht
schaal 1:20.000

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						
	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			

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

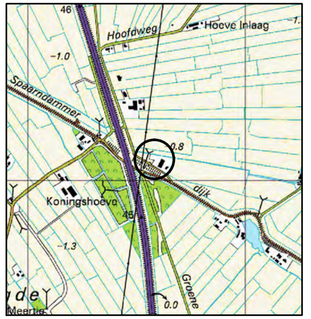
Mastgegevens

25a (vkf 4.0)

Type	: W2H350+5	
Masthoogte	: 55	(m)
Metrering	: 8638	(m)
Maaiveld	: -0.494	(m)
Terrein	: A	
Coördinaten	: 108579.88	
	491127.73	

25b (vkf 4.0)

Type	: W2H350+5	
Masthoogte	: 55	(m)
Metrering	: 8638	(m)
Maaiveld	: -0.494	(m)
Terrein	: A	
Coördinaten	: 108587.45	
	491127.1	

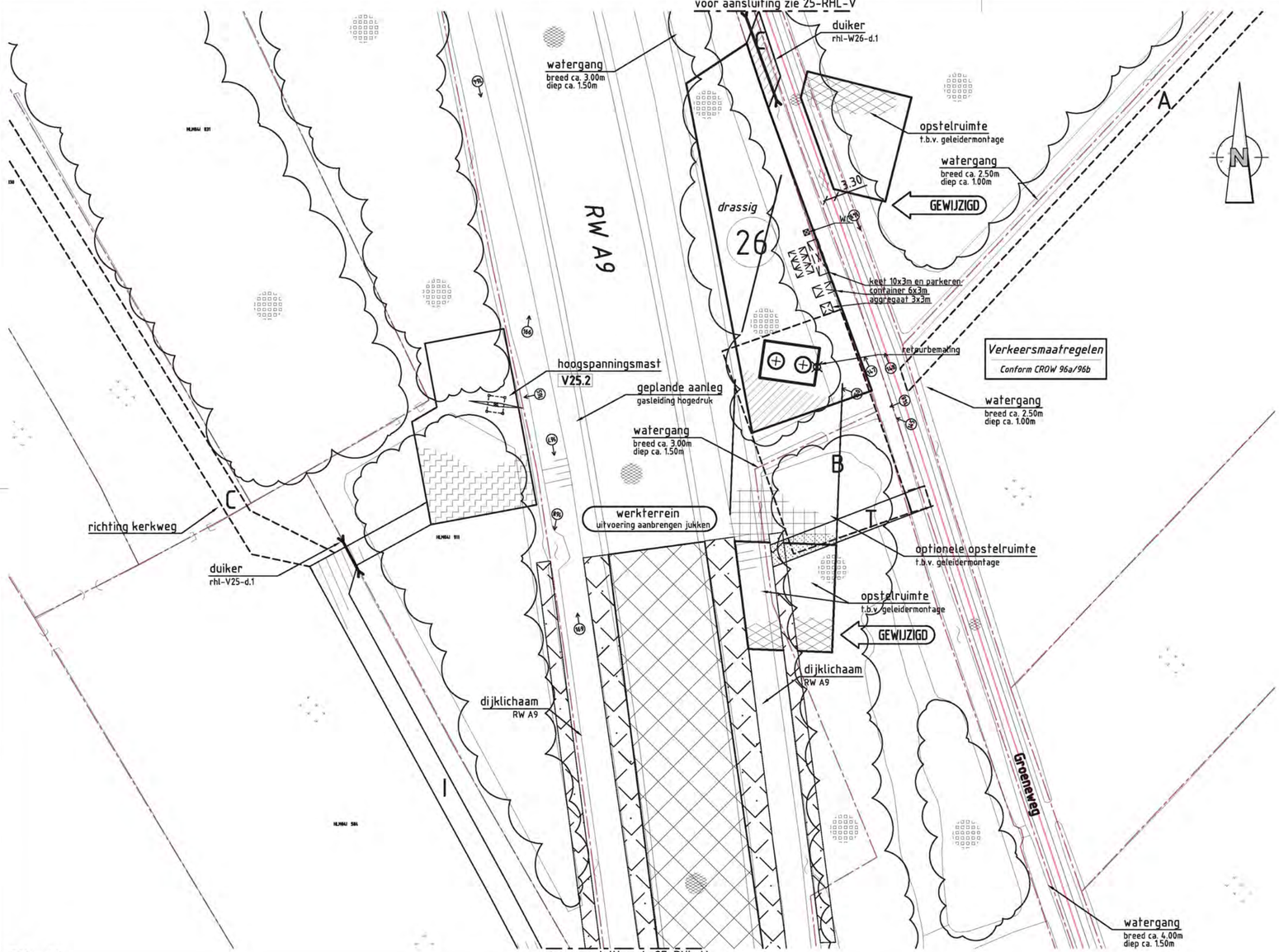


Overzicht
schaal 1:20.000

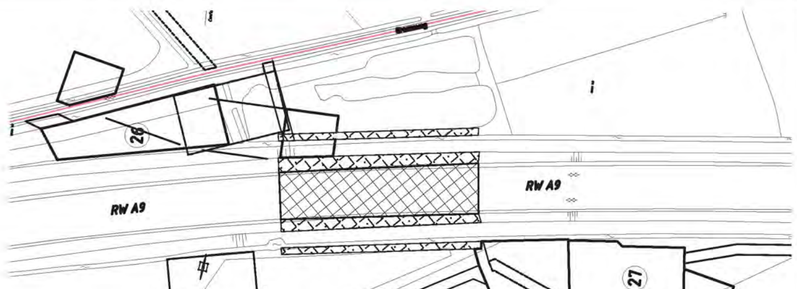
projekt	Randstad-Noord 380kV
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 25 en V24 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 35 van 48 bladen		
naam	RJN (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	versie 9.2	project nr. 100699
dat./par.	30-05-2013	30-05-2013	30-05-2013	formaat A2.3	status/uitgave DO	tek.nr. 25-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



Overzicht werkterrein jukken (132m×20m)
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
- V1.1 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.
- BVV984 11097 kadastergrens, met nummer

Vegetatie

- gras/weiland
- bouwland
- ruigte
- struiken
- bos

Mastgegevens

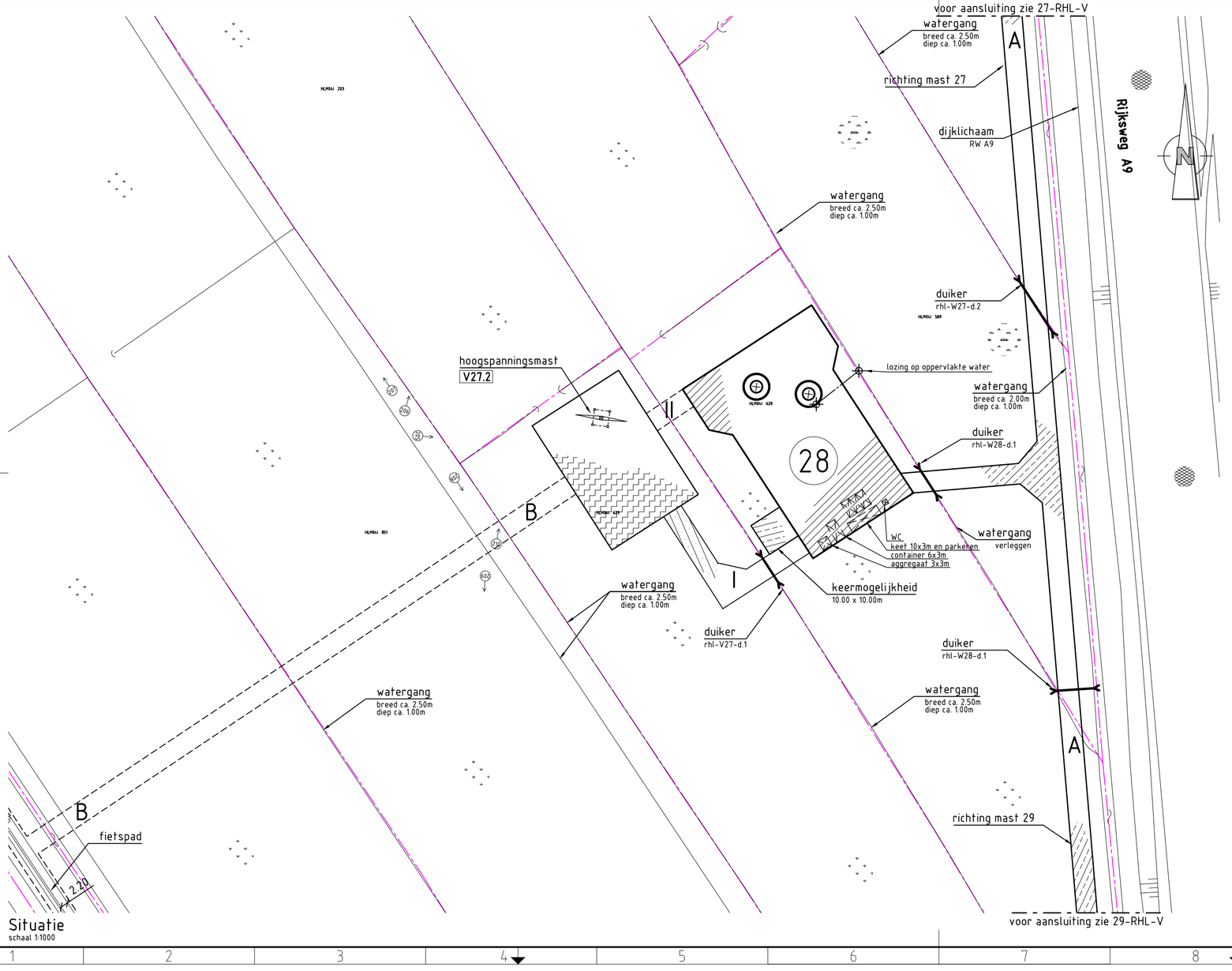
26a			26b		
Type	: W2H300+10		Type	: W2H300+10	
Paallengte	: 51	(m)	Paallengte	: 51	(m)
Gewicht	: 468204	(kg)	Gewicht	: 468204	(kg)
Diameter	: 240	(cm)	Diameter	: 240	(cm)
Metrering	: 8976,0	(km)	Metrering	: 8976,0	(km)
Maaiveld	: -1,499	(m)	Maaiveld	: -1,499	(m)
Coördinaten	: 100568.96 490021.28		Coördinaten	: 100575.69 490028.22	

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				
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 36 van 48 bladen	
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	
dat./par.	03-09-2012	03-09-2012	03-09-2012	formaat A2.3	

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

versie	6.1	project nr.	100699
status/uitgave	VO	tek.nr.	26-RHL-V



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	

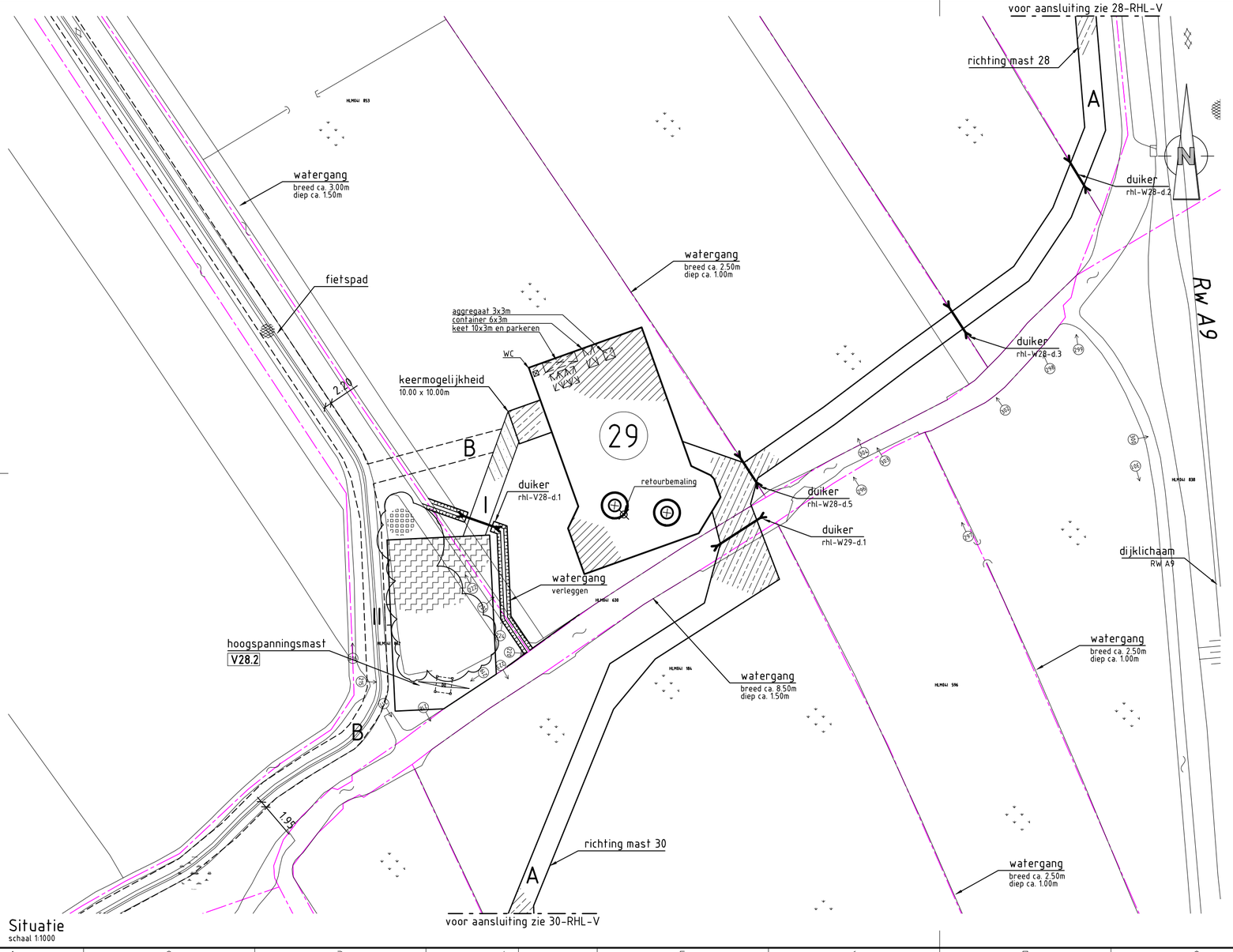
28b (vkt 4.0)

Type	: W2S300+5	
Masthoogte	: 46	(m)
Metrering	: 9490	(m)
Maaiveld	: -1.489	(m)
Terrein	: B	
Coördinaten	: 108479.23	
	490284.69	

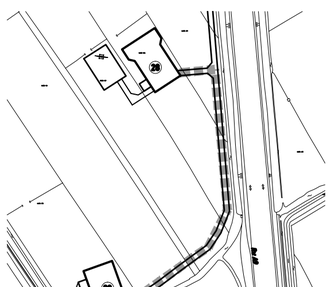
Overzicht
schaal 1:20.000

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

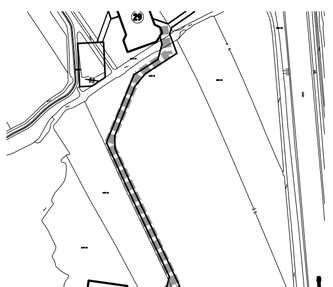
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



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

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

29a (vkt 4.0)

Type	: W2S300+5
Masthoogte	: 46 (m)
Metrering	: 9789 (m)
Maaiveld	: -1.581 (m)
Terrein	: B
Coördinaten	: 108423.08 489990.18

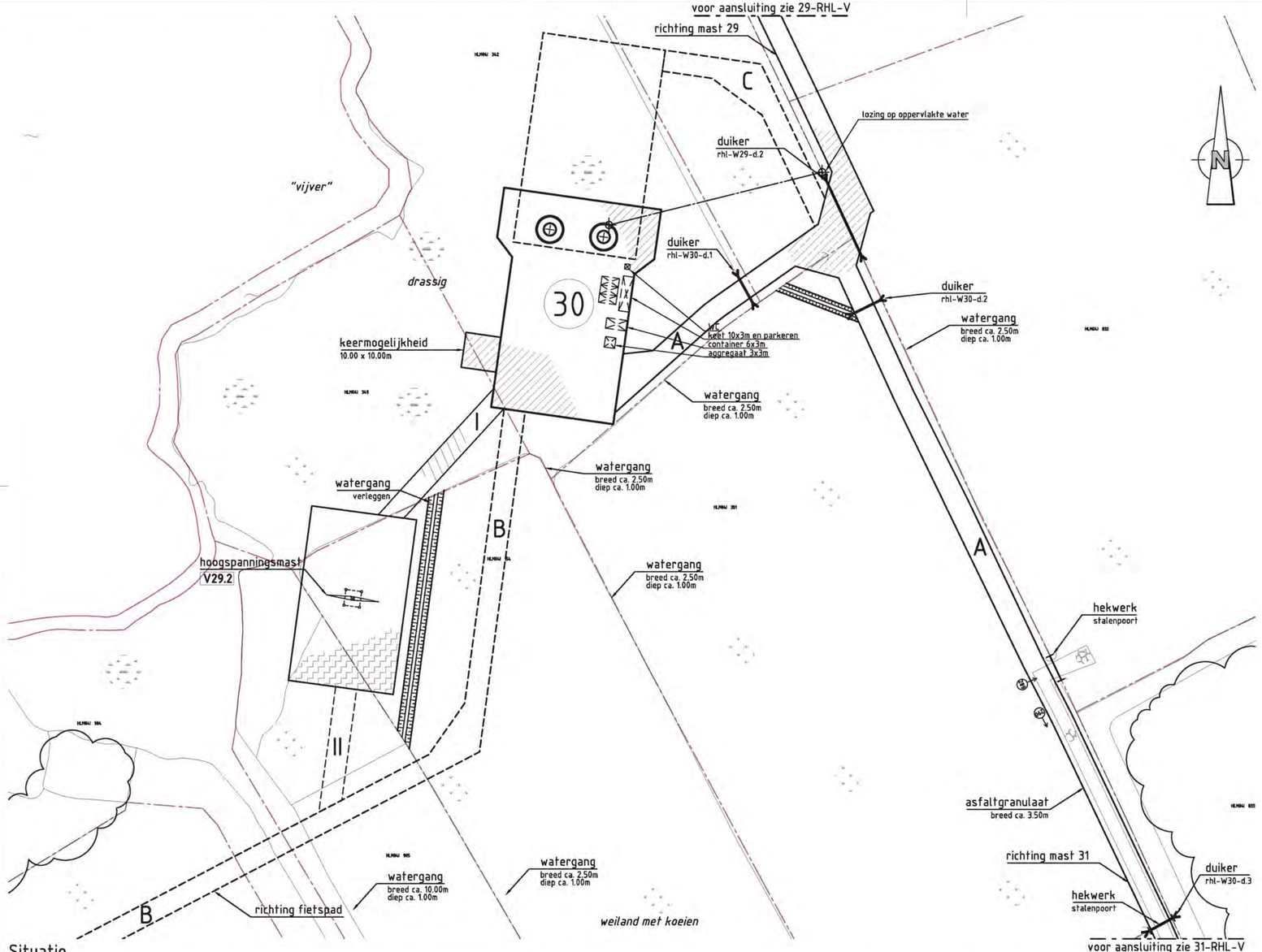
29b (vkt 4.0)

Type	: W2S300+5
Masthoogte	: 46 (m)
Metrering	: 9789 (m)
Maaiveld	: -1.581 (m)
Terrein	: B
Coördinaten	: 108438.33 489988.08

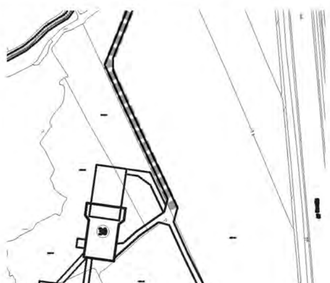
Overzicht
schaal 1:20.000

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			

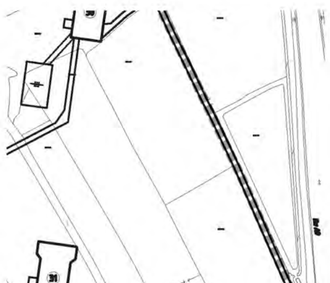
Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl



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
- V1.1 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

30a			30b		
Type	: W2S300+5		Type	: W2S300+5	
Paallengte	: 46	(m)	Paallengte	: 46	(m)
Gewicht	: 367723	(kg)	Gewicht	: 367723	(kg)
Diameter	: 240	(cm)	Diameter	: 240	(cm)
Metrering	: 10118,8	(km)	Metrering	: 10118,8	(km)
Maaiveld	: -1,581	(m)	Maaiveld	: -1,581	(m)
Coördinaten	: 108382.36		Coördinaten	: 104397.61	
	489694.83			489692.69	

Overzicht
schaal 1:20.000

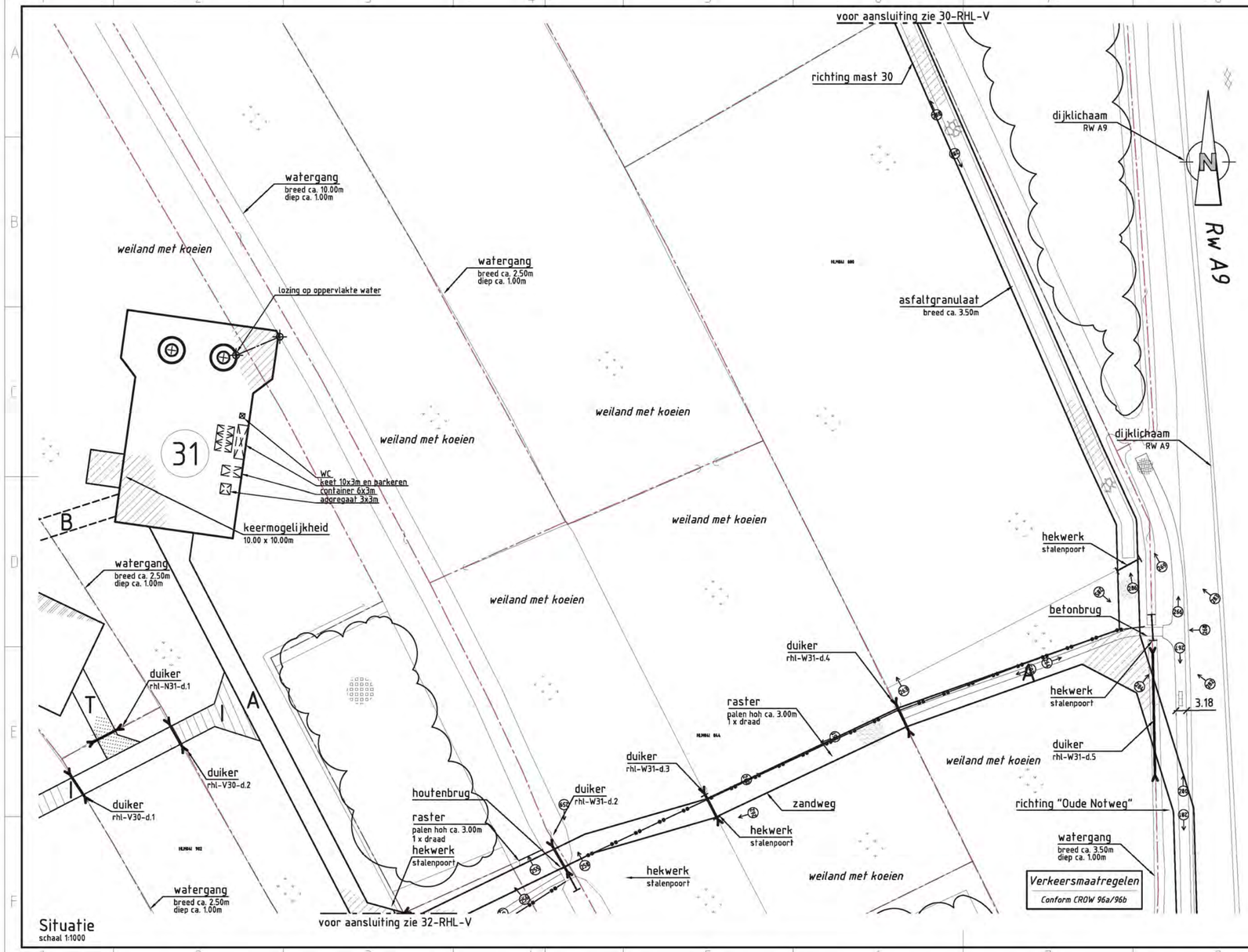
projekt: **Randstad-Noord 380kV**

onderdeel: **Vergunning aanvraag werkterrein**
Opstelplaatsen en bouwwegen
Situatie mast 30 en V29
Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland

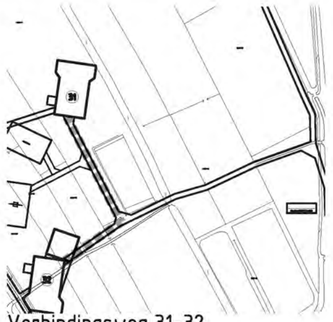
opdrachtgever: VolkerWessels Telecom - TenneT TSO

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

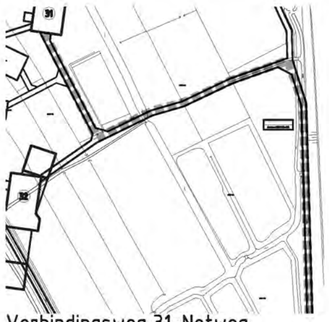
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 40van 48 bladen		versie	6.0	project nr.	100699
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal	1:1000	status/uitgave	VO	tek.nr.	30-RHL-V
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat	A2.3				



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 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

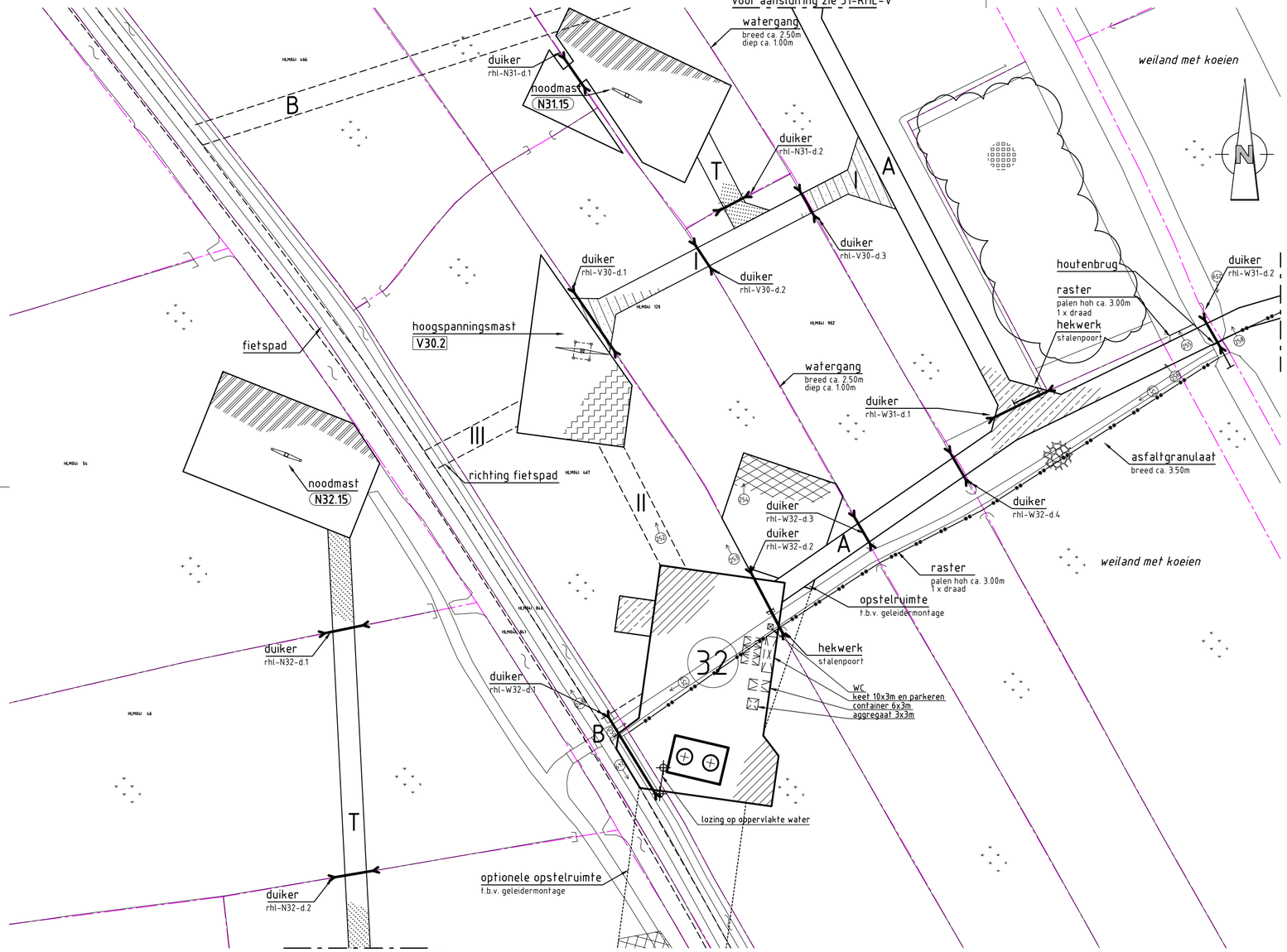
31a			31b		
Type	: W2S300+5		Type	: W2S300+5	
Paallengte	: 46	(m)	Paallengte	: 46	(m)
Gewicht	: 367723	(kg)	Gewicht	: 367723	(kg)
Diameter	: 240	(cm)	Diameter	: 240	(cm)
Metrering	: 10419,2	(km)	Metrering	: 10419,2	(km)
Maaiveld	: -1,463	(m)	Maaiveld	: -1,463	(m)
Coördinaten	: 100354.32		Coördinaten	: 100356.57	
	489397.23			489395.08	

Overzicht
schaal 1:20.000

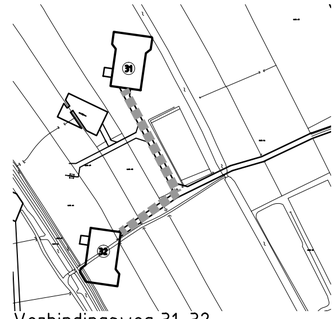
projekt	**Randstad-Noord 380kV**				
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 31 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland				
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO				
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 41 van 48 bladen	
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

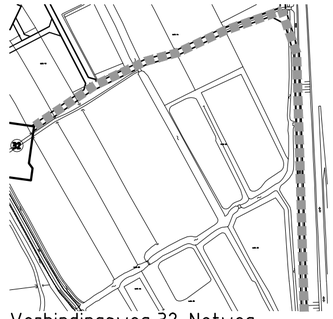
versie	6.0	project nr.	100699
status/uitgave	VO	tek.nr.	31-RHL-V



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

voor aansluiting zie 32-RHL-V

noodmast N33.15

opstelruimte t.b.v. geleidermontage

weiland met koeien

watergang breed ca. 7.50m diep ca. 1.00m

houten brug

watergang breed ca. 3.50m diep ca. 1.00m

duiker rhl-N33-d.1

T

opstelruimte t.b.v. geleidermontage

GEWIJZIGD

hondenvereniging

watergang breed ca. 3.00m diep ca. 0.80m

duiker rhl-N33-d.2

optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage

fietspad

hoogspanningsmast V31.2

retourbemaling

Let op!
te verwijderen mast op zelfde locatie als nieuwe mast

GEWIJZIGD

33

raster palen hoh ca. 3.00m hoogte ca. 1.50m

WC

noodmast N34.15

keet 10x3m en parkeren

container 6x3m

aggregaat 3x3m

optionele opstelruimte t.b.v. geleidermontage

duiker rhl-W33-d.1

Verkeersmaatregelen
Conform CROW 96a/96b

watergang breed ca. 2.50m

watergang breed ca. 3.60m diep ca. 1.00m

watergang breed ca. 3.00m diep ca. 1.50m

duiker rhl-W33-d.2

GEWIJZIGD

opstelruimte t.b.v. geleidermontage

A

B

2.50

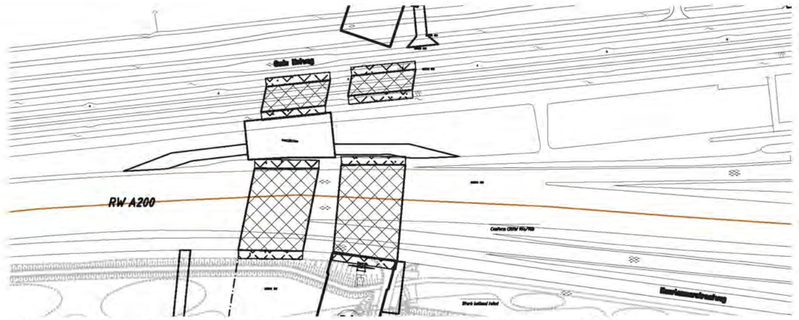
3.10

Oude Notweg

Spoorlijn Haarlem - Amsterdam

voor aansluiting zie 34-RHL-V

Situatie
schaal 1:1000



Overzicht werkterrein jukken (35x22m spoor en 55x50m rwA200)
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
- V1.1 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

33a	
Type	: W2H350
Paallengte	: 50 (m)
Gewicht	: 468204 (kg)
Diameter	: 240 (cm)
Metrering	: 10941,0 (km)
Maaiveld	: -1,498 (m)
Coördinaten	: 100229.25
	488093.82

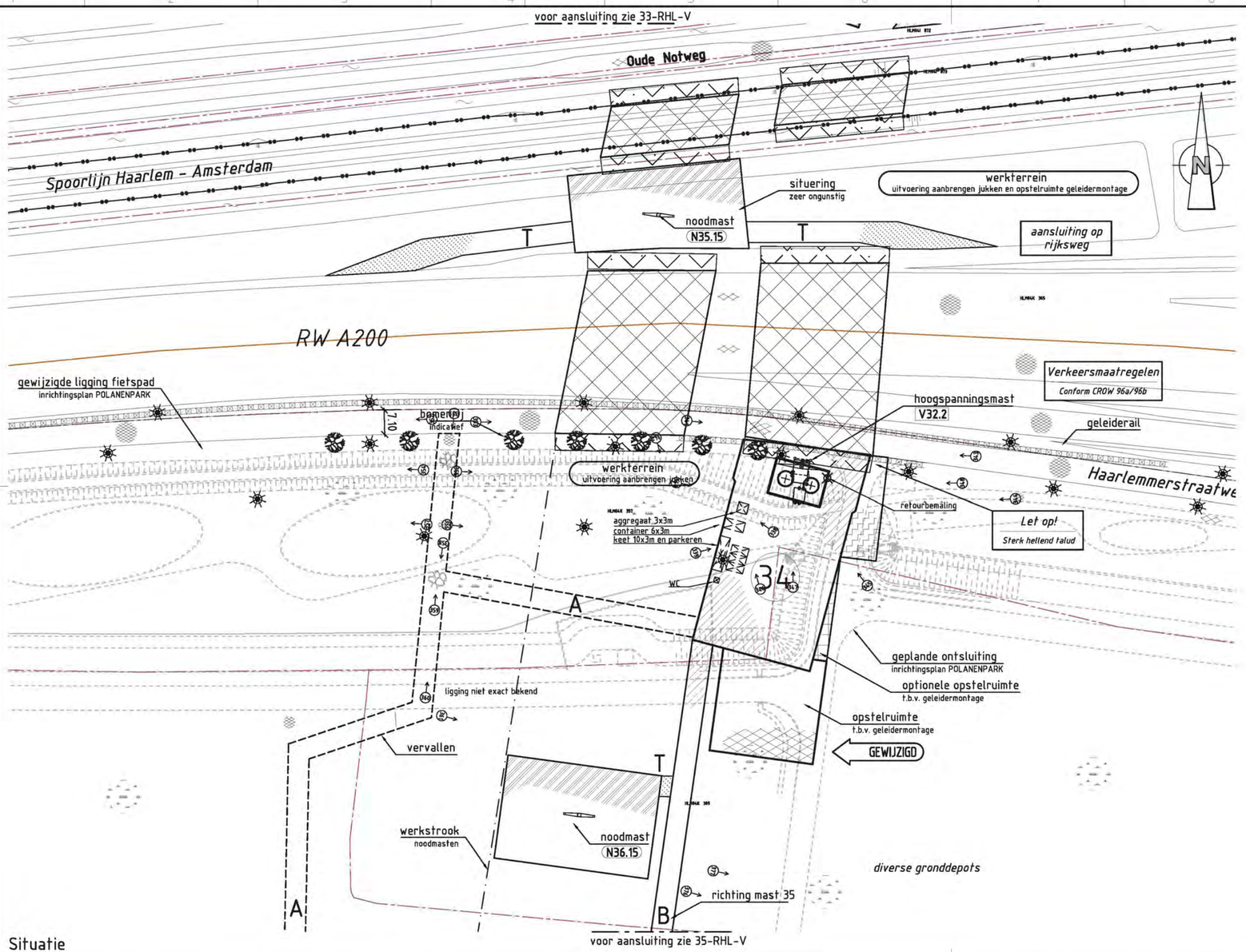
33b	
Type	: W2H350
Paallengte	: 50 (m)
Gewicht	: 468204 (kg)
Diameter	: 240 (cm)
Metrering	: 10941,0 (km)
Maaiveld	: -1,498 (m)
Coördinaten	: 100236.65
	488092.09

Overzicht
schaal 1:20.000

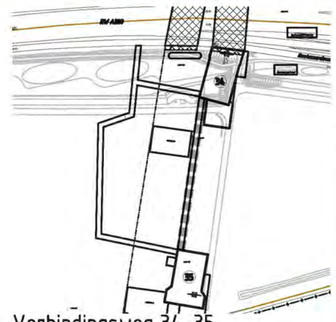
projekt	Randstad-Noord 380kV				
onderdeel	Vergunning aanvraag werkterrein Opstelplaatsen en bouwwegen Situatie mast 33, V31, N33 en N34 Gem Haarlemmerliede en Spaarnwoude / Waterschap Rijnland				
opdrachtgever	VolkerWessels Telecom - TenneT TSO				
	getekend	gecontroleerd	gezien	blad nummer 43van 48 bladen	
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

versie	6.0	project nr.	100699
status/uitgave	V0	tek.nr.	33-RHL-V



Situatie
schaal 1:1000



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

34a			34b		
Type	: W2H350		Type	: W2H350	
Paallengte	: 50	(m)	Paallengte	: 50	(m)
Gewicht	: 468204	(kg)	Gewicht	: 468204	(kg)
Diameter	: 240	(cm)	Diameter	: 240	(cm)
Metrering	: 11152,4	(km)	Metrering	: 11152,4	(km)
Maaiveld	: 0,133	(m)	Maaiveld	: 0,133	(m)
Coördinaten	: 108200.66		Coördinaten	: 108208.08	
	480681.92			480679.96	

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	
naam	RVS (AdB)	JGR (VWT)	RWO (TnT)	schaal 1:1000	
dat./par.	20-08-2012	20-08-2012	20-08-2012	formaat A2.3	

Aveco de Bondt
ingenieursbedrijf
Reggesingel 2
Postbus 202
7460 AE Rijssen
T +31 (0)548 51 52 00
F +31 (0)548 51 85 65
E rijssen@avecodebondt.nl

versie	6.0	project nr.	100699
status/uitgave	VO	tek.nr.	34-RHL-V

TenneT
Taking power further

Bijlage 3.1

GHS-OMGV lijn

Mastenlijst (inclusief conversietabel mastnummering)

Constructietekeningen en berekeningen masten

Mastenlijst 380kV verbinding Beverwijk - Vijfhuizen

referentie: 30813059-50-001 vkt 4.0 (29-10-2012) ; d.d. 10/29/2012

Mastnummer	masttype	Veldlengte vooruit [m]	Lijnhoek [graden, decimaal]	Hoekmast(H), Steunmast(S), Eindmast(E) en Portaal(P)	Aantal masten per type in lijn	Vaklengte [m]	W2H400	W2S400 + 5	Portaal veld 9 en 10	W2E350 + 5	W2H350 + 5	W2E400	Opstijgpunt mast 5	Opstijgpunt mast 6	W2H400 + 5	W2S350 + 5	W2S350 + 17	W2H350	W2H300+10	W2S300+10	W2E350	W2S300+5	W2H300+5	Masthoogte [m]	Fundatie hoogte [m]	NAP Hoogte [m]	X-coordinaat [m]	Y-coordinaat [m]	Koppelpunt	GSM antenne
							1	7	2	2	2	1	1	1	3	5	3	3	2	2	1	4	2							
Stations portaal Bev (vkt 4.0)	Portaal veld 9 en 10	33.8	-2.3	2.3					1															18.5	0.3	-1.6	106922.3	498520.7		
1 (vkt 4.0)	W2E350 + 5	303.3	54.8	54.8						1														55.0	0.3	-2.0	106948.1	498498.9		
2 (vkt 4.0)	W2H350 + 5	347.4	0.0	0.0							1													55.0	0.3	-1.4	106922.0	498196.7		
3 (vkt 4.0)	W2H400	390.7	19.5	19.5			1																	57.0	0.3	-1.5	106892.1	497850.6		
4 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	359.1	0.0	0.0				1																57.0	0.3	-1.9	106730.4	497494.9		
5 (vkt 4.0)	W2E400	19.5	-5.7	5.7		769.297						1												57.0	0.3	-1.8	106581.8	497168.0		
Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)	Opstijgpunt mast 5	0.0	0.0	0.0									1											15.0	0.3	-1.7	106575.5	497149.5		
Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)	Opstijgpunt mast 6	19.6	0.0	0.0										1										15.0	0.3	-1.5	106291.4	496304.4		
6 (vkt 4.0)	W2E350 + 5	343.6	10.1	10.1		1132.479				1														55.0	0.3	-1.5	106286.3	496285.6		
7 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	397.7	-18.9	18.9		397.744									1									62.0	0.3	-0.4	106138.7	495975.2		
8 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	326.0	-49.9	49.9											1									62.0	0.3	0.6	106093.3	495580.1		
9 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349.0	0.0	0.0				1																57.0	0.3	0.3	106316.9	495342.9		
10 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	353.1	0.0	0.0				1																57.0	0.3	-0.3	106556.3	495089.0		
11 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	320.6	0.0	0.0				1																57.0	0.3	0.0	106798.5	494832.1		
12 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	354.2	0.0	0.0													1							63.0	0.3	-2.0	107018.4	494598.8		
13 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349.7	0.0	0.0				1																57.0	0.3	-2.5	107261.4	494341.1		
14 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	349.6	0.0	0.0		2402.061		1																57.0	0.3	-2.3	107501.2	494086.7		
15 (vkt 4.0)	W2H400 + 5	338.9	0.0	0.0											1									62.0	0.3	-1.9	107741.0	493832.3		
16 (vkt 4.0)	W2S400 + 5	355.0	0.0	0.0				1																57.0	0.3	-1.2	107973.5	493585.7		
17 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	190.2	0.6	0.6													1							63.0	0.3	-1.6	108217.1	493327.4		

Mastenlijst 380kV verbinding Beverwijk - Vijfhuizen

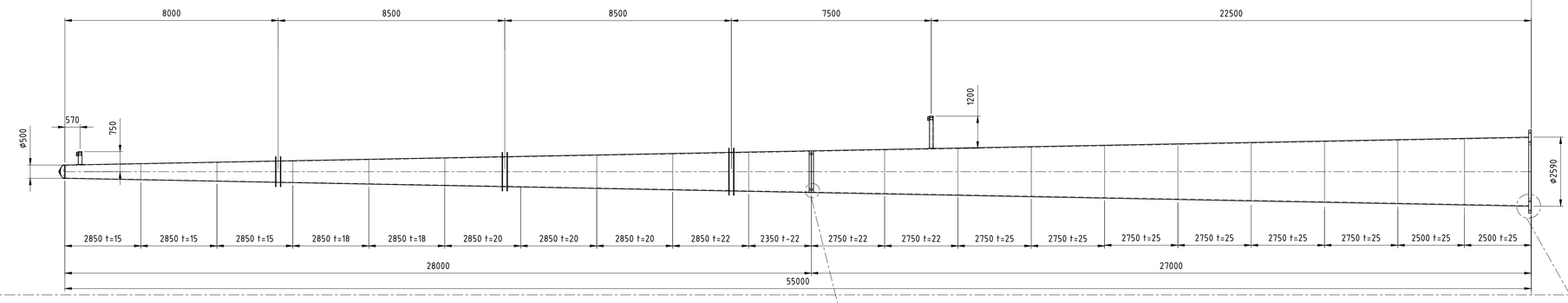
referentie: 30813059-50-001 vkt 4.0 (29-10-2012) ; d.d. 10/29/2012

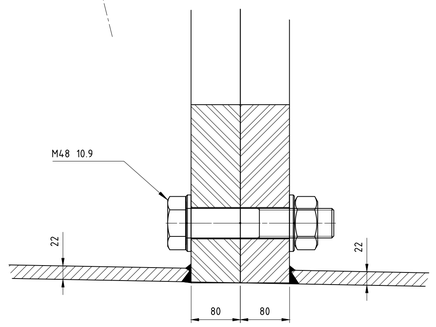
Mastnummer	masttype	Veldlengte vooruit [m]	Lijnhoek [graden, decimaal]	Hoekmast(H), Steunmast(S), Eindmast(E) en Portaal(P)	Aantal masten per type in lijn	Vaklengte [m]	W2H400	W2S400 + 5	Portaal veld 9 en 10	W2E350 + 5	W2H350 + 5	W2E400	Opstijgpunt mast 5	Opstijgpunt mast 6	W2H400 + 5	W2S350 + 5	W2S350 + 17	W2H350	W2H300+10	W2S300+10	W2E350	W2S300+5	W2H300+5	Masthoogte [m]	Fundatie hoogte [m]	NAP Hoogte [m]	X-coordinaat [m]	Y-coordinaat [m]	Koppelpunt	GSM antenne
					1		7	2	2	2	1	1	1	3	5	3	3	2	2	1	4	2							
18 (vkt 4.0)	W2S350 + 17	353.1	0.0	0.0												1							63.0	0.3	-1.2	108346.1	493187.6		
19 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	296.5	0.0	0.0	1533.701										1								51.0	0.3	-2.9	108585.5	492928.1		
20 (vkt 4.0)	W2H350	281.2	50.0	50.0													1						50.0	0.3	-2.6	108786.5	492710.2		
21 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	333.5	0.0	0.0											1								51.0	0.3	-2.6	108750.8	492431.3		
22 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	340.6	0.0	0.0											1								51.0	0.3	-0.8	108708.4	492100.5		
23 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	348.7	0.0	0.0											1								51.0	0.3	-2.6	108665.1	491762.7		
24 (vkt 4.0)	W2S350 + 5	291.8	0.0	0.0	1595.756										1								51.0	0.3	-2.5	108620.8	491416.9		
25 (vkt 4.0)	W2H350 + 5	306.9	-5.1	5.1	306.889						1												55.0	0.3	-0.5	108583.7	491127.4		
26 (vkt 4.0)	W2H300+10	242.8	11.9	11.9															1				51.0	0.3	-1.5	108571.9	490820.8		
27 (vkt 4.0)	W2H300+10	302.3	-6.2	6.2															1				51.0	0.3	-1.6	108512.9	490585.2		
28 (vkt 4.0)	W2S300+5	299.4	0.0	0.0																		1	46.0	0.3	-1.5	108471.6	490285.7		
29 (vkt 4.0)	W2S300+5	298.2	0.0	0.0																		1	46.0	0.3	-1.6	108430.7	489989.1		
30 (vkt 4.0)	W2S300+5	300.4	0.0	0.0																		1	46.0	0.3	-1.6	108390.0	489693.8		
31 (vkt 4.0)	W2S300+5	269.8	0.0	0.0	1470.074																	1	46.0	0.3	-1.5	108348.9	489396.2		
32 (vkt 4.0)	W2H300+5	248.8	10.7	10.7	248.802																		46.0	0.3	0.0	108312.1	489128.9		
33 (vkt 4.0)	W2H350	214.0	-10.8	10.8													1						50.0	0.3	-1.5	108233.0	488893.0		
34 (vkt 4.0)	W2H350	279.5	2.0	2.0													1						50.0	0.3	0.1	108204.3	488680.9		
35 (vkt 4.0)	W2S300+10	196.8	0.0	0.0																1			51.0	0.3	1.7	108157.5	488405.4		
36 (vkt 4.0)	W2S300+10	300.3	-4.2	4.2	776.568															1			51.0	0.3	-2.6	108124.5	488211.4		
37 (vkt 4.0)	W2H300+5	228.0	32.3	32.3																		1	46.0	0.3	-3.2	108095.7	487912.5		
38 (vkt 4.0)	W2E350	171.0	0.8	0.8	399.046																1		50.0	0.3	-4.0	107955.9	487732.4		

Mastenlijst 380kV verbinding Beverwijk - Vijfhuizen

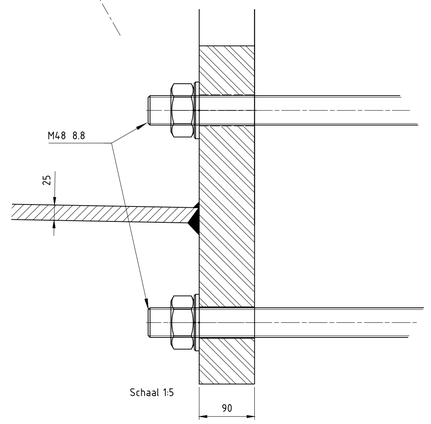
referentie: 30813059-50-001 vkt 4.0 (29-10-2012) ; d.d. 10/29/2012

Mastnummer	masttype	Veldlengte vooruit [m]	Lijnhoek [graden, decimaal]	Hoekmast(H), Steunmast(S), Eindmast(E) en Portaal(P)	Aantal masten per type in lijn	Vaklengte [m]	W2H400	W2S400 + 5	Portaal veld 9 en 10	W2E350 + 5	W2H350 + 5	W2E400	Opstijgpunt mast 5	Opstijgpunt mast 6	W2H400 + 5	W2S350 + 5	W2S350 + 17	W2H350	W2H300+10	W2S300+10	W2E350	W2S300+5	W2H300+5	Masthoogte [m]	Fundatie hoogte [m]	NAP Hoogte [m]	X-coordinaat [m]	Y-coordinaat [m]	Koppelpunt	GSM antenne
					1			7	2	2	2	1	1	1	3	5	3	3	2	2	1	4	2							
Stations portaal Vhz (vkt 4.0)	Portaal veld 9 en 10	0.0	3.2	3.2					1															21.5	0.3	-4.5	107849.1	487598.7		

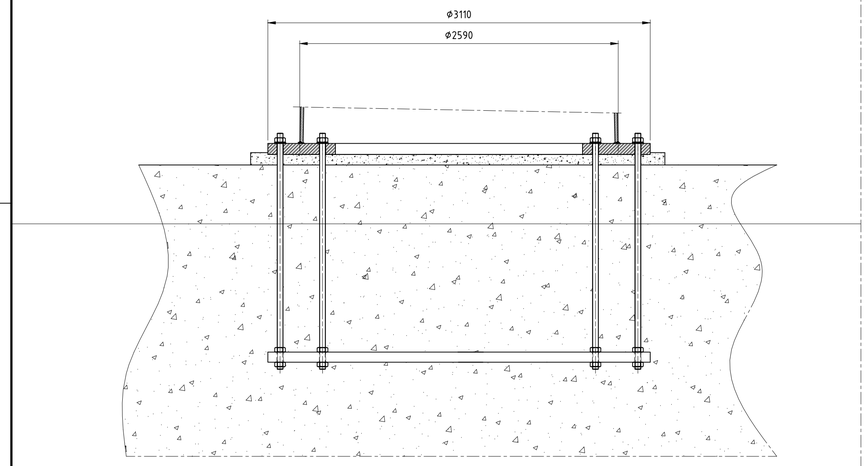




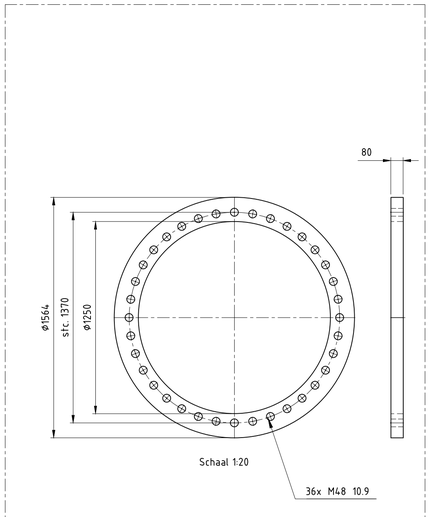
Schaal 1:5



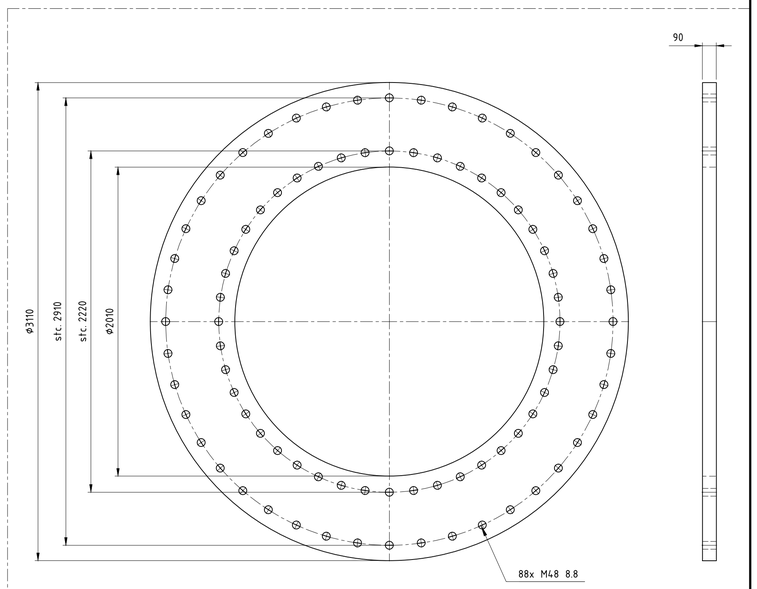
Schaal 1:5



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

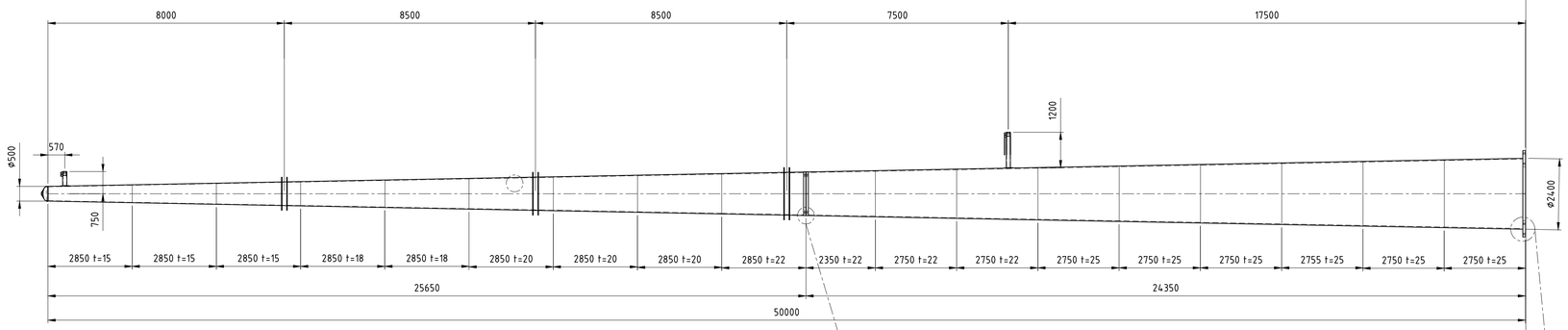
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

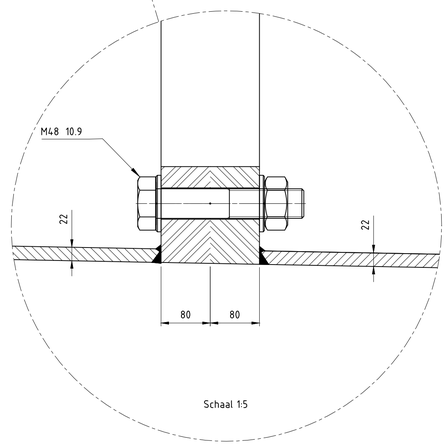
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/04 A1

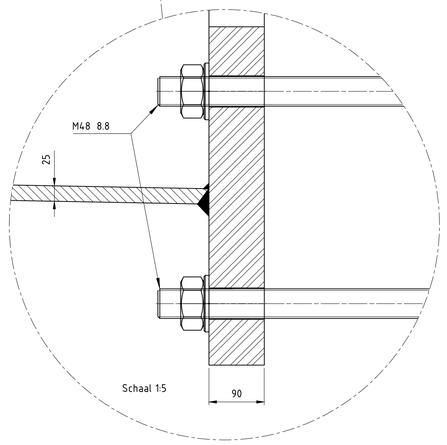
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

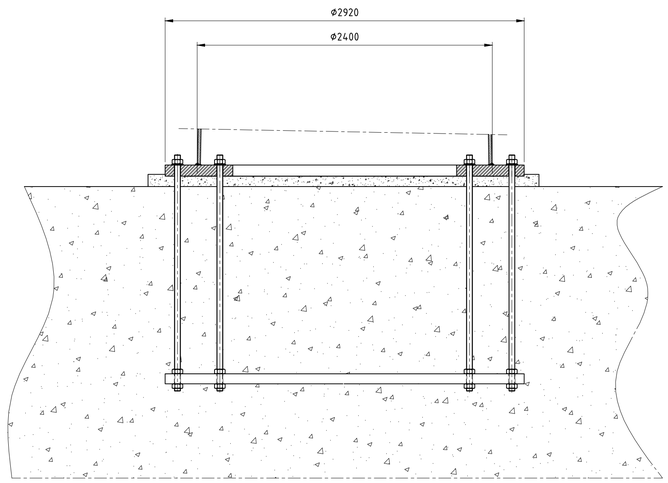




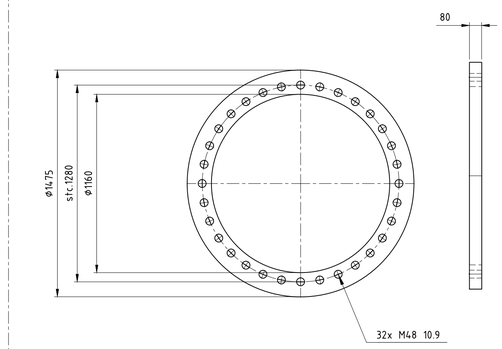
Schaal 1:5



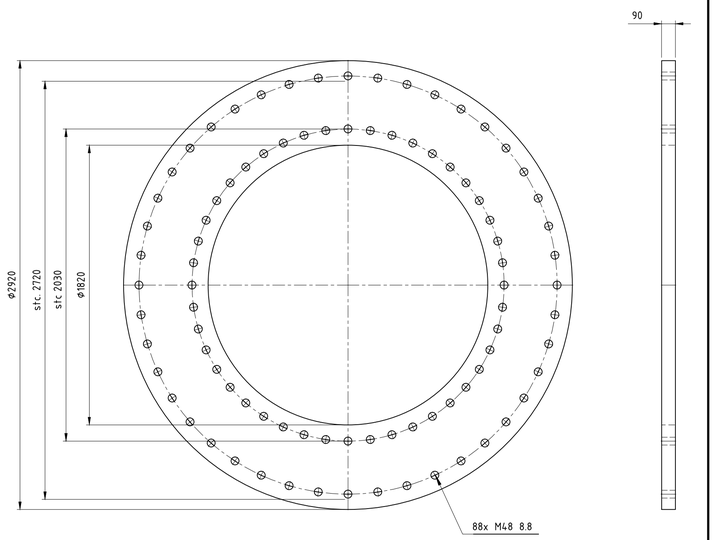
Schaal 1:5



Schaal 1:25



Schaal 1:20



Schaal 1:20

Toleranties volgens C DIN8570
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

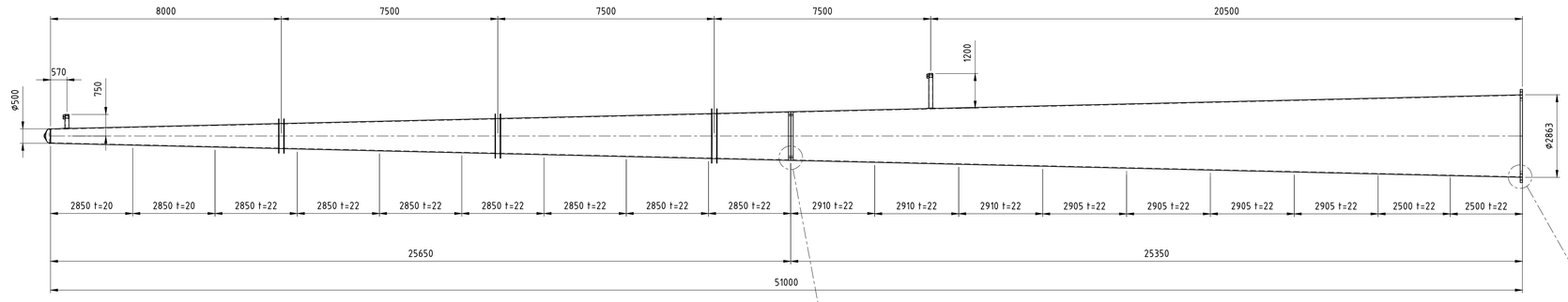
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

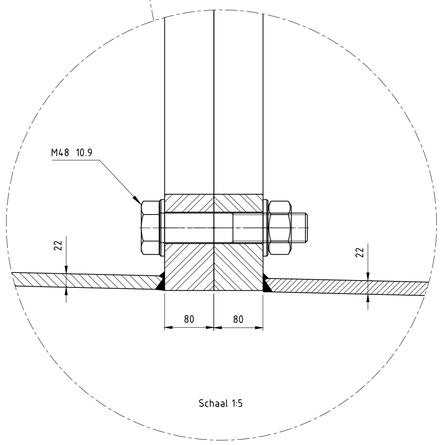
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

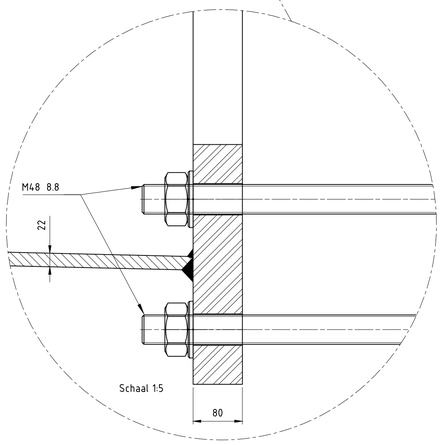
VolkerWessels Telecom
Projectie
Tek.nr.: MS20120025/07 A1

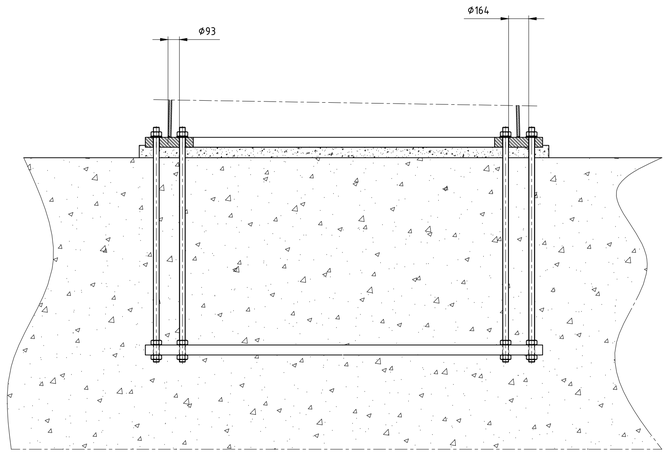
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

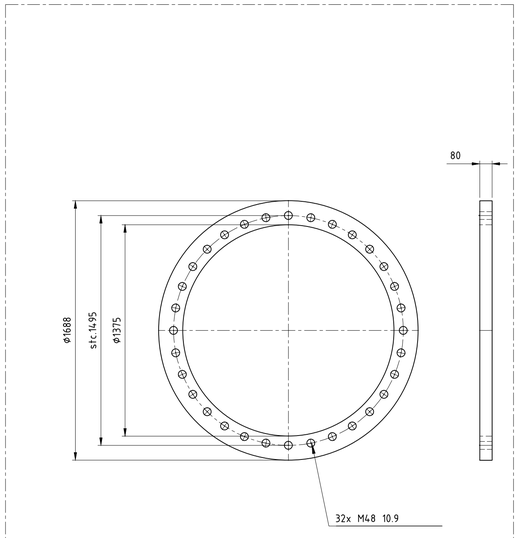
auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

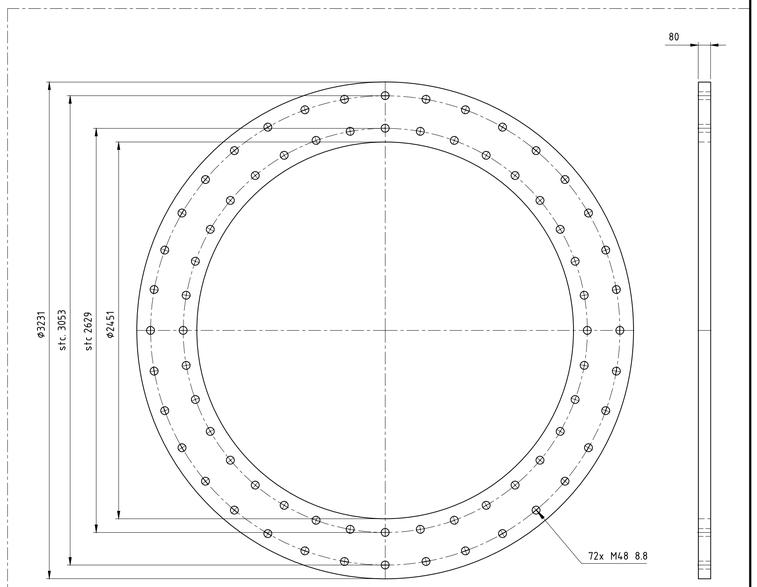












Toleranties volgens C DIN8570
Dit geeft: (maten in mm)

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:

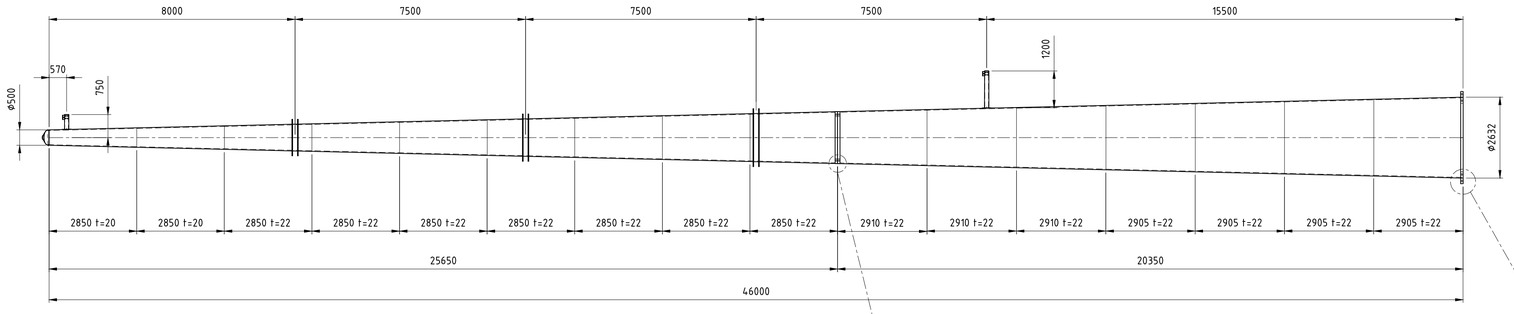
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

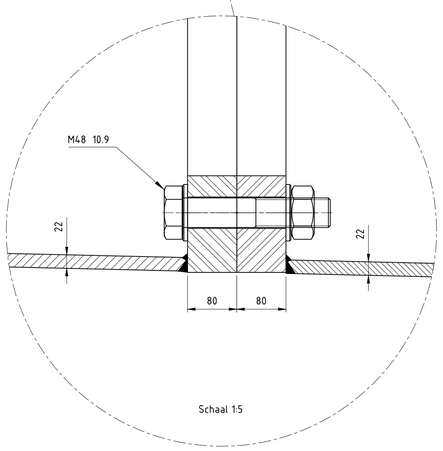
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/08 | A1

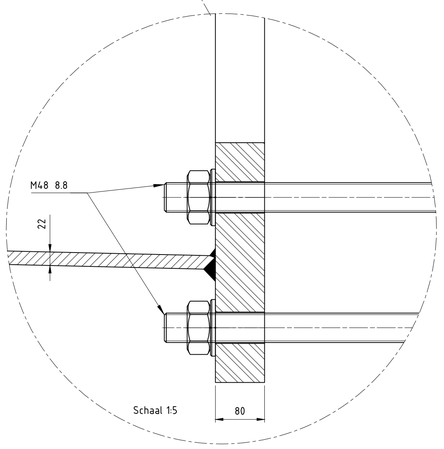
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

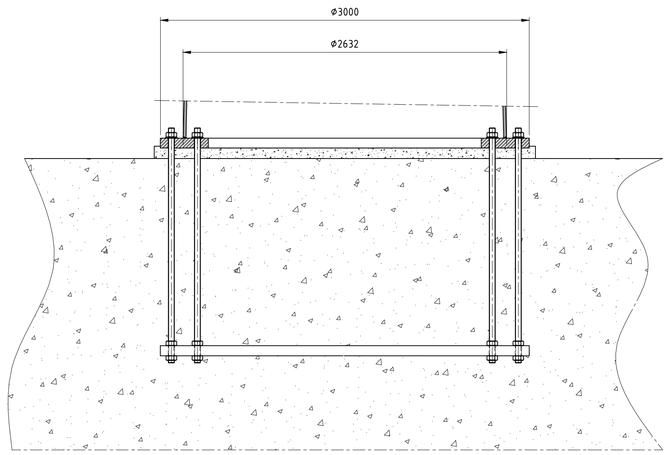




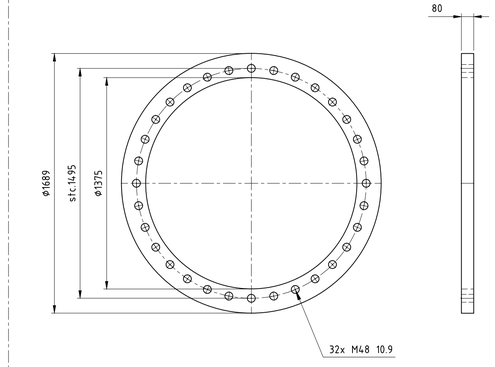
Schaal 1:5



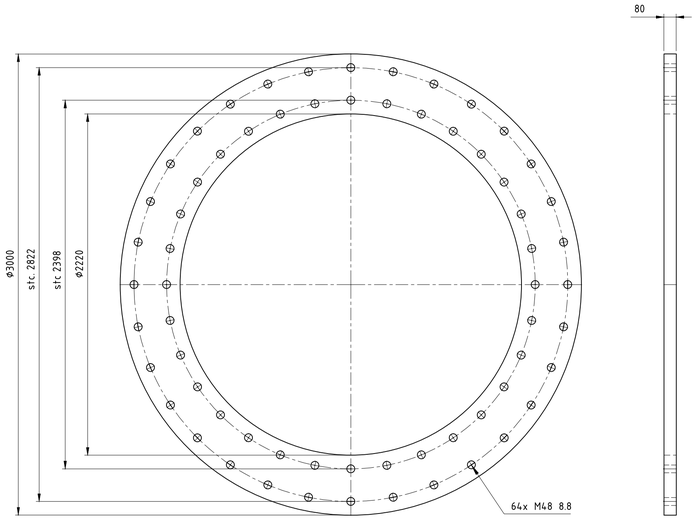
Schaal 1:5



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
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:
				Finish:

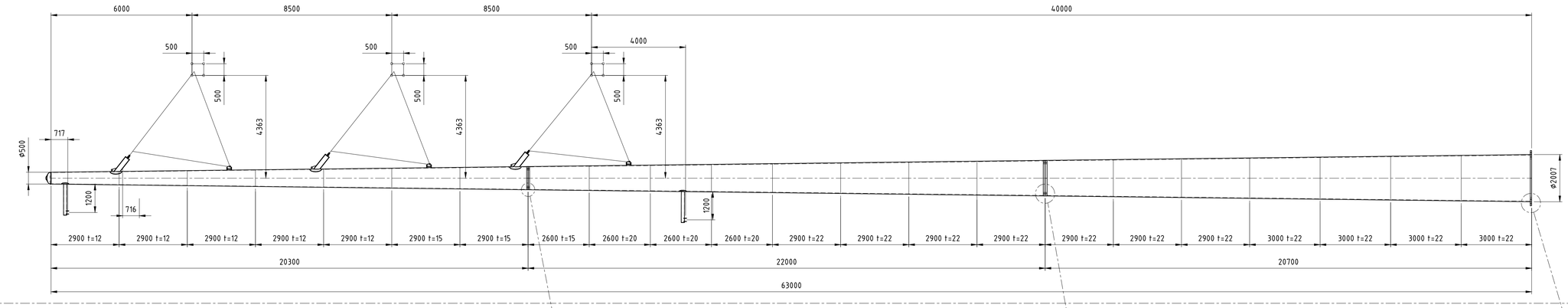
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

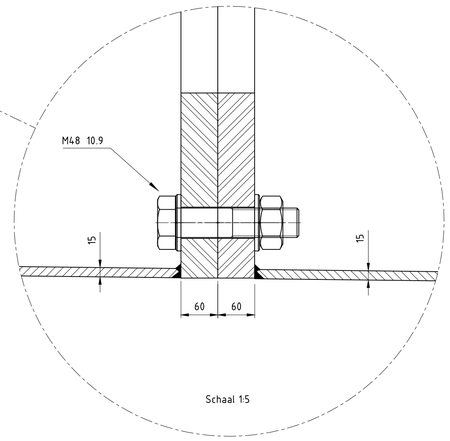
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/09 | A1

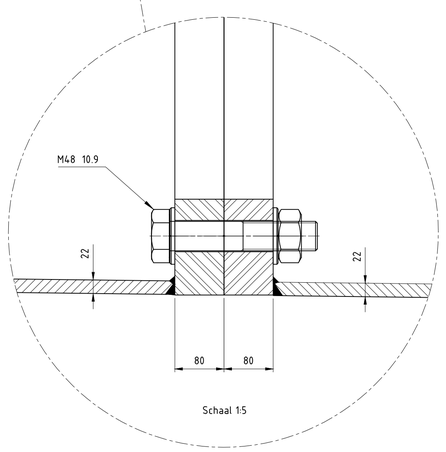
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

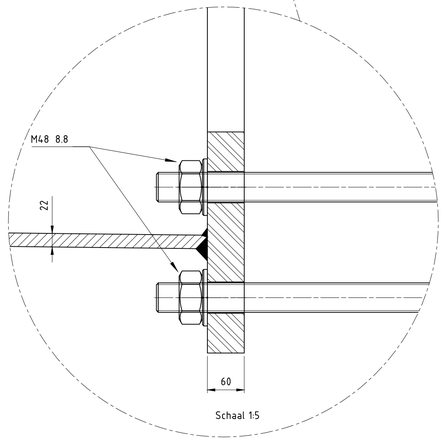




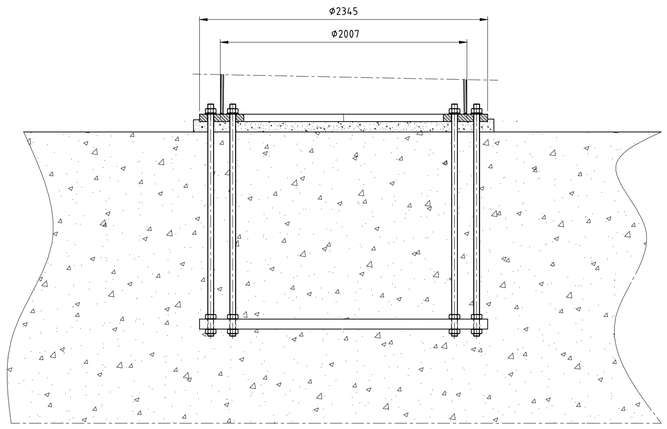
Schaal 1:5



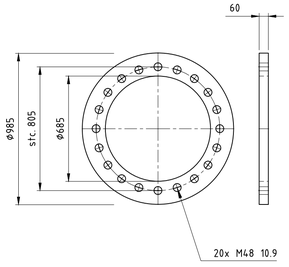
Schaal 1:5



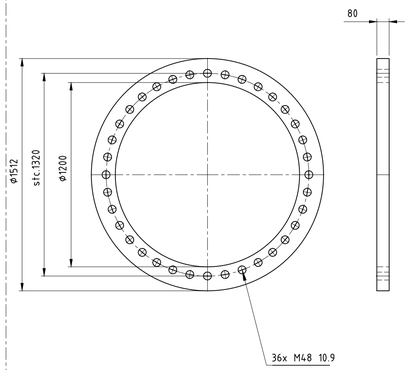
Schaal 1:5



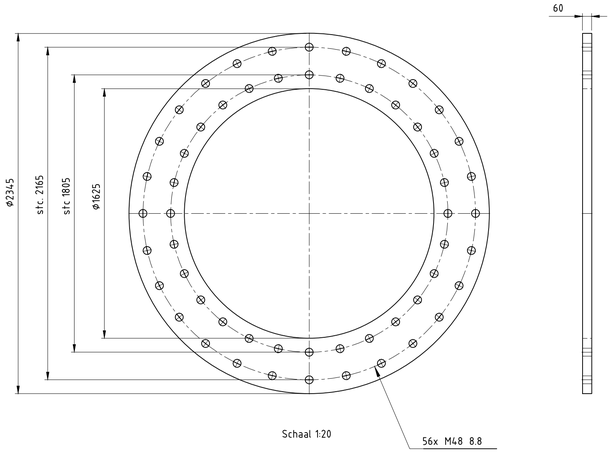
Schaal 1:20



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

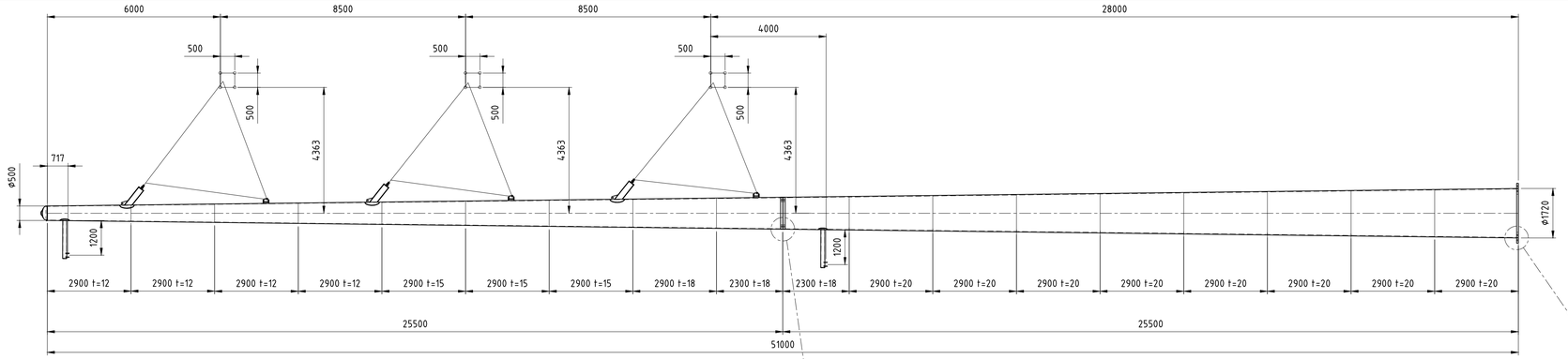
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	14-08-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
2	03-09-2012	WvL		Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

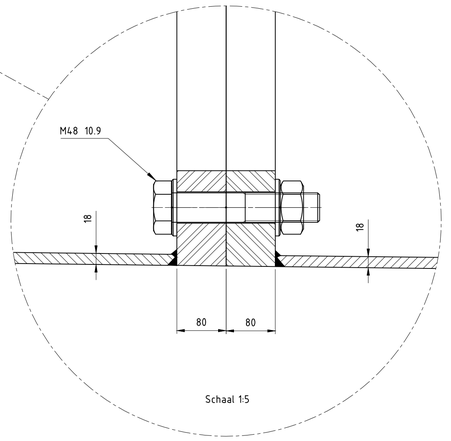
VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/11 | A1

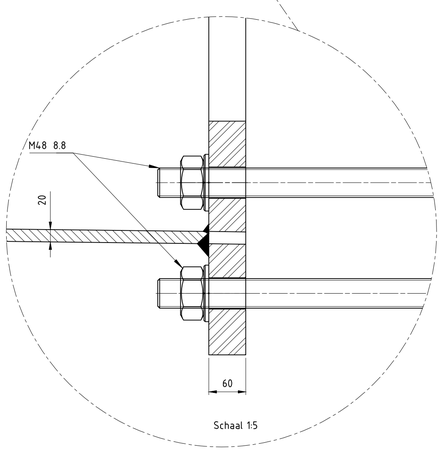
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel.: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

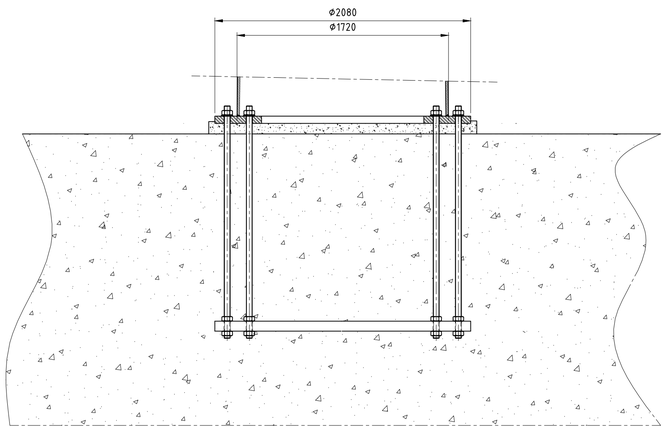




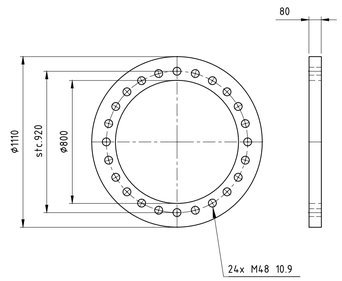
Schaal 1:5



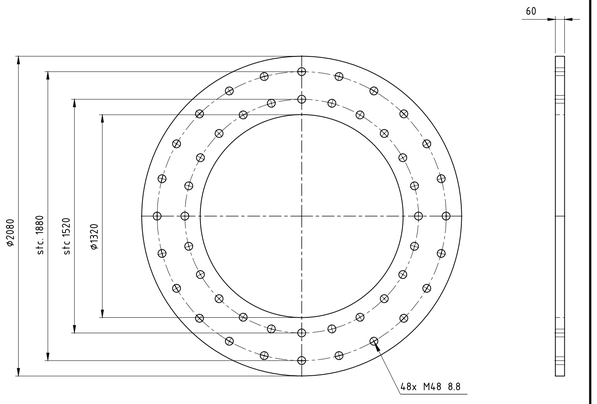
Schaal 1:5



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:

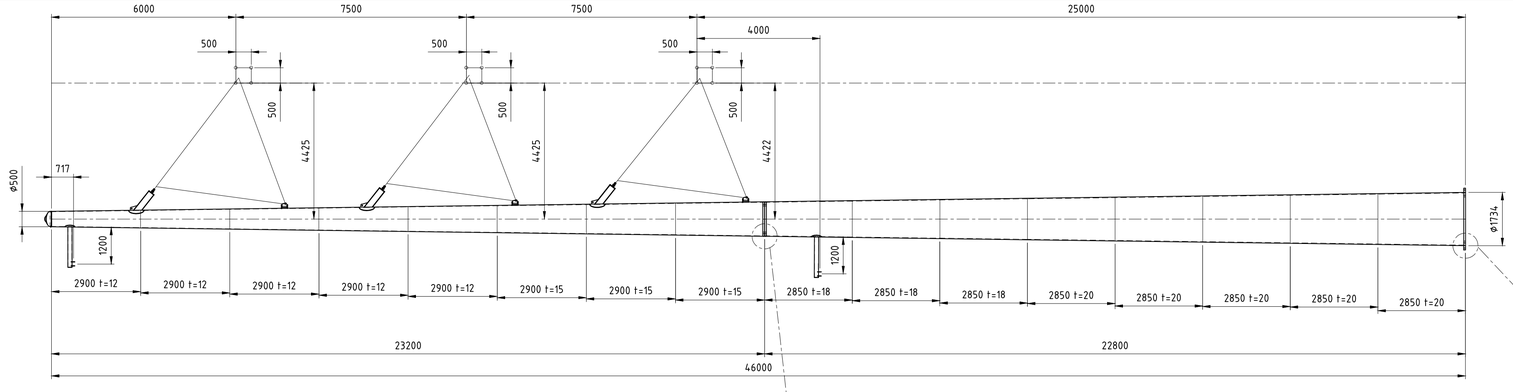
Plaats: NVT
Adres: NVT
Opstelpunt nr: NVT

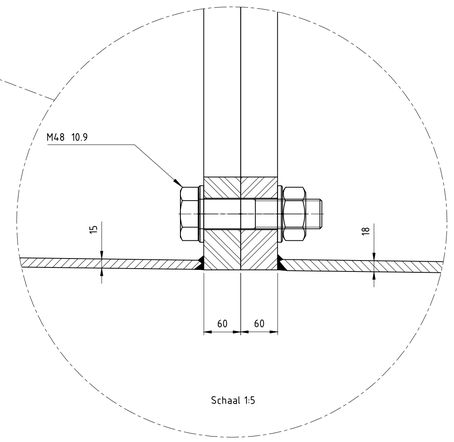
VolkerWessels Telecom

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

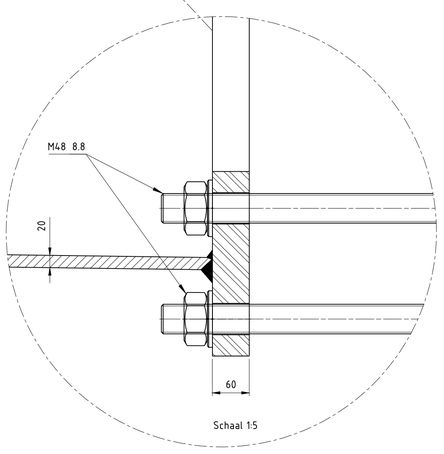
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel. +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

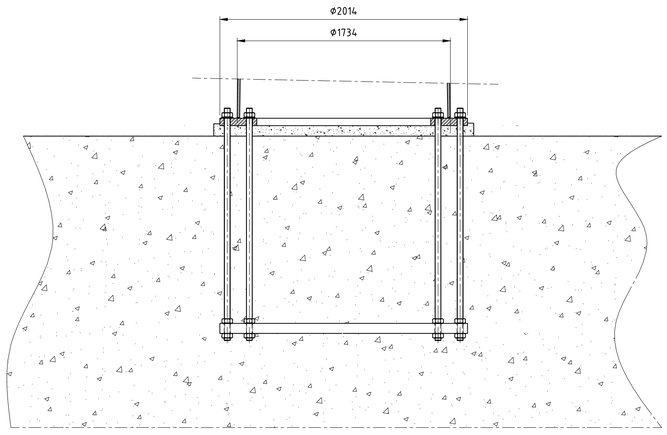




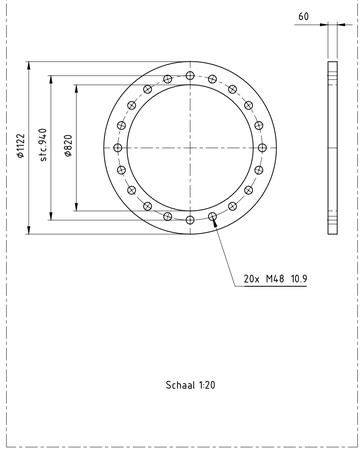
Schaal 1:5



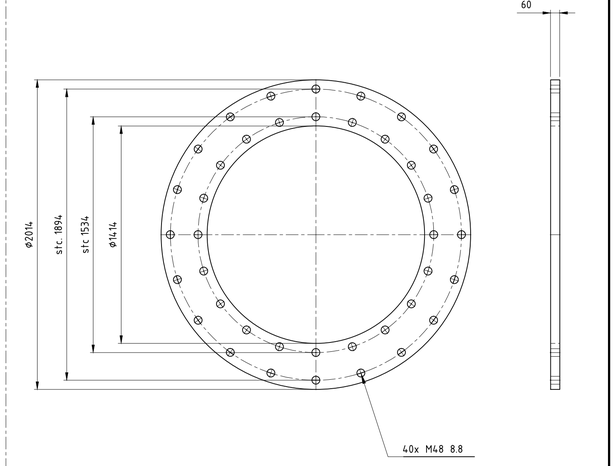
Schaal 1:5



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

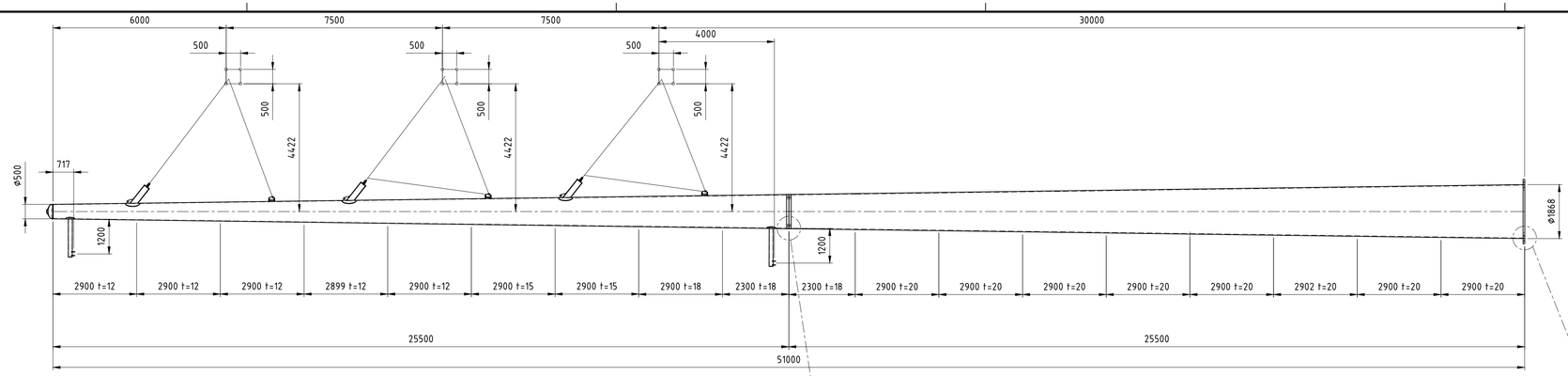
VolkerWessels Telecom

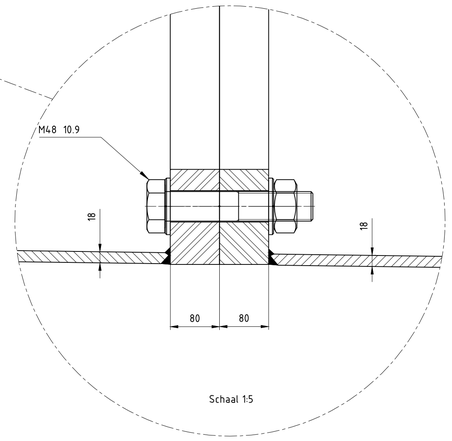
Projectie

Tek.nr.: MS20120025/13 A1

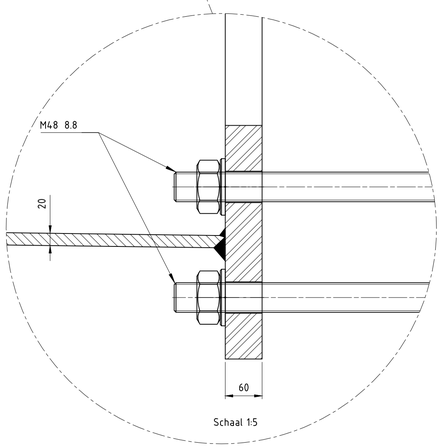
VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, Kanaal Zuid 286 Lieren
Postbus 676, 7300AR Apeldoorn Tel: +31 (0)88 186 02 00

auteursrechten VolkerWessels Telecom Netwerk Solutions, nadruk verboden

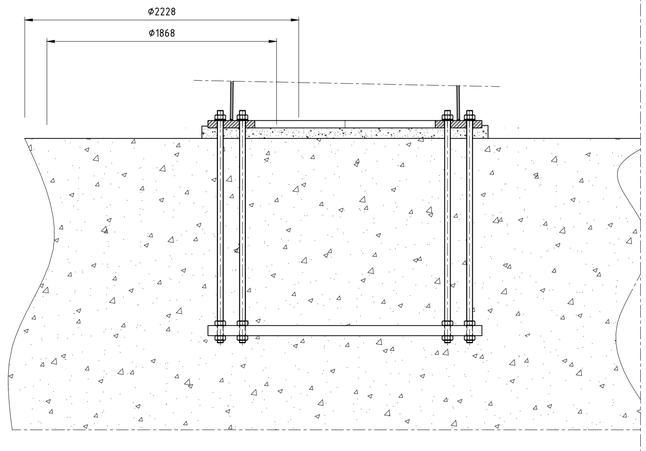


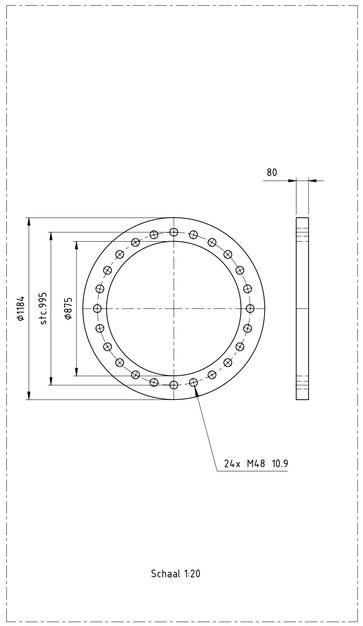


Schaal 1:5

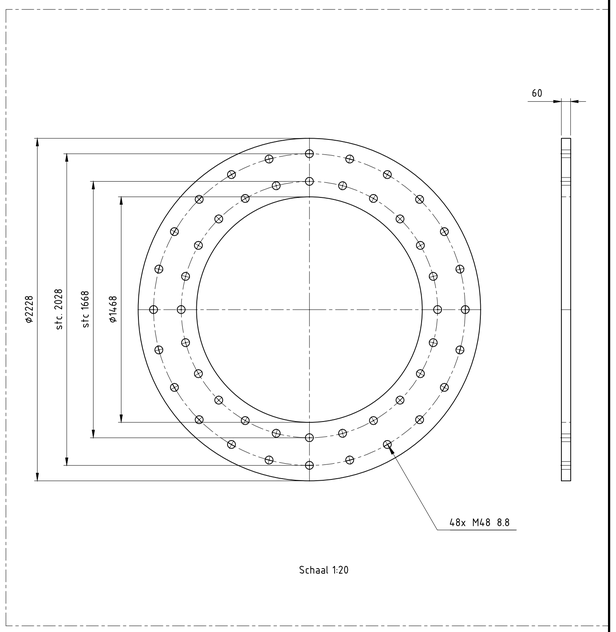


Schaal 1:5





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

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)”

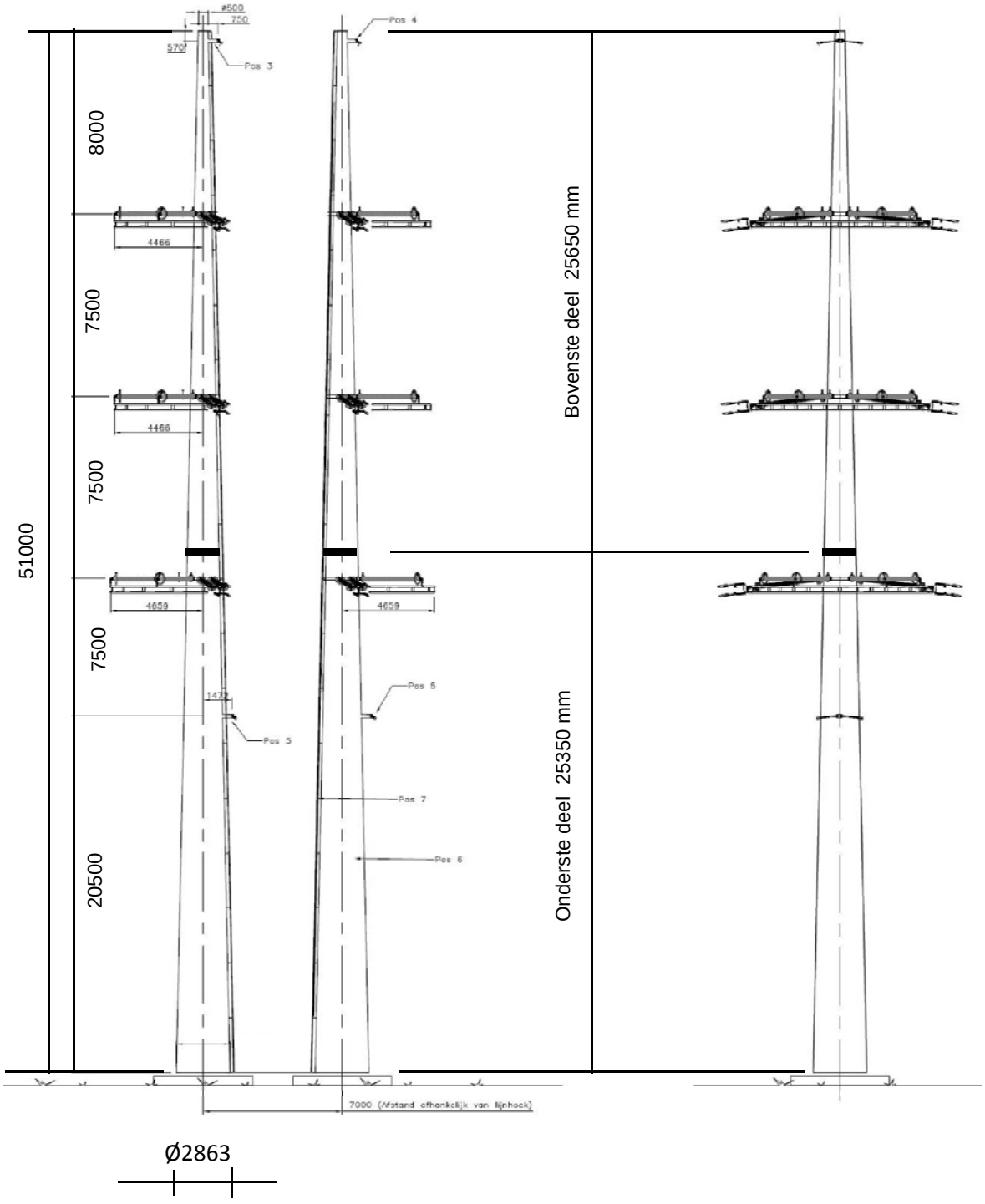
Berekening

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

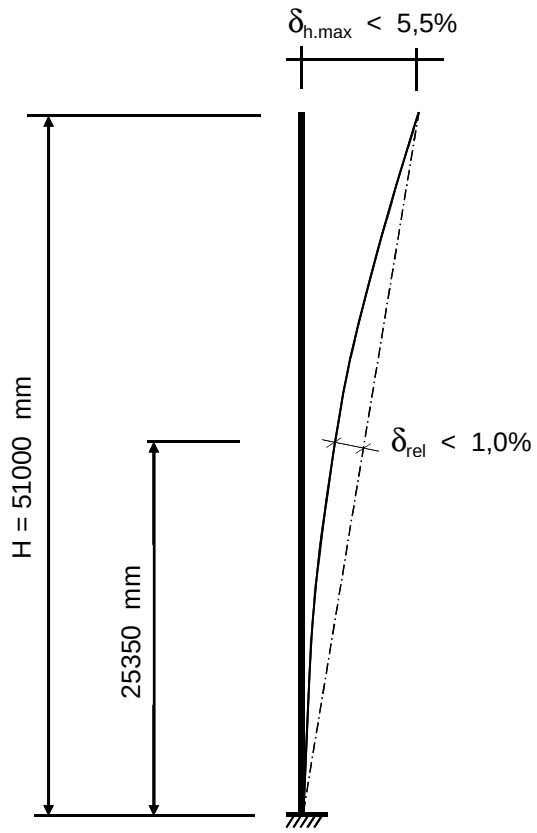
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

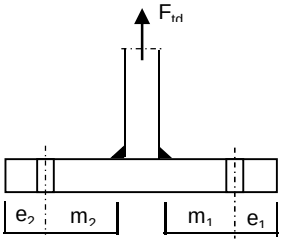
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

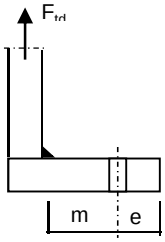
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

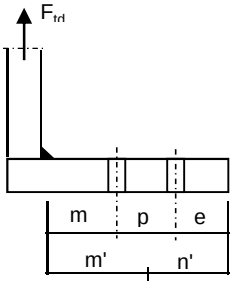
Flenzen en voetplaat:



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.

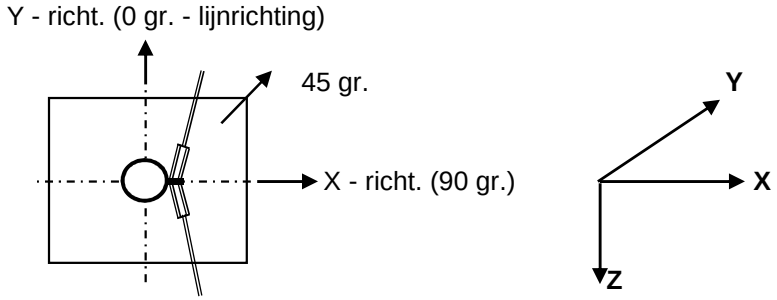
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

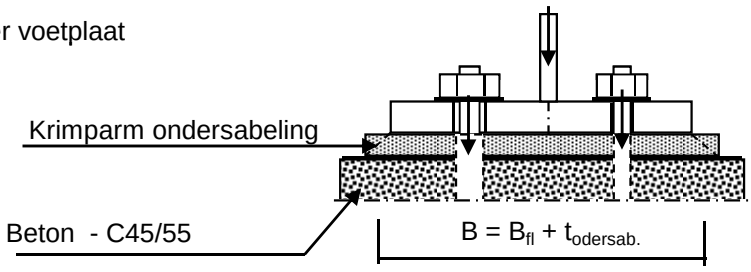
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 478,6 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 591,7 + 1,00 * 478,6 = 1070,3 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

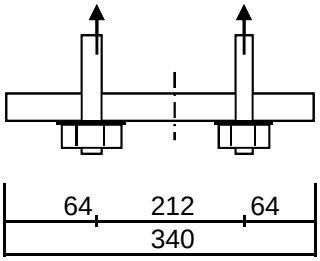
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

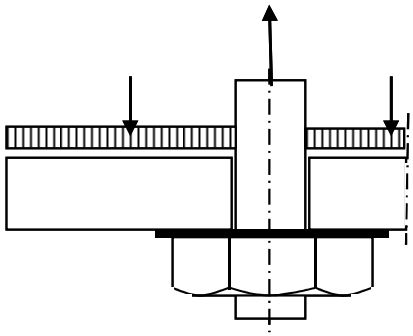


D = 2841 mm
n = 72

$A_{stortring}$ = 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 "W2H350(+0)"

Mast 20, 33 en 34

Tracé Vijfhuizen - Beverwijk

Revisie	Datum	Samensteller	Gecontroleerd
00	30 - 07 - 12	ing. Miko Hakhverdian	M.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 “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)”

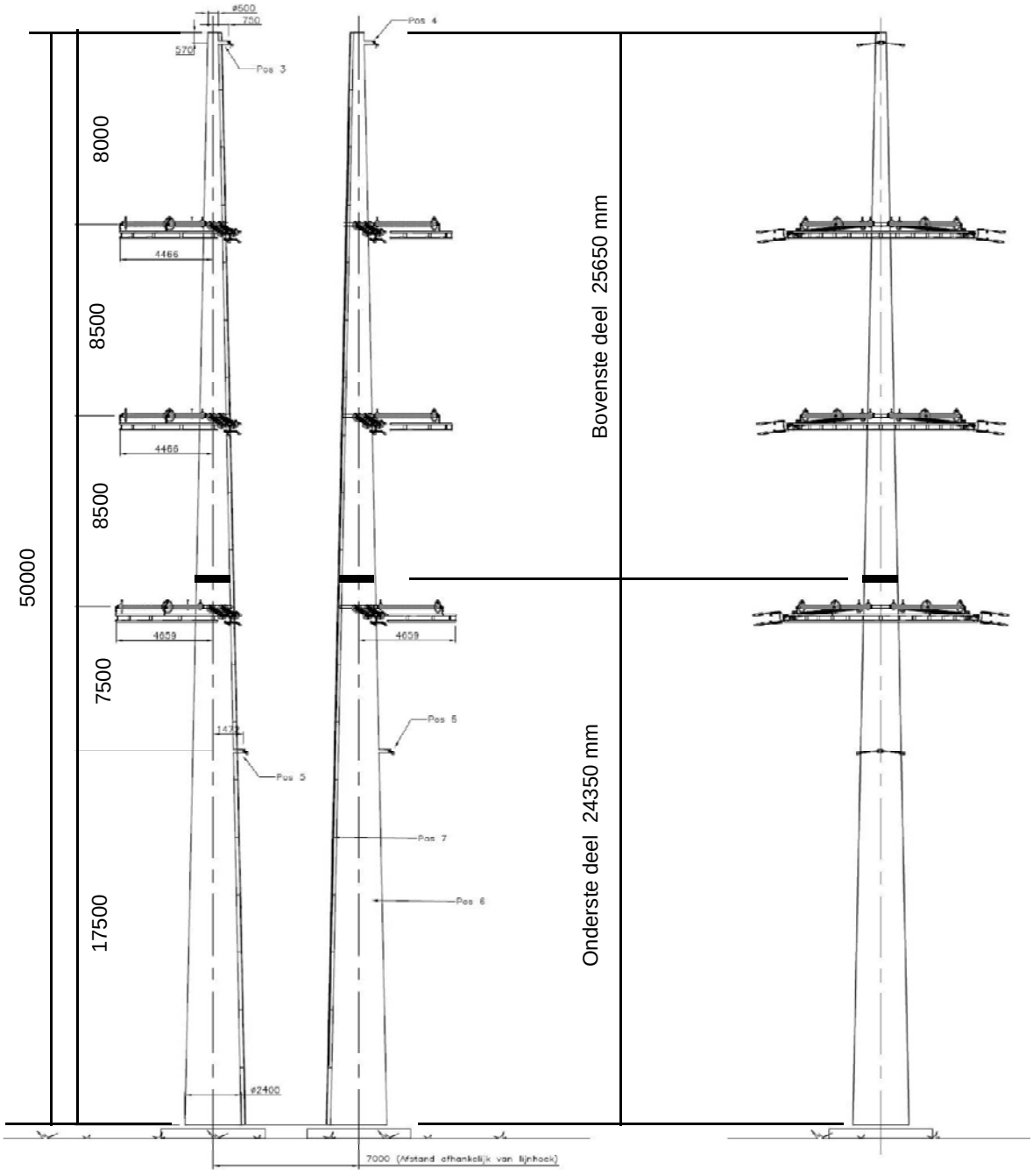
Berekening

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

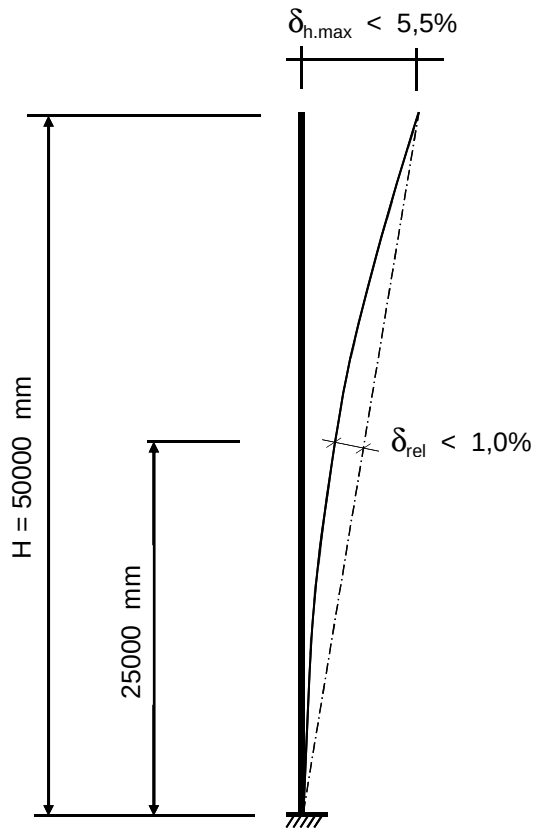
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

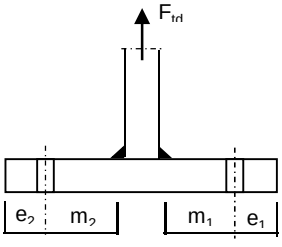
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

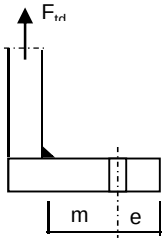
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

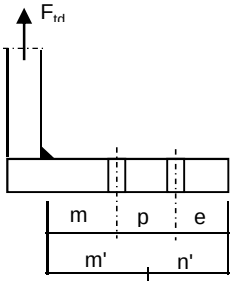
Flenzen en voetplaat:



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.

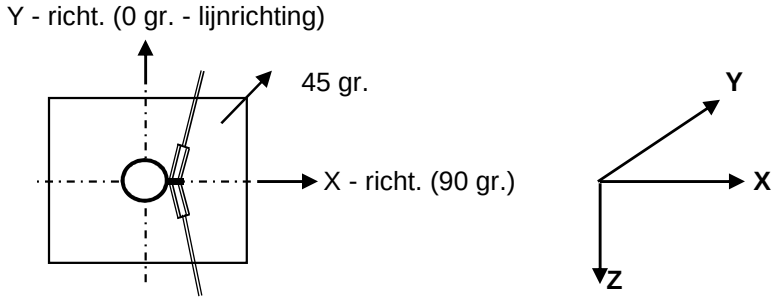
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma$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

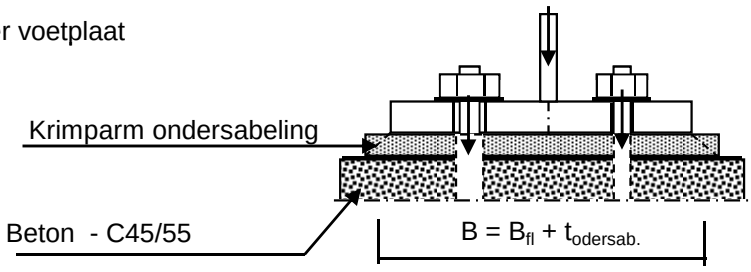
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 449,0 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 560,7 + 1,00 * 449,0 = 1009,7 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

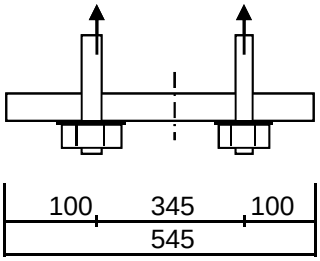
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

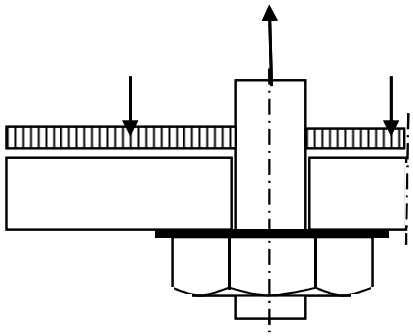


D = 2375 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 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 "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)”

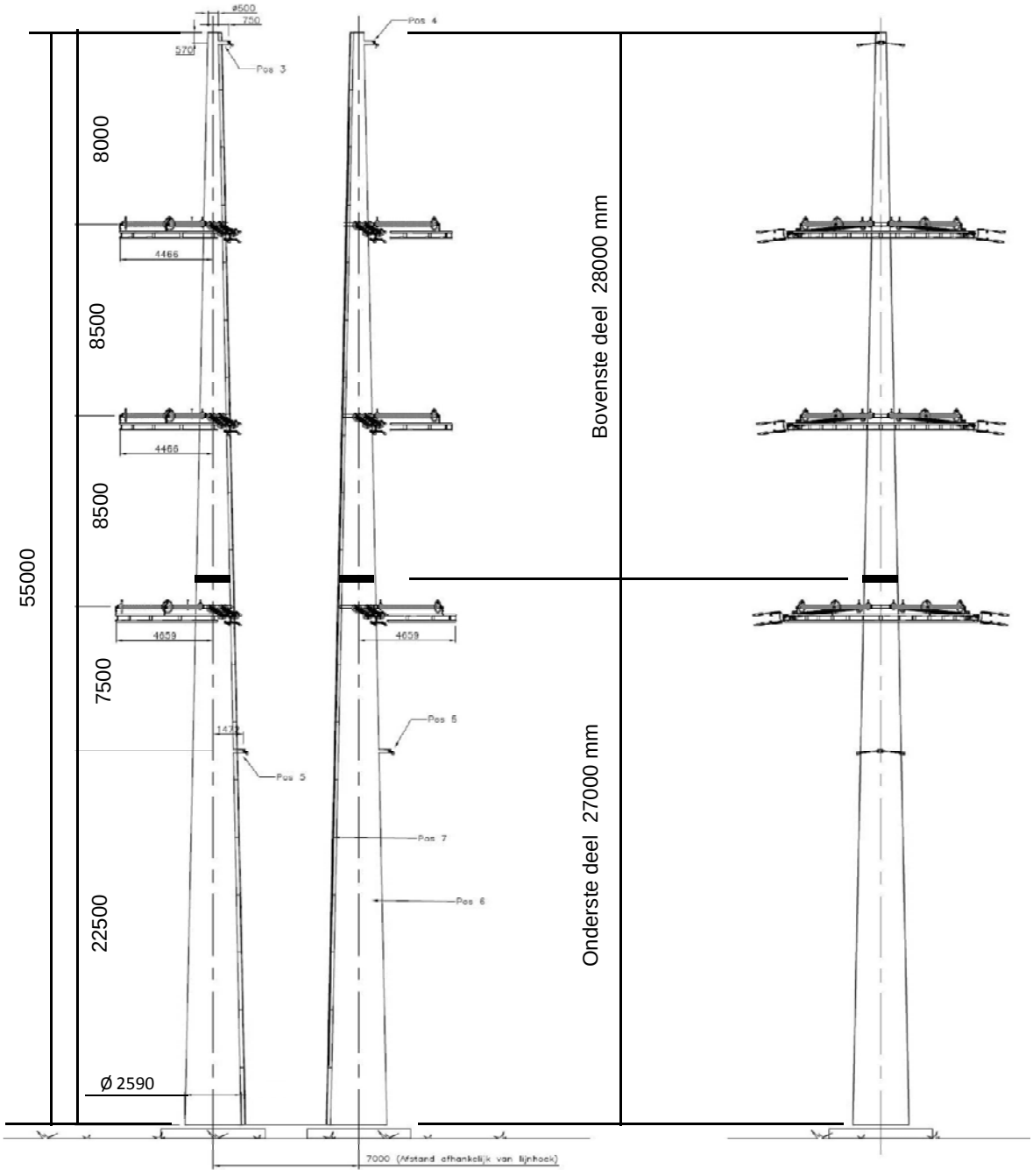
Berekening

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

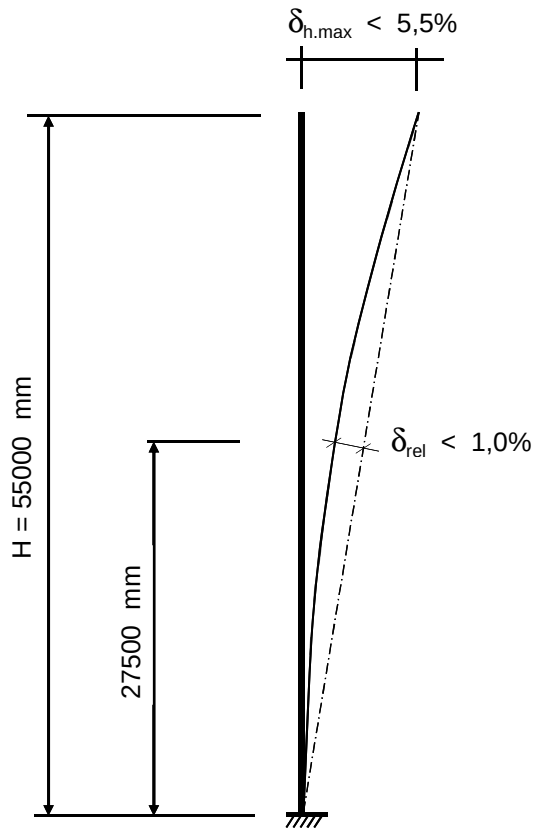
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

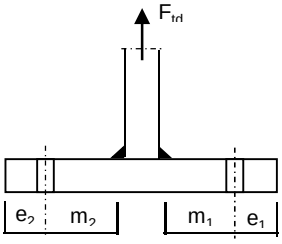
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

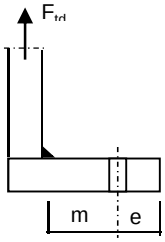
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

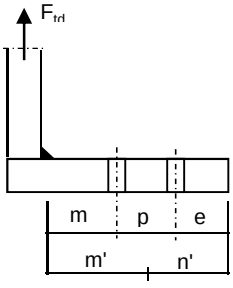
Flenzen en voetplaat:



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.

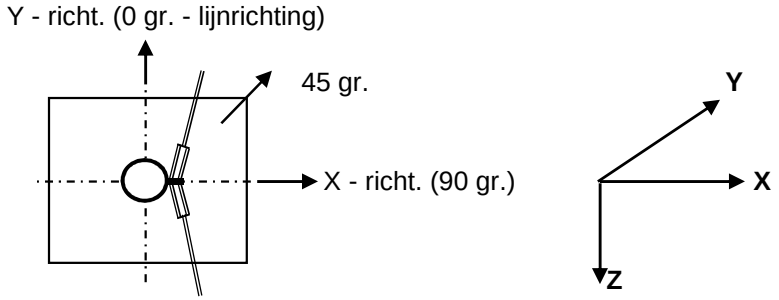
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

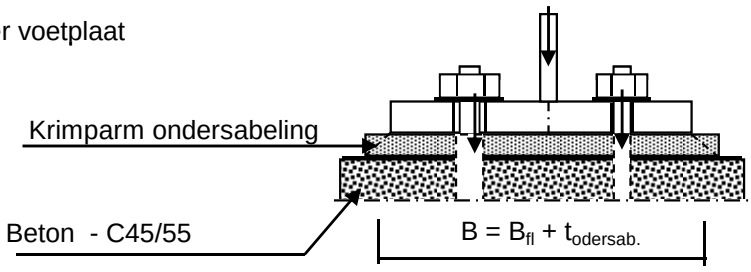
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 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

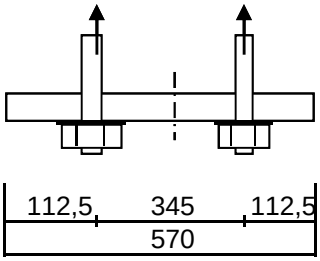
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 88

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

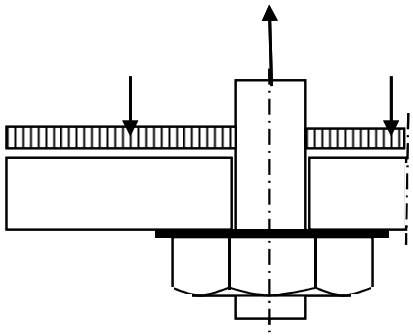


D = 2565 mm
n = 88

$A_{stortring}$ = 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

Postbus 676
7300 AR Apeldoorn
Tel: 088 - 1860200

Statische ontwerpberekening

Masttype "W2S300(+10)"

Mast 35 en 36

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(+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)”

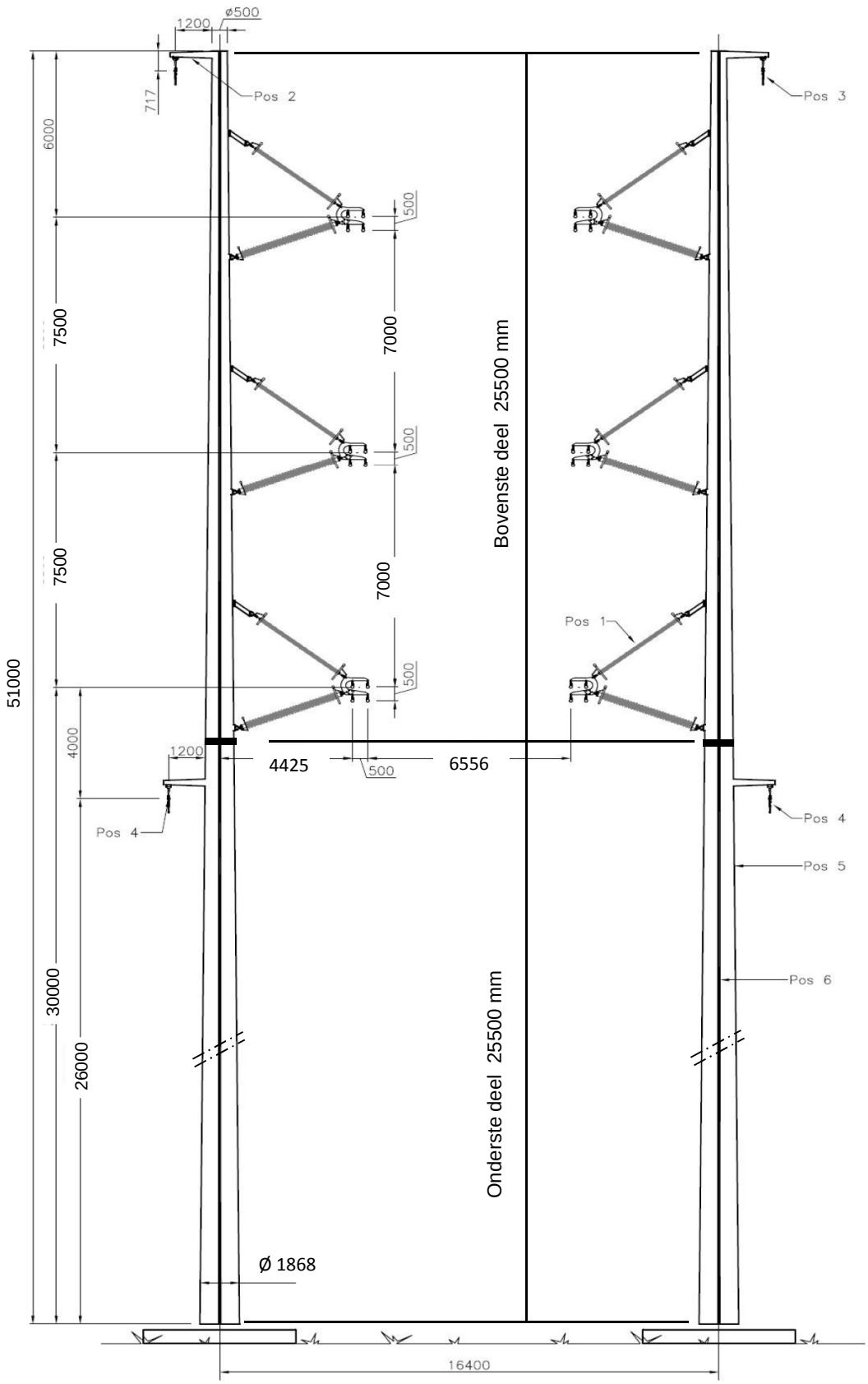
Berekening

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

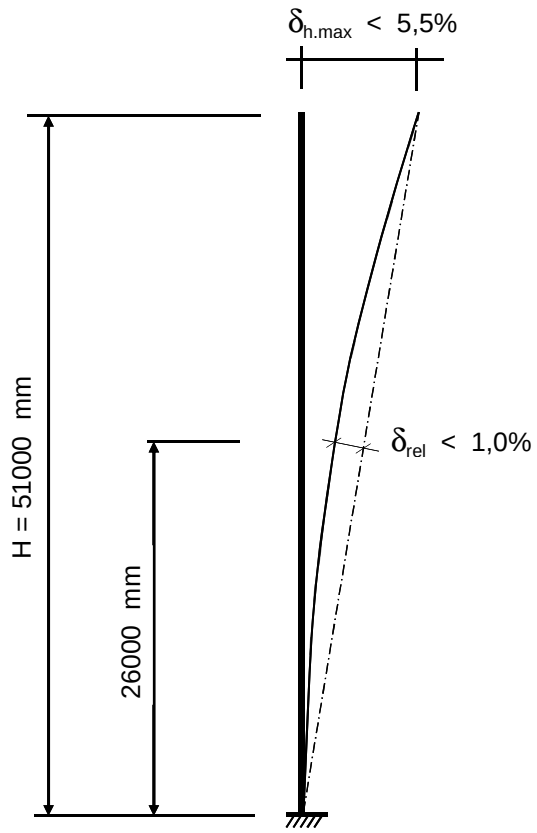
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

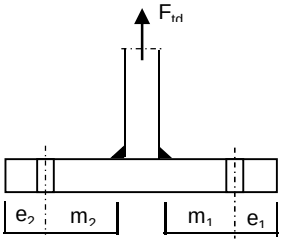
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

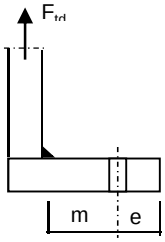
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

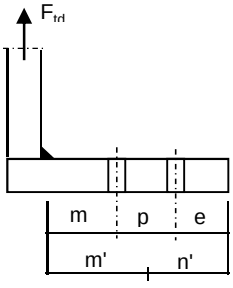
Flenzen en voetplaat:



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.

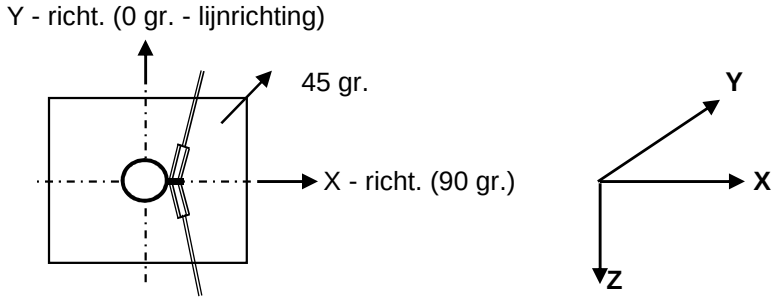
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

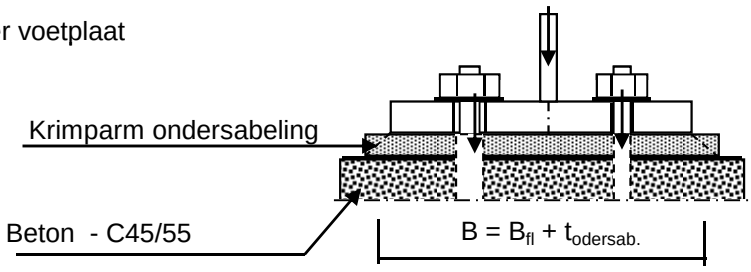
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 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

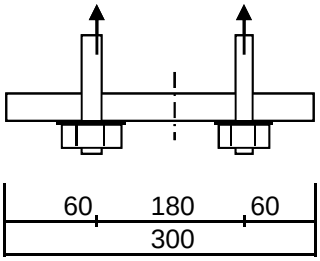
$t_{ondersab.}$ = 40,0 mm n = 48

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

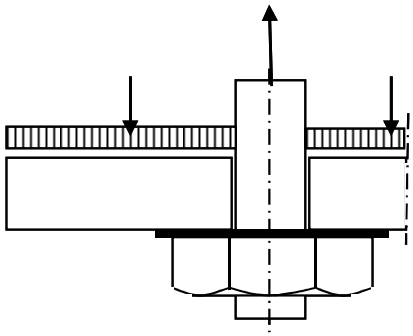


D = 1848 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 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

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)”

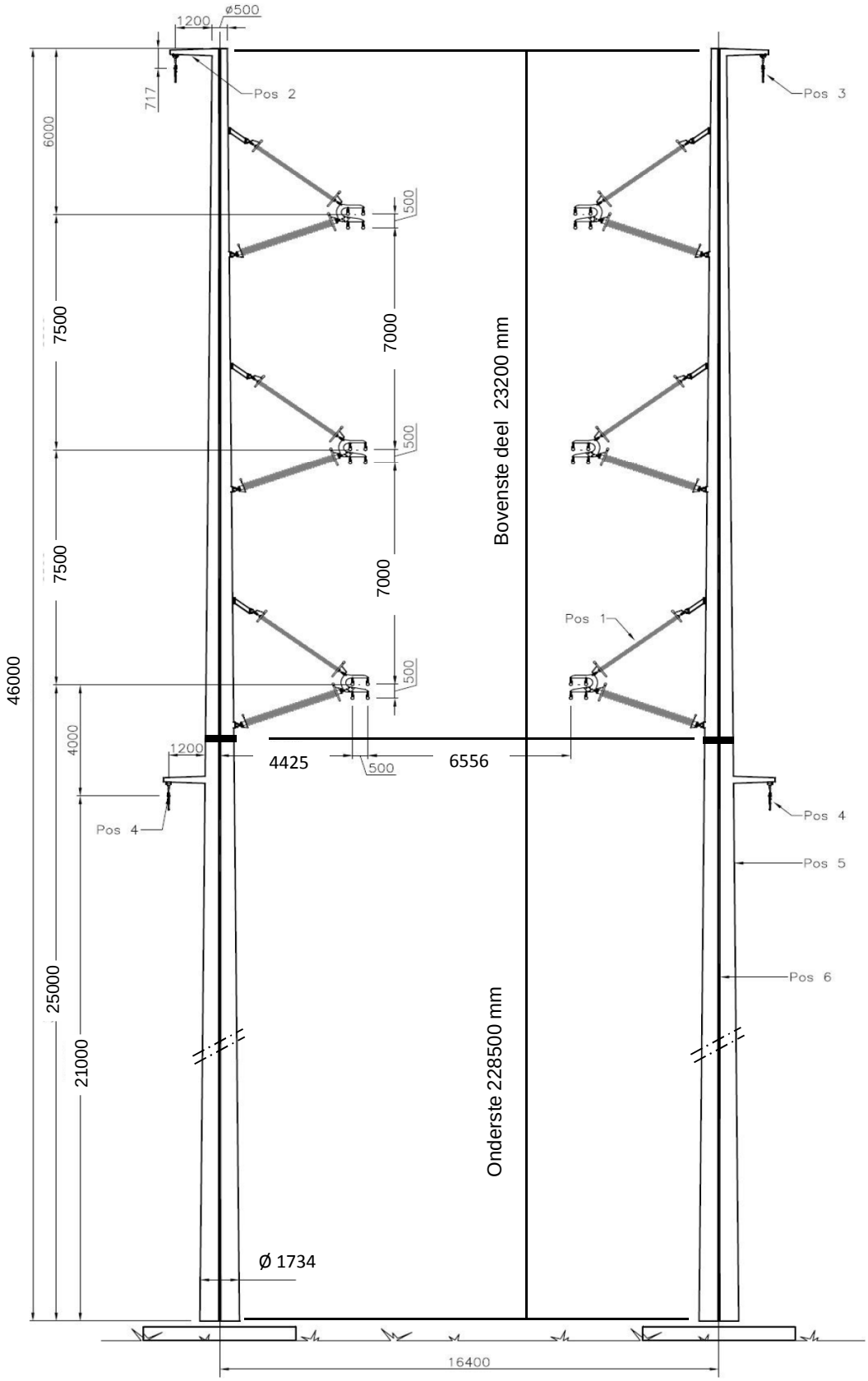
Berekening

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

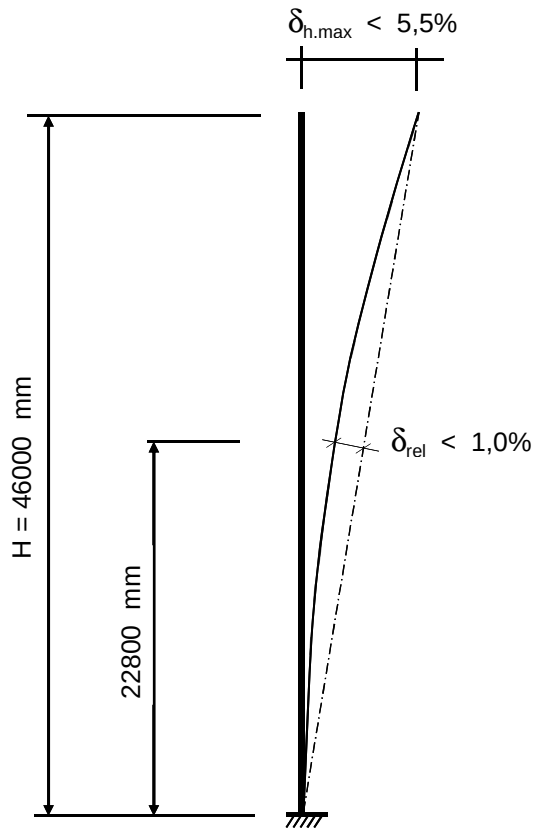
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

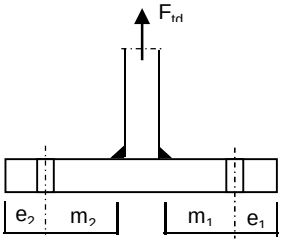
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

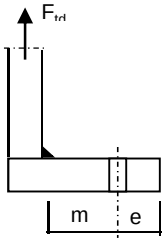
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

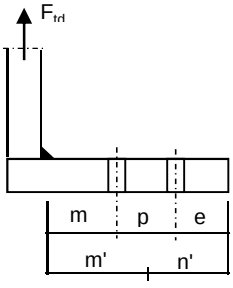
Flenzen en voetplaat:



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.

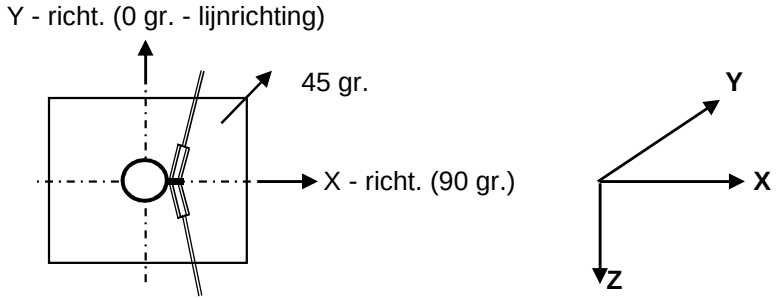
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

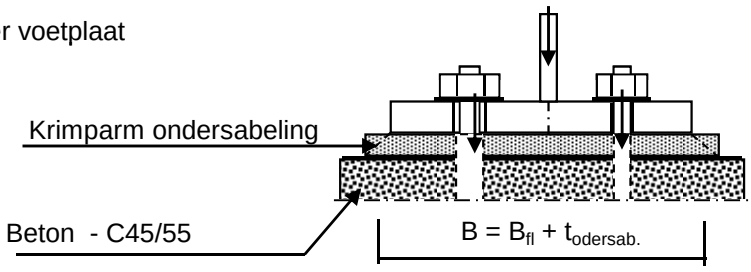
Maximale voorspanning in de anker :

$F_{t,Ed}$ = 358,3 kN

Maximale drukkrackt :

$F_{c,Ed}$ = 534,8 + 1,00 * 358,3 = 893,1 kN

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

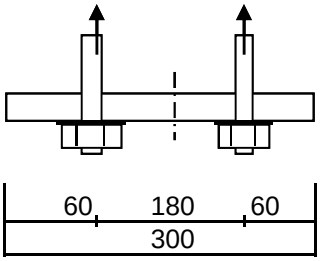
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

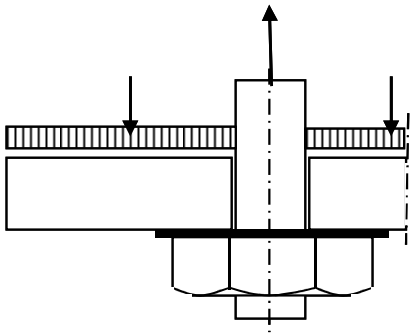


D = 1714 mm
n = 40

$A_{stortring}$ = 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

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)”

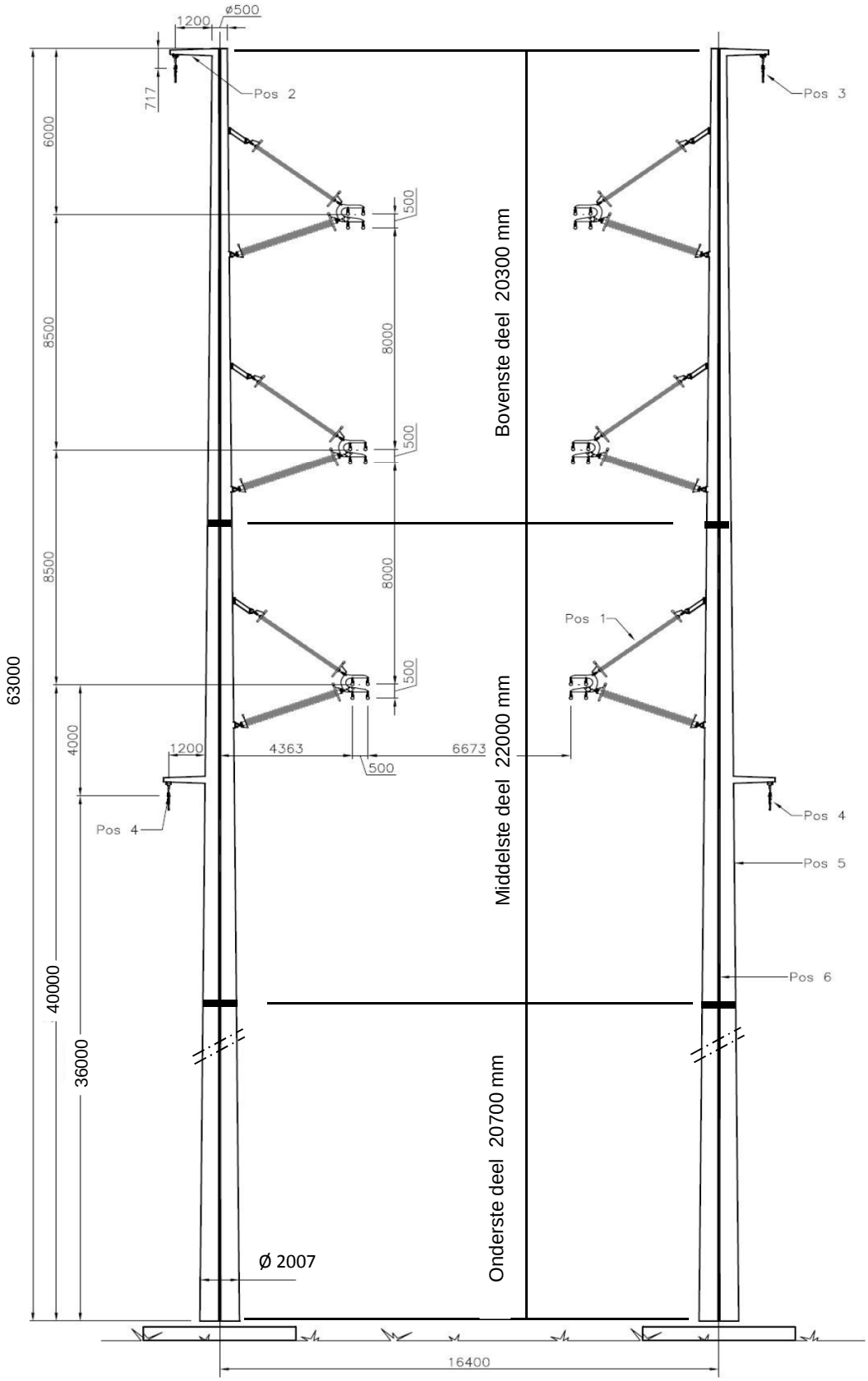
Berekening

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

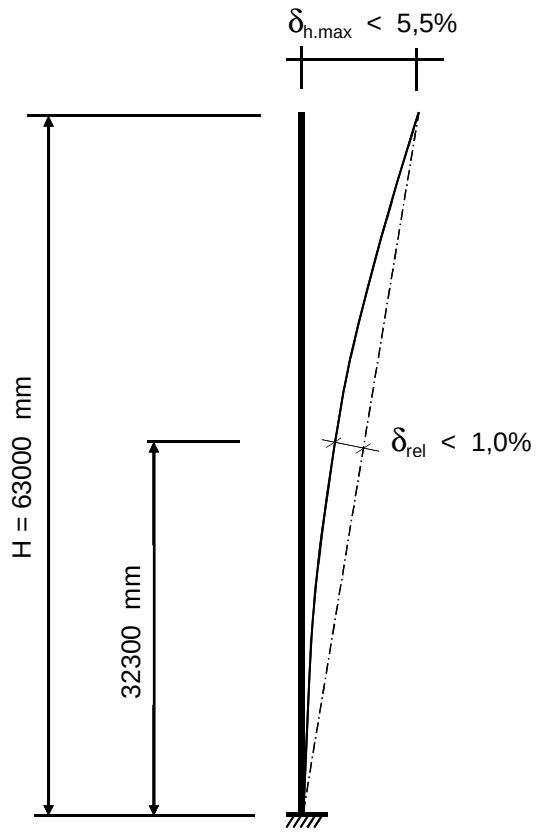
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

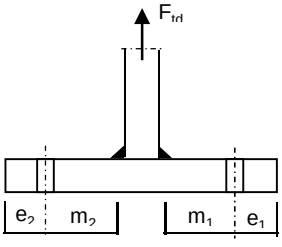
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

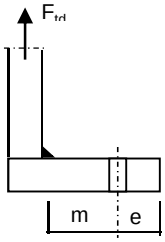
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

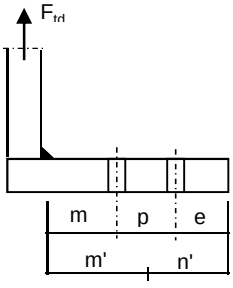
Flenzen en voetplaat:



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.

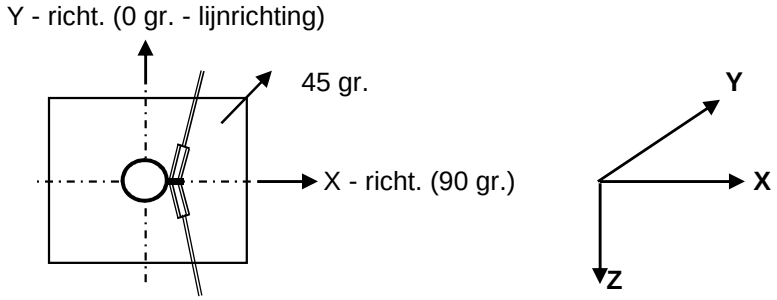
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

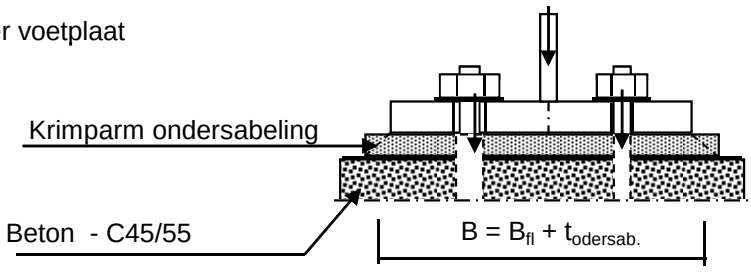
Maximale voorspanning in de anker :

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

Maximale drukkrackt :

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

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

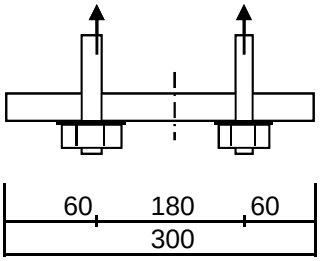
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

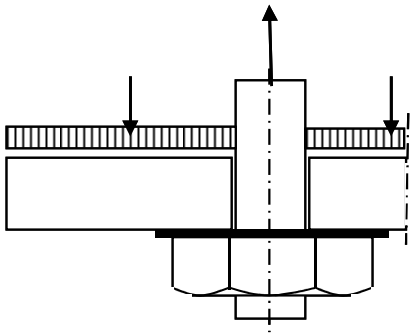


D = 1985 mm
n = 56

$A_{stortring}$ = 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 | Netwerk Solutions

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)”

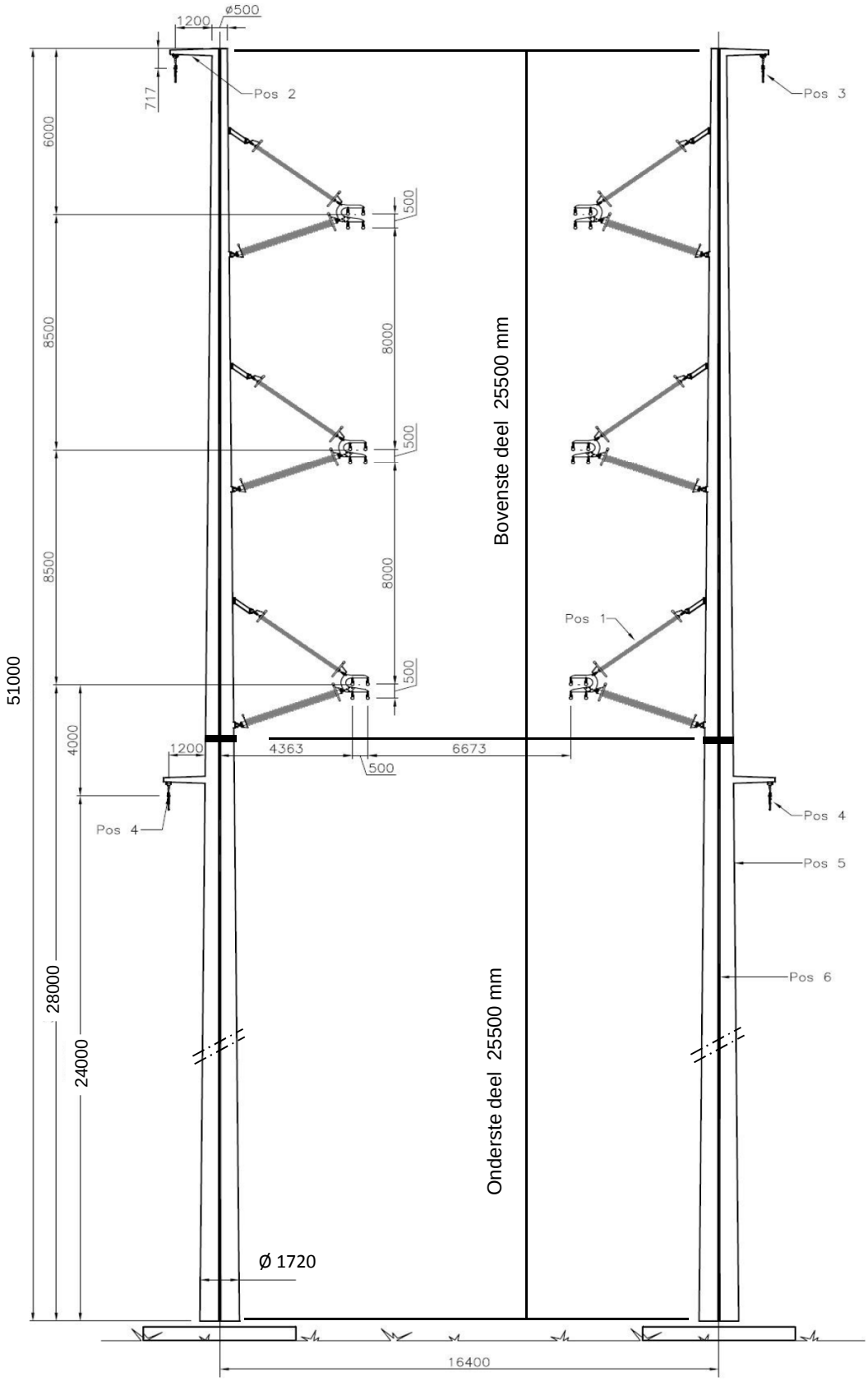
Berekening

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

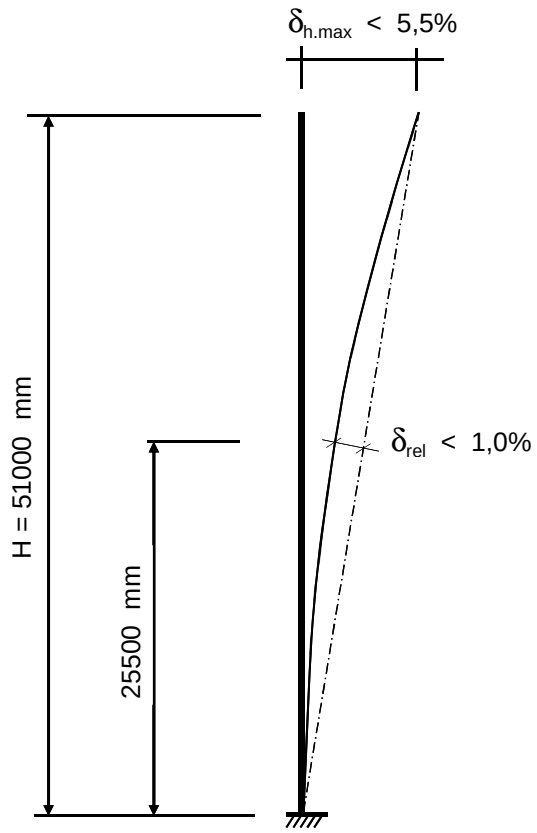
4.2 - Maximale horizontale verplaatsingen in SLS-toestand

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

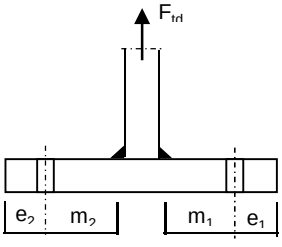
Flensverbinding met één boutrij : $I_p = (n / 2) * (d_{stc}./ 2)^2$

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

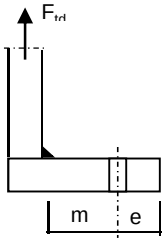
Flensverbinding met twee boutrij symmetrisch (voetplaat) :

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

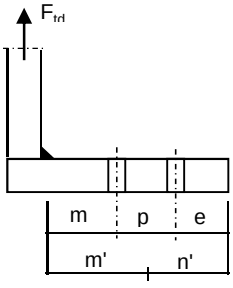
Flenzen en voetplaat:



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.

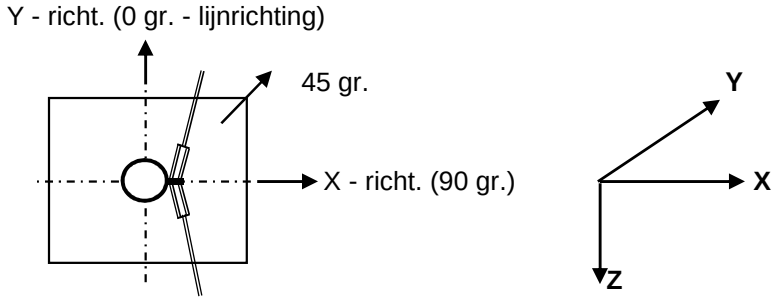
$\gamma * \Delta\sigma =$ 1,2 * $\Delta\sigma$

$\Delta\sigma k =$	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

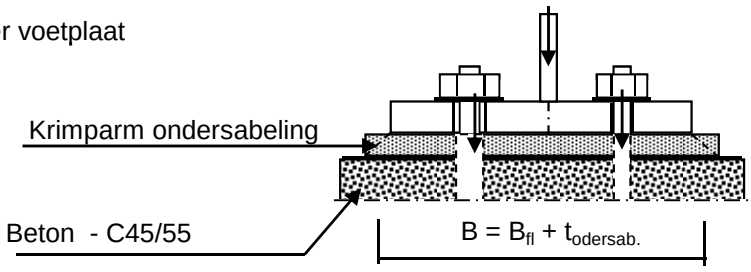
Maximale voorspanning in de anker :

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

Maximale drukkrackt :

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

A - drukspanning onder voetplaat



Toetsing :

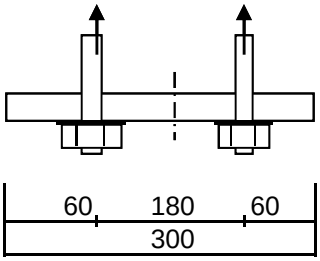
$\sigma_b < 0,7 * f_{cd} = 0,7 * 45 / 1,5 = 21,0$ N/mm^2

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

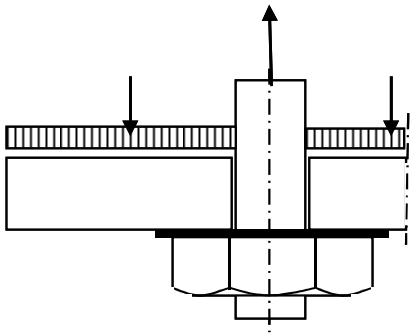


D = 1700 mm
n = 48

$A_{stortring}$ = 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

TenneT
Taking power further

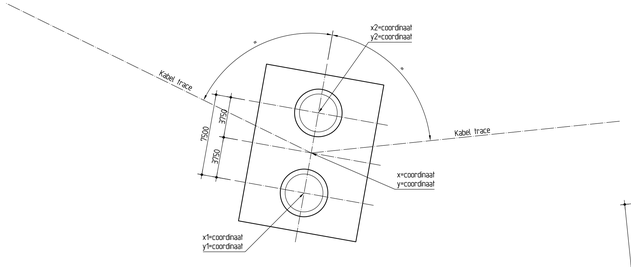
Bijlage 3.2

GHS-OMGV lijn

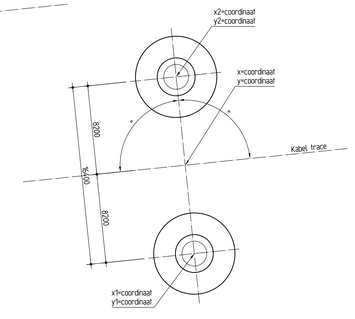
Constructietekeningen en berekeningen
mastfundaties

Situatie
schaal 1:10000

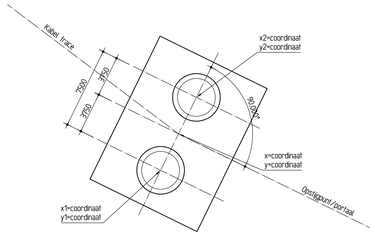
Locatie	Masttype	Type fundatie
1.	W2E350+5	R38.5N
2.	W2H550+5	R33.7N
3.	W2H400	R33.7N
4.	W2S400+5	C14.7N
5.	W2E400	R38.5B
6.	W2E350+5	R38.5B
7.	W2H400+5	R38.5N
8.	W2H400+5	R38.5N
9.	W2S400+5	C14.7N
10.	W2S400+5	C14.7N
11.	W2S400+5	C14.7N
12.	W2S350+17	C14.7N
13.	W2S400+5	C14.7N
14.	W2S400+5	C14.7B
15.	W2H400+5	R38.5N
16.	W2S400+5	C14.7B
17.	W2S350+17	C14.7B
18.	W2S350+17	C14.7B
19.	W2S350+5	C11.5B
20.	W2H350	R30.1B
21.	W2S350+5	C11.5B
22.	W2S350+5	C11.5N
23.	W2S350+5	C11.5N
24.	W2S350+5	C11.5N
25.	W2H550+5	R33.7N
26.	W2H300+10	R30.1N
27.	W2H300+10	R30.1N
28.	W2S300+5	C9.0N
29.	W2S300+5	C9.0N
30.	W2S300+5	C9.0N
31.	W2H300+5	R30.1N
32.	W2H300+5	R30.1N
33.	W2H350	R30.1N
34.	W2H350	R30.1N
35.	W2S300+10	C14.7N
36.	W2S300+10	C14.7N
37.	W2H300+5	R30.1N
38.	W2E350	R30.1B



Principe fundatie type R30.1 R33.7 R38.5
schaal 1:200



Principe fundatie type C9.0 C11.5 C14.7
schaal 1:200



Principe fundatie eindmast locatie 1, 5, 6 en 38
schaal 1:200

	X m	Y m	X1 m	Y1 m	X2 m	Y2 m
Portaal Bev	106922,250	498520,656				
1 (vkt 4.0)	106948,080	498498,878	106945,663	498496,011	106950,497	498501,745
2 (vkt 4.0)	106921,991	498196,745	106918,255	498197,068	106925,727	498196,422
3 (vkt 4.0)	106892,100	497850,587	106888,473	497851,538	106895,727	497849,636
4 (vkt 4.0)	106730,408	497494,896	106722,943	497498,289	106737,873	497491,503
5 (vkt 4.0)	106581,808	497168,008	106578,257	497169,214	106585,359	497166,802
OSP 5	106575,537	497149,543				
OSP 6	106291,429	496304,433				
6 (vkt 4.0)	106286,276	496285,574	106282,659	496286,562	106289,893	496284,586
7 (vkt 4.0)	106138,709	495975,241	106135,104	495976,274	106142,314	495974,208
8 (vkt 4.0)	106093,260	495580,102	106089,701	495578,920	106096,819	495581,284
9 (vkt 4.0)	106316,859	495342,932	106310,893	495337,307	106322,825	495348,557
10 (vkt 4.0)	106556,251	495089,010	106550,285	495083,385	106562,217	495094,635
11 (vkt 4.0)	106798,499	494832,060	106792,533	494826,435	106804,465	494837,685
12 (vkt 4.0)	107018,391	494598,823	107012,425	494593,198	107024,357	494604,448
13 (vkt 4.0)	107281,376	494341,090	107255,410	494335,465	107267,342	494346,715
14 (vkt 4.0)	107501,230	494086,679	107495,264	494081,054	107507,196	494092,304
15 (vkt 4.0)	107741,034	493832,321	107735,068	493826,696	107747,000	493837,946
16 (vkt 4.0)	107973,535	493585,709	107967,569	493580,084	107979,501	493591,334
17 (vkt 4.0)	108217,055	493327,409	108211,058	493321,816	108223,052	493333,002
18 (vkt 4.0)	108346,063	493187,593	108340,036	493182,032	108352,090	493193,154
19 (vkt 4.0)	108585,489	492928,110	108579,462	492922,549	108591,516	492933,671
20 (vkt 4.0)	108786,533	492710,223	108782,960	492709,083	108790,106	492711,363
21 (vkt 4.0)	108750,780	492431,272	108742,647	492432,314	108758,913	492430,230
22 (vkt 4.0)	108708,386	492100,513	108700,253	492101,555	108716,519	492099,471
23 (vkt 4.0)	108665,091	491762,713	108656,958	491763,755	108673,224	491761,671
24 (vkt 4.0)	108620,763	491416,863	108612,630	491417,905	108628,896	491415,821
25 (vkt 4.0)	108583,665	491127,414	108579,928	491127,724	108587,402	491127,104
26 (vkt 4.0)	108571,926	490820,750	108568,214	490821,280	108575,638	490820,220
27 (vkt 4.0)	108512,889	490585,191	108509,207	490585,904	108516,571	490584,478
28 (vkt 4.0)	108471,601	490285,737	108463,478	490286,857	108479,724	490284,617
29 (vkt 4.0)	108430,706	489989,128	108422,583	489990,248	108438,829	489988,008
30 (vkt 4.0)	108389,981	489693,757	108381,858	489694,877	108398,104	489692,637
31 (vkt 4.0)	108348,948	489396,156	108340,825	489397,276	108357,071	489395,036
32 (vkt 4.0)	108312,099	489128,894	108308,448	489129,750	108315,750	489128,038
33 (vkt 4.0)	108233,000	488893,000	108229,348	488893,851	108236,652	488892,149
34 (vkt 4.0)	108204,330	488680,941	108200,623	488681,507	108208,037	488680,375
35 (vkt 4.0)	108157,460	488405,398	108149,376	488406,773	108165,544	488404,023
36 (vkt 4.0)	108124,461	488211,403	108116,333	488212,484	108132,589	488210,322
37 (vkt 4.0)	108095,670	487912,500	108092,185	487913,884	108099,155	487911,116
38 (vkt 4.0)	107955,920	487732,354	107952,991	487734,695	107958,849	487730,013
Portaal Vhz	107849,136	487598,732				

Opmerkingen
Coordinaten in mm van de rijsdriehoeksmeting

Bijbehorende tekeningen
T-V0-KW-V-002 Funderingspoer type R30.1
T-V0-KW-V-003 Funderingspoer type R33.7
T-V0-KW-V-004 Funderingspoer type R38.5
T-V0-KW-V-005 Funderingspoer tpye C9.0
T-V0-KW-V-006 Funderingspoer type C11.5
T-V0-KW-V-007 Funderingspoer type C14.7

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.1	30-08-2012	Coordinaten in tabel toegevoegd	MKo	LeMo	LeMo
1.0	20-08-2012	Definitief	MKo	LeMo	LeMo
0.1	15-08-2012	Concept	MKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V.
Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 38 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 60
3861 KJ Nijkerk 2860 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

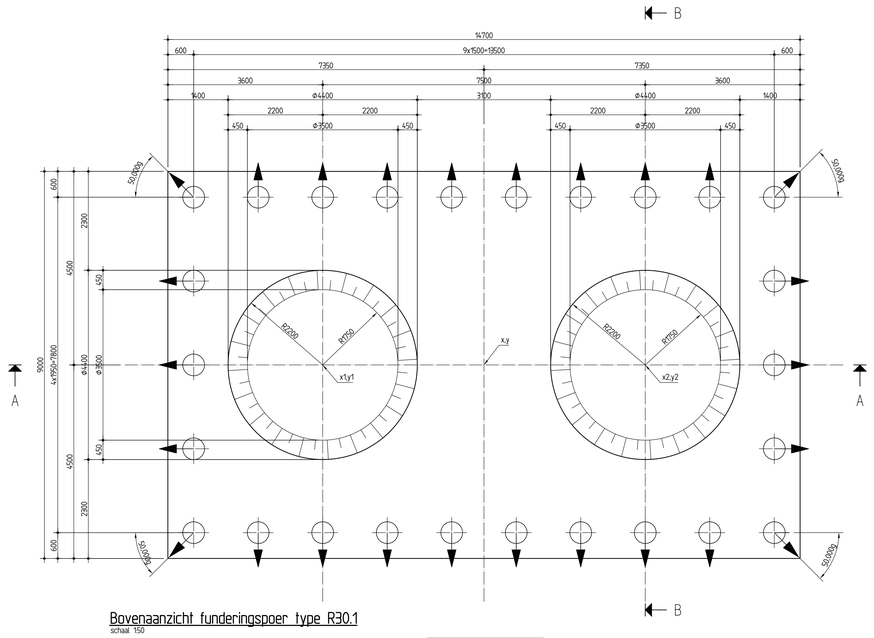
tennet
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

breijn
Constructie & Geotechniek I www.breijn.nl
Graafsebaan 67 Postbus 77 T +31 (0)73 543 64 01
5248 JT Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 02

Bestelnummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1
Tekeningnummer: T-V0-KW-0-001
Revisie: 1.1

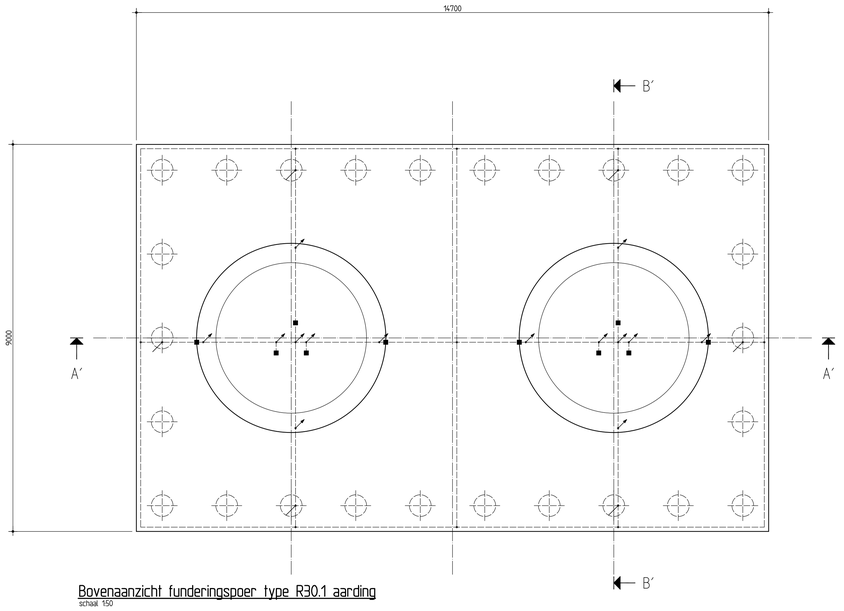
Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Situatie tekening

Bestandslocatie:C:\Users\mko\Desktop\Tennet\T-V0-KW-0-001-1.1.dwg

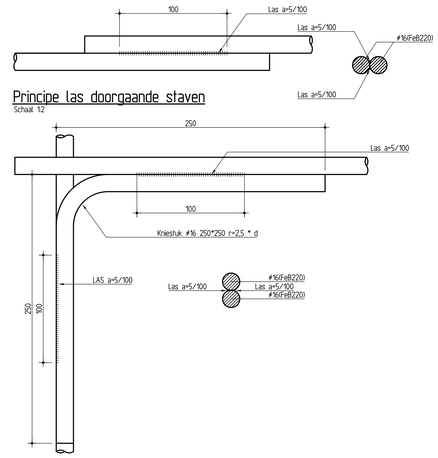


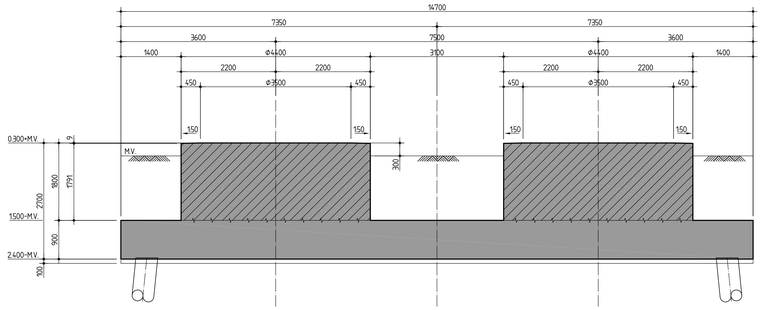
Bovenaanzicht funderingspoer type R30.1
schaal 150

Vibropalen Φ456/510
schoorstand 10:1
lengte n.t.b.
aantal: 26 stuks

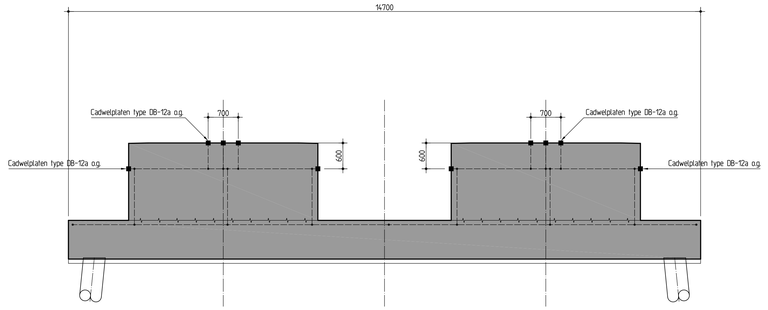


Bovenaanzicht funderingspoer type R30.1 aarding
schaal 150

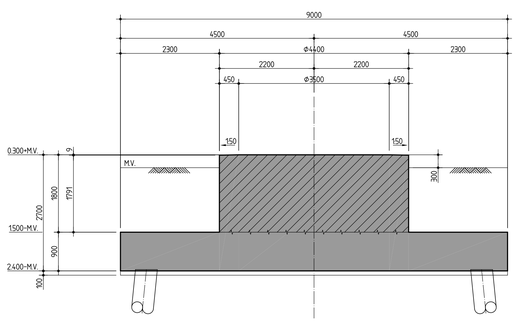




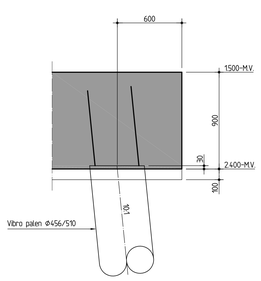
Doorsnede A-A
schaal 150



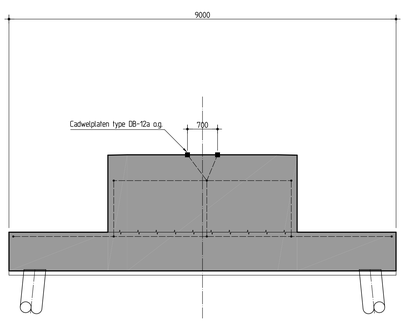
Doorsnede A'-A'
schaal 150



Doorsnede B-B
schaal 150



Detail Paalkop
schaal 120



Doorsnede B'-B'
schaal 150

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend		Gecontroleerd		Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MiKo		LeMo		LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MiKo		LeMo		LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V.
Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 36 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 66
3861 RJ Nijkerk 2860 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

TENNET
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

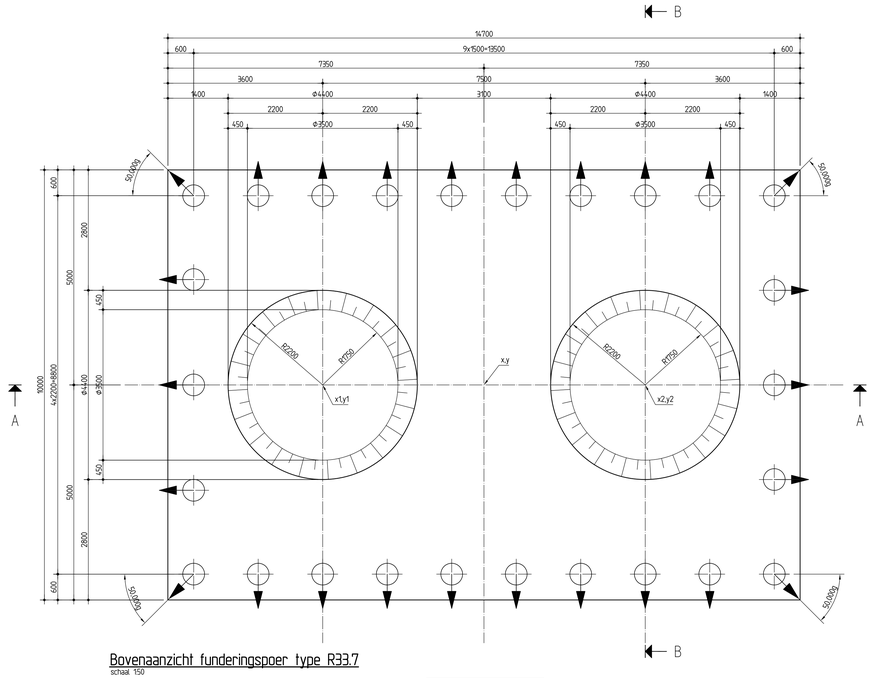
breijn
Constructie & Geotechniek www.breijn.nl
Graafsebaan 67 Postbus 37 T +31 (0)73 543 64 00
5248 JT Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 09

Bestelnummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

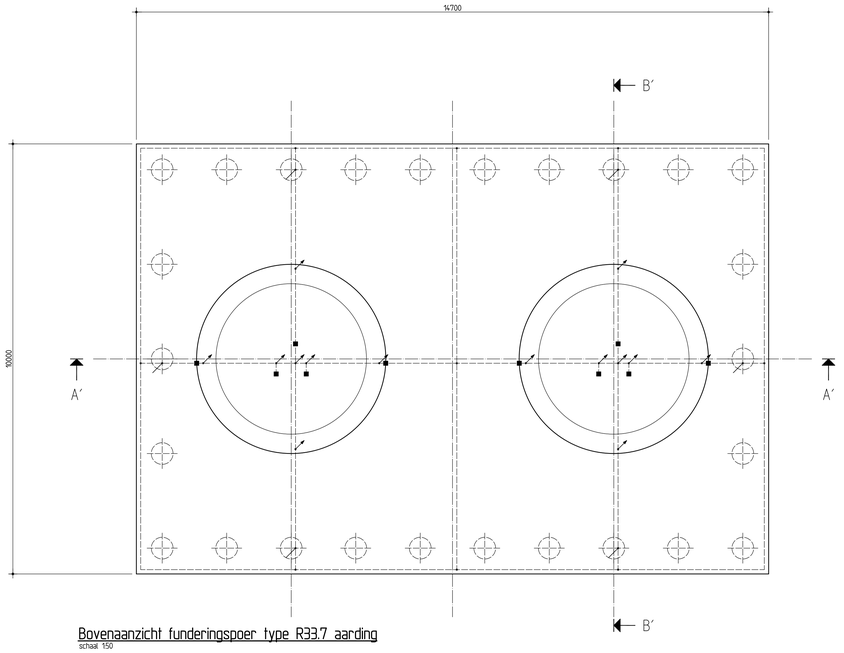
Fundatie Windrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R30.1

Tekeningnummer: T-V0-KW-V-002
Revisie: 1.0

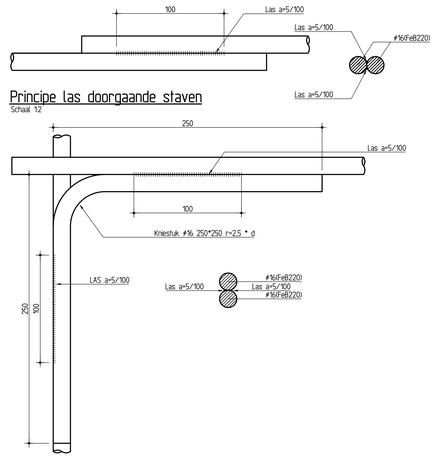
Bestandsnaam: C:\Users\mkoster\Desktop\T-V0-KW-V-002.dwg

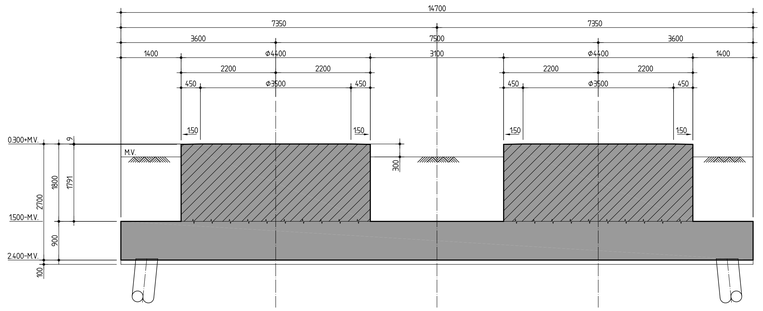


Bovenaanzicht funderingspoer type R33.7
schaal 1:50

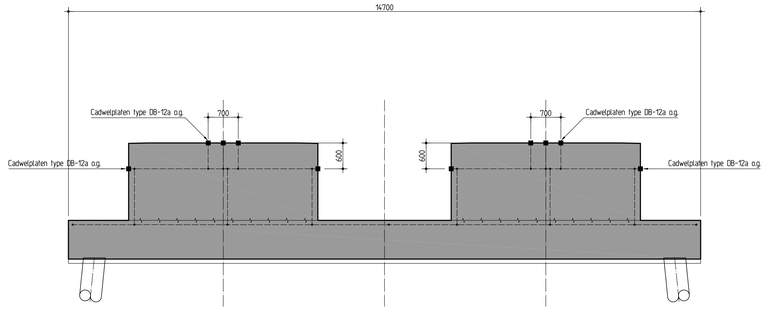


Bovenaanzicht funderingspoer type R33.7 aarding
schaal 1:50

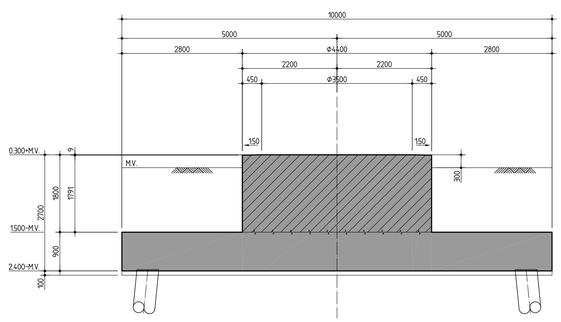




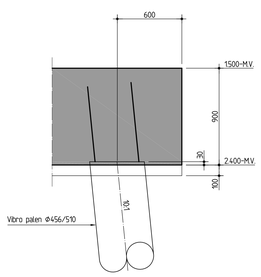
Doorsnede A-A
schaal 1:50



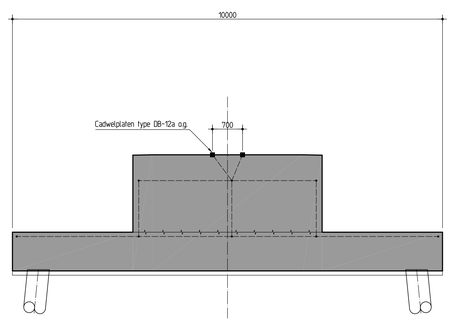
Doorsnede A'-A'
schaal 1:50



Doorsnede B-B
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend		Gecontroleerd		Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MiKo		LeMo		LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MiKo		LeMo		LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V.
Noord-Nederland
Nijverheidstraat 36 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 66
3861 RJ Nijkerk 2060 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

TENNET
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

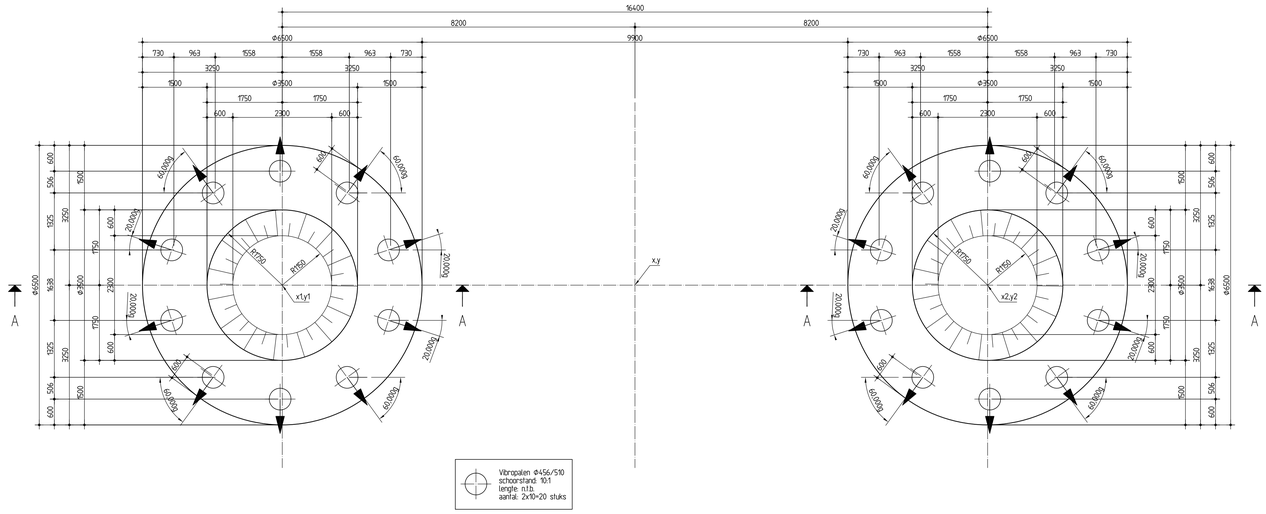
breijn
Constructie & Geotechniek www.breijn.nl
Graafsebaan 67 Postbus 37 T +31 (0)73 543 64 00
5248 JT Rosmalen 5240 AA Rosmalen F +31 (0)73 543 64 01

Bestelnummer:	
Projectnummer:	2410010
Schaal:	zie tekening
Formaat:	A1

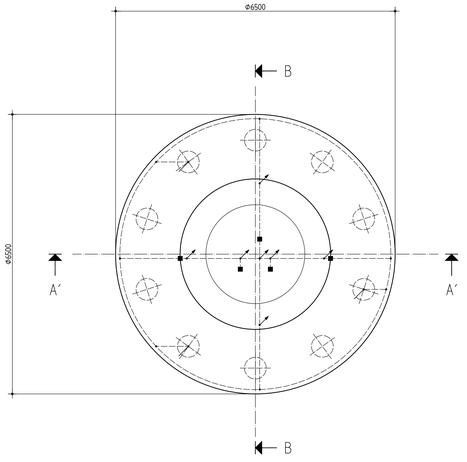
Fundatie Windtrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R33.7

Tekeningnummer:	T-V0-KW-V-003
Revisie:	1.0

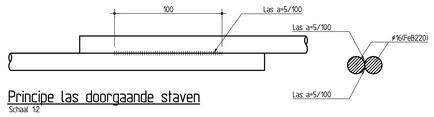
Bestandsnaam: T:\Projecten\2410010 Windtrack Randstad 380 noord\Tekeningen\T-V0-KW-V-003.dwg



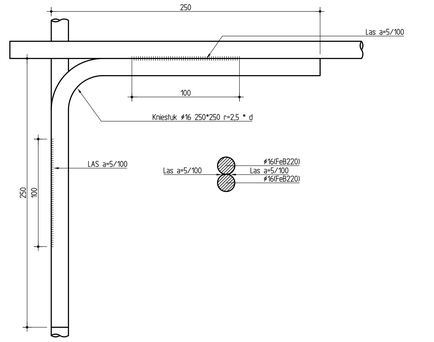
Bovenaanzicht funderingspoer type C9.0
schaal 1:50



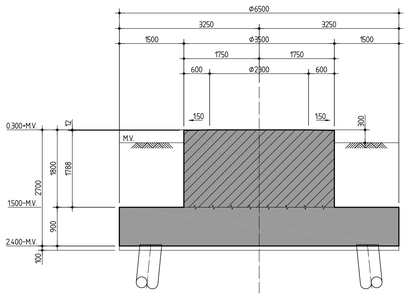
Bovenaanzicht funderingspoer type C9.0 aarding
schaal 1:50



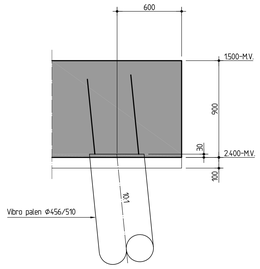
Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2



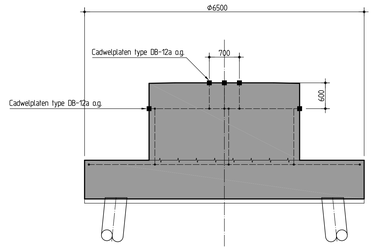
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



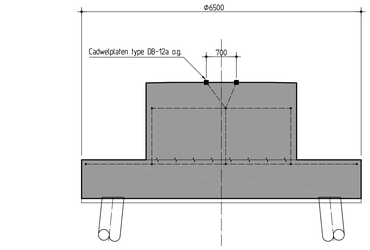
Doorsnede A-A
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede A-A
schaal 1:50



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van veilingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (Fe8220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-VO-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MiKo	LeMo	LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MiKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V. Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 38 3861 RJ Nijkerk
Postbus 1078 2860 BB Nijkerk
T +31 (0)33 245 55 60 F +31 (0)33 245 55 88

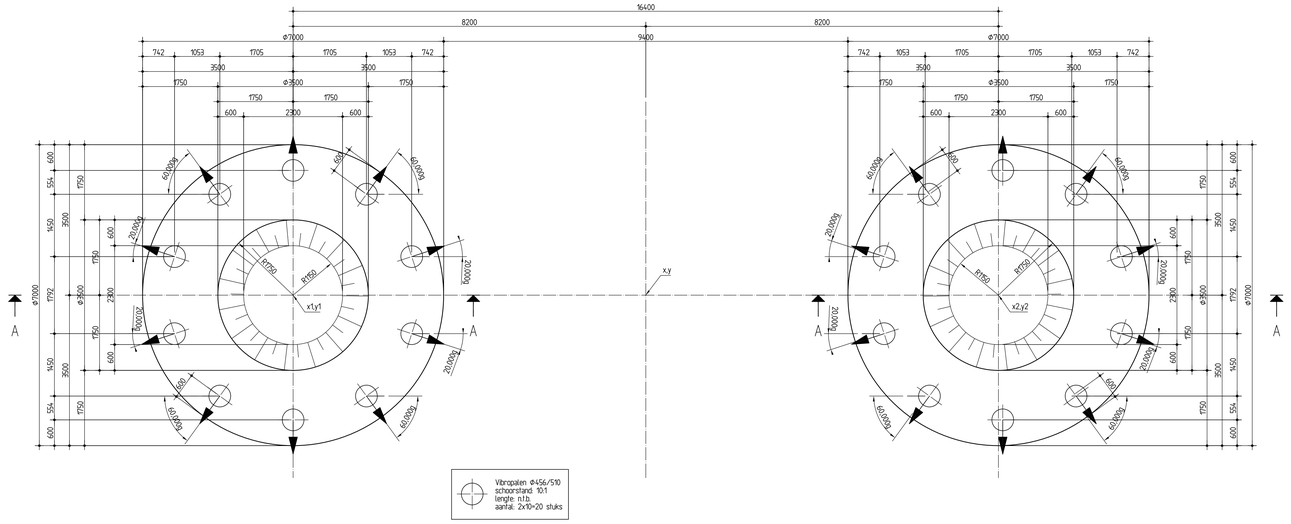
breijn
Constructie & Geotechniek Graafsebaan 63 5248 JT Rosmalen
Postbus 37 5240 AA Rosmalen
T www.breijn.nl T +31 (0)73 543 64 01 F +31 (0)73 543 64 02

TENNET
Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem
Postbus 718 6800 AS Arnhem
T +31 (0)26 373 11 11 F +31 (0)26 373 11 12

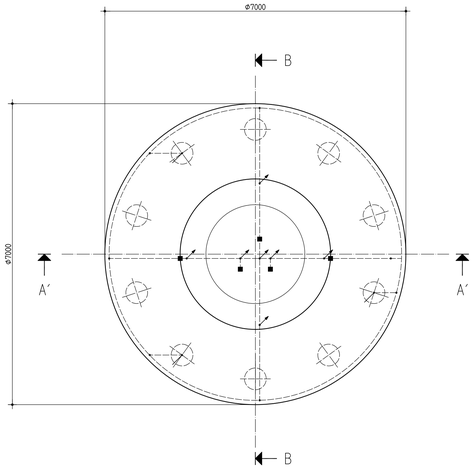
Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type C9.0

Besteknummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1
Tekeningnummer: T-VO-KW-V-005
Revisie: 1.0

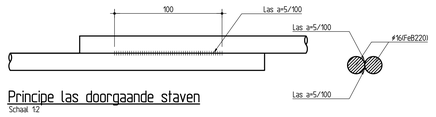
Bestandsnummer: C:\Users\Kaiser\Desktop\Tennet\T-VO-KW-V-005-1.0.dwg



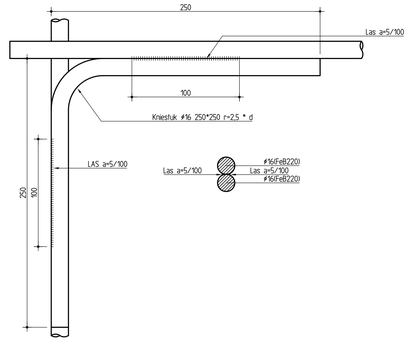
Bovenaanzicht funderingspoer type C11.5
schaal 1:50



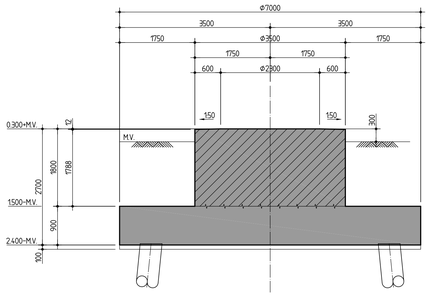
Bovenaanzicht funderingspoer type C11.5 aarding
schaal 1:50



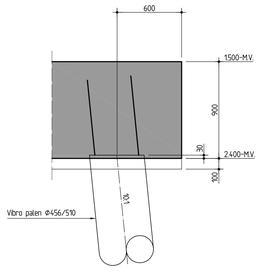
Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2



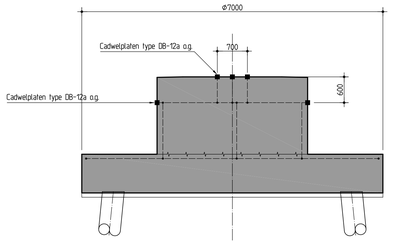
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



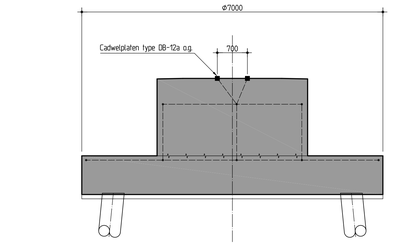
Doorsnede A-A
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede A-A
schaal 1:50



Doorsnede B´-B´
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hoogtematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend		Gecontroleerd		Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MiKo		LeMo		LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MiKo		LeMo		LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V.
Noord-Nederland
Nevenhedstraat 36 Postbus 1078 T +31 (0)33 245 55 66
3861 RJ Nijkerk 2860 BB Nijkerk F +31 (0)33 245 55 88

TenneT
Utrechtseweg 310 Postbus 718 T +31 (0)26 373 11 11
6812 AR Arnhem 6800 AS Arnhem F +31 (0)26 373 11 12

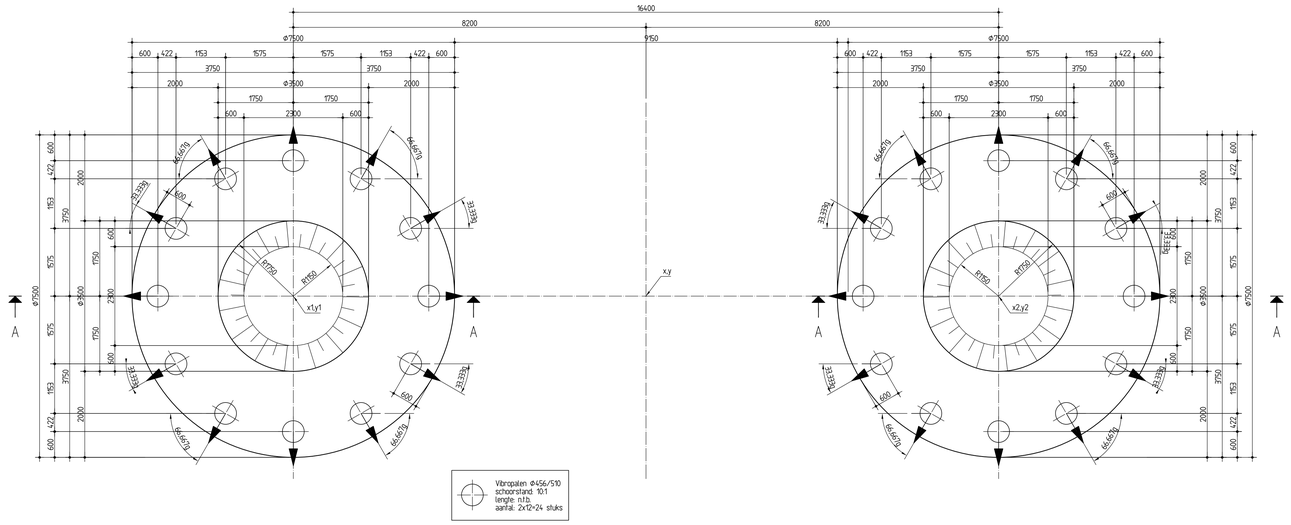
breijn
Constructie & Geotechniek I www.breijn.nl
Graafseljan 67 Postbus 77 T +31 (0)73 543 44 00
5245 ST Rosmalen 5240 AA Rosmalen T +31 (0)73 543 44 00

Bestelnummer:
Projectnummer: 241001.0
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

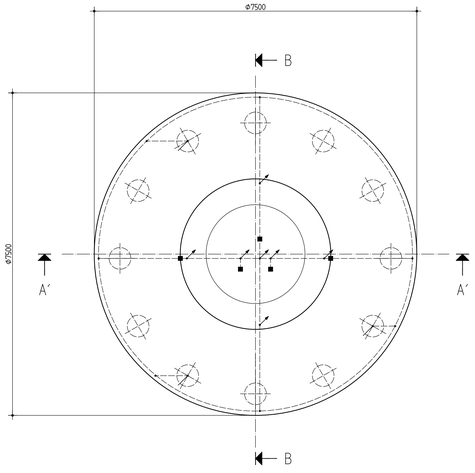
Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type C11.5

Tekeningnummer: T-V0-KW-V-006
Revisie: 1.0

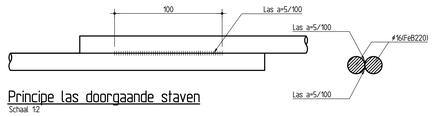
Bestandsnaam: C:\Users\mkoo\Desktop\Werkmap\T-V0-KW-V-006 1.0.dwg



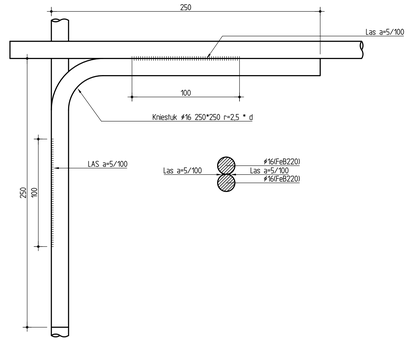
Bovenaanzicht funderingspoer type C14.7
schaal 1:50



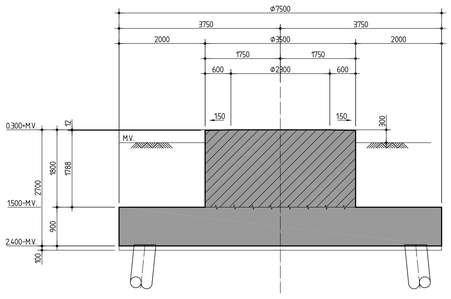
Bovenaanzicht funderingspoer type C14.7 aarding
schaal 1:50



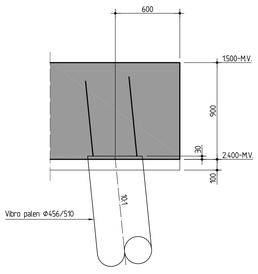
Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2



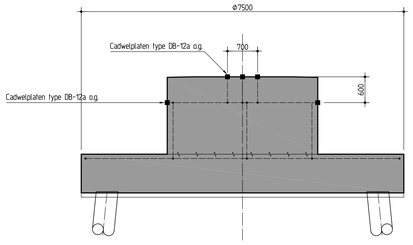
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



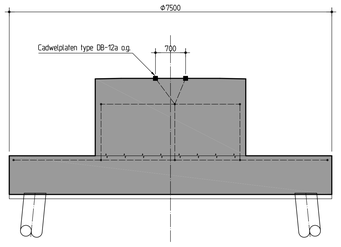
Doorsnede A-A
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede A-A
schaal 1:50



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hooglematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

: Gewapend beton C30/37
: Gewapend beton C45/55
: Schoorrichting
: Cadwelplaat
: Opgaande verbinding
: Koppeling met aarding in funderingspaal
: Ringleiding Φ16 (FeB220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-VO-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MKo	LeMo	LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V.
Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 38 3861 RJ Nijkerk
Postbus 1078 2860 BB Nijkerk
T +31 (0)33 245 55 60
F +31 (0)33 245 55 88

breijn
Constructie & Geotechniek
Graafsebaan 67 5248 JT Rosmalen
Postbus 37 5240 AA Rosmalen
I www.breijn.nl
T +31 (0)73 543 64 01
F +31 (0)73 543 64 02

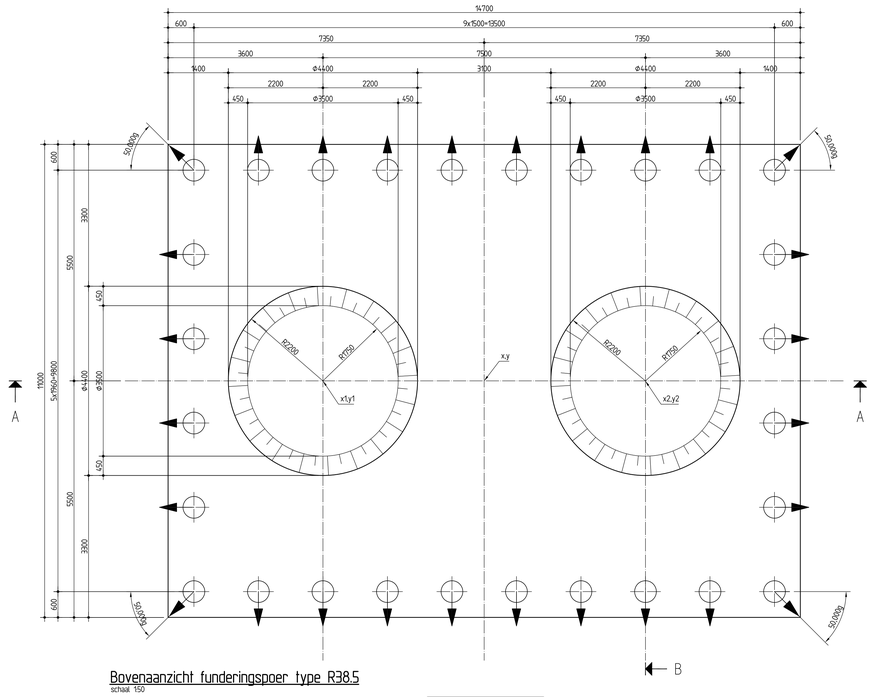
TENNET
Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem
Postbus 718 6800 AS Arnhem
T +31 (0)26 373 11 11
F +31 (0)26 373 11 12

Bestelnummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type C14.7

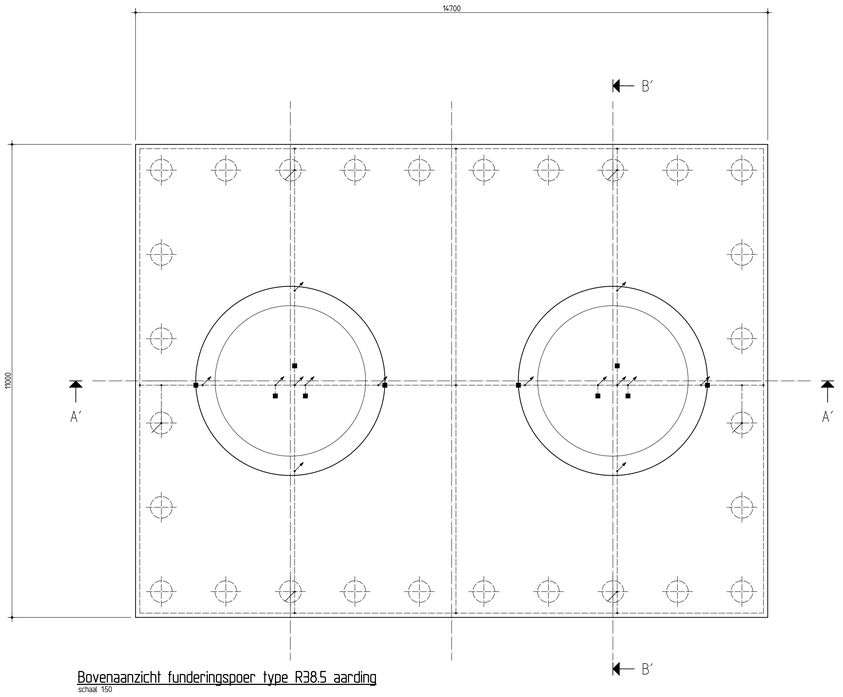
Tekeningnummer: T-VO-KW-V-007
Revisie: 1.0

Bestandsnaam: C:\Users\Kaleb\Desktop\Tennet\T-VO-KW-V-007-1.0.dwg

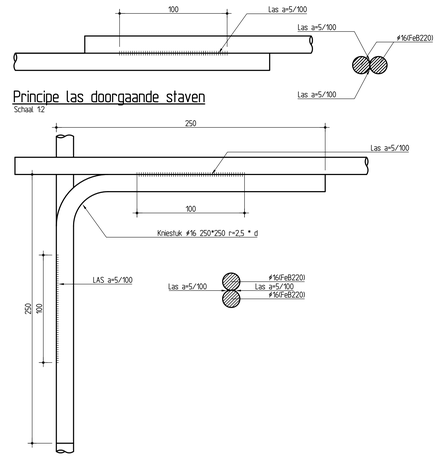


Bovenaanzicht funderingspoer type R38.5
schaal 1:50

Vibropalen Φ456/510
schoorstand 10:1
lengte n.t.b.
aantal: 28 stuks

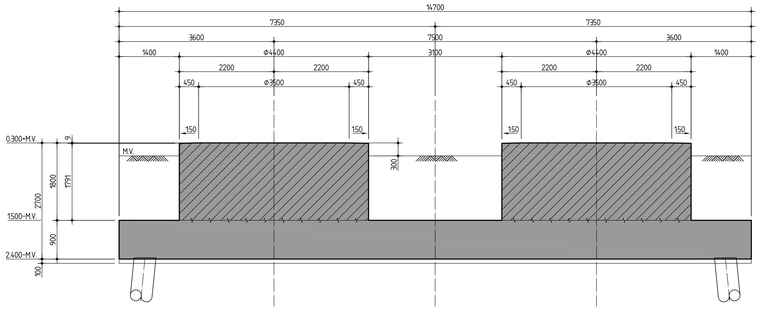


Bovenaanzicht funderingspoer type R38.5 aarding
schaal 1:50

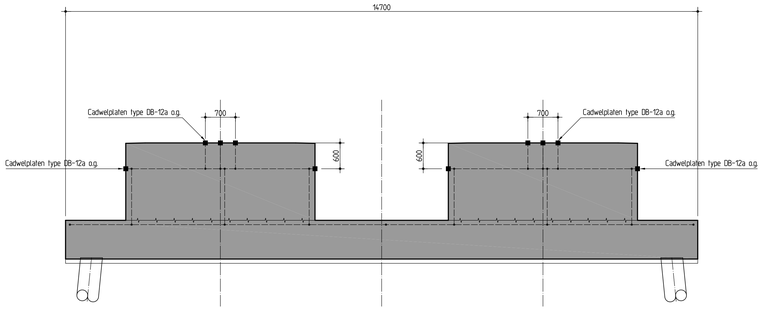


Principe las doorgaande staven
Schaal 1:2

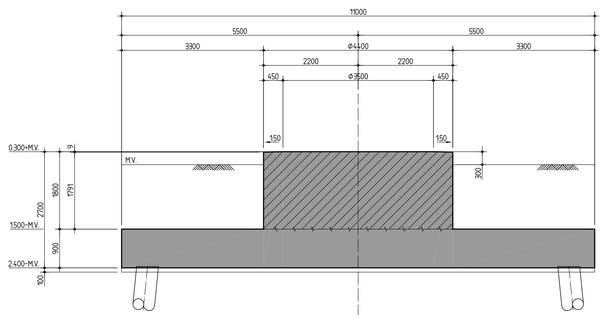
Principe las kruisende staven
Schaal 1:2



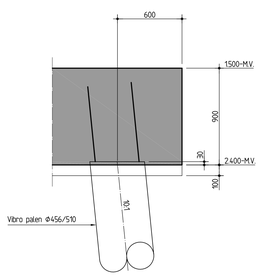
Doorsnede A-A
schaal 1:50



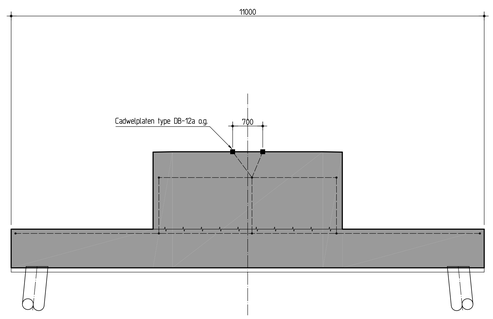
Doorsnede A'-A'
schaal 1:50



Doorsnede B-B
schaal 1:50



Detail Paalkop
schaal 1:20



Doorsnede B'-B'
schaal 1:50

Opmerkingen

Maten in mm
Hooglematen in m t.o.v. M.V. (maaiveld)
Maatvoering hoeken in het 400 gradenstelsel
Coordinaten in mm van de rijksdriehoeksmeting
Uitwendige hoeken voorzien van vellingkanten 20x20, niet getekend

Legenda

- : Gewapend beton C30/37
- : Gewapend beton C45/55
- : Schoorrichting
- : Cadwelplaat
- : Opgaande verbinding
- : Koppeling met aarding in funderingspaal
- : Ringleiding Φ16 (Fe8220) glad

Bijbehorende tekeningen

T-V0-KW-0-001 Situatie tekening

DEFINITIEF

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Revisie	Datum	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord
1.0	20-08-2012	Definitief	MKo	LeMo	LeMo
0.1	14-08-2012	Concept	MKo	LeMo	LeMo

heijmans Heijmans Civiel B.V. Noord-Nederland
Nijverheidsstraat 38 3861 RJ Nijkerk
Postbus 1078 2860 BB Nijkerk
T +31 (0)33 245 55 60 F +31 (0)33 245 55 88

TENNET
Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem
Postbus 718 6800 AS Arnhem
T +31 (0)26 373 11 11 F +31 (0)26 373 11 12

breijn
Constructie & Geotechniek
Graafsebaan 63 5248 JT Rosmalen
Postbus 37 5240 AA Rosmalen
I www.breijn.nl
T +31 (0)73 543 64 01 F +31 (0)73 543 64 02

Besteknummer:
Projectnummer: 2410010
Schaal: zie tekening
Formaat: A1

Fundatie Wintrackmasten Randstad 380 noord
Funderingspoer type R38.5

Tekeningnummer: T-V0-KW-V-004
Revisie: 1.0

Bestandsnaam: C:\Users\mkoo\Desktop\Tennet\T-V0-KW-V-004-1.0.dwg

Randstad 380 Noordring-Noord (Beverwijk – Vijfhuizen)

Fundatie Windtrackmasten

Berekening R38.5N poer

Auteur	L.Bouvy
Verificatie	L. Molenbroek
Autorisatie	L. Molenbroek
Kenmerk	2410010-BER-DO-KW-001
Datum	20 augustus 2012
Versie	1.0
Status	Definitief
Bestand	2410010-BER-DO-KW-001 v1.0.doc

Breijn B.V., Grootschalige Infra • Graafsebaan 67, 5248 JT Rosmalen • Postbus 37, 5240 AA Rosmalen • Nederland
Telefoon +31 (0)73 543 64 01 • Fax +31 (0)73 543 64 02 • E-mail info@breijn.nl • www.breijn.nl

Niets van dit rapport en/of ontwerp mag worden vermenigvuldigd, openbaar gemaakt en/of overhandigd aan derden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samensteller.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding 4
1.2 Doel 4
1.3 Leeswijzer 4

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten 5
2.1 Uitgangspunten 5
2.2 Overzicht R38.5N poeren in het traject 5
2.3 Normen en richtlijnen 5
2.4 Computer programmatuur 5
2.5 Programma van eisen 5
2.6 Materiaal gegevens 5
2.7 Veerconstante funderingspalen 6
2.8 Geometrie 7

3 Belastingen en belastingcombinaties 9
3.1 Belastingsfactoren 9
3.2 Belastingengevallen 9
3.2.1 Eigengewicht poer 9
3.2.2 Eigengewicht grond op poer 9
3.2.3 Grondwater 9
3.2.4 Belasting vanuit de mast 10
3.3 Belasting gevallen en combinaties 10
3.3.1 Invoer belastingen in “Scia Engineer” 11

4 Berekening wapening opstort 13
4.1 Modellering opstort 13
4.2 Dimensionering wapening 15
4.2.1 Benodigde wapening in de opstort 15
4.2.2 Berekening flankwapening 15
4.2.3 Vermoeiingsberekening verticale trekwapening 15

5 Berekening wapening funderingsplaat 16
5.1 Modellering funderingsplaat 16
5.1.1 Algemene beschrijving plaatmodel 16
5.1.2 Schoorstand funderingspalen 16
5.1.3 Spreiding piekkrachten 16
5.1.4 Vervorming poer 16
5.2 Berekening wapening in plaat 17
5.2.1 Buigwapening 18
5.2.2 Dwarskrachtwapening 19
5.2.3 Inleiden paal drukkrachten 20
5.2.4 Inleiden paal trekkrachten 20

6 Berekening wapening funderingspalen 21

7 Samenvatting 22

7.1 Nog te doen in het definitieve ontwerp 22

Bijlage A: Berekening zwaartepunten 23

Bijlage B: Dimensionering wapening opstort 24

Bijlage C: Model funderingsplaat 25

Bijlage D: Berekening wapening plaat 26

Bijlage E: Berekening dwarskrachtwapening 27

Bijlage F: Inleiden paalkrachten 28

Bijlage G: Berekening paalwapening 29

Bijlage H: Geotechnische rapportage 30

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 1.1.

1.2 Doel

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 1.2

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden te lezen. In hoofdstuk 3 zijn de belastingen uiteengezet en in hoofdstuk 4 is de berekening van de wapening te zien.

Indien verwezen wordt naar de bijlage word dat aangeduid met de naam van de bijlage en het bladzijde nummer van de bijlage. Bijvoorbeeld D-5 staat voor badzijde 5 van bijlage D.

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

2.1 Uitgangspunten

De uitgangspunten vermeldt in de uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” dienen als basis voor het ontwerp van de fundatie van de Wintrackmasten.

2.2 Overzicht R38.5N poeren in het traject

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” bijlage B en C.

2.3 Normen en richtlijnen

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.1.

2.4 Computer programmatuur

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.2.

2.5 Programma van eisen

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.5.

2.6 Materiaal gegevens

Zie uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001 V1.0” paragraaf 2.6.

2.7 Veerconstante funderingspalen

De funderingspalen zijn in de grondgevormde palen. De palen worden horizontaal gesteund door de grond wat resulteert in een horizontale beddingconstante op de funderingspaal. Verticaal wordt de funderingspaal gesteund door een verticale puntveer. Beide veerconstanten zijn bepaald door de geotechnische adviseur (zie bijlage H). Uit de geotechnische rapportage volgen de volgende verticale punt veerstijfheden.

De verticale veerstijfheid van de paalpunt onder druk is gelijk aan:

$k_{punt,hoog}$ = 1056 MN/m en $k_{punt,laag}$ = 528 MN/m

De verticale veerstijfheid van de paalpunt onder trek is gelijk aan:

$K_{trek,hoog}$ = 264 MN/m en $K_{trek,laag}$ = 132 MN/m

Uit een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat verschillen tussen de hoge en lage veerstijfheden verwaarloosbaar zijn (zie uitgangspuntennota paragraaf 5.2). In verband met de vervorming wordt de lage veerstijfheid aangehouden in de plaatberekening (zie bijlage C).

De horizontale beddingconstante over de lengte van de paal zijn weergegeven in Tabel 1. In het Scia Engineer model is de beddingconstante tot aan de 1ste zandlaag gemodelleerd. Vanaf deze zandlaag is de beddingconstante gelijk gehouden tot aan de onderkant van de funderingspaal. De reden hierachter is dat de momenten in de paal na ongeveer 5 á 10 meter zijn uitgedempt. De lage veerwaarden in de laatste kolom van Tabel 1 zijn verkregen door de veerwaarden uit tabel 1 van bijlage I te vermenigvuldigen met de paal diameter (456 mm) en vervolgens te delen door een factor wortel 2.

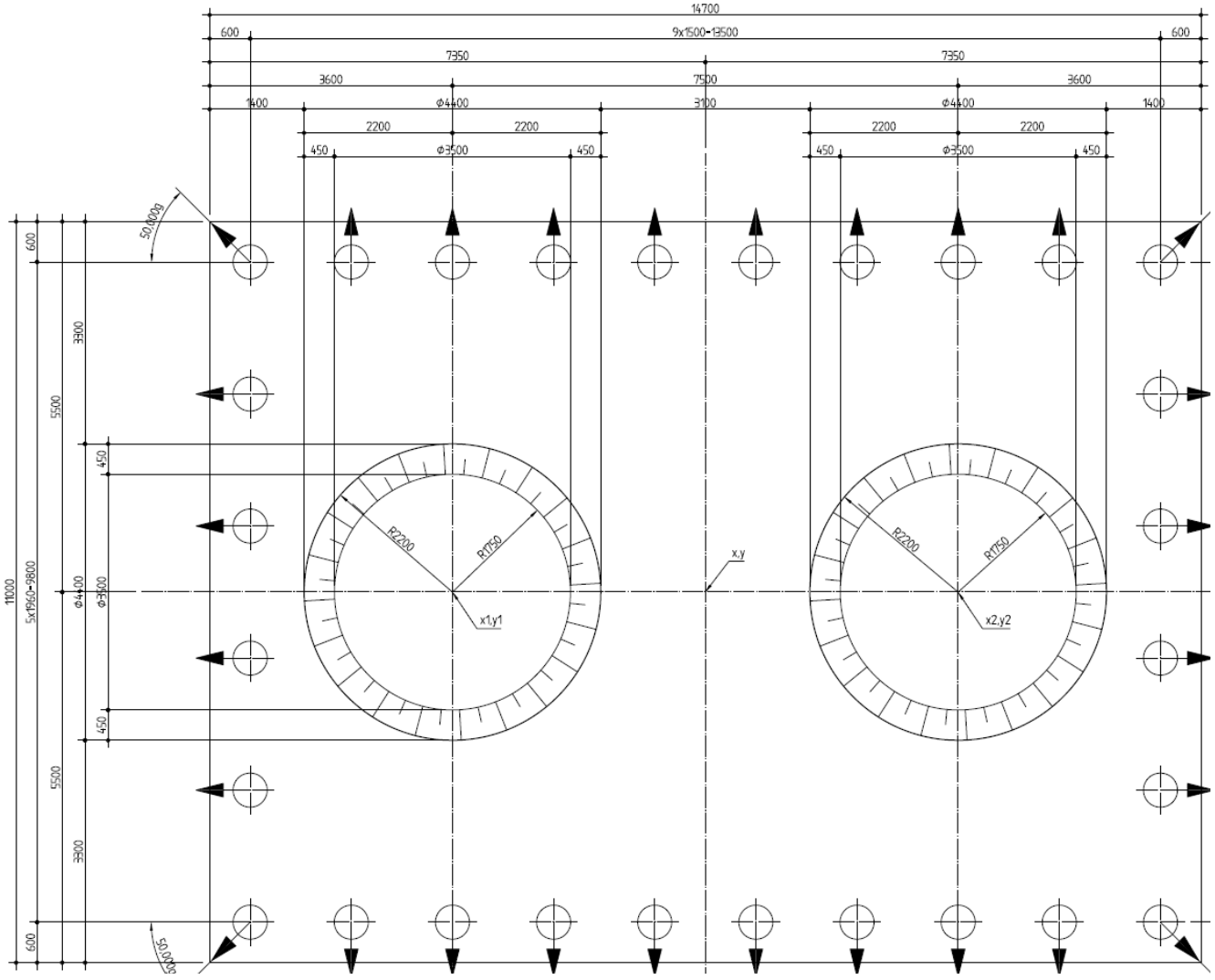
Tabel 1: Horizontale beddingconstante over de hoogte van de paal

	Grondsoort	t.o.v. NAP	t.o.v. B.K. paal	Kh laag [MN/m2]
b.k. paal	KLEI	-4,3	0	2,02
	VEEN	-5,8	-1,5	1,37
	KLEI	-6,1	-1,8	2,52
	ZAND	-8,8	-4,5	11,89
	KLEI	-15,3	-11	2,27
	VEEN	-17,8	-13,5	4,08
	ZAND	-18,3	-14	13,22
	ZAND	-20,7	-16,4	39,64
	ZAND	-22,7	-18,4	14,53
	ZAND	-23,6	-19,3	33,04
o.k.paal	ZAND	-29,3	-25	12,54

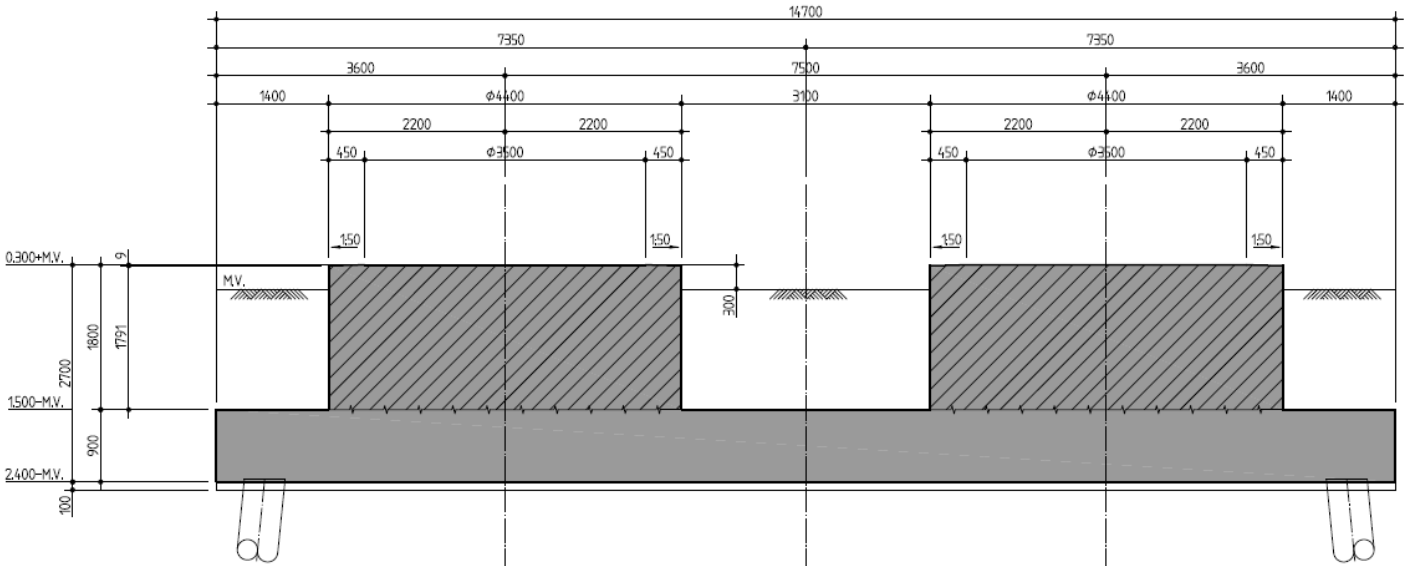
* ***Bovenstaande beddingconstante zijn alleen van toepassing bij locatie 1. Dit is mogelijk niet de maatgevende locatie***.

2.8 Geometrie

De geometrie van de R38.5-poer is te zien in de onderstaande afbeeldingen.



Figuur 1: Bovenaanzicht R-poer



Figuur 2: Doorsnede A-A R-poer

3 Belastingen en belastingcombinaties

3.1 Belastingsfactoren

De belastingsfactoren komen voort uit de NEN-EN 1990+A1+A1/C2+NB. Omdat de variabele belasting maatgevend is (wind), is vergelijking 6.10b van de EN 1990 maatgevend. Deze vergelijking in combinatie met CC 3 resulteert in de volgende partiële factoren voor de belastingen:

γ_G (ongunstig)= 1,3
γ_G (gunstig)= 0,9
γ_Q = 1,65

3.2 Belastingengevallen

3.2.1 Eigengewicht poer

Afmetingen plaat: 14,7 x 11 x 0,9 m^3
Eigengewicht plaat = 14,7 * 11 * 0,9 * 25 = 3638 kN

Afmetingen opstort: Ø4,4 x 1,8 m
Eigengewicht opstort = 0,25 * π * $4,4^2$ * 1,8 * 25 = 684 kN

$F_{v;eg;rep}$ = 3638 + 2 * 684 = 5006 kN

3.2.2 Eigengewicht grond op poer

Oppervlakte poer belast door grond: 14,7 * 11 – 2 * 0,25 * π * $4,4^2$ = 131 m^2

$p_{grond;GWS\ laag;rep}$ = 1,5 * 17 = 25,5 kN/m^2
$F_{v;grond;GWS\ laag;rep}$ = 131 * 25,5 = 3348 kN
$p_{grond;GWS\ hoog;rep}$ = 0,5 * 17 + 1,0 * 20 = 28,5 kN/m^2
$F_{v;grond;GWS\ hoog;rep}$ = 131 * 28,5 = 3742 kN

3.2.3 Grondwater

Oppervlakte onderzijde poer: 14,7 * 11 = 161,7 m^2.
De grondwaterbelasting werkt tegen de onderzijde van de fundering in opwaartse richting. De neerwaartse component van de grondwaterbelasting aan de bovenzijde van de poer is reeds verwerkt in het eigengewicht van de grond.

$p_{opdrijf;rep}$ = (2,4 – 0,5) * 10 = 19 kN/m^2
$F_{v;opdrijf;rep}$ = 161,7 * 19 = 3072 kN

3.2.4 Belasting vanuit de mast

In onderstaande tabel zijn de opgegeven belastingen vanuit de mast weergegeven. De belastingen komen voort uit de uitgangspunten-nota “2410010-AL-RAP-KW-001”.
Het aangrijpingspunt van deze belastingen ligt in hart mast t.p.v. b.k. fundering. T.g.v. de horizontale kracht dient er dus t.p.v. o.k. fundering een extra moment ($M_{Fh,rep}$) te worden meegenomen.

Tabel 2: Maatgevende belastingen vanuit mast W2H400(+5)

Belasting BGT	**$F_{v;rep}$ [kN]**	**$F_{h;rep}$ [kN]**	**$M_{Fh;rep}$ [kNm]**	**M_{rep} [kNm]**	**$M_{rep,tot}$ kNm]**
Permanent γg=1,0	757	789	789 * 2,7 = 2130	31579	31579 + 2130 = 33709

3.3 Belasting gevallen en combinaties

De belastinggevallen die nodig zijn voor de belastingcombinaties zijn te zien in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht belastinggevallen

Belastinggeval (BG)	Belastingomschrijving
[1]	Eigengewicht constructie
[2]	Grond GWS laag
[3]	Grond GWS hoog
[4]	Grondwater
[5]	Eigengewicht mast
[6]	Moment + horizontale kracht uit de mast in X- richting (0°)
[7]	Moment + horizontale kracht uit de mast in Y-richting (90°)
[8]	Moment + horizontale kracht uit de mast in X-Y-richting (45°)

Voor de berekening van de krachtswerking worden een tweetal maatgevende BGT-combinaties en een tweetal UGT-combinaties getoetst. Één combinatie zorgt voor een maximale drukkracht op de funderingspalen. De andere zorgt voor een maximale trekkracht op de funderingspalen. De BGT combinaties zijn de frequente combinaties welke nodig zijn voor de scheurwijdte toetsing.

Tabel 4: Frequente belastingcombinaties BGT incl. belastingfactoren

Belastinggeval	Omschrijving belastinggeval	BC1: Druk 1	BC2: Druk 2	BC3: Druk 3	BC4: Trek1	BC5: Trek2	BC6: Trek3
[1]	$G_{k,1}$:Eigengewicht	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
[2]	$G_{k,2}$:Grond GWS laag	1,0	1,0	1,0			
[3]	$G_{k,3}$:Grond GWS hoog				1,0	1,0	1,0
[4]	$G_{k,4}$:Grondwater				1,0	1,0	1,0
[5]	$Q_{k,1}$: $F_{v,rep}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
[6]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-richting)	$\Psi_{1,gem}$			$\Psi_{1,gem}$		
[7]	$Q_{k,1}$: M + F_H (Y-richting)		$\Psi_{1,gem}$			$\Psi_{1,gem}$	
[8]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-Y-richting)			$\Psi_{1,gem}$			$\Psi_{1,gem}$

** $\Psi_{1,gem}$ = 1,0 (uitgangspuntennota “2410010-AL-RAP-KW-001” paragraaf 4.4.2)*

Tabel 5: Belastingcombinaties UGT incl. belastingfactoren

Belastinggeval	Omschrijving belastinggeval	BC7: Druk 1	BC8: Druk 2	BC9: Druk 3	BC10: Trek1	BC11: Trek2	BC12: Trek3
[1]	$G_{k,1}$:Eigengewicht	1,3	1,3	1,2	0,9	0,9	0,9
[2]	$G_{k,2}$:Grond GWS laag	1,3	1,3	1,2			
[3]	$G_{k,3}$:Grond GWS hoog				0,9	0,9	0,9
[4]	$G_{k,4}$:Grondwater				1,3	1,3	1,3
[5]	$Q_{k,1}$: $F_{v,rep}$	1,3	1,3	1,3	0,9	0,9	0,9
[6]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-richting)	$\gamma_{Q,1}$			$\gamma_{Q,1}$		
[7]	$Q_{k,1}$: M + F_H (Y-richting)		$\gamma_{Q,1}$			$\gamma_{Q,1}$	
[8]	$Q_{k,1}$: M + F_H (X-Y-richting)			$\gamma_{Q,1}$			$\gamma_{Q,1}$

** $\gamma_{Q,1}$ = 1,22 (uitgangspuntennota "2410010-AL-RAP-KW-001" tabel 4)*

3.3.1 Invoer belastingen in "Scia Engineer"

De krachtswerking in de vloer van de poer wordt bepaald m.b.v. het programma "Scia Engineer". Hierbij wordt er een plaatberekening gemaakt waarbij de poer inclusief opstort in het computermodel is ingevoerd (dus met verschillende diktes). Om de lasten vanuit de mast conform de vorige paragraaf in te kunnen invoeren zijn deze vertaald naar oppervlaktelasten. Voor het lastoppervlak is het totale oppervlak van de opstort aangehouden omdat de krachten t.p.v. de invoer in het computer model (hart vloer) gespreid zijn. Voor de bepaling van deze in te voeren lasten geldt:

Opstort Ø4400mm

$A_{opstort}$ = ¼ * π * $4{,}400^2$ = 15,205 m^2

$W_{opstort}$ = π/32 * $4{,}400^3$ = 8,363 m^3

A_{plaat} = 14,7 * 11,0 = 161,7 m^2

$F_{v;invoer} = F_v / A$

$M = M + F_h * 2{,}7$

$M_{invoer} = M / W$

De invoer waarden van de belastingen zijn in de tabel hieronder samengevat. Deze invoer waarden zijn terug te vinden op bladzijde C-4-1/30 t/m C-4-3/30. De design waarden van de mastbelastingen kunnen verkregen worden door de belastingen van Tabel 6 te vermenigvuldigen met de belastingsfactoren in Tabel 5. Door de belastingen van Tabel 6 te vermenigvuldigen met de waarden uit Tabel 4 worden de frequente BGT belastingen gevonden.

Tabel 6: Invoerwaarden BGT

Belasting BGT	Berekening	Invoer belasting [kN/m^2]
Moment	= 33709 / 8,363	4030,7
F_v mast	= 757 / 15,205	49,8
F_h mast	=789 / 15,205	51,9
F grond droog	= 25,5	25,5
F grond nat	= 28,5	28,5
F opdrijf	=19	19

In het “Scia Engineer” is het alleen mogelijk de belastingen in te voeren in de X, Y en Z- richting. De verticale belastingen werken in de Z- richting. De Y- richting staat loodrecht op de lange zijde van de poer. De X- richting is evenwijdig op de lange zijde van de poer. Omdat de belastingen uit de mast in alle richtingen op de opstort kunnen aangrijpen moeten de belastingen als ontbonden worden ingevoerd in X en Y- richting zodat de resulterende kracht diagonaal aangrijpt in het X-Y vlak. De ontbonden krachten zijn weergegeven in Tabel 7.

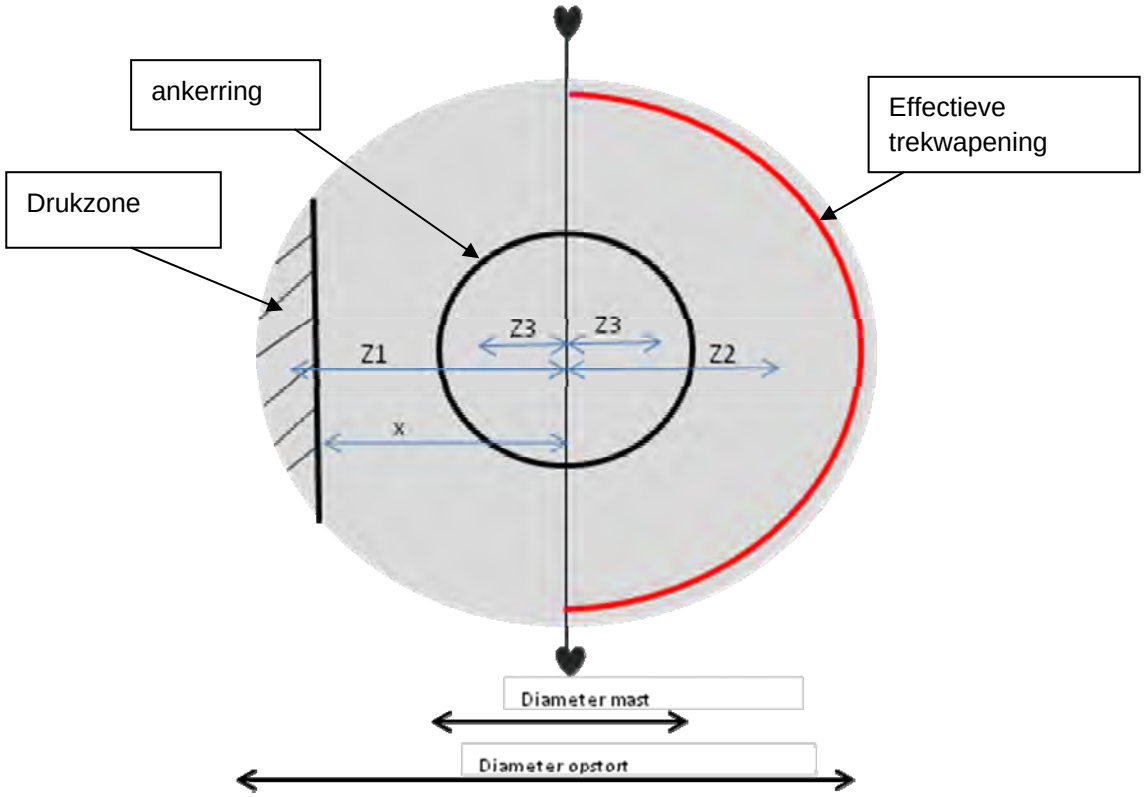
Tabel 7: Invoerwaarden voor diagonale frequente mastbelasting BGT

Belasting UGT	Berekening	Invoer belasting [kN/m^2]
Moment	= 4030,7 / √2	2850
F_h mast	= 51,9 / √2	36,7

4 Berekening wapening opstort

4.1 Modellering opstort

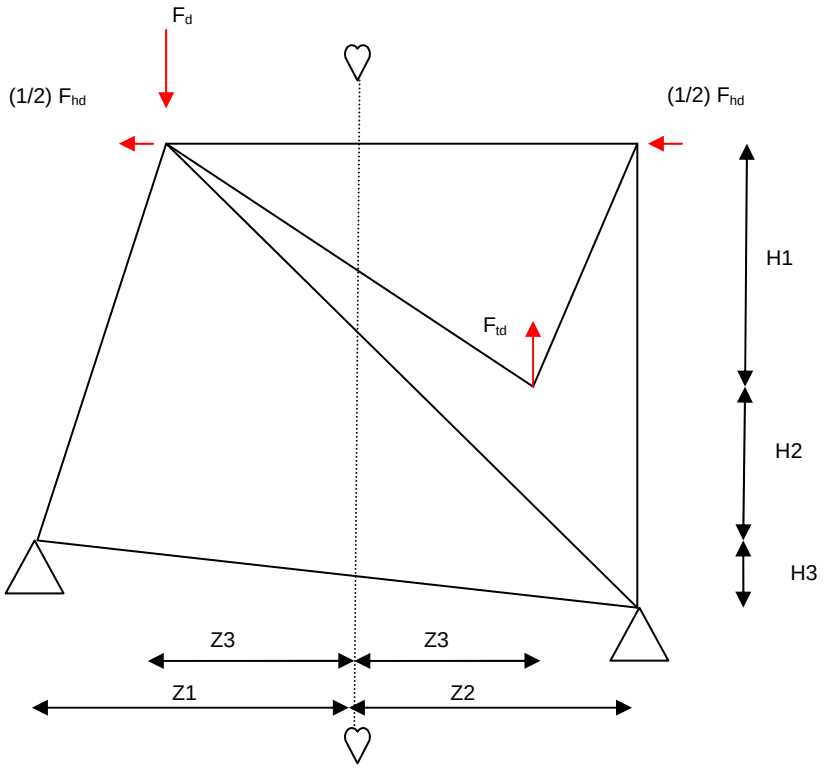
Om de krachtsverdeling in de poer te analyseren t.g.v. het introduceren van de mastkrachten wordt gebruik gemaakt van een 2D vakwerkmodel (Figuur 4). In het 2D model is de 3D opstort platgeslagen om de berekening te vereenvoudigen. In Figuur 3 is een bovenaanzicht van de opstort te zien. Om de transformatie naar het 2D model te maken moeten de zwaartepunten van de effectieve trekwapening, de drukzone en de ankerring waar de krachten uit de mast aangrijpen bepaald worden. De zwaartepunten bepalen namelijk de ligging van de staven in het 2D vakwerkmodel.



Figuur 3: Bovenaanzicht opstort

Z1: Afstand zwaartepunt drukzone tot hartlijn opstort
Z2: Afstand zwaartepunt trekzone (effectieve trekwapening) tot hartlijn opstort
Z3: Afstand zwaartepunt ankerkrachten tot hartlijn opstort
X: Afstand begin drukzone tot hart opstort

Het vakwerkmodel is geschikt om de krachten in de opstort en de onderliggende plaat binnen de diameter van de opstort te beschouwen. Het model is niet geschikt om de krachtswerking buiten de diameter van de opstort te beschouwen. Voor de krachtswerking buiten de opstort zal gebruik worden gemaakt van een plaatmodel (zie hoofdstuk 5).



Figuur 4: 2D-vakwerkmodel v.d. opstort

De zwaartepunten die nodig zijn voor de krachtsverdeling zijn bepaald met de berekening op bladzijde A-1 en A-2 . De afstand van de zwaartepunten t.o.v. de hartlijn bedragen:

Z1 = 1984 mm
Z2 = 1351 mm
Z3 = 1007 mm

De lengtes H1 en H2 zijn:

H1= 1500 mm
H2 = 1000 mm
H3 = 700 mm

De resulterende ankerkrachten F_d en F_{td} zijn berekend op bladzijde A-1 en bedragen:

F_d = 20914 kN
F_{td} = 19930 kN
F_{hd} = 963 kN

4.2 Dimensionering wapening

Het staafkrachten in het vakwerkmodel zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn berekend met “Scia Engineer”. De uitvoer van deze berekening is te zien op bladzijde B-11 t/m B-16. De uitvoer zal gebruikt worden voor het dimensioneren van de wapening in de opstort. De te dimensioneren wapening is de verticale en horizontale wapening in de rand van de opstort en de horizontale wapening in de bovenkant van de opstort. De berekening van de wapening is te zien in bijlage B.

4.2.1 Benodigde wapening in de opstort

De berekening van de benodigde verticale wapening in de rand van de opstort is te zien op bladzijde B-1 t/m B-3. De berekening van de benodigde wapening in de bovenkant van de opstort is te zien op bladzijde B-4 t/m B-6. De wapeningschets van de gehele opstort is te zien op bladzijde B-10.

4.2.2 Berekening flankwapening

Omdat de opstort een grote afmeting heeft kunnen er tijdens de hydratatie van het cement krimpscheuren ontstaat. De flankwapening moet in staat zijn om de optredende krimpscheuren te beperken. De flankwapening is berekend volgens het “roze boek” van v. Breugel met de naam “Betonconstructies onder temperatuur en krimpvervorming”. De berekening van de benodigde flankwapening is te zien op bladzijde B-7 t/m B-9.

4.2.3 Vermoeiingsberekening verticale trekwapening

De vermoeiingsberekening van de wapening zal in een latere fase uitgevoerd worden.

5 Berekening wapening funderingsplaat

5.1 Modellering funderingsplaat

5.1.1 Algemene beschrijving plaatmodel

De krachtsverdeling in de funderingsplaat is bepaald middels het eindige elementen programma “Scia Engineer”. Aan de hand van de berekende krachten in de plaat zal de wapening gedimensioneerd worden. “Scia Engineer” is een eindige elementen programma wat rekent met 1D en 2D elementen. Het model van de funderingsplaat is opgebouwd met 2D elementen. De funderingspalen zijn gemodelleerd middels 1D elementen die horizontaal gesteund worden door een beddingconstante en verticaal door een paalpunt veer (zie paragraaf 2.7). Deze veerstijfheden zijn in een eerder stadium bepaald door de adviseur geotechniek. Het plaatmodel en de rekenresultaten zijn terug te vinden op bladzijde C-2 t/m C-32. De controle van de belasting invoer is te zien op bladzijde C-33 t/m C-43

5.1.2 Schoorstand funderingspalen

De funderingspalen hebben een schoorstand van 10:1. Deze schoorstand is voortgekomen middels een iteratie proces. Het plaatmodel is meerdere malen doorgerekend met verschillende schoorstanden. De resultaten daarvan zijn besproken met de geotechnische adviseur. Vanuit wordt gegaan dat ondank dit proces er nog optimalisaties mogelijk zijn met betrekking tot de schoorstand.

5.1.3 Spreiding piekkrachten

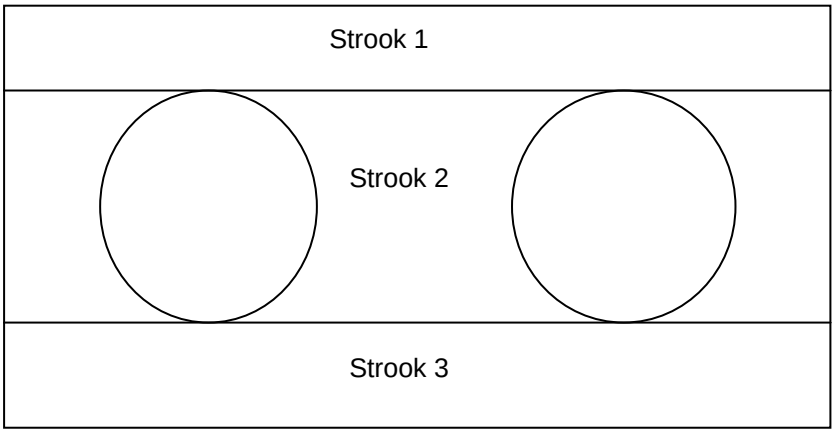
In de Eurocode is geen methode beschreven die omschrijft hoe omgegaan moet worden met piekkrachten in eindige elementen programma’s. Daarin tegen geeft artikel 7.5.3.4 van de NEN6720 (literatuur) een manier om met piekkrachten om te gaan. In het artikel is beschreven hoe een wapeningsbaan (spreidingsgebied) kan worden bepaald. De berekening van het spreidingsgebied is te zien op bladzijde C-1. Uit de berekening volgt dat het spreidingsgebied een breedte heeft van 4,0 m.

5.1.4 Vervorming poer

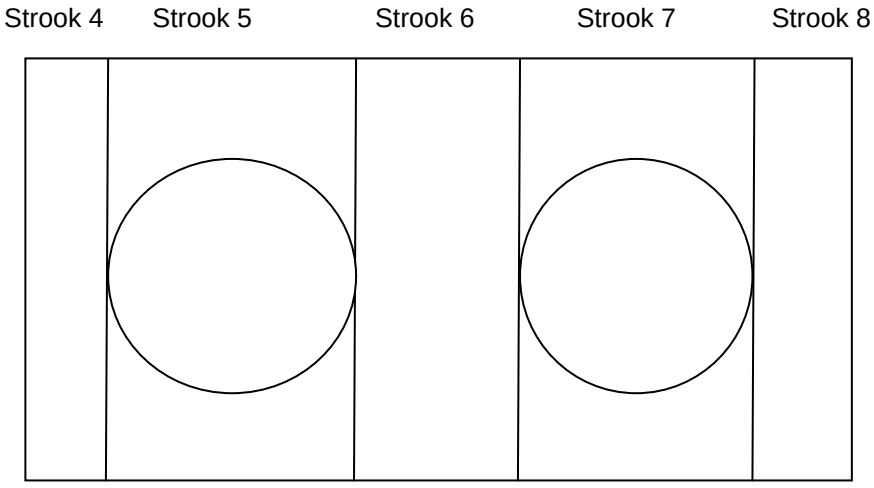
De enige eis die gesteld is betreft vervorming is dat er een maximale hoekverdraaiing van 5 mrad mag optreden. Uit de “Scia Engineer” berekening (bladzijde C-29 en C-30) volgt dat de maximale optredende hoekverdraaiing 3,8 mrad is. Rekening moet worden gehouden dat de maximale vervorming voorkomt uit de karakteristieke belastingcombinatie. De plaat berekening in Scia Engineer is echter gedaan met de frequente belastingcombinatie. Het verschil tussen de karakteristieke belastingcombinatie en de frequente is de factor ψ1. Uit de uitgangspuntennota volgt dat voor de W2H400+5 mast ψ1= 1,0. Dit betekend dat in dit specifieke geval de frequente belastingcombinatie hetzelfde is als de karakteristieke belastingcombinatie.

5.2 Berekening wapening in plaat

T.b.v. van de hoofdwapening is de plaat in een aantal stroken opgedeeld. De onderverdeling van deze stroken zijn in Figuur 5 en Figuur 6 te zien. Per strook zal de wapening bepaald worden.



Figuur 5: Strook verdeling voor wapening in x-richting (lengte richting)



Figuur 6: Strook verdeling voor wapening in y-richting (breedte richting)

5.2.1 Buigwapening

Voor het berekenen van de benodigde wapening is gebruik gemaakt van de standaard “Breijn wapeningssheet”. De berekeningen zijn terug te vinden op bladzijde D-1 t/m D-10. Om scheurvorming t.g.v. het hydratatie proces te beheersen wordt een minimale wapening van Ø16 –100 gehanteerd. De wapening is in alle gevallen berekend voor in de 3de wapeningslaag. Dit i.v.m. het omsluiten door beugels. Als regel geldt dat de beugelwapening 50% van de hoofdwapening moet omvatten. De wapeningschets van de buigwapening in de plaat is te zien op bladzijde D-11. Voor de scheurwijdte beheersing mag de maximaal toelaatbare scheurwijdte conform tabel 7.1N van de NEN-EN 1992-1-1+C2+NB verhoogd worden met de factor C/C_{min}. De minimaal vereiste dekking afhankelijk van milieuklasse XC4 is 30 mm (zie uitgangspuntennota). De toegepaste is 50 mm.

Onderwapening in x-richting

Onderwapening strook 1 en 3
Md = 936 kNm/m
Mrep = 751 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø16 –100 + 4^{e} laag Ø12 –100 ➔ As = 3142 mm^2/m

Onderwapening strook 2
Md = 2750 kNm/m
Mrep = 2237 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø25 –100 + 4^{e} laag Ø25 –100 ➔ As = 9817 mm^2/m

Bovenwapening in x-richting

Bovenwapening strook 1 en 3
Md = 418 kNm/m
Mrep = 279 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø16 –100 ➔ As = 2011 mm^2/m

Bovenwapening strook 2
Md = 1827 kNm/m
Mrep = 1385 kNm/m

Wapening ➔ 2^{e} laag Ø20 –100 + 4^{e} laag Ø20-100 ➔ As = 4021 mm^2/m

Onderwapening in y-richting

Onderwapening strook 4 en 8
Md = 1513 kNm/m
Mrep = 1225 kNm/m

Wapening ➔ 1^{e} laag Ø16 –100 + 3^{e} laag Ø20 –100 ➔ As = 5152 mm^2/m

Onderwapening strook 5 en 7
Md = 3107 kNm/m
Mrep = 2508 kNm/m

Wapening ➔ 1^{e} laag Ø20 –100 + 3^{e} laag Ø32 –100 ➔ As = 11184 mm^2/m

Onderwapening strook 6
Md = 1386 kNm/m
Mrep = 1111 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø16 –100 + 3e laag Ø20 –100 ➔ As = 5152 mm^2/m

Bovenwapening in y-richting

Bovenwapening strook 4 en 8
Md = 1056 kNm/m
Mrep = 791 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø12 –200 + 3e laag Ø16 –100 ➔ As = 3142 mm^2/m

Bovenwapening strook 5 en 7
Md = 1942 kNm/m
Mrep = 1416 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø16 –100 + 3e laag Ø25 –100 ➔ As = 6919 mm^2/m

Bovenwapening strook 6
Md = 668 kNm/m
Mrep = 437 kNm/m

Wapening ➔ 1e laag Ø12 –100 + 3e laag Ø12 –100 ➔ As = 2262 mm^2/m

5.2.2 Dwarskrachtwapening

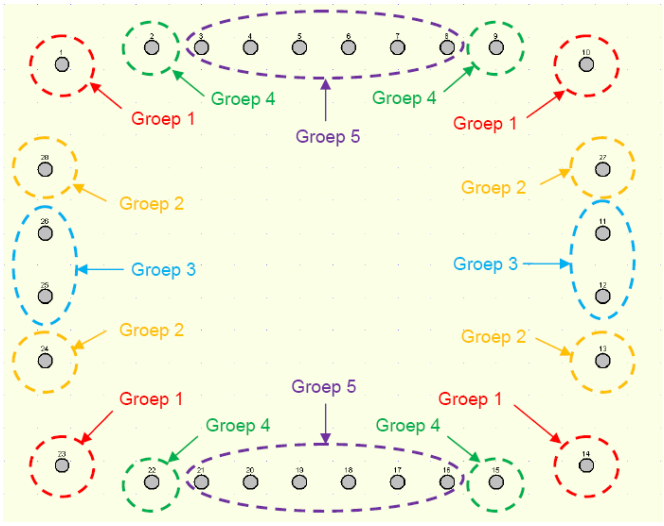
Voor het berekenen van de benodigde dwarskrachtwapening is gebruik gemaakt van de standaard “Breijn wapeningssheet”. De berekeningen zijn terug te vinden op bladzijde E-1 t/m en E-4. De wapeningschets van de dwarskrachtwapening is te zien op bladzijde E-5. In de berekening is de hoek van de drukdiagonaal θ = 45°. De dwarskrachtcapaciteit van de ongewapende doorsnede is 479 kN/m^1. De gebieden waarin deze waarde wordt overschreden is dwarskrachtwapening vereist. De dwarskrachtwapening dient minimaal 50 % van de hoofdwapening te omvatten conform de NEN-EN 1992.

Dwarskrachtwapening zone 2
Vd = 1929 kN/m^1 ➔ 2 beugels per m^1 breedte Ø20 h.o.h. 200 mm. De beugels dienen conform de Eurocode minimaal 50% van de buigtrekwapening in de x-richting te omsluiten.

Dwarskrachtwapening zone 5 en 7
Vd = 1584 kN/m^1 ➔ 2 beugels per m^1 breedte Ø20 h.o.h. 240 mm. De beugels dienen conform de Eurocode minimaal 50% van de buigtrekwapening in de x-richting te omsluiten.

5.2.3 Inleiden paal drukkrachten

In Figuur 7 is een overzicht van de funderingspalen te zien. De funderingspalen zijn ingedeeld in 5 groepen. Hiervoor is gekozen omdat de belastingen (blz C-10) en de grondeigenschappen (afmeting kluit en paalgroep werking) per palengroep varieert.



Figuur 7: Overzicht paalgroepen

De vloer moet instaat zijn om de drukkrachten vanuit de funderingspalen te kunnen introduceren. De toetsing t.b.v. het inleiden van de krachten is te zien op bladzijde F-1 en F-2. In de berekening is de plaat t.p.v. van groep 1, 3 en 5 getoetst omdat de palen in deze groep de hoogste drukbelasting ondergaan. Van belang is om de hoek van de drukdiagonaal het zelfde te kiezen als bij de toetsing van de dwarskrachtwapening welke gelijk is aan $\theta = 45°$.

5.2.4 Inleiden paal trekkrachten

De vloer moet in staat zijn om de trekkrachten vanuit de funderingspaal te introduceren. Om de capaciteit van de vloer te berekenen is gebruik gemaakt van een omgekeerde ponskegel. De berekening van de t.b.v. het inleiden van de krachten is te zien op bladzijde F-3 t/m F-6. In de berekening is de plaat t.p.v. groep 1 en 5 getoetst. Dit in verband met de hoogste optredende paal trekkrachten. Uit de berekening volgt dat per funderingspaal 3 haarspelden Ø20 moeten worden aangebracht. Dit dient zo te gebeuren dat deze om de bovenwapening ligt en voldoende overlappingslengte heeft met de stekwapening. De poten van de haarspelden dienen een lengte te hebben van 700 mm.

6 Berekening wapening funderingspalen

De paalfundering bestaat uit Vibropalen met getrokken buis. In deze paragraaf wordt de benodigde wapening voor de insitu paal gedimensioneerd. De berekening van de funderingspaal is te zien op bladzijde G-1 t/m G-8. De berekening van het kopnet bevat buigwapening en dwarskrachtwapening. De bijbehorende wapeningschets is te zien op bladzijde G-9. De maatgevende funderingspaal is de paal die de hoogste normaal trekkracht ondergaat.
Uit de berekening volgt dat de langswapening over de hele lengte hetzelfde is. Dit is omdat de trekkrachten in de palen hoog zijn. Dwarskracht wapening is nodig over de bovenste 10 meter van de paal omdat de dwarskracht na ongeveer 8 meter is uitgedempt en de funderingspaal geen eigencapaciteit heeft vanwege de optredende trekkracht. Over de rest van de paallengte is praktische beugelwapening nodig om de wapeningskorf bijeen te houden. De wapening moet tot 500 mm vanaf de paalpunt reiken.

7 Samenvatting

Ten behoeve van het project Tennet: “380 kV Noordring noord” is in dit rapport het ontwerp voor de R-poer gemaakt. In de berekening is specifiek rekening gehouden met:

- Inleiding ankerkrachten van de ankerkooi;
- Dimensionering van de wapening in de opstort t.b.v. het plaatsen van de ankerkooi;
- Scheurvorming t.g.v. hydratatie krimpen;
- Vermoeiing van de wapening (in later stadium);
- Inleiden van paalkrachten in de vloer;

De wapening schetsen van de wapening in de opstort (blz B-10), vloer (blz D-11 en E-5), paalwapening vibropalen (blz G-9) dienen als basis voor de uiteindelijke wapeningstekening, vormtekening en palenplan.

7.1 Nog te doen in het definitieve ontwerp

In het definitieve ontwerp dienen de volgende onderwerpen nader bepaald te worden:

- Vermoeiingsberekening van de wapening;
- Optimalisatie van de schoorstand en de lengtes van de funderingspalen;
- Bepalen van generieke bedding en paalveer constanten voor alle poeren.
- Detaillering van de beugelwapening. Dit i.v.m. de tegenstrijdige eisen gesteld in de Eurocode en de ARBO.
- Optimaliseren detaillering wapening in de plaat i.v.m. uitvoerbaarheid en verdeling over de 1^e en 3^e laag respectievelijk de 2^e en 4^e laag.
- Optimalisatie wapening funderingspalen. Reductie op de paalwapening is mogelijk indien de paalwapening per paalgroep beschouwd wordt i.p.v. de maximaal belaste funderingspaal.
- Controle projectspecifieke spreadsheets (nu alleen gevalideerd voor deze berekening m.b.v. handberekening).
- Toevoegen wapeningsberekeningen voor de situatie met brak water (extra milieuklasse XS1).

Bijlage A: Berekening zwaartepunten

Bepaling zwaartepunten

Input

R poer	2200	mm (zie uitgangspuntennota)
R mast	2564	mm (zie uitgangspuntennota)
fcd	30	N/mm2
c	50	mm
γ_{var}	1,22	(zie uitgangspuntennota)
γ_{per}	1,3	(zie uitgangspuntennota)

Belastingen BGT

M,rep	33709	kNm
Fv,rep	757	kN
Fh,d	789	kN

Belastingen UGT

M,d	41125	kNm	M,d= M,rep*γ_{var}
F,vd	984	kN	Fv,d= Fv,rep*γ_{per}
F,hd	963	kN	Fh,d= Fh,rep*γ_{var}

Bepaling Z1

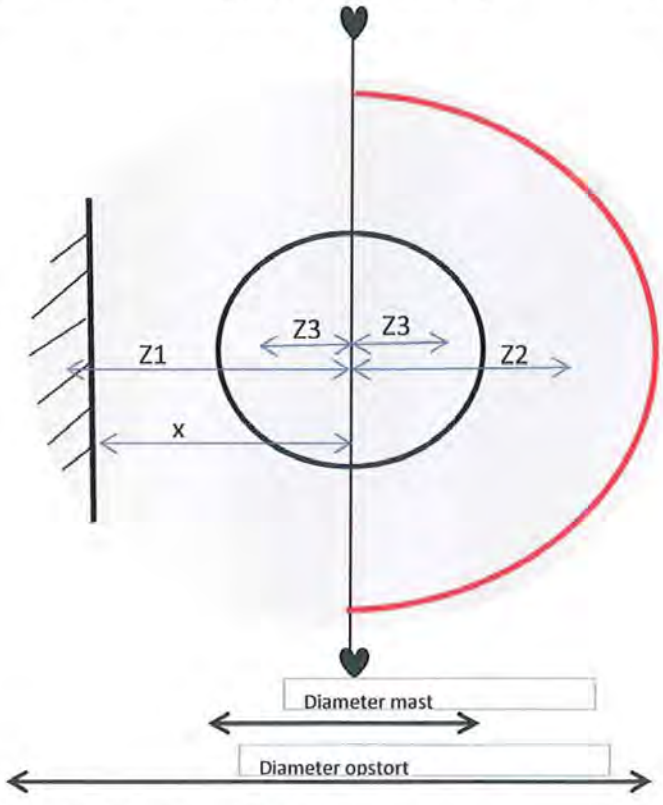
x	1839	mm	Bepaald middels iterratie
Ac	591475	mm2	(functie Ac zie blz A-2)
Sy	1173762752	mm3	(functie Sy zie blad 2)
Z1	1984	mm	(functie Z1 zie blz A-2)
xu	361	mm	Hoogte drukzone
Ac nodig	591795	mm2	$Acnodig = \frac{Md}{0.75 \cdot fcd \cdot (Z1 + Z2)} + \frac{Fv}{0.75 \cdot fcd}$

Bepaling Z2

Øk,flank	16	mm	
Øk	25	mm	
$R_{wapening}$	2122	mm	$R_{wapening}$ = R poer - c- $Øk_{,flank}$ 0,5*Øk
Z2	1351	mm	(functie Z2 zie blz A-2) Z2 = 0,6366* $R_{wapening}$

Bepaling Z3

Z3	1007	mm	(functie Z3 zie blz A-2) Z3= π * Rmast / 4



Berekening resulterende ankerkrachten UGT

Fd	20914	kN
Ft	19930	kN
Fh	963	kN

$$Fd = \frac{Fv}{2} + \frac{Md}{2 \cdot Z3}$$

$$Ft = \frac{-Fv}{2} + \frac{Md}{2 \cdot Z3}$$

Vergelijking cirkel
$y := 2 \cdot \mathrm{sqrt}(R^2 - x^2)$;

$$2\sqrt{R^2 - x^2}$$

Oppervlakte cirkel
$Ac := 0.5 \cdot \mathrm{pi} \cdot R^2 - int(y, x)$;

$$0.5\,\pi R^2 - x\sqrt{R^2 - x^2} - R^2 \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{R^2 - x^2}}\right)$$

Bepaling zwaartepunt drukzone
$Sy := int(x \cdot y, x)$;

$$-\frac{2}{3}(R - x)(R + x)\sqrt{R^2 - x^2}$$

$Sy1 := int(x \cdot y, x = XU..r)$;

$$\frac{2}{3}\sqrt{R^2 - XU^2}\,R^2 - \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - XU^2}\,XU^2 - \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - r^2}\,R^2 + \frac{2}{3}\sqrt{R^2 - r^2}\,r^2$$

$Z1 := \frac{Sy}{Ac}$;

Zwaartepunt halve cirkellijn (Bepaling Z2)

$R := 2200$; $C := 0$;

2200
0

$y := \mathrm{sqrt}(R^2 - (x)^2)$;

$$\sqrt{4840000 - x^2}$$

Lengte over halve cirkel:
$L := int(\mathrm{sqrt}(1 + (diff(y, x))^2), x = -R..C)$;

1100 π

$My := int(x \cdot \mathrm{sqrt}(1 + (diff(y, x))^2), x = -R..C)$;

−4840000

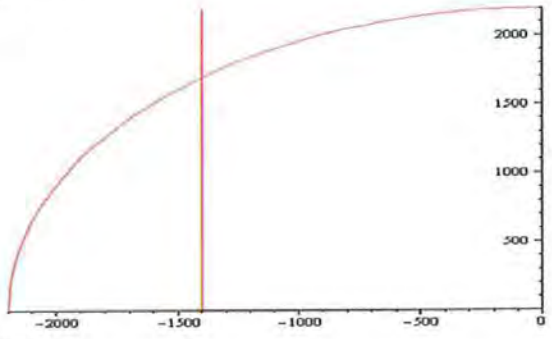
$Z2 := evalf\left(\frac{My}{L}\right)$;

−1400.563499

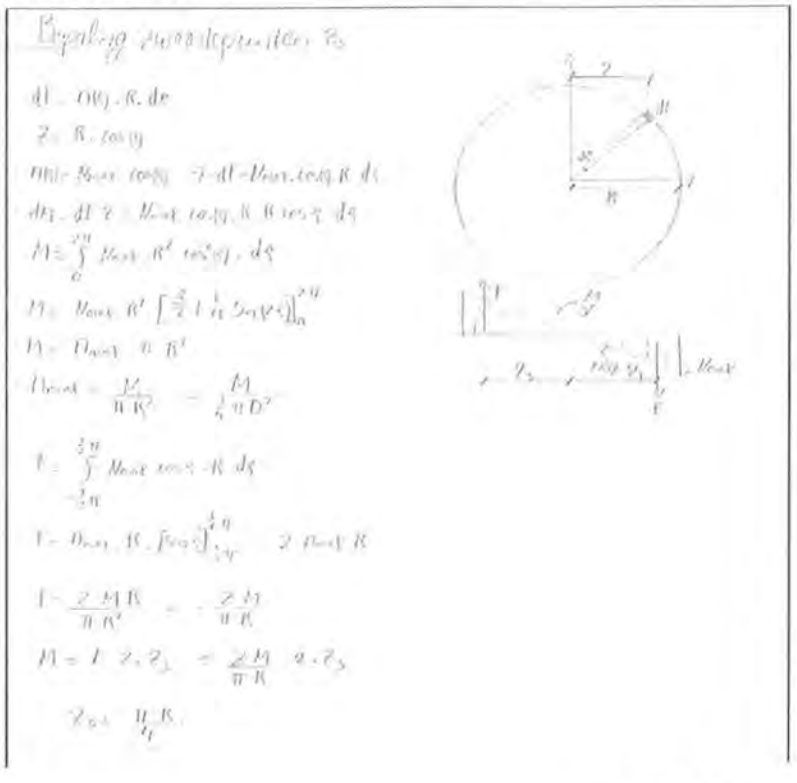
analytische contole zwaartepunt bij integratie van een kwart cirkel. Dus van -R tot 0.
$z2 := -0.6366 \cdot R$;

−1400.5200

$Pl := plot([[Z2, 0], [Z2, R]])$:
$display((Pl, Pl))$;



* De neutraallijn is de Y-as



Bijlage B: Dimensionering wapening opstort

Dimensionering wapening opstort

Verticale wapening UGT

$N_{dt} = 1663.7\ kN$

$A_{sd} = \frac{N_d}{f_{yd}} = \frac{3657.10^3}{435} = 3824.6\ mm^2$

Keure wapening $48\,\phi 32 + 24\,\phi 32$ $A_s = \frac{48}{4}\pi.32^2 + \frac{24}{4}.\pi.32^2 = 5790.6\ mm^2$ in halve cirkel

Staafafstand $s_1 = (\pi.2200 - 50 - \frac{32}{2} - 16)/48 = 139\ mm$ $s_2 = (\pi.2200 - 50 - \frac{32}{2} - 16)/24 = 277\ mm$.

$A_s = \frac{1000}{139}.\frac{1}{4}.\pi.32^2 + \frac{1000}{278}.\frac{1}{4}\pi.32^2 = 8703\ mm^2/m'$

Toetsing verticale wapening in de BGT

$\gamma_n = 1,22$ (zie uitgangspuntennota)

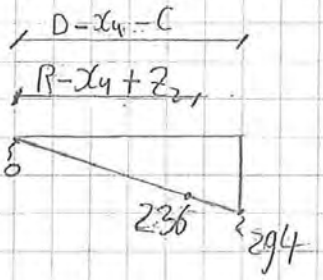
De staalspanning in het zwaartepunt Z_z is gelijk aan:

$\sigma_s = \frac{f_{yd}.A_{sd}}{\gamma_n.A_s} = \frac{435.3824.6}{1,22.5790.6} = 236\ N/mm^2$

De staalspanning in de buitenste wapening is gelijk aan:

$\sigma_{s,max} = \frac{\sigma_s \cdot (D - x_4 - c)}{(z_2 - x_4 + z_2)} = \frac{236.(4400 - 361 - 50)}{(2200 - 361 + 1351)} = 294\ N/mm^2$

(z_2: waarde x_4 zie sheet bepaling zwaartepunt; = frequente staalspanning want $\psi_1 = 1,0$ bij hoekmasten)



$W_k = s_{r,max}.(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

$s_{r,max} = k_3.c + k_1.k_2.k_4.\phi/\rho_{p,eff}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} > 0,6\frac{\sigma_s}{E_s}$

7.0.7

$k_3 = 3,4$
$k_4 = 0,425$
$k_1 = 0,8$
$k_2 = 0,5$
$\phi = 25$ mm

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b_{eff} \cdot h_{eff}} = \frac{18703}{1000 \cdot 285} = 0,031$$

$b_{eff} = 1000$ mm

$h_{eff} = \min[2,5(h-d); (h-x)/3; h/2] = \min[285; 4136; 2200] = 285$ mm

$h = 4400$ mm
$d = 4400 - 50 - 16 - 32/1,5 = 4286$ mm
$x = x_u = 361$ mm

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 32 / 0,031 = 348 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{294 - 0,4 \cdot \frac{3,8}{0,031} \cdot \left(1 + \frac{2,0 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^4} \cdot 0,031\right)}{2,0 \cdot 10^5} = 0,00125$$

$w_k = 348 \cdot 0,00125 = 0,43$ mm

$w_{max} = 0,3 \cdot \frac{50}{30} = 0,5$ mm

$w_{max} > w_k \rightarrow$ Voldoet.

Berekening verticale wapening opstort

Input

R poer	2200	mm			
Yn	1,22		Zie uitgangspuntennota		
Xu	361	mm	(zie blz A-1)		
Z2	1351	mm	(zie blz A-1)		
c	50	mm			
cmin	30	mm			
d	4286	mm	$d = 2^*$ R poer - c - $Øk_{flank}$ - 1,5* $Ø_k$		
f_{yd}	435	N/mm^2	$f_{ct,eff}$	3,8	N/mm^2
E_s	200000	N/mm^2	E_{cm}	36000	N/mm^2

Belastingen

Nd	16637	kN	(uit staafmodel)

Keuze wapening buitenste wapening ring			**Keuze wapening binnenste wapening ring**		
Øk	32	mm	Øk	32	mm
n	48	stk. Per halve opstort	n	24	stk. Per halve opstort
As1	38604	mm^2 / Halve opstort	As2	19302	mm^2 / Halve opstort
s	139	mm s = n/ (R poer-c -Øflank-Øk)	s	277	mm
As1	5802	mm^2 / m	As2	2901	mm^2 / m

Totale wapening

As,tot	57906	mm^2	(As1+As2)	As,tot	8703	mm^2/m (As1+As2)

Toetsing wapening UGT

Asd	38246	mm2 / Halve opstort	Nu = fyd * As2
U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Nd/ Nu

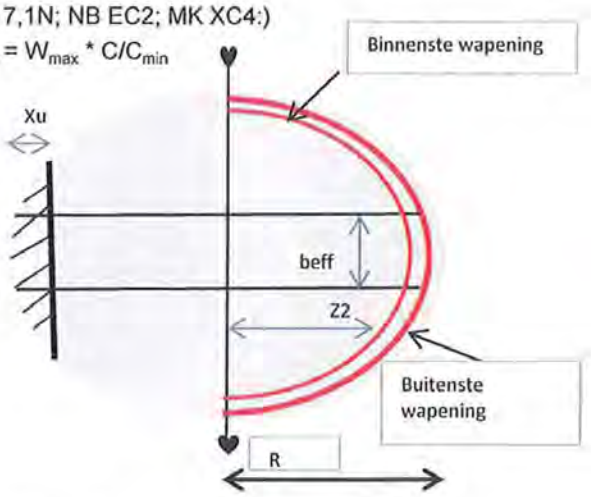
Scheurwijdte toetsing

$\psi_{1,gem}$	1		$\psi_{1,gem}$ =1,0 voor hoekmasten en 0,8 voor steunmasten
Gs1	236	N/mm^2	Gs1 = (fyd * Asd)/(Yn * As2)
Gs2	294	N/mm^2	Gs2 = $\psi_{1,gem}$* [Gs1* (2*R- xu - c)] / (R -xu+ Z2)

k1	0,8		k3	3,4
k2	0,5		k4	0,425
Beff	1000	mm		
Heff	285	mm	Heff = MIN(2,5*(2*R-d);(h-Xu)/3;(h/2))	
$\rho_{p,eff}$	0,031		$\rho_{p,eff}$ = As,tot/ (Beff * Heff)	
k_t	0,4			

$S_{r,max}$	348	mm	$S_{r,max}$ =k3*c+k1*k2*k4*dk/ $\rho_{p,eff}$
$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0,0012		(zie formule onder aan bladzijde)
W_k	0,411	mm	$W_k = S_{r,max}$* ($\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$)
W_{max}	0,300	mm	(tabel 7,1N; NB EC2; MK XC4:)
W_{kmax}	0,500	mm	$W_{kmax} = W_{max}$ * C/C_{min}
U.C.	0,82	Voldoet	

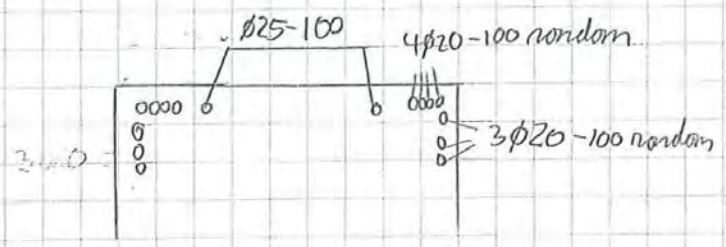
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6\,\frac{\sigma_s}{E_s}$$



Berekening horizontale wapening b.k. opstort

$N_d = 3657$ kN → uitvoer staafwerkmodel blz B-15

$A_{sd} = \frac{3657 \cdot 10^3}{435} = 8407\ mm^2$



$A_{s,1} = 6 \cdot \frac{1}{4} \pi 20^2 = 1884\ mm^2$

$A_{s,2} = 8 \cdot \frac{1}{4} \pi 20^2 = 2513\ mm^2$

$A_{s,3} = \frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 4908\ mm^2$

$A_{s\,tot} = 9305\ mm^2$ +

$A_{s\,tot} > A_{sd}$ → Voldoet

$\sigma_s = \frac{435 \cdot 8407}{1,22 \cdot 9305} = 322\ N/mm^2$ ⇒ $\psi_{1,gem} = 1,0$

tabel 4
uitgangspunten nota

Tabel 7.3N NEN-EN 1992-1-1+C2

$w_{max} = 0,3 \cdot \frac{50}{35} \leq 0,42\ mm$

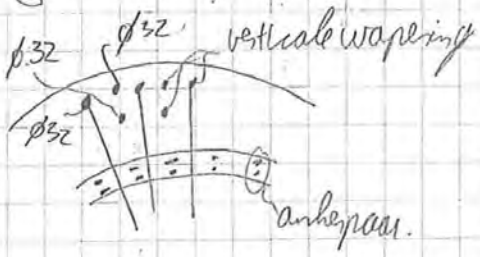
$s_{max} = 150\ mm$

$s_{aanwezig} \leq 100\ mm$

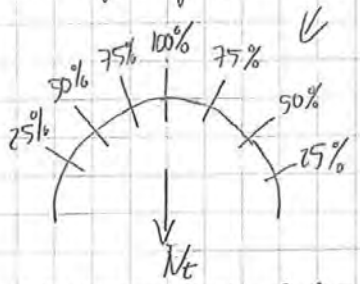
$s_{max} < s_{aanwezig}$ ⇒ Voldoet

Verankering verticale wapening met boerhaar opstort

Voor de krachtsoverdracht moet de verticale wapening verbonden zijn met de horizontale wapening binnen de verkenning. De verkenning bestaat uit 48 ankerparen (zie uitgangspuntennota). Gekozen is om 1 staaf per ankerpaar door te laten steken. (zie schets)



Omdat de kracht in één richting optreedt zijn niet alle staven die verbonden zijn met het bovennet 100% effectief (zie schets)



Aangenomen is dat er in één helft van de verkenning, de staven gemiddeld 50% effectief zijn.

$$N_T = G_{sd} . A_{bovennet} = \frac{N_d . A_{bovennet}}{A_{s\,tot}} = \frac{3657 . 10^3 . 4908}{9305 . 10^3} = 1929\ kN$$

$$N_u = \underset{\text{50\% reductie}}{\frac{1}{2}} . \underset{\text{n ankerparen in halve cirkel}}{24} . \frac{1}{4} . \pi . \underset{\text{ϕ_h zelfde als verticale wapening}}{32^2} . 435/10^3 = 4190\ kN$$

$N_u > N_T \rightarrow$ Voldoet

De staven hebben genoeg capaciteit om de krachten uit het bovennet naar de rand van de opstort over te dragen.

Berekening verankeringslengte

$f_{bd} = 2{,}25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$

$\eta_1 = 0{,}7$ (bovenstaaf) $\quad \eta_1 = 1$ (onderstaaf)

$\eta_2 = 1$ ($\varnothing \leq 32$ mm)

f_{ctd} (C45) $= 2{,}7 / 1{,}5 = 1{,}8$ N/mm² (opstat)

f_{ctd} (C30) $= 2{,}0 / 1{,}5 = 1{,}3$ N/mm² (plaat)

f_{bd} (C45) $= 2{,}25 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1{,}8 = 2{,}8$ N/mm² (opstat)

f_{bd} (C30) $= 2{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}3 = 2{,}9$ N/mm² (plaat)

$l_{b,rqd} = \dfrac{\varnothing \, G_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$ $\qquad l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$ $\qquad \alpha_i \, (i = 1;3,4,5) = 1{,}0$

$G_{sd} = \dfrac{f_{yd} \cdot A_{nodig}}{A_{aanwezig}} = \dfrac{435 \cdot 31701}{50385} = 274$ N/mm² (lijst B-1 / lijst B-1)

$\alpha_2 = 1 - \dfrac{0{,}15 \cdot (50 - 32)}{32} = 0{,}91$

Verankering haken in plaat:

$l_{b,rqd} = \dfrac{32 \cdot 274}{4 \cdot 2{,}9} = 756$ mm $\qquad l_b = \alpha_i (1:5) \cdot l_{b,rqd} = 0{,}91 \cdot 745 = 688$ mm $\Rightarrow$ 700 mm toepassen

Verankering haken in b.h. opstat:

$l_{b,rqd} = \dfrac{32 \cdot 274}{4 \cdot 2{,}8} = 783$ mm $\qquad l_d = 783 \cdot 0{,}91 = 712$ mm $\Rightarrow$ 730 mm toepassen

Verankering binnenankering

$G_{sd} = \dfrac{N_T}{N_H} \cdot f_{yd} = \dfrac{1779 \cdot 10^3 \cdot 435}{\frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \pi 20^2 \cdot 435} = 391$ N/mm²

$l_{b,rqd} = \dfrac{25 \cdot 391}{4 \cdot 2{,}8} = 873$ mm $\qquad l_{bd} = 873 \cdot 0{,}91 = 794$ mm $\Rightarrow$ toepassen 800 mm

De ankerkooi heeft een buitendiameter van 3194 mm (2564 + 630) (uitgangspunten nota).

Afstand ankerkooi tot naad opstat is 603 mm wat betekend dat er geen ruimte is voor verankering. Alle wapening dient uitgewoond te worden middels dubbele haken zie wapeningschets op volgende bladzijde.

Berekening flankwapening

Aannames:

W_{gem} toelaatbaar = 0,3 mm.
Sterkte = 60% t.o.v. t = 28 dagen

Keurewapening: Ø16 – 100

Materiaal eigenschappen:

C45/55 ⇒ t = 28 dagen

$f_{ccm}(60\%) = 0{,}6 \cdot (55+8) = 37{,}8\ N/mm^2$

$f_{ck}(60\%) = (0{,}6 \cdot \underset{f_{cm}}{53} - 8) = 23{,}8\ N/mm^2$

$f_{ctm}(60\%) = 0{,}3 \cdot f_{ck}(60\%)^{2/3} = 2{,}5\ N/mm^2$

$E_s = 2 \cdot 10^5\ N/mm^2$

$E_b = 22 \cdot \left(\frac{0{,}6 \cdot 53}{10}\right)^{0{,}3} \cdot 10^3 = 31000\ N/mm^2$

$n = \frac{2 \cdot 10^5}{31000} = 6{,}43$

Berekeningspanningen:

$G_{cr} = 0{,}75 \cdot f_{ctm} = 0{,}75 \cdot 2{,}5 = 1{,}87\ N/mm^2$ (spanning waarbij beton gaat scheuren)

$$G_{s,cr} = \frac{n \cdot G_{cr}}{2} + \sqrt{\frac{n \cdot G_{cr}^2}{2} + \frac{f_{ccm} \cdot E_s\,(0{,}5 \cdot W_{gem})^{1{,}18}}{0{,}4 \cdot \varnothing}}$$

$$G_{scr} = \frac{6{,}43 \cdot 1{,}87}{2} + \sqrt{\frac{6{,}43 \cdot 1{,}87^2}{2} + \frac{37{,}8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}3)^{1{,}18}}{0{,}4 \cdot 16}} = 361\ N/mm^2$$ (Staalspanning op moment van scheuren)

$$L_{st} = \frac{1{,}2 \cdot W_{gem} \cdot E_s}{G_{scr}} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}3 \cdot 2 \cdot 10^5}{361} = 200\ mm$$ (overdrachtslengte)

$h_{eff} = c + 2 \cdot \varnothing_h + 1{,}2 \cdot l_{st} = 60 + 2 \cdot 16 + 1{,}2 \cdot 200 = 332\ mm$ (effectieve hoogte betondoorsnede)

$$A_{sd} = \frac{G_{cr}}{G_{scr}} \cdot b \cdot h_{eff} = \frac{1{,}87}{361} \cdot 1000 \cdot 332 = 1725\ mm^2$$ (benodigde wapening)

A_s aanwezig ⇒ Ø16-100 = 2011 mm² 2011 > 1725 → Voldoet.

Controle of de scheurvorming inderdaad in de onvoltooide fase zit:

$$\varepsilon_{fdc} = \frac{(60 + 2{,}4 \cdot G_{scr})}{10^6} = 9{,}26 \cdot 10^{-4}$$ (Rek waar het volledig ontwikkelt scheurpatroon begint)

$\varepsilon_{cr} = G_{cr}/E_b = 1{,}87/31000 = 6 \cdot 10^{-5}$ (Rek waarbij beton scheurt)

$\varepsilon_{cr} < \varepsilon_{fdc}$ ⇒ sprake van een onvoltooid scheurpatroon.

Maximale ΔT

$\Delta T = \varepsilon_{fdc}/\alpha_c = 9{,}26 \cdot 10^{-4} / 1 \cdot 10^{-5} = 93\ K$. ⇒ Conclusie Ø16-100 voldoet.

Berekening flankwapening

Invoer gegevens

Betonklasse	C45/55		c	60	[mm]
Sterkte(t) t.o.v. t= 28 dagen	60	[%]	b	1000	[mm]
fccm(t)	37,8	[N/mm^2]	ac	0,00001	
fctm(t)	2,5	[N/mm^2]	Øk	16	[mm]
Ecm	31128	[N/mm^2]	s	100	[mm]
Es	200000	[N/mm^2]	Wgem	0,3	[mm]
n	6,43				

Spanningen

Spanning waarbij beton scheurt

Gcr	1,86	[N/mm2]	**Gcr = 0,75*fctm**

Spanning in het staal op het moment van scheuren

Gscr	361	[N/mm2]

$$\sigma_{s,cr} = \frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2} + \sqrt{\left(\frac{n \cdot \sigma_{cr}}{2}\right)^2 + \frac{f_{ccm} \cdot E_s \cdot (0{,}5\ w_{mo})^{1{,}18}}{0{,}4 \cdot \varnothing}}$$

Overdrachtslengte

lst	200	[mm]

$$lst = \frac{1.2 * wmo * Es}{Gscr}$$

Effectieve hoogte betondoorsnede

heff	331	mm	**heff = c + 2*Øk + 1,2* lst**

Benodigde hoeveelheid staal

Asd	1710	mm2	**As = (Gcr/Gscr) * b * heff**
As aanwezig	2011	mm2	
U.C. As	0,9	Voldoet als kleiner dan 1	

Controle of de aanname van de berekening klopt

Rek waarbij er een volledig ontwikkeld scheurpatroon is

e,fdc	9,26E-04	**e fdc = (60+2,4*Gscr)**

Rek waarbij het beton scheurt

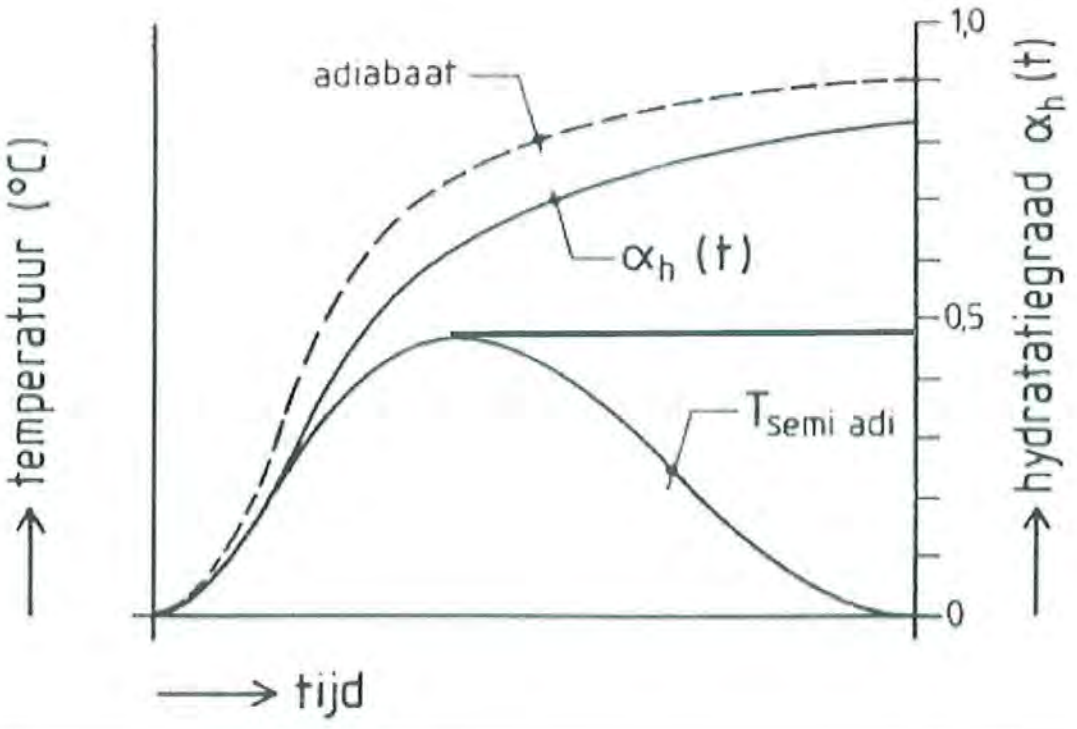
e,cr	5,98E-05	**e cr = Gcr/ Eb**

U.C. Rek	6,46E-02	Kleiner dan 1, dan is de aanname van een onvoltooid scheurpatroon correct

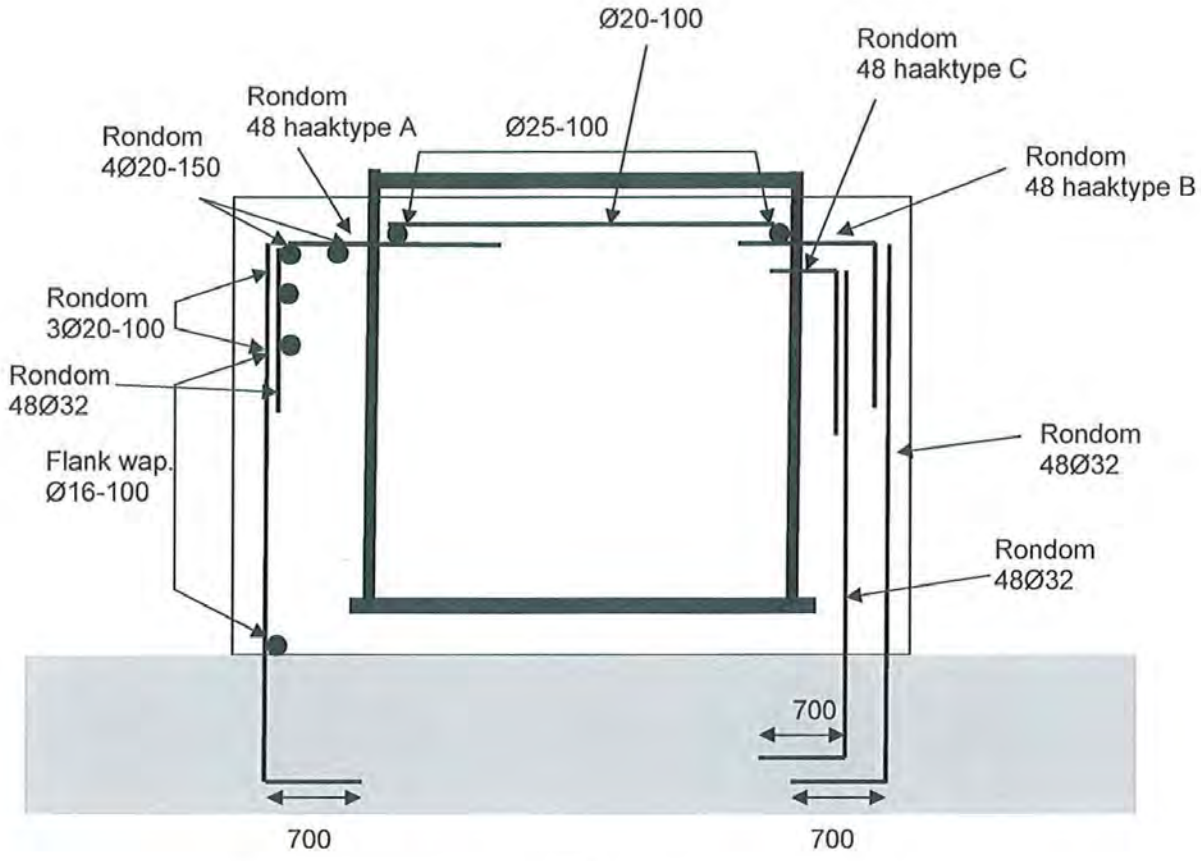
Maximale toelaatbare hydratatie warmte

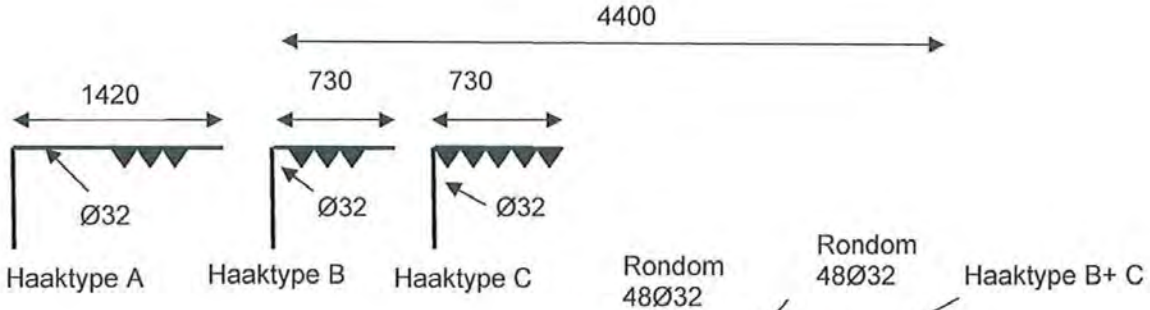
Temperatuur verschil waarbij scheuren ontstaan

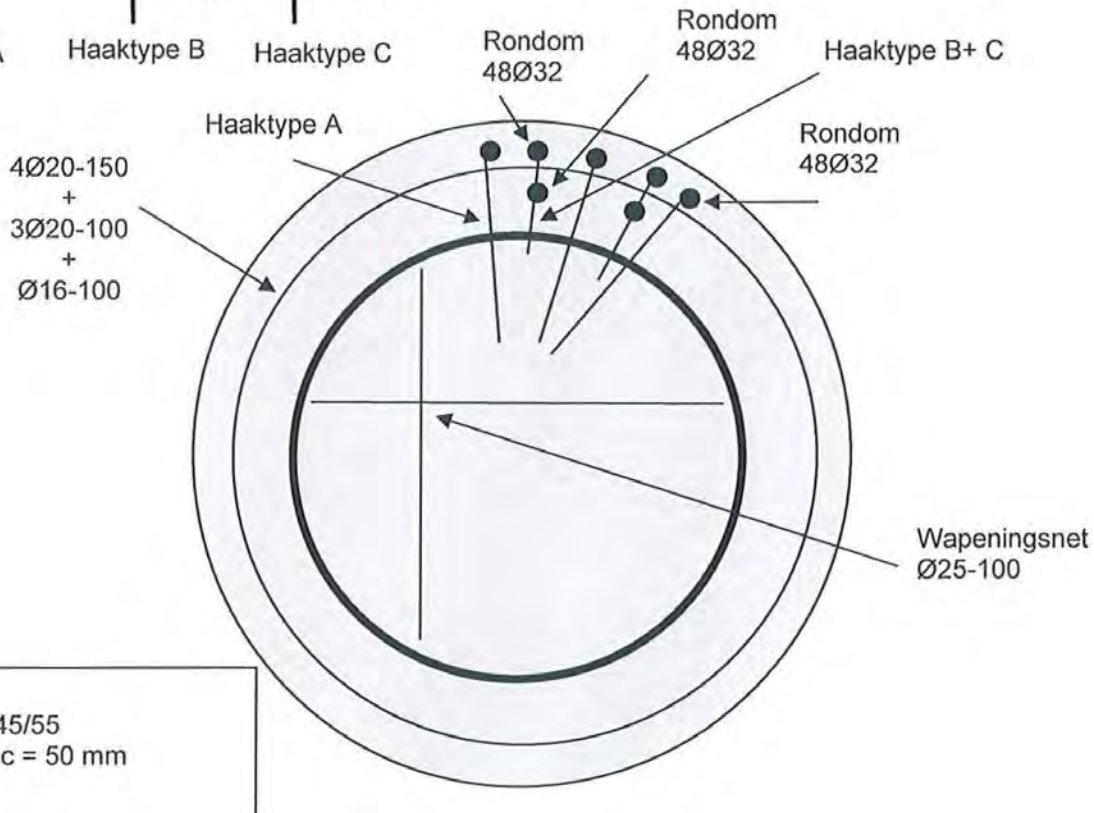
delta T	93	°	**T = e fdc / ac**



De 28 daagse sterkte wordt ongeveer bereikt bij een hydratatiegraad van 0,8. De maximale temperatuur treed op bij een hydratatiegraad van 0,5. Dit betekend dat (0,5*100/0,8 = 62%) ongeveer 60% van de 28 daagse sterkte ontwikkeld is.







Opstort
Betonkwaliteit: C45/55
MK: XC4/XF3 → c = 50 mm

Vloer
Betonkwaliteit: C30/37
MK: XC4 → c = 50 mm

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

1. Project

Typenaam	Licentienaam	Nationale norm	Versie	Constructie	Niveau	Aantal knopen :	Aantal staven :	Aantal platen :	Aantal vaste lichamen :	Aantal gebruikte doorsneden :	Aantal belastingsgevallen :	Aantal gebruikte materialen :	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	NEN	Scia Engineer 10.1.556	Raamwerk XZ	Geavanceerd	5	7	0	0	1	1	1	2D vakwerk model.esa	S:\HI\BREIJN\SIVU na 1 mei (C&G) vakwerkmodel op

2. Doorsneden

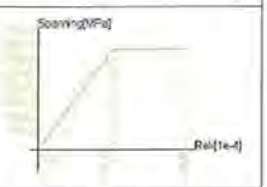
Naam	CS1	
Type	Rechthoek	
Uitgebreid	1000; 300	
Onderdeelmateriaal	B 35	
Bouwwijze	beton	
Knik y-y, z-z	b	b
EEM berekening	×	

A [m²]	3,0000e-01	
A y, z [m²]	2,5000e-01	2,5000e-01
I y, z [m⁴]	2,5000e-02	2,2500e-03
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	7,2355e-03
Wel y, z [m³]	5,0000e-02	1,5000e-02
Wpl y, z [m³]	7,5000e-02	2,2500e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLCS, ZLCS [mm]	150	500
alpha [deg]	0,00	
AL [m²/m]	2,6000e+00	

3. Materialen

Type	Beton
Naam	B 35
Thermisch uitz. [m/mK]	0,00
Massa eenheid [kg/mm³]	0,0
E-mod [MPa]	3,1000e+04
Poisson - nu	0,2
Onafhankelijke G-modulus	×
G-mod [MPa]	1,2917e+04
Karakteristieke kubusdruksterkte (f'ck) [MPa]	35,00
Gemiddelde treksterkte [MPa]	2,80
Cementklasse	32.5
Door gebruiker gedefinieerde treksterkte (fbrep)	×
Representatieve treksterkte (fbrep) [MPa]	1,96

breijn	Project	Inleiding krachten in de opstort
	Onderdeel	Poertype R38.5N
	Omschrijving	2D vakwerk model
	Nationale norm	NEN
	Auteur	L Bouvy

Rekenwaarde van de druksterkte (f'b) [MPa]	21,00
Rekenwaarde van de treksterkte (fb) [MPa]	1,40
Gemiddelde treksterkte (fbm) [MPa]	2,74
Gemeten waarden van gemiddelde druksterkte (invloed van ouderdom)	x
Spanning/rek voor niet-lineaire analyse	

4. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	'Master' belastingsgeval
BG2	Fd	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen

5. Knoop

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Z [mm]
K8	0,000	0,000
K9	977,000	2500,000
K10	2991,000	1000,000
K11	3390,000	2500,000
K12	3335,000	-700,000

6. 1D-staaf

Naam	Doorsnede	Lengte [mm]	Vorm	Beginknoop	Eindknoop	Type	EEM-type	Laag
S14	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	2684,125	Lijn	K8	K9	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S15	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	2511,214	Lijn	K9	K10	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S16	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	1552,160	Lijn	K10	K11	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S17	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	2413,000	Lijn	K9	K11	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S18	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	3200,473	Lijn	K11	K12	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S19	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	3974,942	Lijn	K12	K9	Algemeen (0)	standaard	Laag1
S21	CS1 - Rechthoek (1000; 300)	3407,671	Lijn	K12	K8	Algemeen (0)	standaard	Laag1

7. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K12	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K8	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij

8. Puntlasten in knopen

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast1	K10	BG2 - Fd	GCS	Z	Kracht	19930
Puntlast2	K9	BG2 - Fd	GCS	Z	Kracht	-20914
Puntlast3	K9	BG2 - Fd	GCS	X	Kracht	-482
Puntlast4	K11	BG2 - Fd	GCS	X	Kracht	-482

9. Berekeningsverslag

Calc protokol

Verslag berekening.

Lineaire berekening

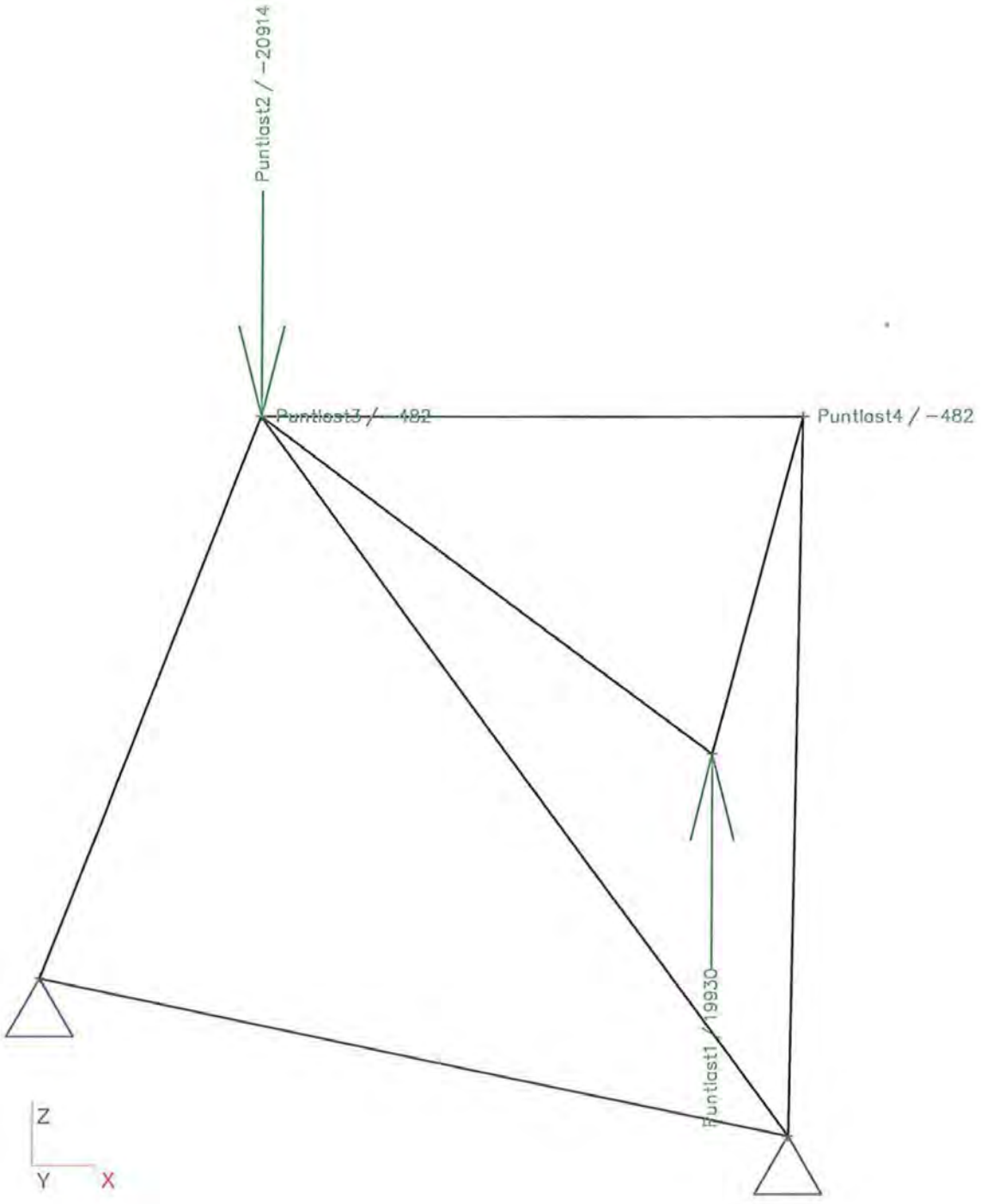
Aantal 2D elementen	0
Aantal 1D elementen	7
Aantal netknopen	5
Aantal vergelijkingen	30
Belastinggevallen	BG2
Start berekening	17.08.2012 12:09
Einde berekening	17.08.2012 12:09

Som van lasten en reacties.

	[kN]	X	Y	Z
BG BG2	last	-963.0	0.0	-984.0
	knoopreacties	963.0	0.0	984.0
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

10. Belastingen

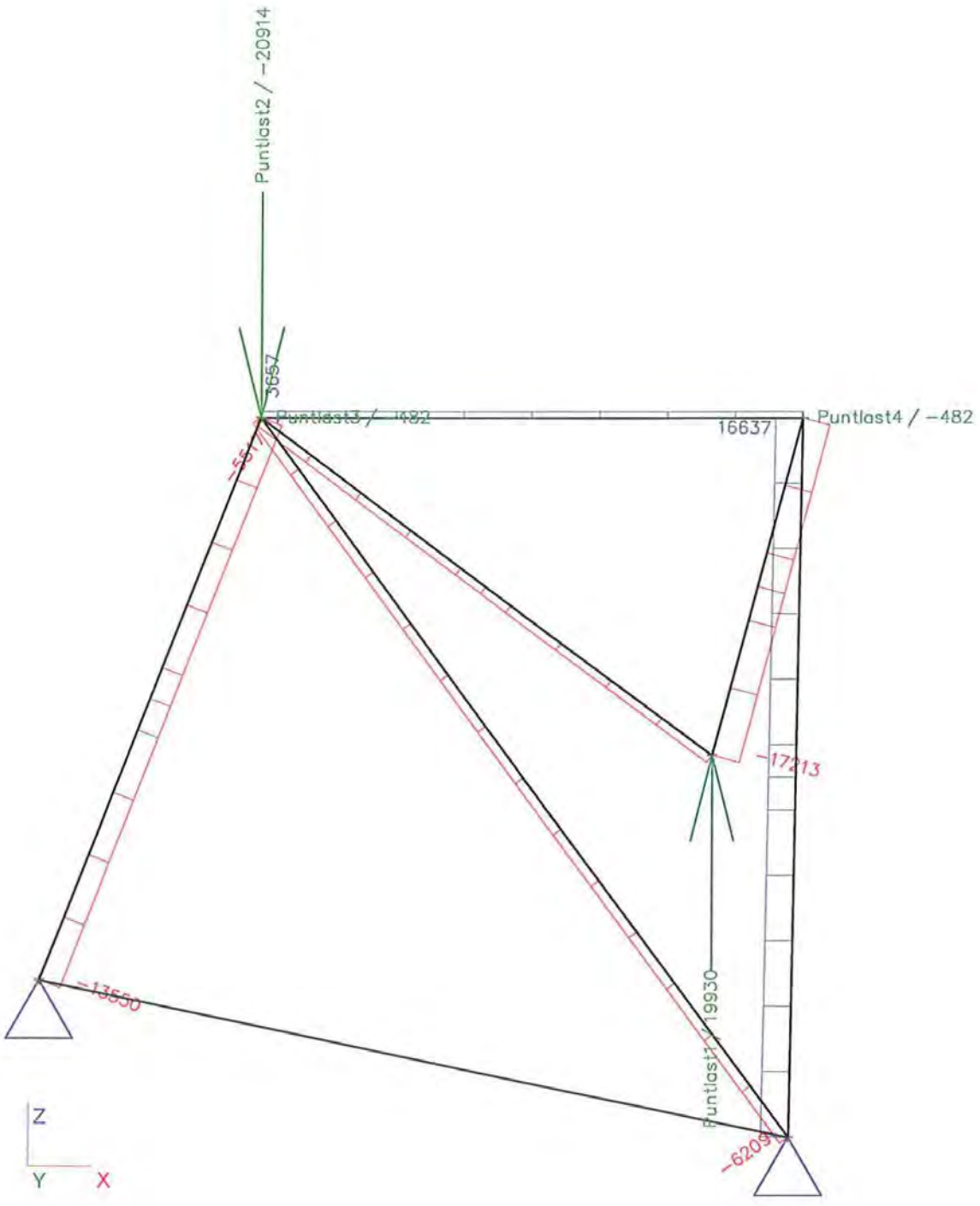


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekening\
2D vakwerk model.esa

B-14

Project	Inleiding krachten in de opstort
Onderdeel	Poertype R38.5N
Omschrijving	2D vakwerk model
Nationale norm	NEN
Auteur	L Bouvy

11. Interne krachten in staaf

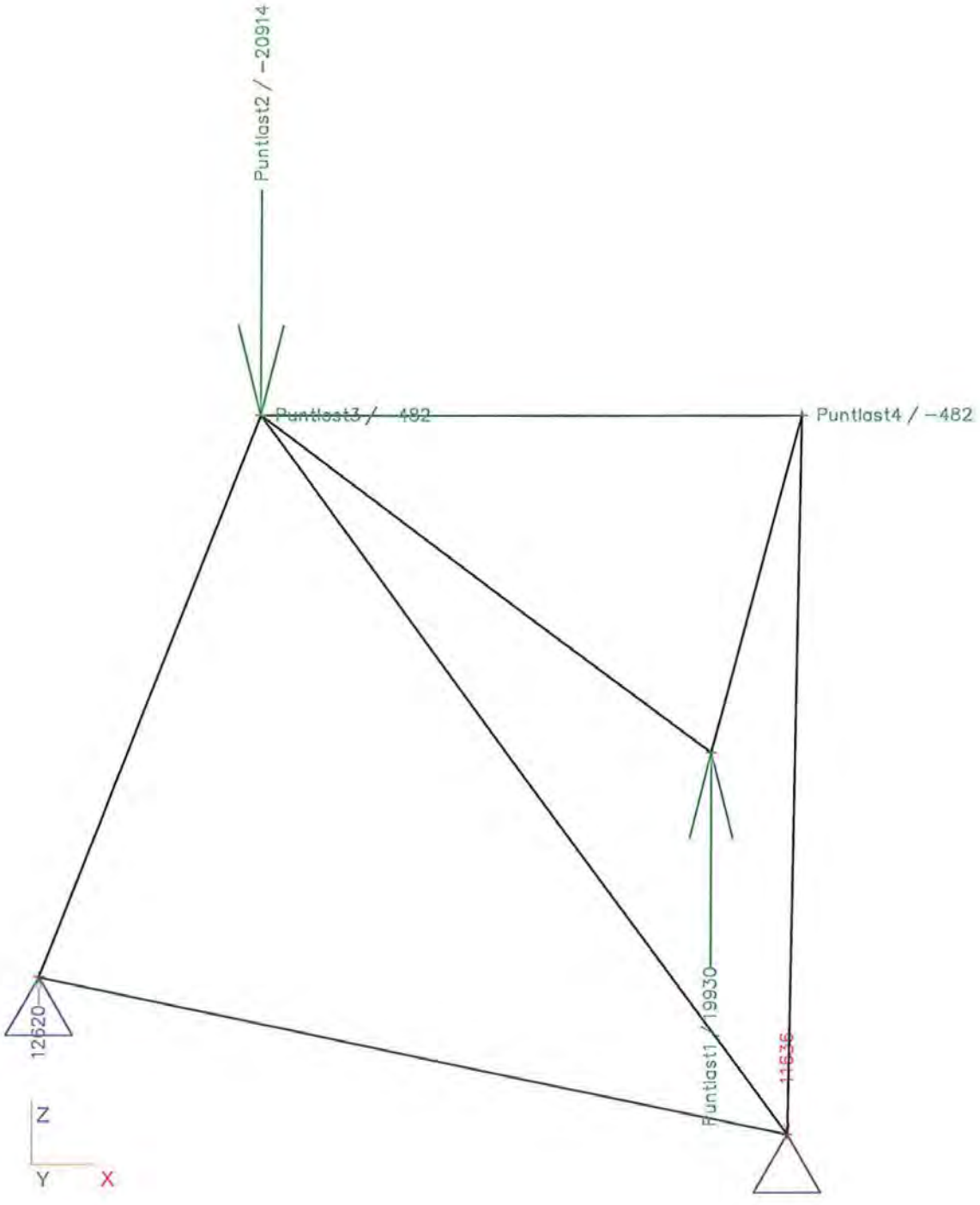


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekening\
2D vakwerk model.esa

B-15

breijn	Project	Inleiding krachten in de opstort
	Onderdeel	Poertype R38.5N
	Omschrijving	2D vakwerk model
	Nationale norm	NEN
	Auteur	L Bouvy

12. Reacties



S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage B (Uitdraai 2D vakwerkmodel opstort) + wapening berekening\
2D vakwerk model.esa

B-16

Bijlage C: Model funderingsplaat

Bepaling spreidingsgebied
rond opstort

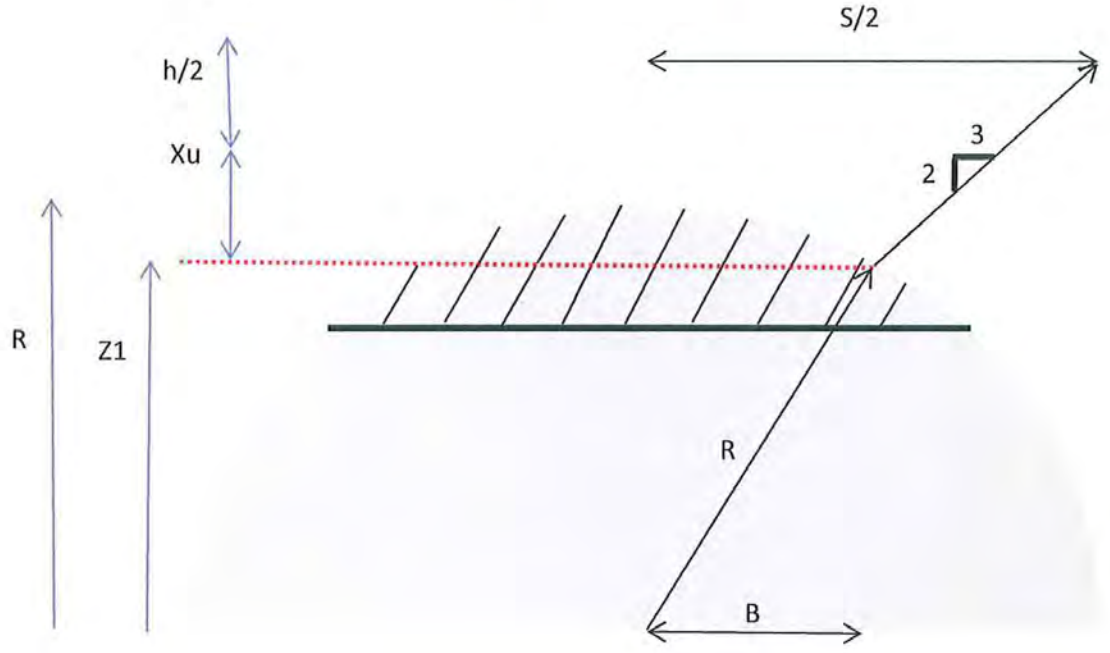
Input

R	2200	mm	
Xu	264	mm	(Zie bijlage A)
Z1	1984	mm	(Zie bijlage A)
h	900	mm	

Bepaling Spreidingsgebied S

B	951	mm	$B = \sqrt{R^2 - Z1^2}$
α	0,98	rad	$\alpha = \arctan\left(\frac{3}{2}\right)$
S	4043	mm	$S = 2B + 2\left(\frac{1}{2}h + Xu\right)\tan(\alpha)$

≈ 4060 mm



* *Bepaling spreidingsgebied op basis van artikel 7.5.4.3 van de NEN6720*

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

1. Project

Typenaam	Licentienaam	Nationale norm	Versie	Constructie	Niveau	Aantal knopen :	Aantal staven :	Aantal platen :	Aantal vaste lichamen :	Aantal gebruikte doorsneden :	Aantal belastingsgevallen :	Aantal gebruikte materialen :	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	EC - EN	Scia Engineer 10.1.556	Algemeen XYZ	Geavanceerd	64	28	1	0	1	8	3	Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa	S:\HI\BREIJN\SIVU na 1 mei (C&G) plaatmodel poer)\

2. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/mm³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00
C45/55	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	45,00
C30/37 Geen EG	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00

3. Niet-lineaire functies

Naam	Type	u / F [m,MN]	u / F [m,MN]	Negatief einde
NLF1	Translatie	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	Vrij

4. Lastgroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning

5. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
BG1	Eigengewicht Beton	Permanent	LG1	Eigen gewicht		-Z		
BG2	GWS laag	Permanent	LG1	Standaard				
BG3	GWS hoog	Permanent	LG1	Standaard				
BG4	Grondwater	Permanent	LG1	Standaard				
BG5	BGT eigengewicht mast	Permanent	LG1	Standaard				
BG6	BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG7	BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG8	BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen

6. Niet-lineaire combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BC1: Druk1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG2 - GWS laag	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,00
BC2: Druk2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG2 - GWS laag	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,00
BC3: Druk3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BC3: Druk3	Uiterste Grenstoestand	BG2 - GWS laag	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,00
BC4: Trek1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,00
BC5: Trek2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,00
BC6: Trek3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,00
		BG3 - GWS hoog	1,00
		BG4 - Grondwater	1,00
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,00
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,00
BC7: Druk1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,22
BC8: Druk2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,22
BC9: Druk3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	1,30
		BG2 - GWS laag	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	1,30
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,22
BC10: Trek1	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	1,22
BC11: Trek2	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	1,22
BC12: Trek3	Uiterste Grenstoestand	BG1 - Eigengewicht Beton	0,90
		BG3 - GWS hoog	0,90
		BG4 - Grondwater	1,30
		BG5 - BGT eigengewicht mast	0,90
		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	1,22

7. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Alle UGT	BC7: Druk1
	BC8: Druk2
	BC9: Druk3
	BC10: Trek1
	BC11: Trek2
	BC12: Trek3
Alle BGT	BC1: Druk1
	BC2: Druk2

breijn	Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
	Onderdeel	Funderingstype R
	Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
	Nationale norm	EC - EN
	Auteur	L.Bouvy

Naam	Lijst
Alle BGT	BC3: Druk3 BC4: Trek1 BC5: Trek2 BC6: Trek3

8. Solver- en netinstellingen

Negeer dwarskrachtvervormingen (Ay, Az >> A)	✓
Verdeling op consoles en variabele staven	5
Pas de knoopverfijning toe	Geen staven
Buigtheorie van plaat/schaal berekening	Kirchhoff
Type solver	Direct
Aantal diktes van plaatrib	20
Aantal sneden op gemiddelde staaf	10
Maximaal toelaatbare verplaatsing [mm]	1000,0
Maximaal toelaatbare rotatie [mrad]	100,0
Maximum aantal iteraties	50
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0,001
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [mm]	300,000
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Minimum lengte van staafelement [mm]	100,000
Maximum lengte van staafelement [mm]	100000,000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [mm]	1000,000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	×
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	×
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Rand van vooraf gedefinieerd net vloeiend maken	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30,0
Verh. voorgedefinieerd net	1,5
Wapeningscoëfficiënt	1
Zwevende knopen voor voorspanning	×

9. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
Poer	C30/37	900	konstant	vloer (90)	Laag1

10. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type						
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Opstort 1 Midden	Poer 900	C45/55	konstant 2700	K43 K40 As	Cirkel door centrum en straal
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Opstort 2	Poer	C45/55	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	K44 K42 As	Cirkel door centrum en straal

11. Knoop

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K1	0,000	0,000	0,000
K34	600,000	600,000	0,000
K40	3600,000	5500,000	0,000
K42	11100,000	5500,000	0,000

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R
Omschrijving	Berekening krachtswerking poer
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K43	5800,000	5500,000	0,000
K44	8900,000	5500,000	0,000
K45	14700,000	0,000	0,000
K46	14700,000	11000,000	0,000
K47	0,000	11000,000	0,000
K48	2100,000	600,000	0,000
K49	3600,000	600,000	0,000
K50	5100,000	600,000	0,000
K51	6600,000	600,000	0,000
K52	8100,000	600,000	0,000
K53	9600,000	600,000	0,000
K54	11100,000	600,000	0,000
K55	12600,000	600,000	0,000
K56	14100,000	600,000	0,000
K57	600,000	2560,000	0,000
K60	600,000	10400,000	0,000
K61	2100,000	10400,000	0,000
K62	3600,000	10400,000	0,000
K63	5100,000	10400,000	0,000
K64	6600,000	10400,000	0,000
K65	8100,000	10400,000	0,000
K66	9600,000	10400,000	0,000
K67	11100,000	10400,000	0,000
K68	12600,000	10400,000	0,000
K69	14100,000	10400,000	0,000
K70	14100,000	2560,000	0,000
K73	3600,000	-1900,000	-25000,000
K74	5100,000	-1900,000	-25000,000
K75	6600,000	-1900,000	-25000,000
K76	8100,000	-1900,000	-25000,000
K77	9600,000	-1900,000	-25000,000
K78	11100,000	-1900,000	-25000,000
K79	12600,000	-1900,000	-25000,000
K80	2100,000	-1900,000	-25000,000
K81	3600,000	12900,000	-25000,000
K82	5100,000	12900,000	-25000,000
K83	6600,000	12900,000	-25000,000
K84	8100,000	12900,000	-25000,000
K85	9600,000	12900,000	-25000,000
K86	11100,000	12900,000	-25000,000
K87	12600,000	12900,000	-25000,000
K88	2100,000	12900,000	-25000,000
K90	16600,000	2560,000	-25000,000
K92	-1900,000	2560,000	-25000,000
K95	15868,000	-1168,000	-25000,000
K96	15868,000	12168,000	-25000,000
K97	-1168,000	12168,000	-25000,000
K98	-1168,000	-1168,000	-25000,000
K99	600,000	4520,000	0,000
K100	-1900,000	4520,000	-25000,000
K101	14100,000	4520,000	0,000
K102	16600,000	4520,000	-25000,000
K103	600,000	6480,000	0,000
K104	-1900,000	6480,000	-25000,000
K105	16600,000	6480,000	-25000,000
K106	14100,000	6480,000	0,000
K107	600,000	8440,000	0,000
K108	-1900,000	8440,000	-25000,000
K109	16600,000	8440,000	-25000,000
K110	14100,000	8440,000	0,000

12. Knoopondersteuningen

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stiff Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn10 K90	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14 K96	GCS	Standaard Rx4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15 K95	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22 K92	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25 K97	GCS	Standaard Rx4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26 K98	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn1 K73	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2 K74	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3 K75	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4 K76	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5 K77	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6 K78	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7 K79	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27 K87	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28 K86	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29 K85	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30 K84	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31 K83	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32 K82	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33 K81	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34 K88	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35 K80	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36 K100	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37 K102	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38 K104	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39 K105	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40 K108	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41 K109	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

13. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Systeem Locatie
GFF1	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF10	GCS Lengte
GFF2	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF12	GCS Lengte
GFF3	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF14	GCS Lengte
GFF4	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF16	GCS Lengte
GFF5	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF9	GCS Lengte
GFF6	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF11	GCS Lengte
GFF7	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF13	GCS Lengte
GFF8	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF15	GCS Lengte

14. Vrije oppervlakte last

Naam, Belastingsgeval	FF9	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Naam, Belastingsgeval	FF10	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Naam, Belastingsgeval	FF11	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF12	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF13	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF14	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF15	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Naam, Belastingsgeval	FF16	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting

15. Lasten op oppervlak

Naam	SF1	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-26	
Naam	SF2	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF3	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF4	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-29	
Naam	SF5	

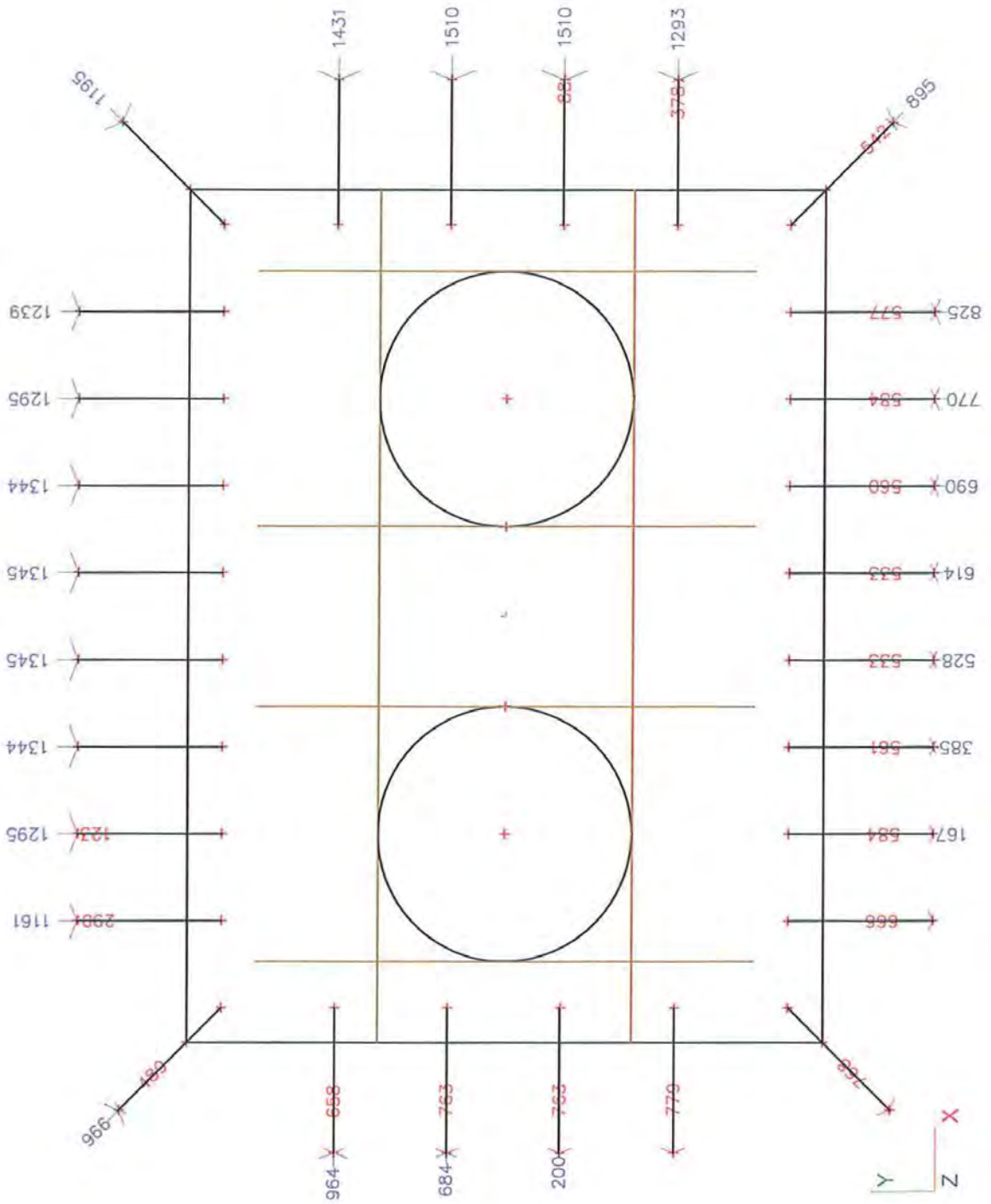
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF6	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF7	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG4 - Grondwater
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	19	
Naam	SF16	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF17	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF18	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF19	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF20	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF21	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF22	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF23	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF28	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	

Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	
Naam	SF29	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	

16. Berekeningsverslag

Calc protokol
Verslag berekening.

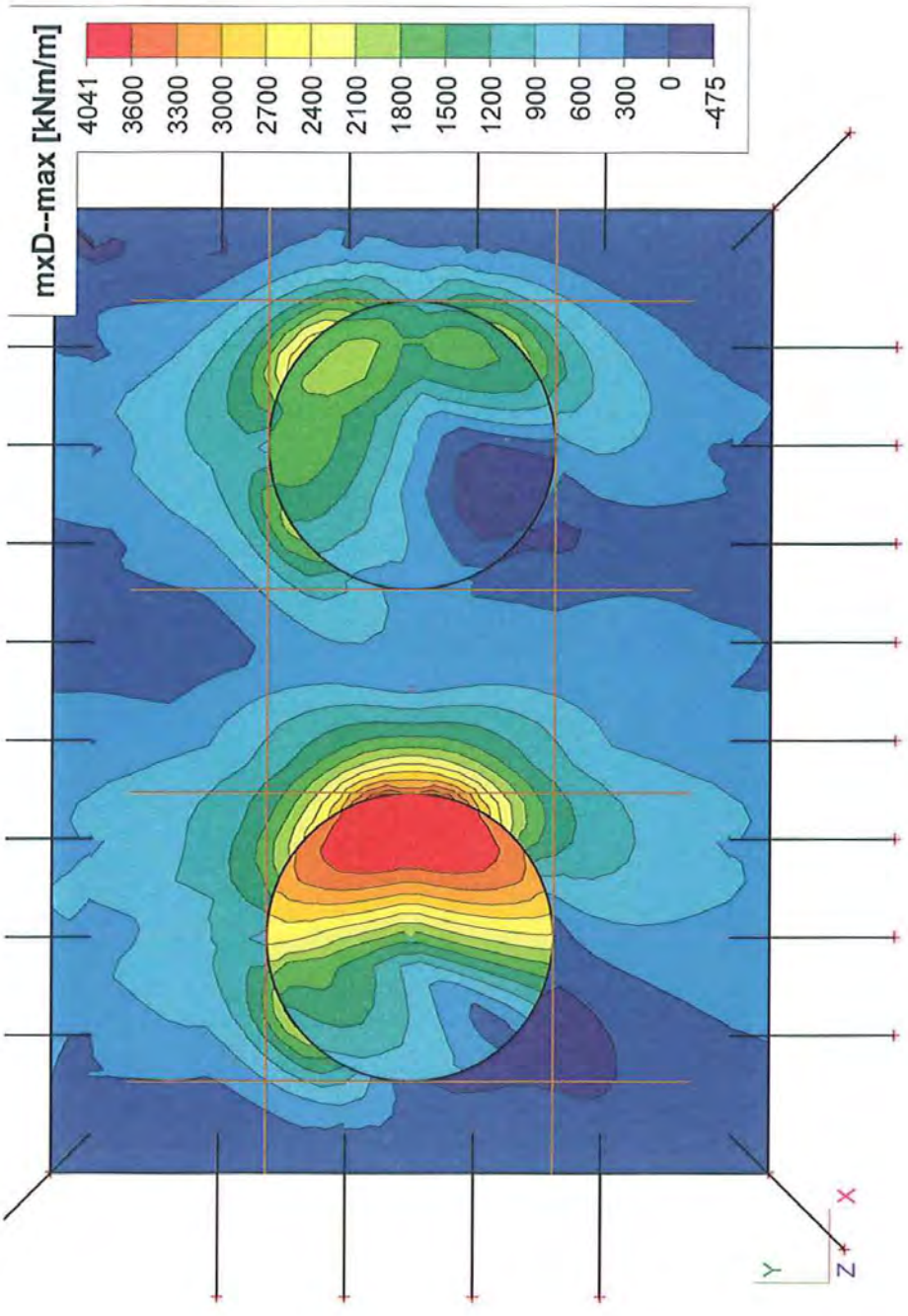
17. Reacties Rz UGT



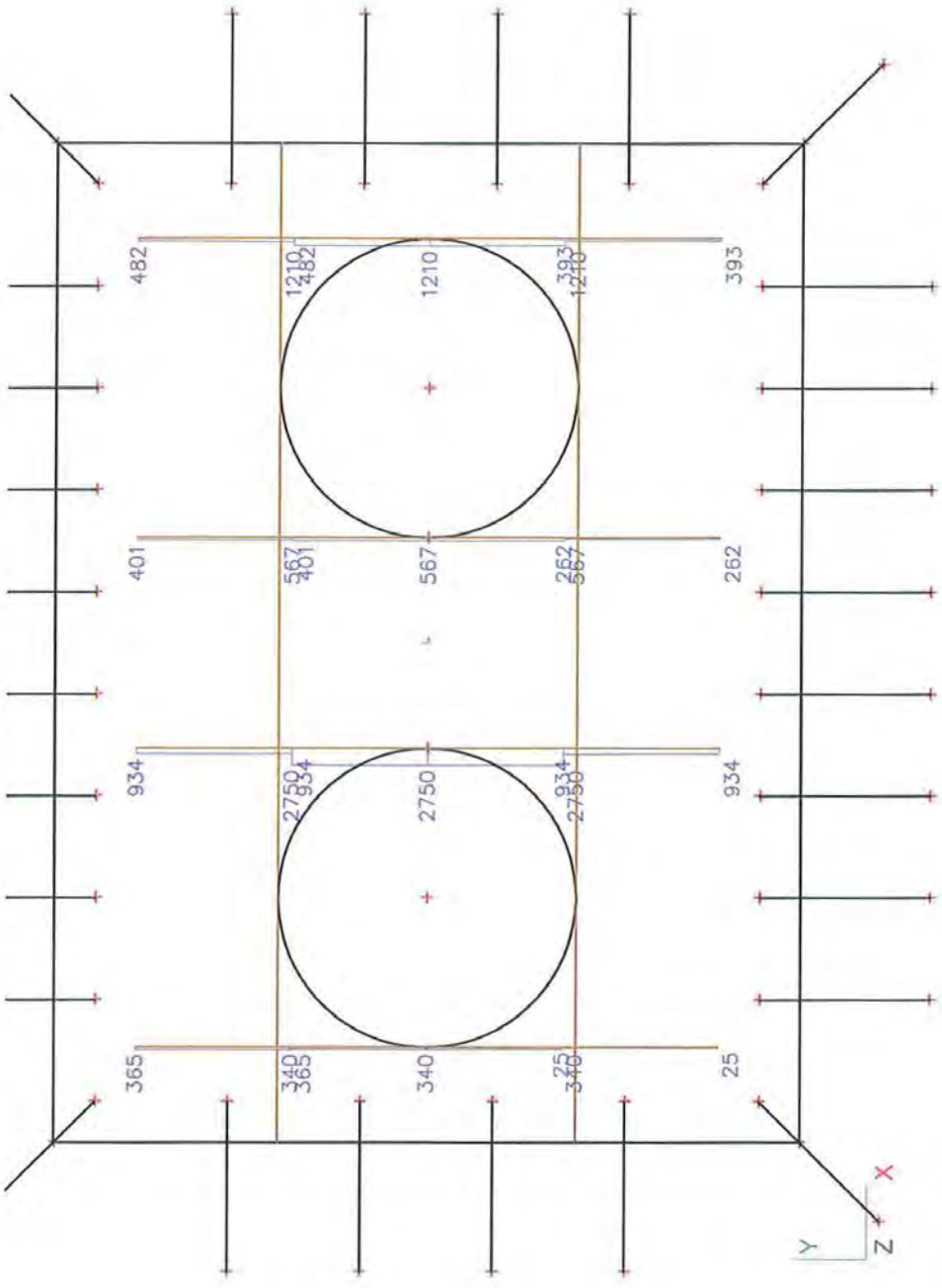
18. Wapeningsmomenten in x-richting

18.1. Onderwapening

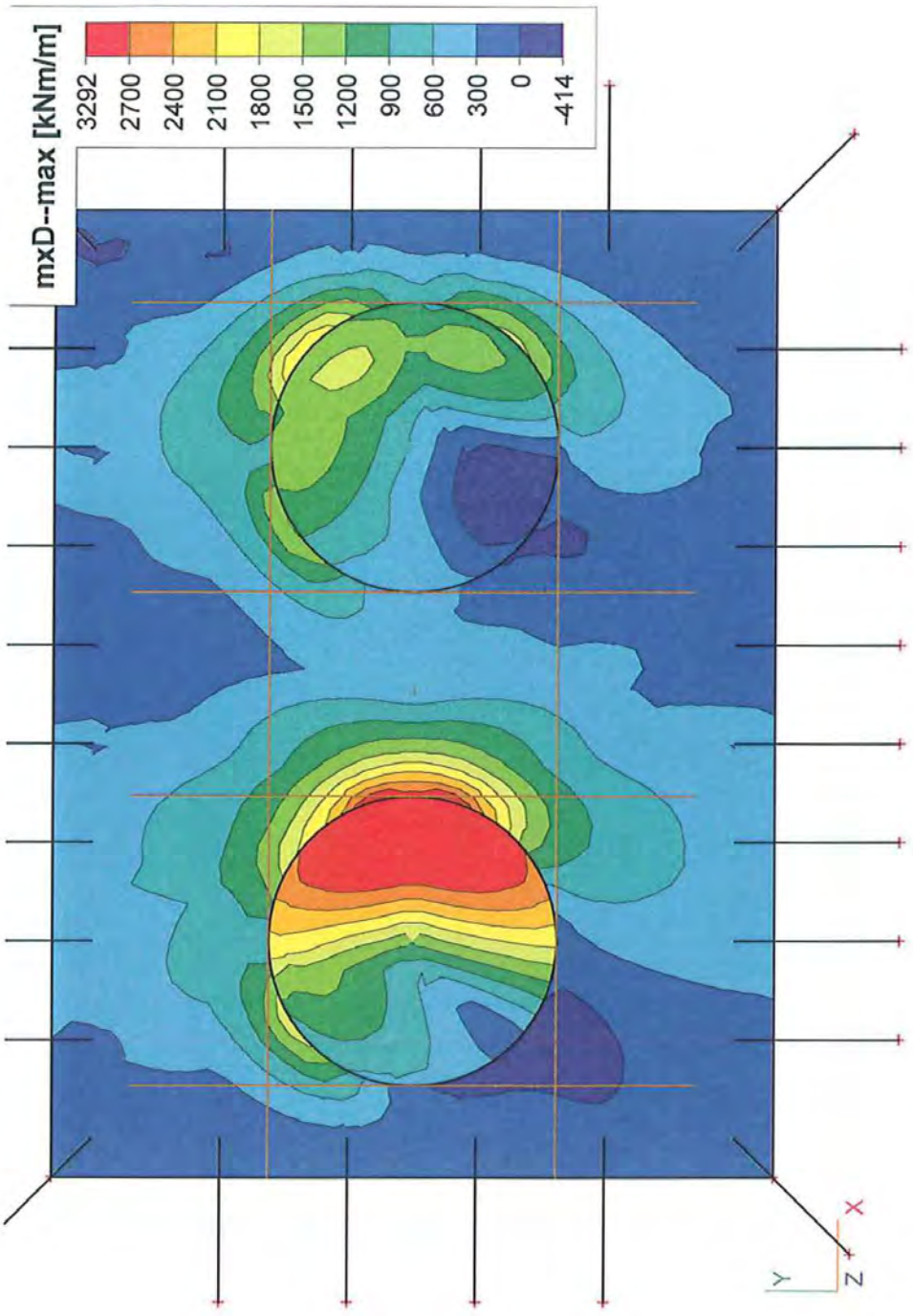
18.1.1. Mxd- UGT



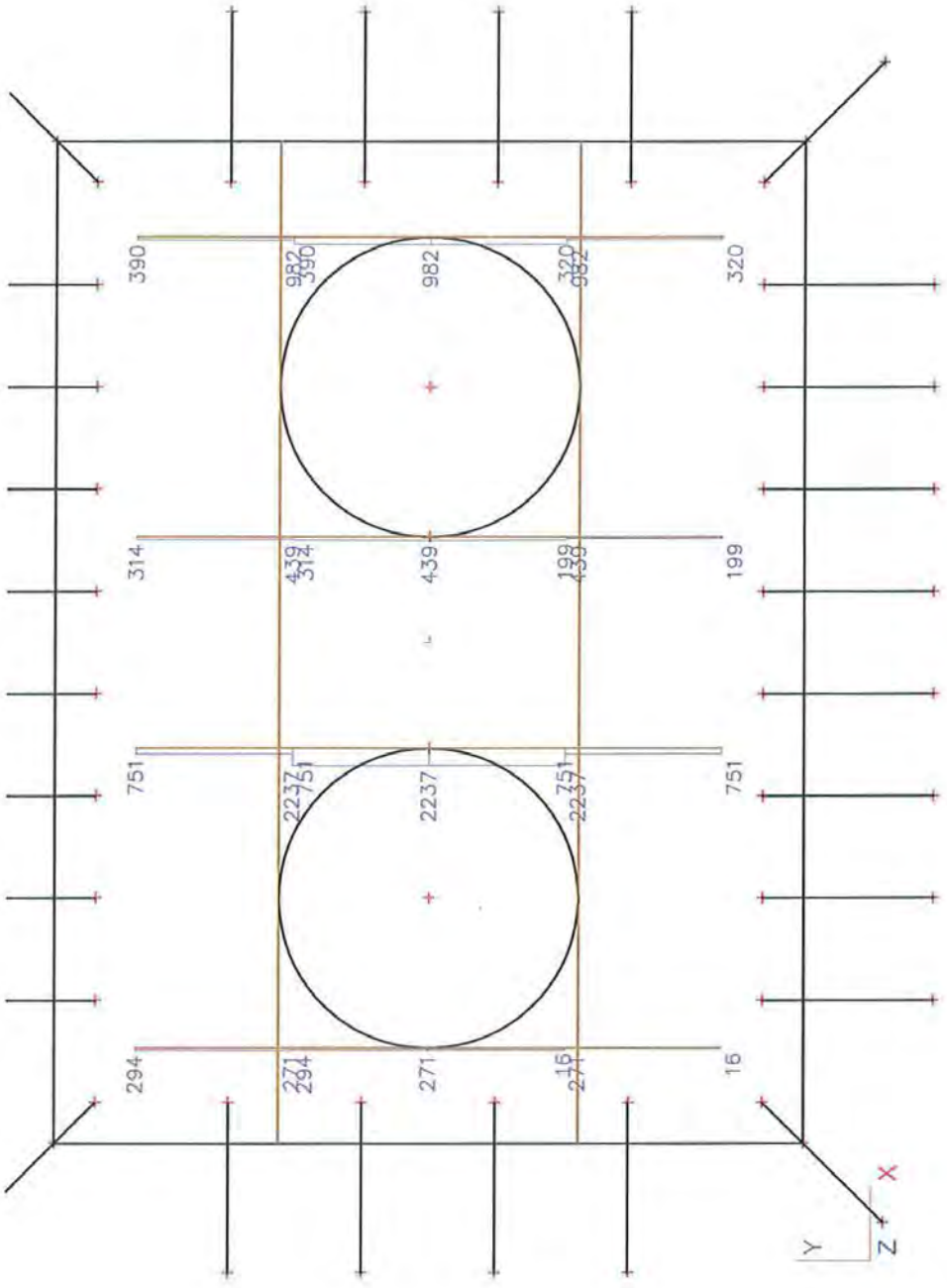
18.1.2. Mxd- UGT


482
1210
1210
393
393
401
567
567
262
262
934
2750
2750
934
934
365
340
340
25
25
X
Y
Z

18.1.3. Mxd- BGT


mxD--max [kNm/m]
3292
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
-414
X
Y
Z

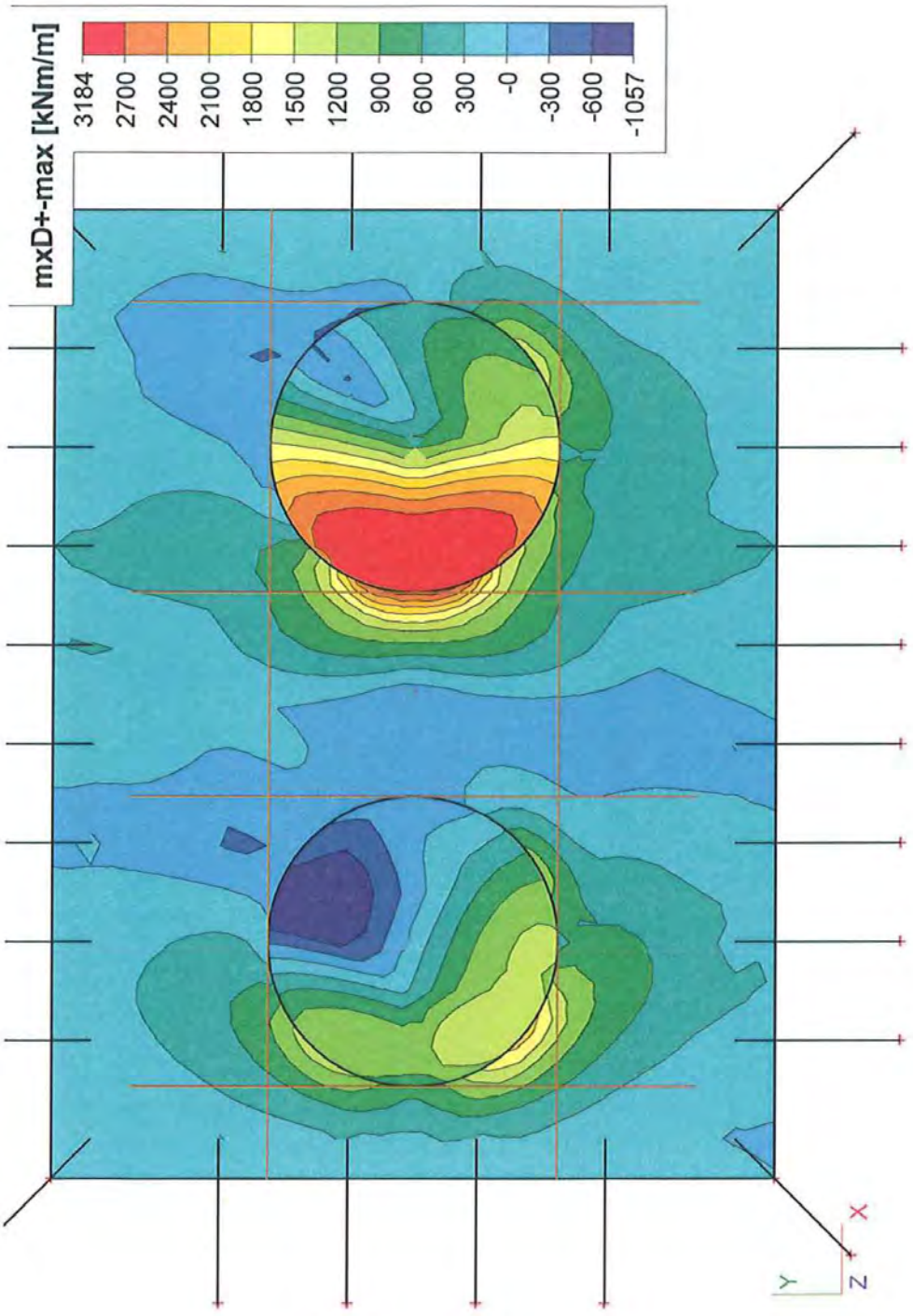
18.1.4. Mxd- BGT



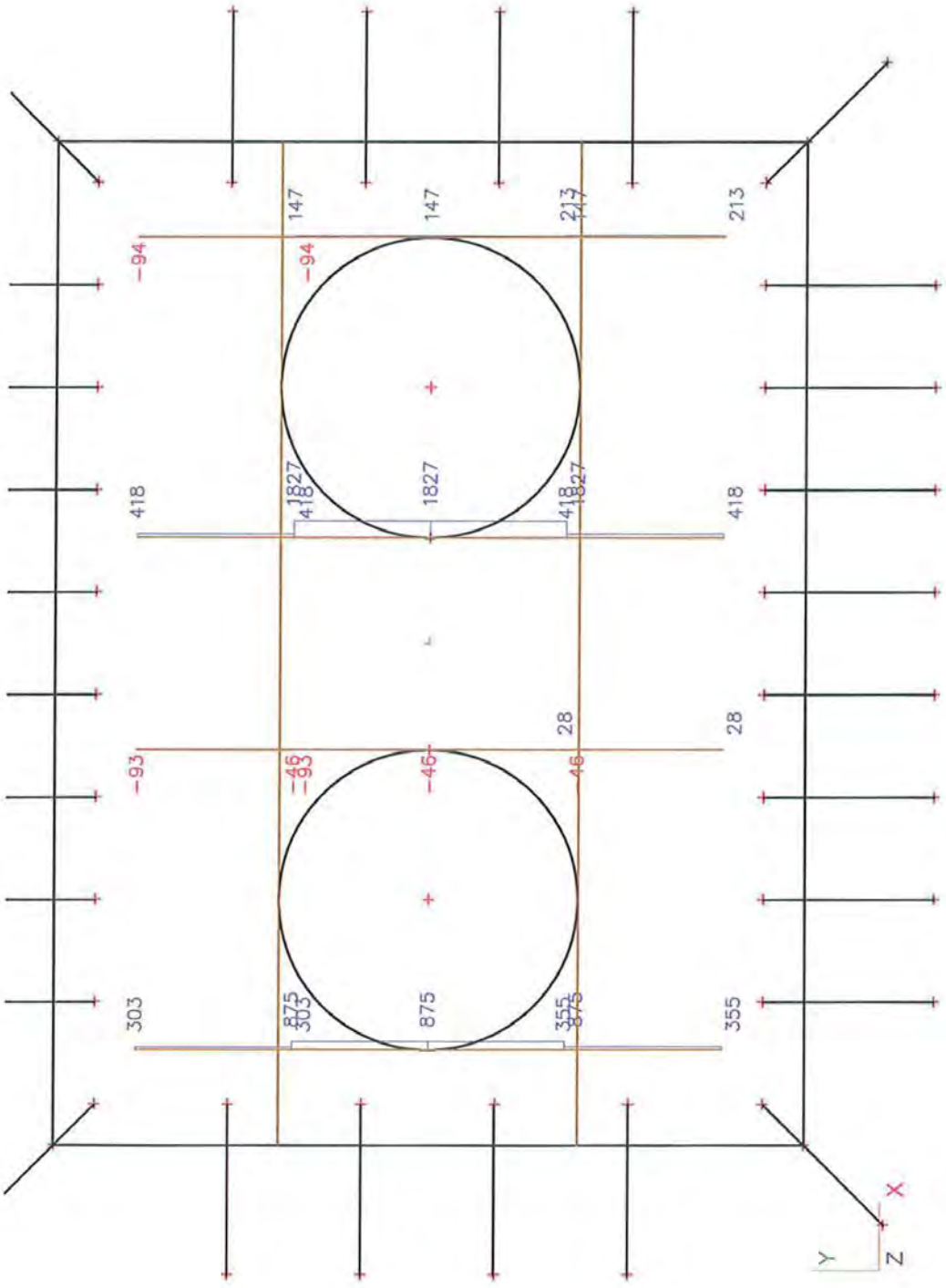
C-14

18.2. Bovenwapening

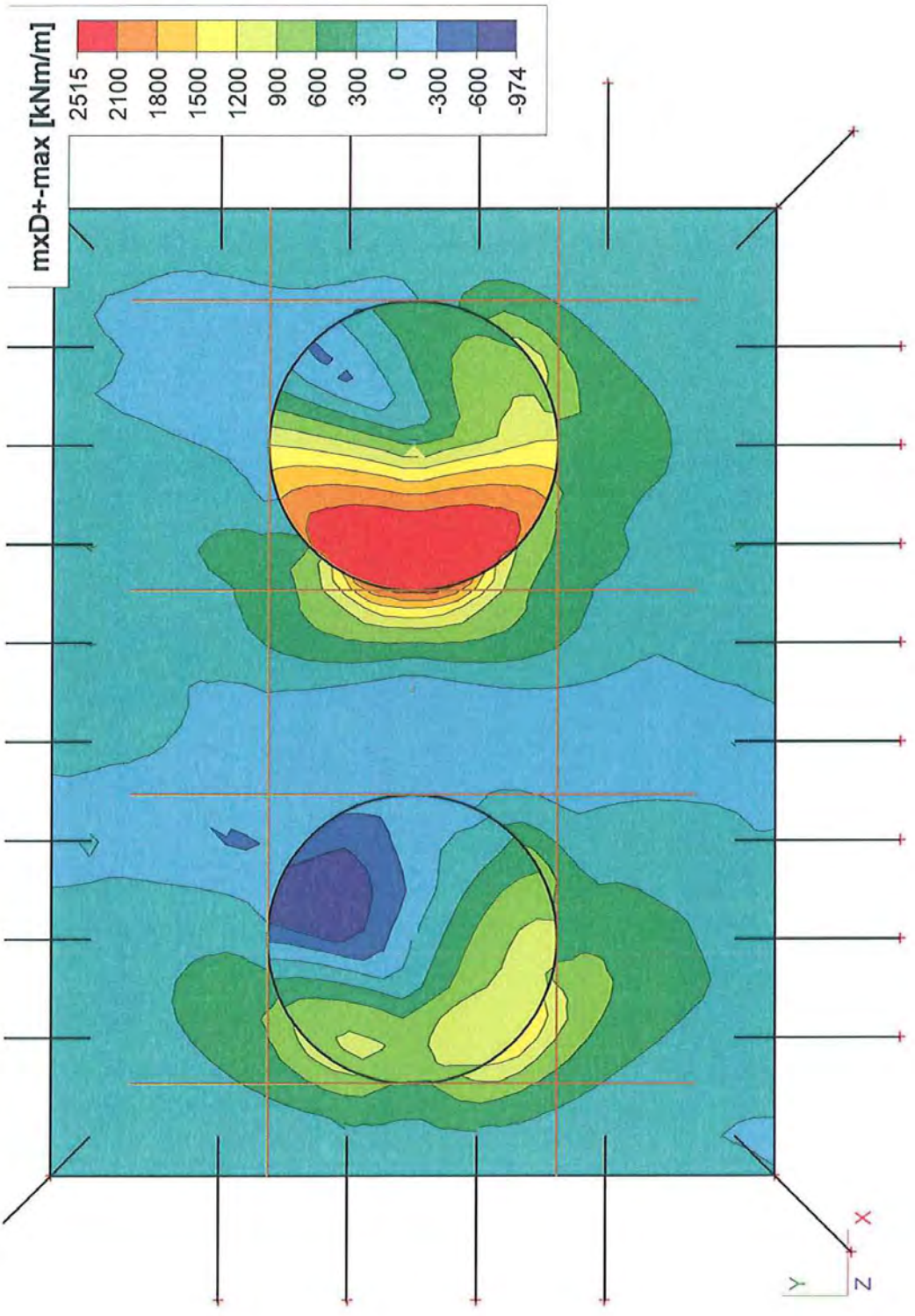
18.2.1. Mxd+ UGT



18.2.2. Mxd+ UGT

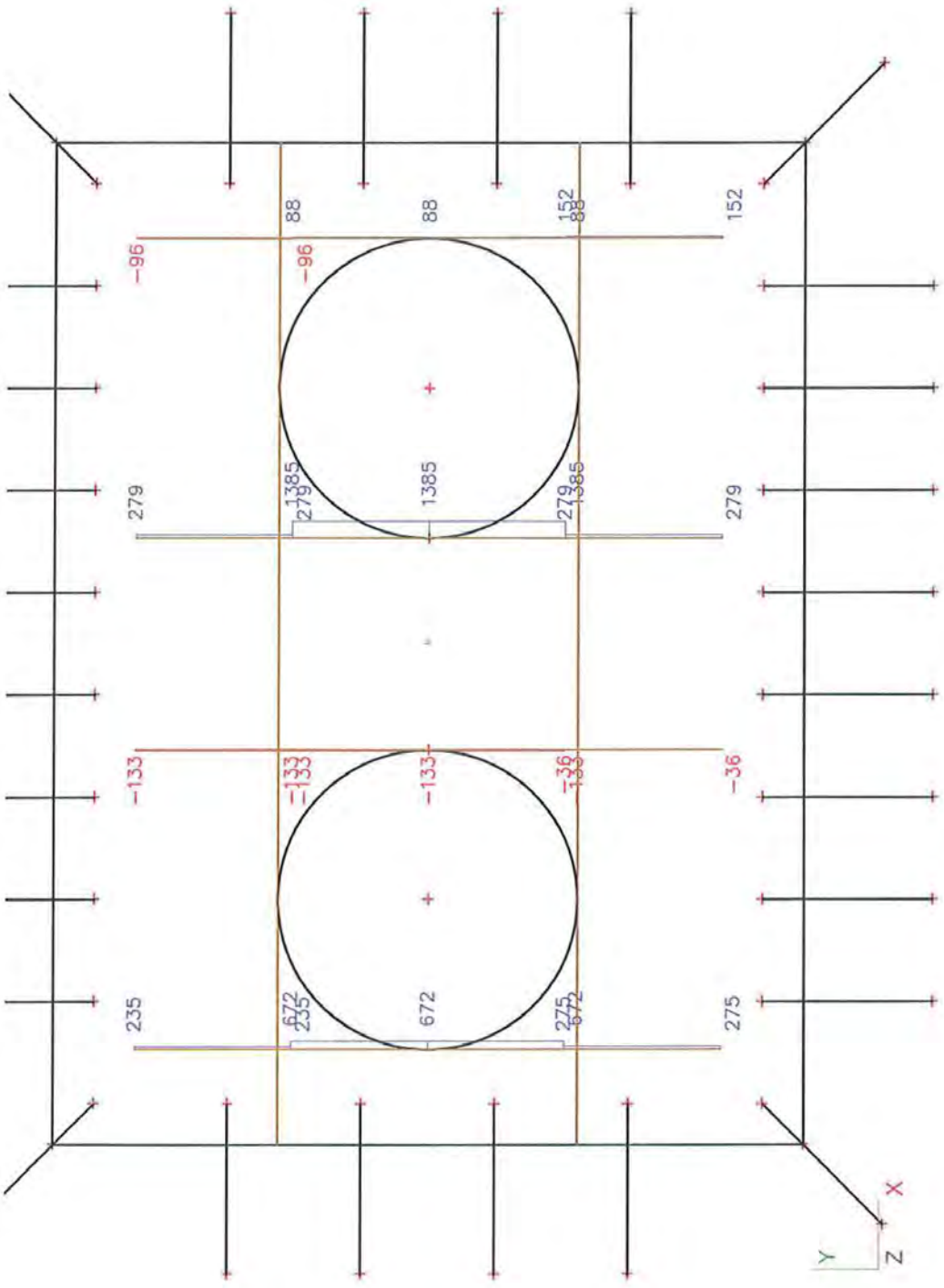

147
147
213
213
-94
-94
418
1827
1827
418
28
28
-93
-46
-46
303
875
875
355
355
X
Y
Z

18.2.3. Mxd+ BGT



S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

18.2.4. Mxd+ BGT

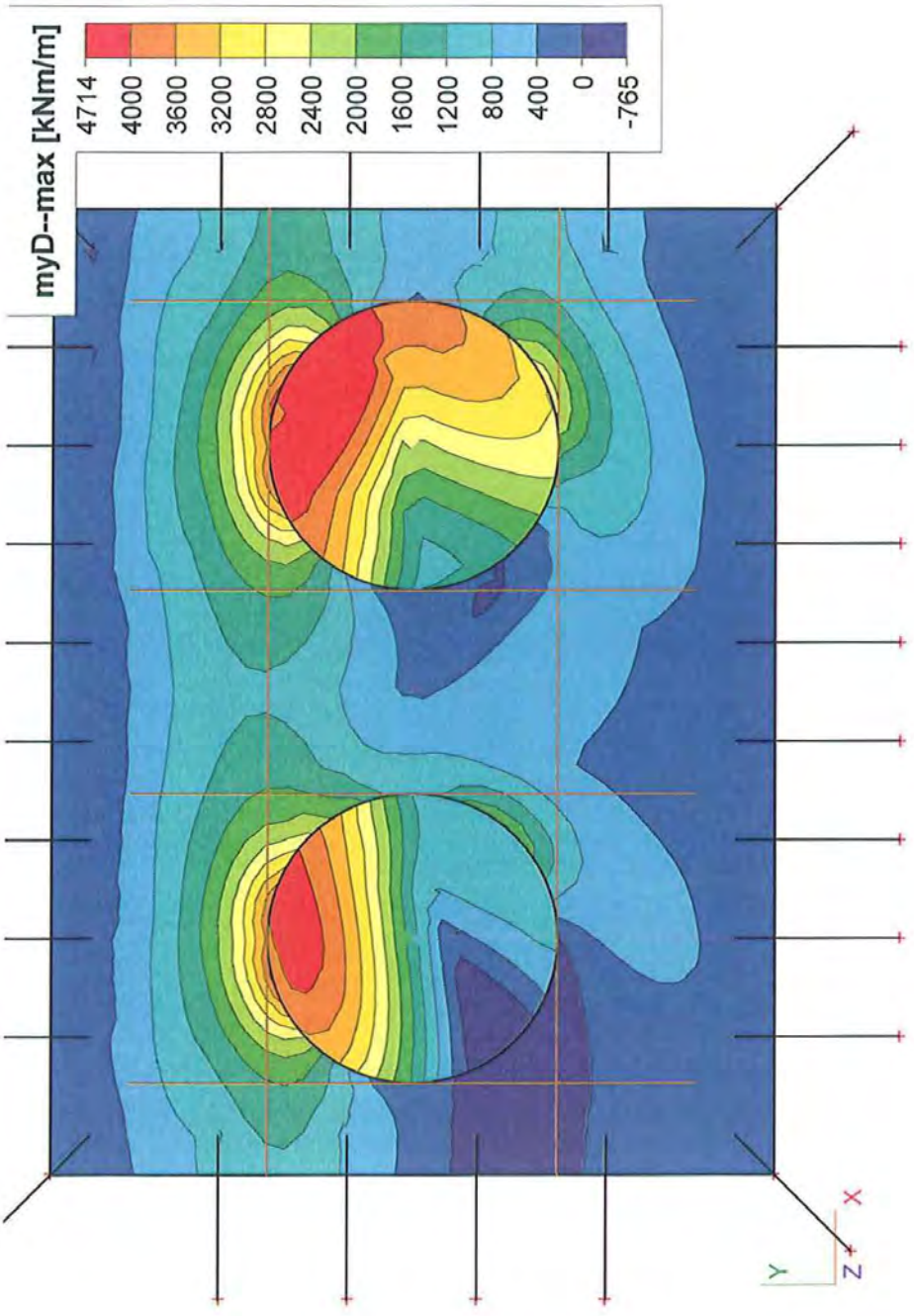


C-18

19. Wapeningsmomenten in y-richting

19.1. Onderwapening

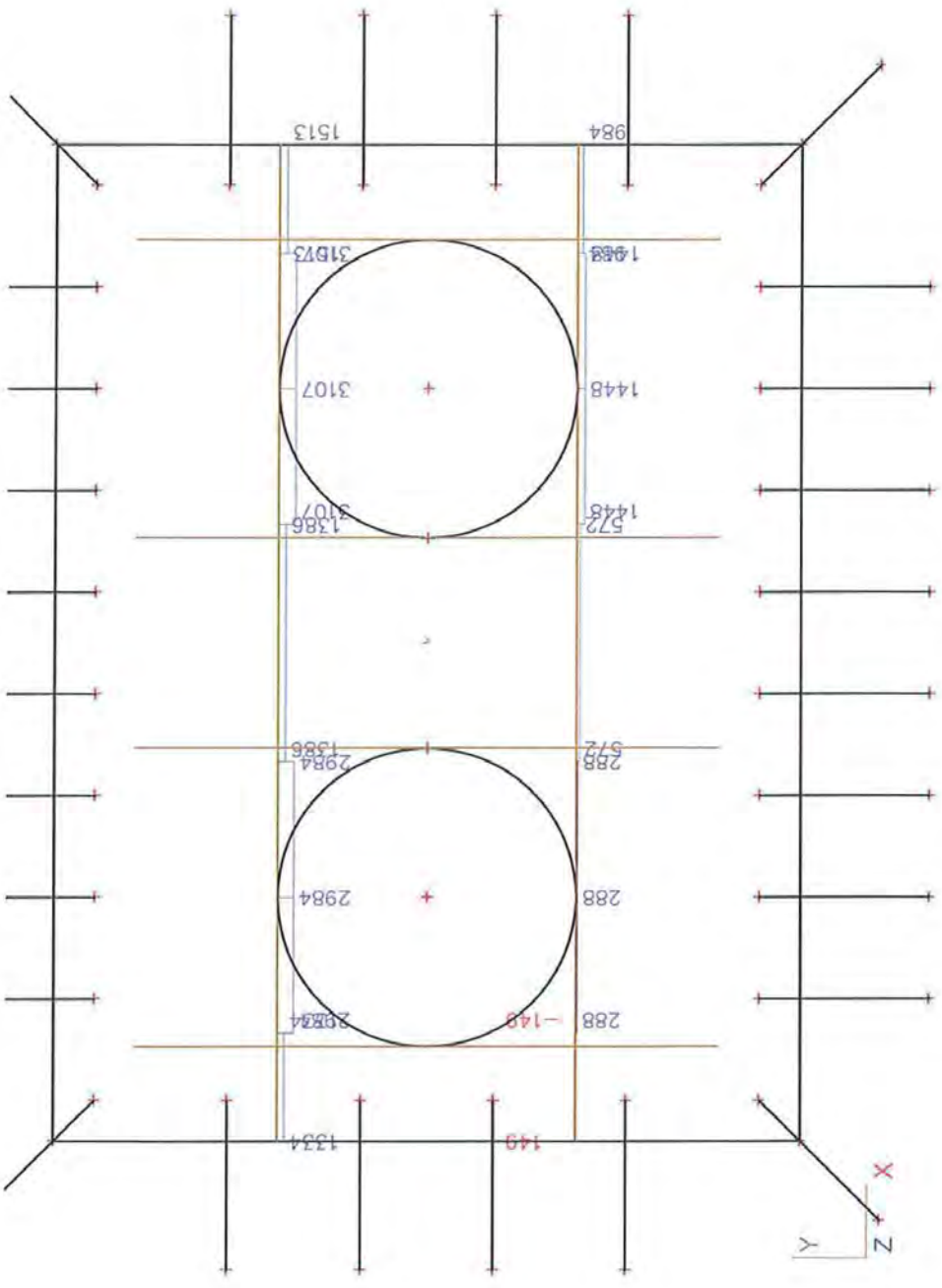
19.1.1. Myd- UGT



S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-19

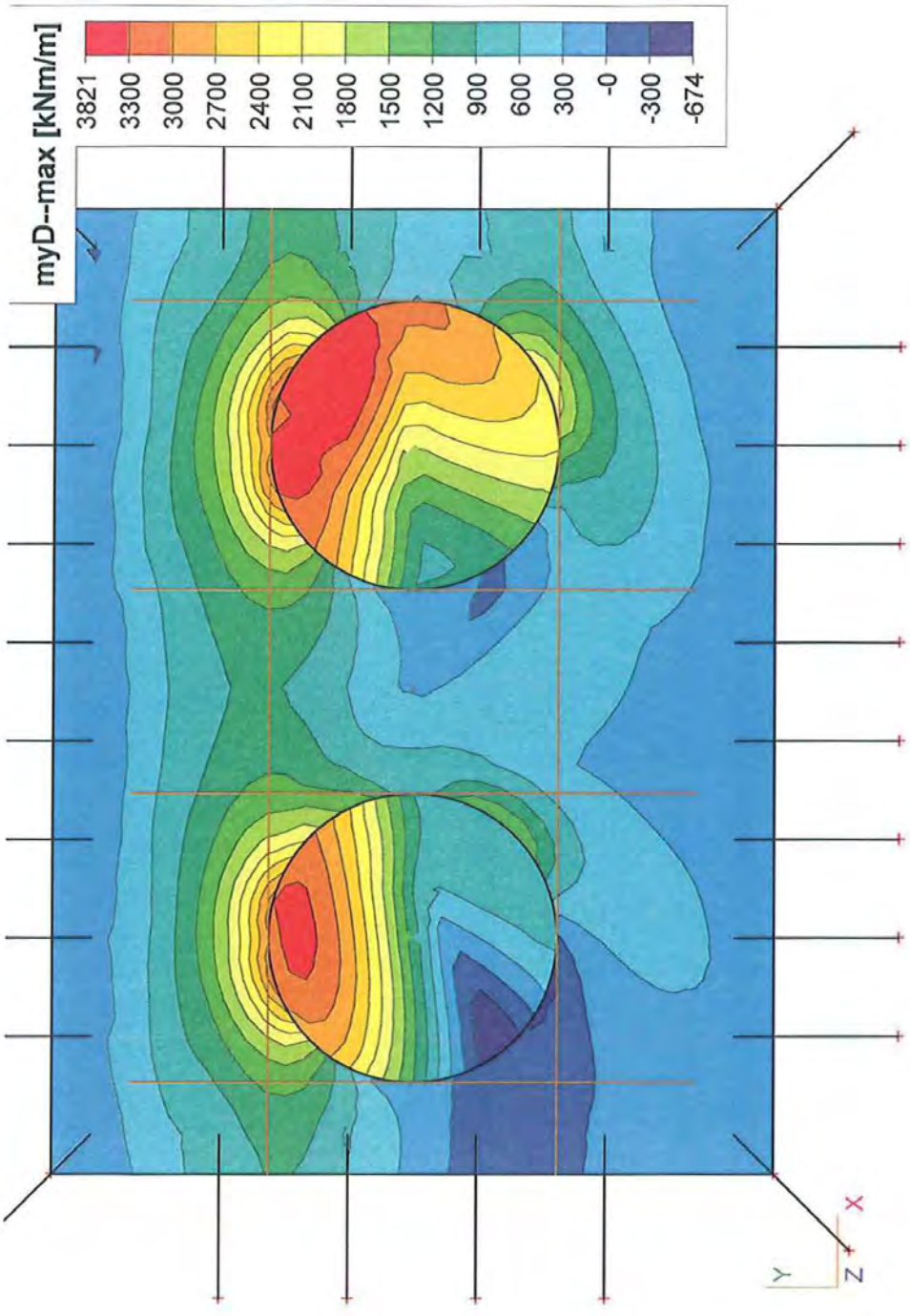
19.1.2. Myd- UGT



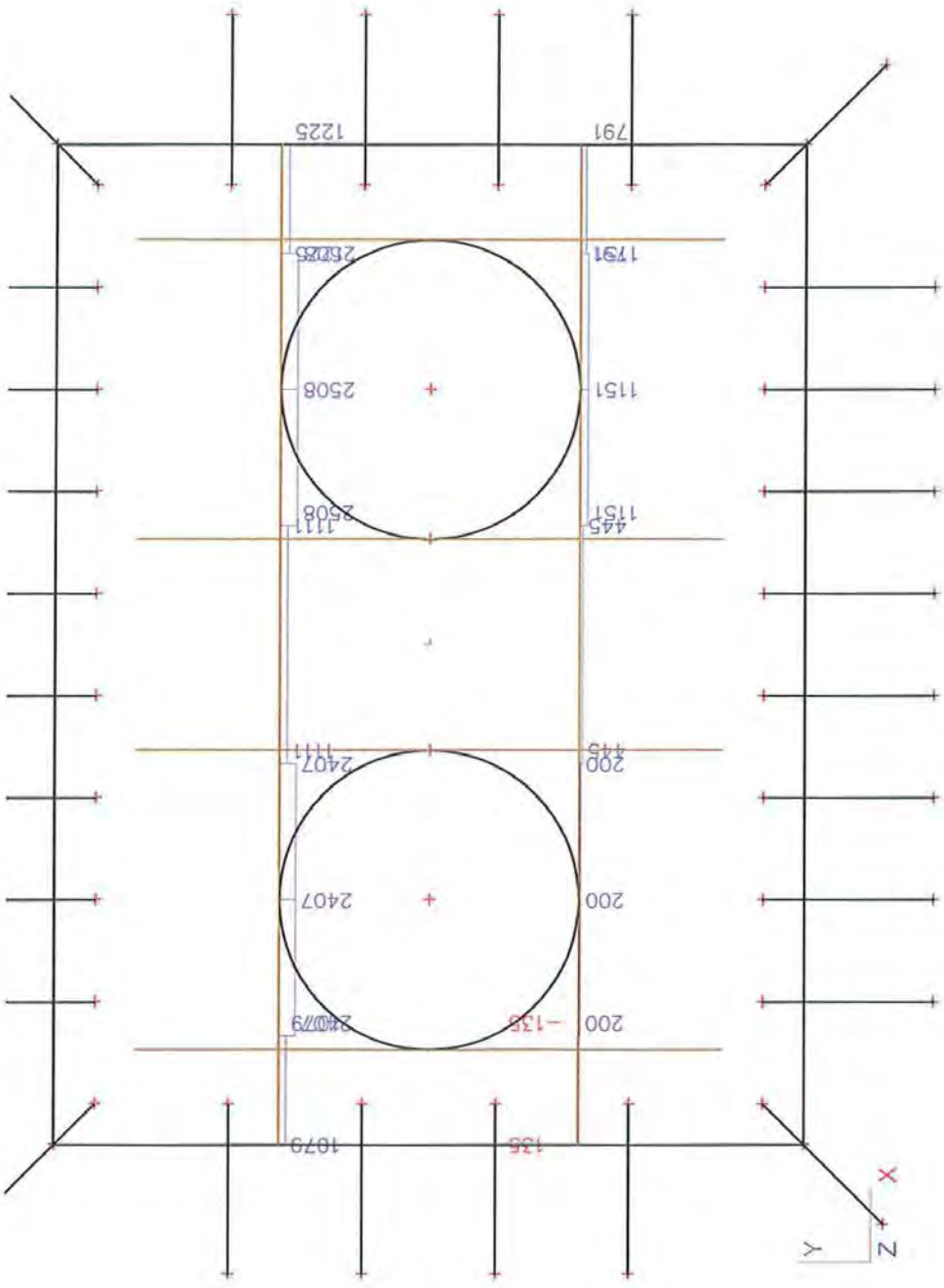
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-20

19.1.3. Myd- BGT


myD--max [kNm/m]
3821
3300
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
-0
-300
-674
X
Y
Z

19.1.4. Myd- BGT

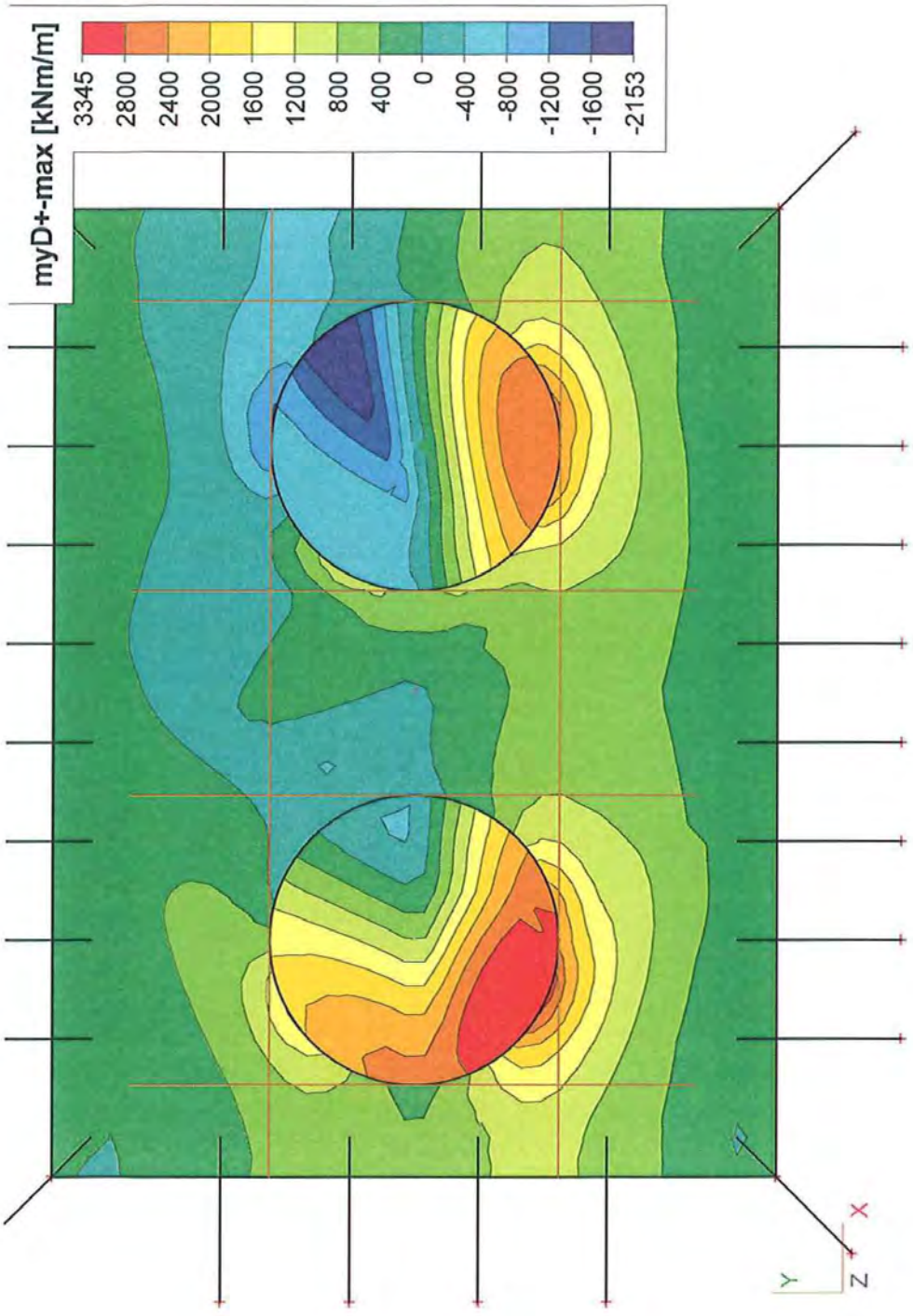


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-22

19.2. Bovenwapening

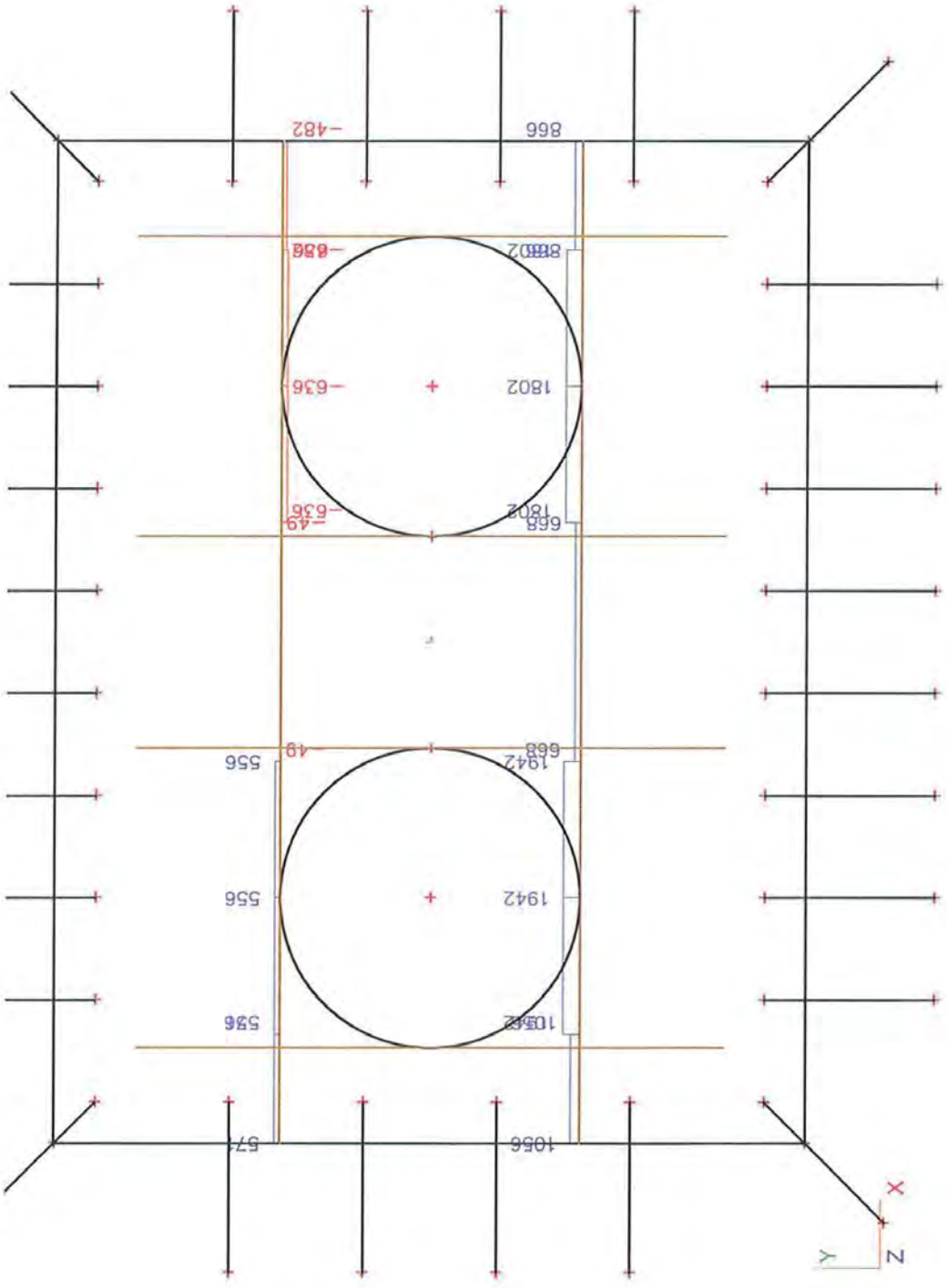
19.2.1. Myd+ UGT



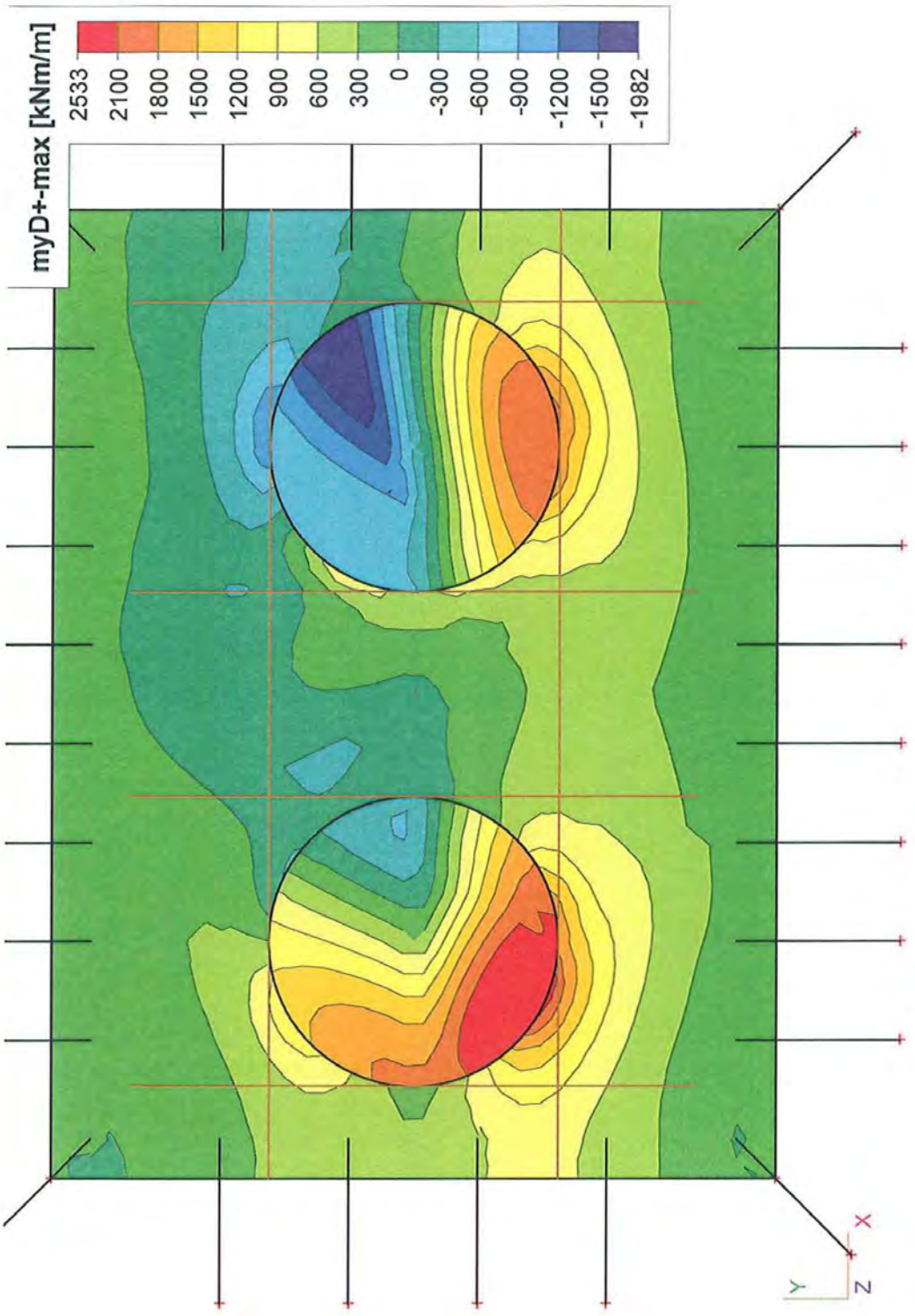
S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

C-23

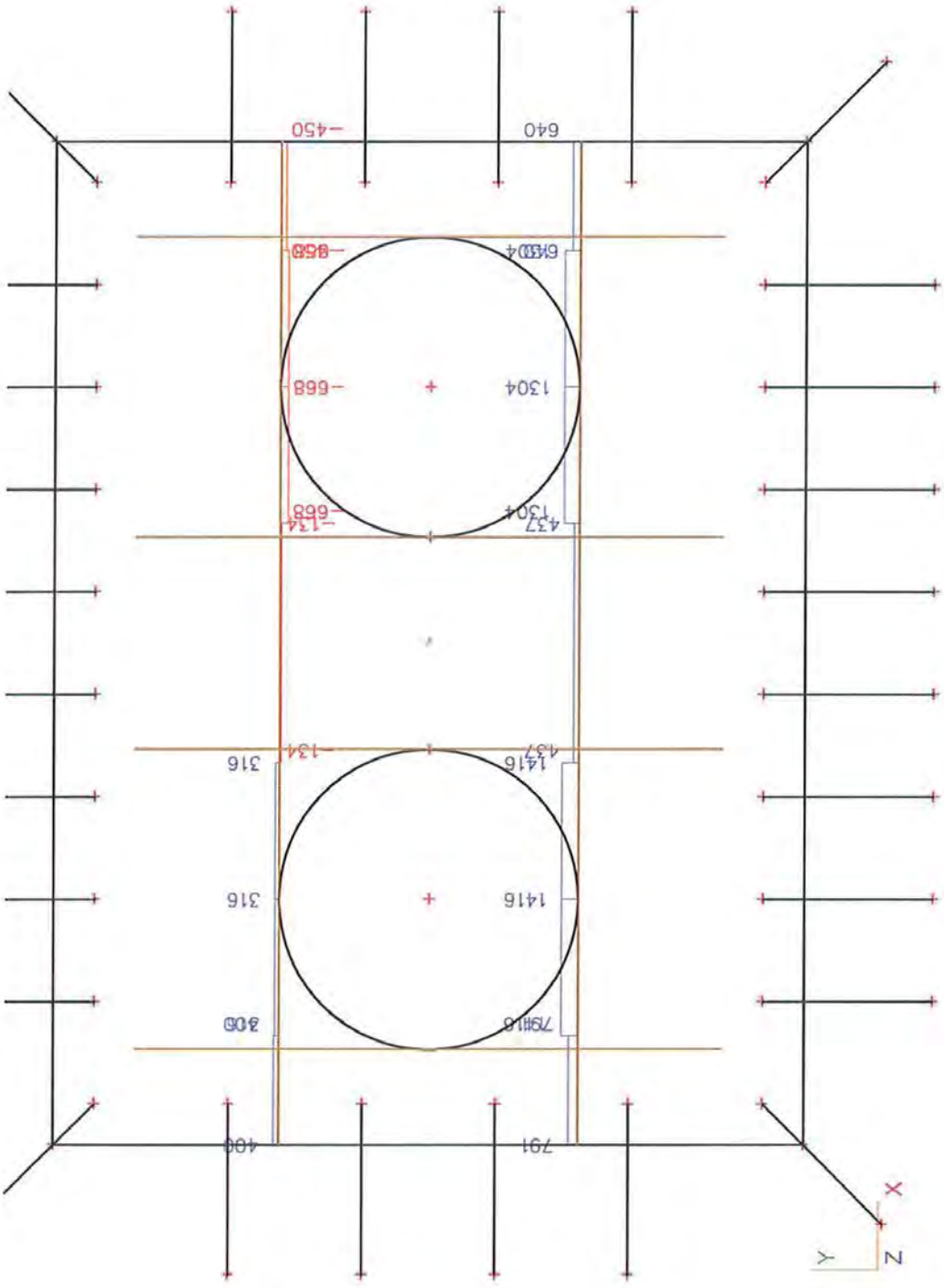
19.2.2. Myd+ UGT



19.2.3. Myd+ BGT


myD+-max [kNm/m]
2533
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
-300
-600
-900
-1200
-1500
-1982
X
Y
Z

19.2.4. Myd+ BGT

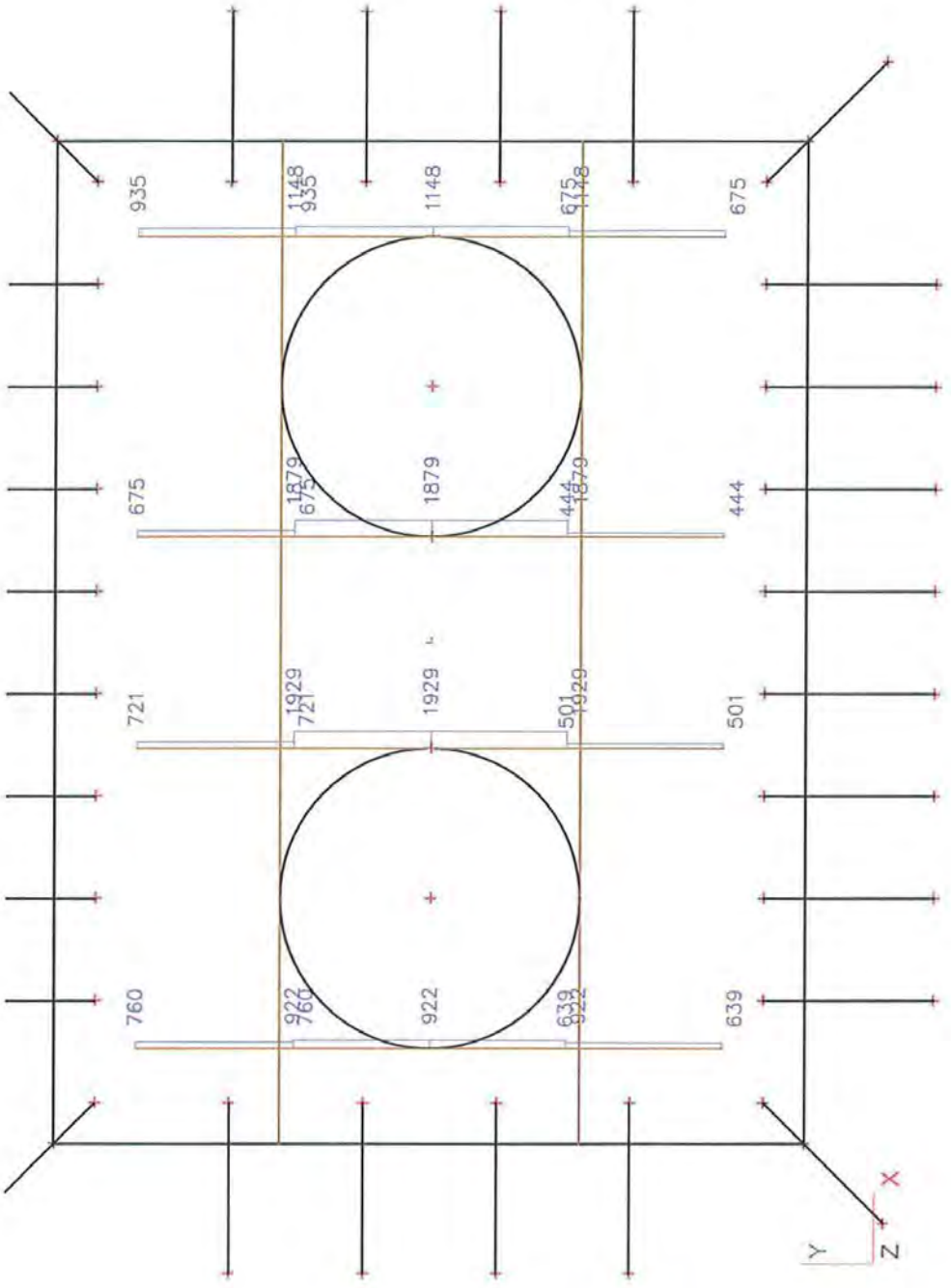


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

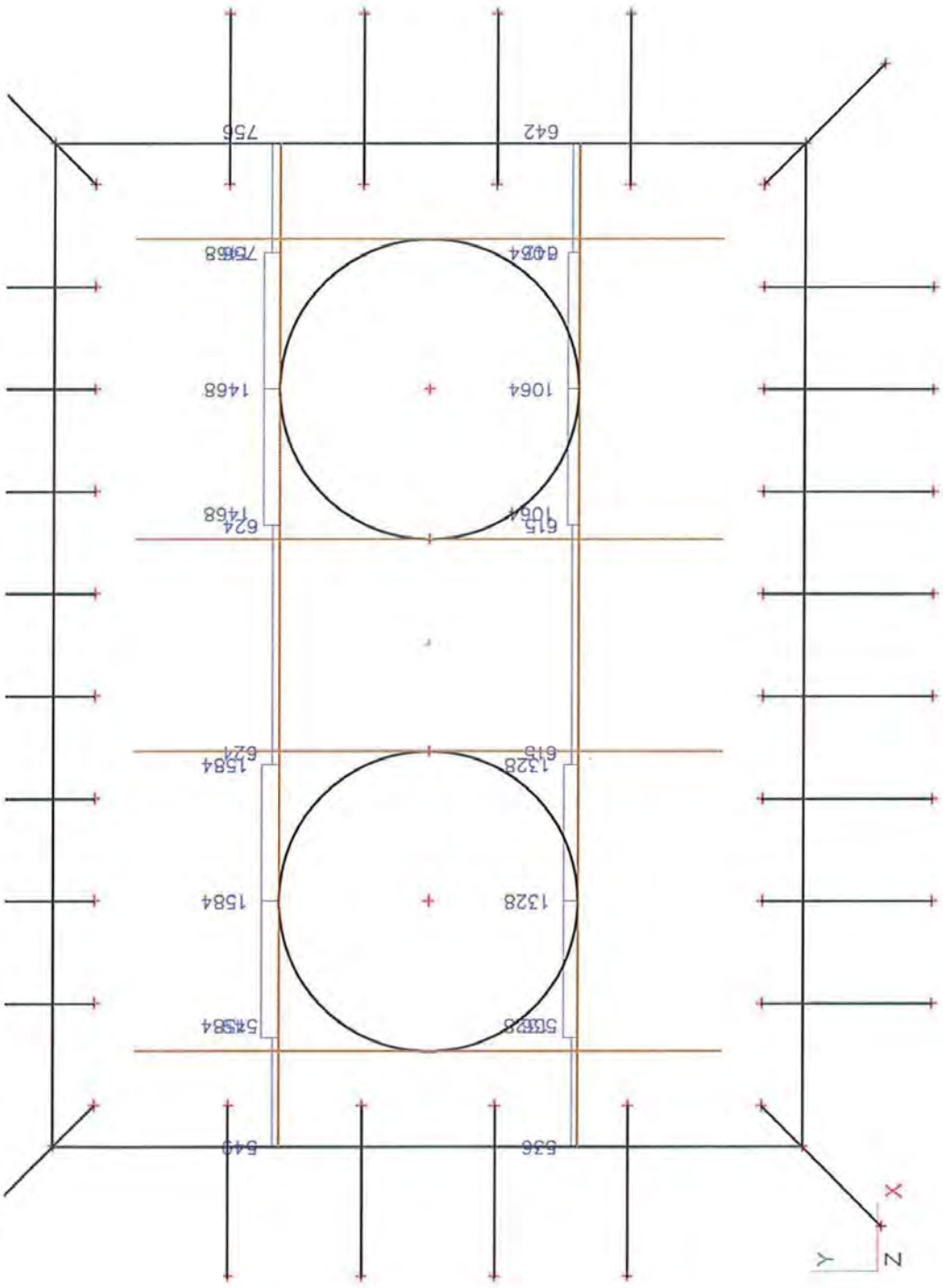
C-26

20. Dwarskracht

20.1. q-maxb



20.2. q-maxb

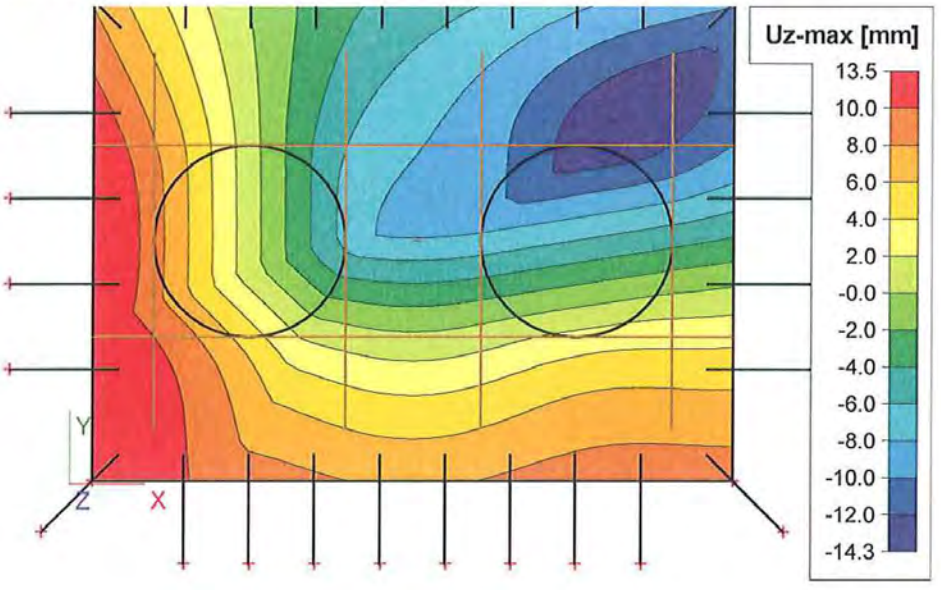


S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Poertype R NIET lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

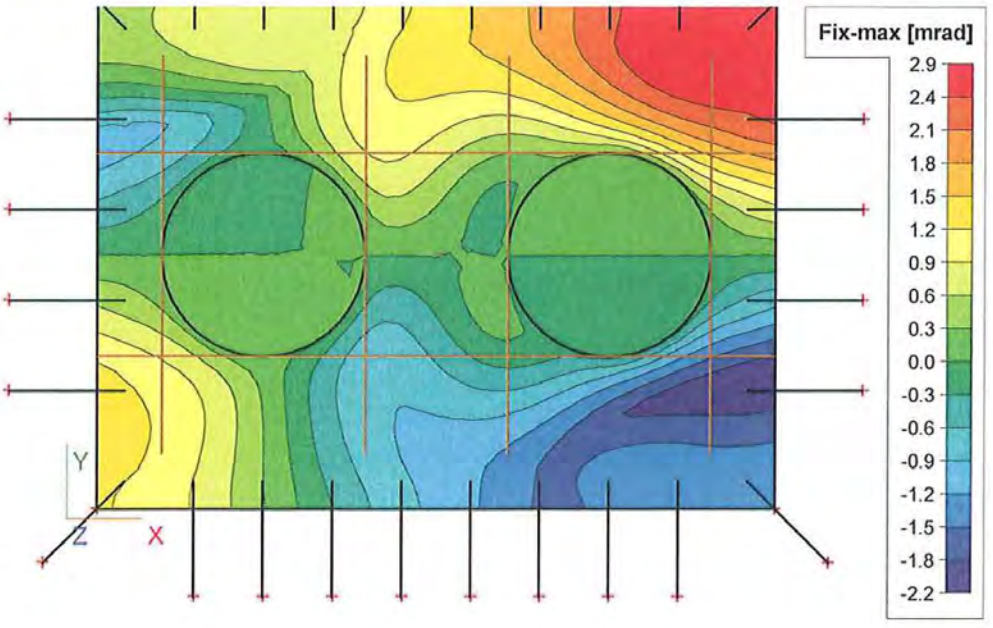
C-28

21. Rotatie en verplaatsing

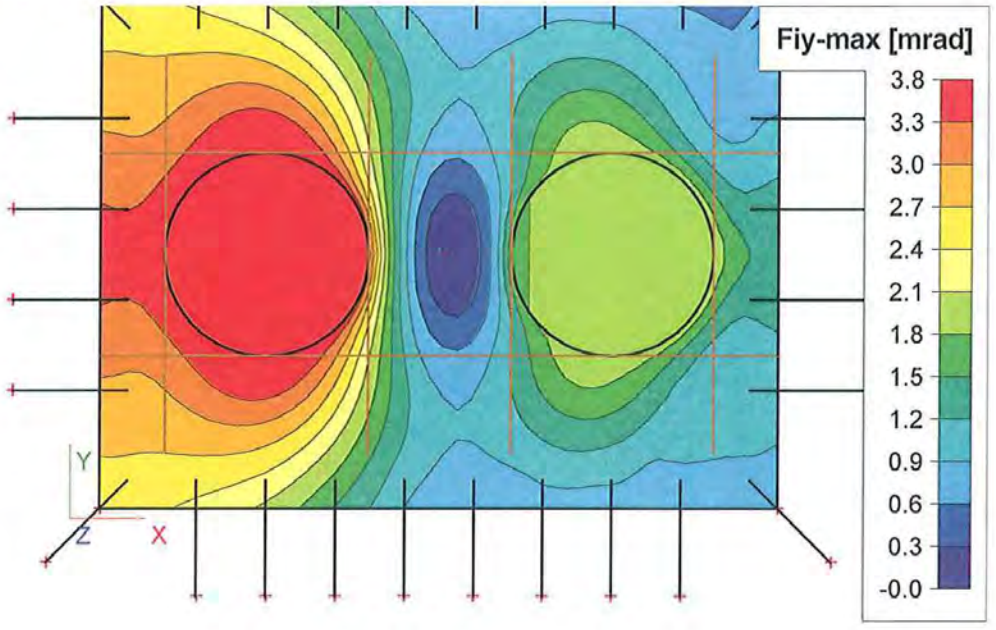
21.1. Uz BGT



21.2. Phi x BGT



21.3. Phi Y BGT



22. Paalkrachten

22.1. Interne krachten in staaf

Niet-lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : Alle UGT

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S28	BC7: Druk1	0,000	**-1513**	-6	33	0	-40	15
S20	BC12: Trek3	0,000	**781**	-14	-18	0	15	17
S15	BC7: Druk1	0,000	-828	**-38**	23	0	-59	**54**
S7	BC7: Druk1	0,000	-828	**38**	23	0	-59	**-54**
S26	BC12: Trek3	0,000	771	1	**-28**	0	**37**	8
S24	BC9: Druk3	0,000	-1199	-1	**47**	0	**-88**	-9
S25	BC10: Trek1	1500,001	490	1	-13	**0**	2	-19
S26	BC10: Trek1	1500,001	490	-1	-13	**0**	2	19

22.2. Interne krachten in staaf

Niet-lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : Alle BGT

Staaf	BG	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S28	BC1: Druk1	0,000	**-1217**	-5	27	0	-32	12
S26	BC6: Trek3	0,000	**555**	0	**-20**	0	**23**	7
S15	BC1: Druk1	0,000	-659	**-31**	18	0	-47	**43**
S7	BC1: Druk1	0,000	-659	**31**	18	0	-47	**-43**
S24	BC3: Druk3	0,000	-969	-1	**38**	0	**-71**	-7
S25	BC4: Trek1	1500,001	331	0	-9	**0**	-2	-15
S26	BC4: Trek1	1800,000	331	0	-9	**0**	-4	15

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

1. Project

Typenaam	Licentienaam	Nationale norm	Versie	Constructie	Niveau	Aantal knopen	Aantal staven	Aantal platen	Aantal vaste lichamen	Aantal gebruikte doorsneden	Aantal belastingsgevallen	Aantal gebruikte materialen	Projectbestandsnaam	
Projectgegevens	Heijmans	EC - EN	Scia Engineer 10.1.556	Algemeen XYZ	Geavanceerd	64	28	1	0	1	8	3	Controle invoer van Poertype R lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa	S:\HI\BREIJN\SI\ na 1 mei (C&G plaatmodel poer

2. Materialen

Naam	Type	Massa eenheid [kg/mm³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00
C45/55	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	45,00
C30/37 Geen EG	Beton	0,00	1,0000e+04	0,2	4,1667e+03	0,00	30,00

3. Niet-lineaire functies

Naam	Type	u / F [m,MN]	u / F [m,MN]	Negatief einde
NLF1	Translatie	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	-1,0000e+00/-5,2800e+02 1,0000e+00/1,3200e+02	Vrij

4. Lastgroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Exclusief	Cat A: Woning

5. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Richting	Duur	'Master' belastingsgeval
BG1	Eigengewicht Beton	Permanent	LG1	Eigen gewicht		-Z		
BG2	GWS laag	Permanent	LG1	Standaard				
BG3	GWS hoog	Permanent	LG1	Standaard				
BG4	Grondwater	Permanent	LG1	Standaard				
BG5	BGT eigengewicht mast	Permanent	LG1	Standaard				
BG6	BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG7	BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen
BG8	BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Variabel	LG2	Statisch	Standaard		Kort	Geen

6. Niet-lineaire combinaties

7. Resultaatklasses

Naam
Alle UGT
Alle BGT

8. Solver- en netinstellingen

Negeer dwarskrachtvervormingen (Ay, Az >> A)	✓
Verdeling op consoles en variabele staven	5

(-32

Pas de knoopverfijning toe	Geen staven
Buigtheorie van plaat/schaal berekening	Kirchhoff
Type solver	Direct
Aantal diktes van plaatrib	20
Aantal sneden op gemiddelde staaf	10
Maximaal toelaatbare verplaatsing [mm]	1000,0
Maximaal toelaatbare rotatie [mrad]	100,0
Maximum aantal iteraties	50
Minimum afstand tussen twee punten [m]	0,001
Gemiddelde grootte van 2D element/gekromd element [mm]	300,000
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	1
Minimum lengte van staafelement [mm]	100,000
Maximum lengte van staafelement [mm]	100000,000
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding, niet-lineaire grondveer [mm]	1000,000
Generatie van knopen op staven	✓
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	×
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	×
Genereren vooraf gedefinieerd net	✓
Rand van vooraf gedefinieerd net vloeiend maken	✓
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element [mrad]	30,0
Verh. voorgedefinieerd net	1,5
Wapeningscoëfficiënt	1
Zwevende knopen voor voorspanning	×

9. 2D-element

Naam	Materiaal	D. [mm]	Dikte type	Type	Laag
Poer	C30/37	900	konstant	vloer (90)	Laag1

10. Subregio

Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	Opstort 1	Poer	C45/55	konstant		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	K43 K40 As	Cirkel door centrum en straal
Naam, 2D-element, Materiaal, Dikte type	**Opstort 2**	**Poer**	**C45/55**	**konstant**		
2D-element systeemvlak op, Exc. z [mm], D. [mm], Punt 4, Knoop, Rand, Gewicht	Midden	900		2700	K44 K42 As	Cirkel door centrum en straal

11. Knoop

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K1	0,000	0,000	0,000
K34	600,000	600,000	0,000
K40	3600,000	5500,000	0,000
K42	11100,000	5500,000	0,000
K43	5800,000	5500,000	0,000
K44	8900,000	5500,000	0,000
K45	14700,000	0,000	0,000
K46	14700,000	11000,000	0,000
K47	0,000	11000,000	0,000
K48	2100,000	600,000	0,000
K49	3600,000	600,000	0,000
K50	5100,000	600,000	0,000
K51	6600,000	600,000	0,000
K52	8100,000	600,000	0,000
K53	9600,000	600,000	0,000

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K54	11100,000	600,000	0,000
K55	12600,000	600,000	0,000
K56	14100,000	600,000	0,000
K57	600,000	2560,000	0,000
K60	600,000	10400,000	0,000
K61	2100,000	10400,000	0,000
K62	3600,000	10400,000	0,000
K63	5100,000	10400,000	0,000
K64	6600,000	10400,000	0,000
K65	8100,000	10400,000	0,000
K66	9600,000	10400,000	0,000
K67	11100,000	10400,000	0,000
K68	12600,000	10400,000	0,000
K69	14100,000	10400,000	0,000
K70	14100,000	2560,000	0,000
K73	3600,000	-1900,000	-25000,000
K74	5100,000	-1900,000	-25000,000
K75	6600,000	-1900,000	-25000,000
K76	8100,000	-1900,000	-25000,000
K77	9600,000	-1900,000	-25000,000
K78	11100,000	-1900,000	-25000,000
K79	12600,000	-1900,000	-25000,000
K80	2100,000	-1900,000	-25000,000
K81	3600,000	12900,000	-25000,000
K82	5100,000	12900,000	-25000,000
K83	6600,000	12900,000	-25000,000
K84	8100,000	12900,000	-25000,000
K85	9600,000	12900,000	-25000,000
K86	11100,000	12900,000	-25000,000
K87	12600,000	12900,000	-25000,000
K88	2100,000	12900,000	-25000,000
K90	16600,000	2560,000	-25000,000
K92	-1900,000	2560,000	-25000,000
K95	15868,000	-1168,000	-25000,000
K96	15868,000	12168,000	-25000,000
K97	-1168,000	12168,000	-25000,000
K98	-1168,000	-1168,000	-25000,000
K99	600,000	4520,000	0,000
K100	-1900,000	4520,000	-25000,000
K101	14100,000	4520,000	0,000
K102	16600,000	4520,000	-25000,000
K103	600,000	6480,000	0,000
K104	-1900,000	6480,000	-25000,000
K105	16600,000	6480,000	-25000,000
K106	14100,000	6480,000	0,000
K107	600,000	8440,000	0,000
K108	-1900,000	8440,000	-25000,000
K109	16600,000	8440,000	-25000,000
K110	14100,000	8440,000	0,000

12. Knoopondersteuningen

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stiff Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn10 K90	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn14 K96	GCS	Standaard Rx4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

Project	Tennet: Fundatie Wintrackmasten; Noordring noord 380 kV
Onderdeel	Funderingstype R38.5
Omschrijving	Controle reactiekrachten
Nationale norm	EC - EN
Auteur	L.Bouvy

Naam Knoop	Systeem	Type Hoek [deg]	X	Y	Z Stiff Z [MN/m]	Rx	Ry	Rz
Sn15 K95	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry-4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn22 K92	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn25 K97	GCS	Standaard Rx4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn26 K98	GCS	Standaard Rx-4.04,Ry4.04	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn1 K73	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2 K74	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn3 K75	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4 K76	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5 K77	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6 K78	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7 K79	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn27 K87	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn28 K86	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn29 K85	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn30 K84	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn31 K83	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn32 K82	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn33 K81	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn34 K88	GCS	Standaard Rx5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn35 K80	GCS	Standaard Rx-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn36 K100	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn37 K102	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn38 K104	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn39 K105	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn40 K108	GCS	Standaard ,Ry5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij
Sn41 K109	GCS	Standaard ,Ry-5.70	Vrij	Vrij	Niet-lineair 4,6600e+02	Vrij	Vrij	Vrij

(-35

13. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich Verdeling	Belastingstype Type	Oorspronkelijke belasting	Systeem Locatie
GFF1	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF10	GCS Lengte
GFF2	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF12	GCS Lengte
GFF3	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF14	GCS Lengte
GFF4	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF16	GCS Lengte
GFF5	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF9	GCS Lengte
GFF6	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF11	GCS Lengte
GFF7	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting Y	Oppervlak Kracht	FF13	GCS Lengte
GFF8	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	Poer	Z Richting X	Oppervlak Kracht	FF15	GCS Lengte

14. Vrije oppervlakte last

Naam, Belastingsgeval	FF9	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF10	BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF11	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF12	BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-4031		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF13	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF14	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting Y
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	

Naam, Belastingsgeval	FF15	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	
Naam, Belastingsgeval	FF16	BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting	
Systeem, Locatie	GCS	Lengte	
Type, Rich, Verdeling	Kracht	Z	Richting X
q1 [kN/m²]	-2850		
Coeff1 [-], q2 [kN/m²]		0	
Geldigheid, Selecteer	Alle	Auto	

15. Lasten op oppervlak

Naam	SF1	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-26	
Naam	SF2	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF3	
2D-element, Belastingsgeval		BG2 - GWS laag
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	26	
Naam	SF4	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-29	
Naam	SF5	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF6	
2D-element, Belastingsgeval		BG3 - GWS hoog
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	29	
Naam	SF7	
2D-element, Belastingsgeval	Poer	BG4 - Grondwater
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	19	
Naam	SF16	
2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF17	

2D-element, Belastingsgeval		BG6 - BGT Moment + Dwarskracht X-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	52	
Naam	SF18	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	-52	
Naam	SF19	
2D-element, Belastingsgeval		BG7 - BGT Moment + Dwarskracht Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	-52	
Naam	SF20	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF21	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Y
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF22	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF23	
2D-element, Belastingsgeval		BG8 - BGT Moment + Dwarskracht X-Y-richting
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	X
Waarde [kN/m²], Coeff	37	
Naam	SF28	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	
Naam	SF29	
2D-element, Belastingsgeval		BG5 - BGT eigengewicht mast
Systeem, UCS, Loc	GCS	
Type, Rich	Kracht	Z
Waarde [kN/m²], Coeff	-50	

16. Berekeningsverslag

Calc protokol

Verslag berekening.

Lineaire berekening

Aantal 2D elementen	1943
Aantal 1D elementen	784
Aantal netknopen	2724
Aantal vergelijkingen	16344
Belastinggevallen	BG1

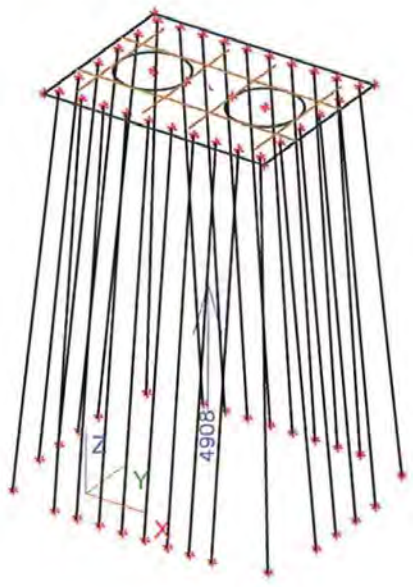
Calc protokol	
Aantal 2D elementen	1943
Aantal 1D elementen	784
Aantal netknopen	2724
Aantal vergelijkingen	16344
	BG2
	BG3
	BG4
	BG6
	BG7
	BG8
	BG5
Buigtheorie	Kirchhoff
Start berekening	16.08.2012 12:52
Einde berekening	16.08.2012 12:52

Som van lasten en reacties.

	[kN]	X	Y	Z
BG BG1	last	0.0	0.0	-4907.8
	knoopreacties	-0.0	-0.0	4907.8
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG2	last	0.0	0.0	-3350.1
	knoopreacties	-0.0	-0.0	3350.1
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG3	last	0.0	0.0	-3744.2
	knoopreacties	-0.0	-0.0	3744.2
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG4	last	0.0	0.0	3072.3
	knoopreacties	0.0	0.0	-3072.3
	lijnreactions	-0.0	-0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG6	last	1573.8	0.0	-0.1
	knoopreacties	-756.3	0.0	0.1
	lijnreactions	-817.5	-0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG7	last	0.0	-1573.8	0.0
	knoopreacties	-0.0	-1079.2	-0.0
	lijnreactions	0.0	2653.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG8	last	1112.9	1112.9	-0.1
	knoopreacties	-534.8	-824.5	0.1
	lijnreactions	-578.1	-288.4	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG5	last	0.0	0.0	-1510.1
	knoopreacties	-0.0	-0.0	1510.1
	lijnreactions	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

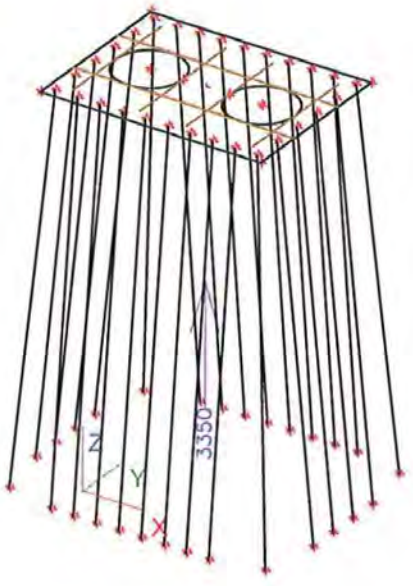
17. Controle invoer

18. BG1 (eigengewicht)



$F_v = [11.14,7 \cdot 0,9 + \frac{2}{4}\pi 4,4^2 \cdot 1,7] \cdot 25 = 4930\ kN$ ✓

19. BG2: GWS laag

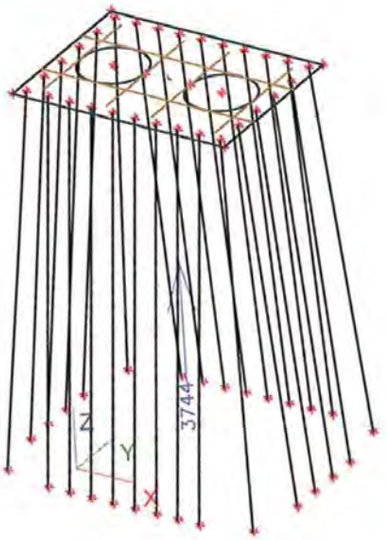


$F_v = 3348\ kN$ → zie paragraaf 3.2.2

✓

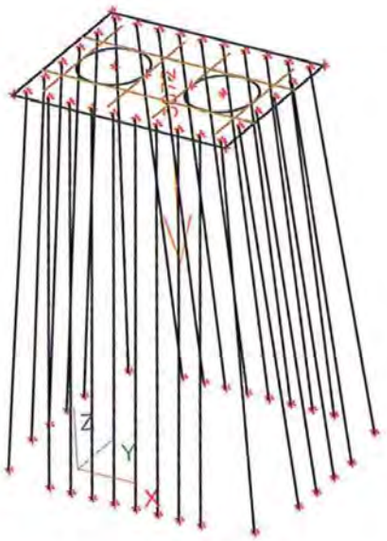
20. BG3: GWS hoog

$F_v = 3742$ kN → zie paragraaf 3.2.2

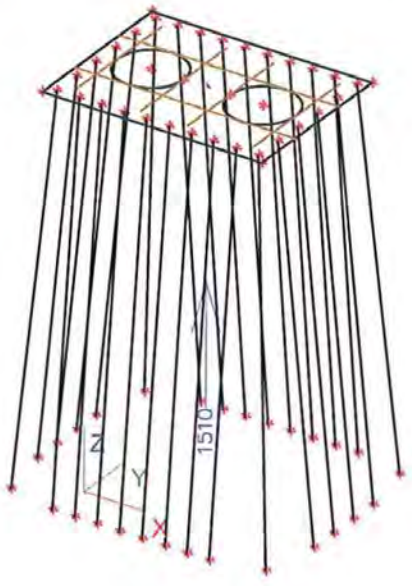


21. BG4: Grondwater

$F_v = -3072$ kN → zie paragraaf 3.2.3

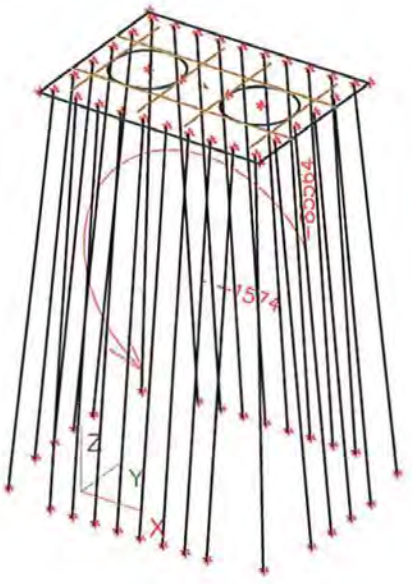


22. BG5: EG mast



$F_V = 2 \cdot 757 = 1514$ kN h

23. BG6: Mast X-richting

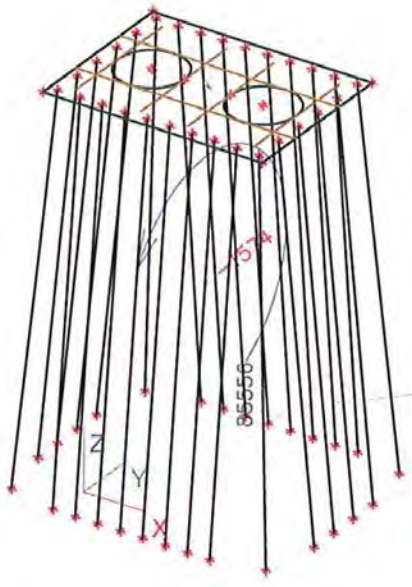


$F_H = 2 \cdot 789 = 1578$ kN h

$M = 2 \cdot 3370 g + 1578 \cdot 12{,}5 = 87143$ kNm h

$l_{pool}/2$

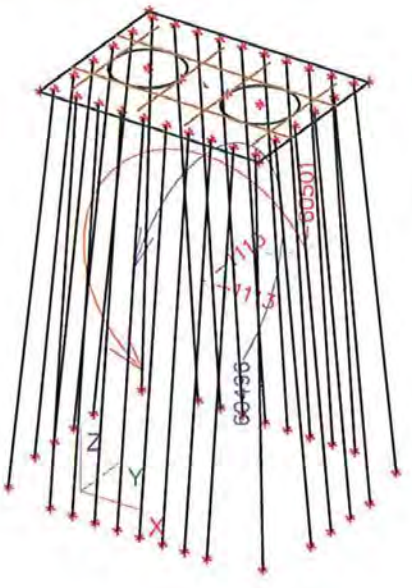
24. BG7: Mast Y-richting



$F_H = 2.789 = 1578\ kN$

$M = 2.33709 + 1578.17,5 = 87145\ kNm$

25. BG8: Mast X-Y-richting



$F_H = \sqrt{2.1113^2} = 1574\ kN$

$F_H = 2.789 = 1578\ kN$

$M = \sqrt{2.60496^2} = 85554\ kNm$

S:\HI\BREIJN\SIVUG\Projecten\GWLE\2410010\Funderingen\Nieuw na 1 mei (C&G)\Voorbeeldberekening\Bijlage C (Scia plaatmodel poer)\
Controle invoer van Poertype R lineair gerekend, PP hoog V2,Emod 10000, schoor 10.esa

Bijlage D: Berekening wapening plaat

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R38.5N poer
Onderdeel:	Strook 1&3, onderwapening x-richting
Datum:	20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

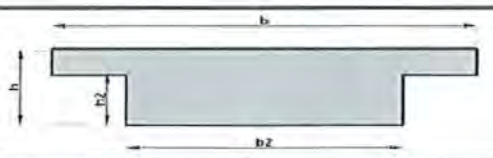
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	751	936	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	12	0	mm
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	812	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	1131	0	mm2/m

W_b	1,35E+08	mm3		
W_o	1,35E+08	mm3		
A_{stot}	3142	mm2		

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	$\sigma_c \leq 0{,}6\ f_{ck}$		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	$\sigma_t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1087 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	2,88%	-0,35%	2,77%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	492	0	kN

N'b	1367	kN
y	35	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	91	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	444	mm	d	831 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1098	mm²	O.K.	As;min 1	1098 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	437	mm²	O.K.	As;min 2	3358 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	3142	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,407 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,163%	-0,07%	0,15%	-0,07%	
σ_s	326	-139	309	-139	N/mm²
N_s	655	0	350	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,070%	-0,179%
$\sigma'c$	7,96	-20,45

x	252	mm
Sr;max	319	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00128	
σs	326	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,01827	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

D-1

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 2, onderwapening x-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

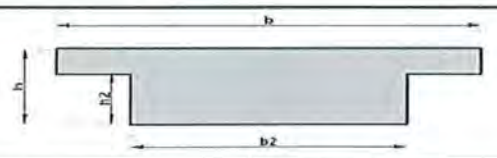
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	2237	2750	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	25	0	25	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	806	0	774	0	mm
Betonstaaloppervlak	4909	0	4909	0	mm2/m

Dekking O.K. — Buigtrekwapening: 50 mm — Langswapening: 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	9817	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu: 2899 kNm — O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,64%	-0,35%	0,60%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	2135	0	2135	0	kN

N'b	4271	kN
y	111	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) — O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	285	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	422	mm	d	790 mm

UITVOER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1158	mm²	O.K.	As;min 1	1158 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	652	mm²	O.K.	As;min 2	11528 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	9817	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning: Nee — alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk): 0,403 mm — O.K.

Wk max * Kx: 0,50 mm

Wk max: 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,178%	-0,16%	0,16%	-0,16%	
σ_s	356	-313	330	-313	N/mm²
N_s	1748	0	1618	0	kN

	Boven	Onder
εc	0,156%	-0,217%
σ'c	17,87	-24,84

x	377	mm
Sr;max	246	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00164	
σs	356	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,05628	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

D-2

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38,5N
Onderdeel: Strook 1&3, bovenwapening x-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	279	418	kNm

Q

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2

BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	0	0	mm
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	810	0	818	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	0	0	mm2/m

W_{vb}	1,35E+08	mm3		
W_{vo}	1,35E+08	mm3		
A_{stot}	2011	mm2		

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0,6\ fck$		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu: 689 kNm — O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	4,51%	-0,35%	4,56%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	875	0	0	0	kN

N'_b	875	kN
y	23	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	58	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	433	mm	d	810 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1127	mm^2	O.K.	As;min 1	1127 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	357	mm^2	O.K.	As;min 2	1508 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	2011	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning: Nee — alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk): 0,266 mm — O.K.

Wk max * Kx: 0,50 mm

Wk max: 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,094%	-0,03%	0,09%	-0,03%	
σ_s	187	-64	190	-64	N/mm^2
N_s	376	0	0	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,032%	-0,108%
σ_c	3,65	-12,29

x	206	mm
Sr;max	474	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00056	
σs	187	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,00894	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

D-3

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R-poer
Onderdeel:	Strook 2, bovenwapening x-richting
Datum:	20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

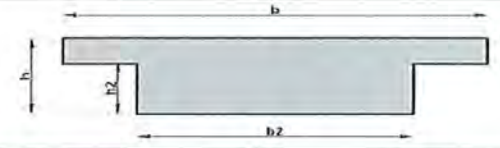
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1385	1827	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	20	0	20	0	mm
Onderlinge afstand	100	200	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	815	0	780	0	mm
Betonstaaloppervlak	3142	0	3142	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	6283	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0,6\ fck$	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b,b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b,o}$	0,00	N/mm^2		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1986 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,22%	-0,35%	1,15%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	1367	0	1367	0	kN

N'_b	2733	kN
y	71	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	182	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	426	mm	d	798 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1146	mm^2	O.K.	As;min 1	1146 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	559	mm^2	O.K.	As;min 2	7164 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	6283	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,395 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,166%	-0,11%	0,15%	-0,11%	
σ_s	331	-217	307	-217	N/mm^2
N_s	1040	0	966	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,109%	-0,194%
$\sigma'c$	12,42	-22,18

x	323	mm
Sr;max	274	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00144	
σs	331	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,03267	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

UITVOER

D-4

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 4&8, onderwapening y-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

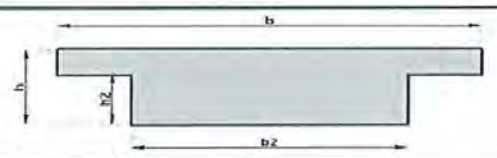
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F) F
Kan beton trek opnemen (J/N) N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1225	1513	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	20	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	812	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	3142	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	5152	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1716 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,62%	-0,35%	1,55%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	1367	0	kN

N'b	2241	kN
y	58	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	149	mm	ecu3 0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	440	mm	d 824 mm

UITVOER

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1108	mm²	O.K.	As;min 1	1108 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	529	mm²	O.K.	As;min 2	5625 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	5152	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,394 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm
Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,170%	-0,10%	0,16%	-0,10%	
σ_s	341	-194	322	-194	N/mm²
N_s	685	0	1011	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,097%	-0,189%
σ'c	11,10	-21,58

x	306	mm
Sr;max	271	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00145	
σs	341	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,02701	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 5& 7, onderwapening y-richting
Datum: 20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	2508	3107	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²

BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	20	0	32	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	100	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	840	840	810	0	mm
Betonstaaloppervlak	3142	0	8042	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	11184	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 3368 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,56%	0,56%	0,52%	-0,35%	
σ_s	435	435	435	-435	N/mm²
N_s	1367	0	3498	0	kN

N'b	4865	kN
y	126	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	324	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	438	mm	d	818 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1115	mm²	O.K.	As;min 1	1115 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	698	mm²	O.K.	As;min 2	12682 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	11184	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,353 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,172%	0,17%	0,16%	-0,16%	
σ_s	345	345	321	-318	N/mm²
N_s	1083	0	2581	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,159%	-0,196%
σ'c	18,18	-22,40

x	403	mm
Sr;max	220	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00160	
σs	345	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,06753	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

D-6

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 6, onderwapening y-richting
Datum: 20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

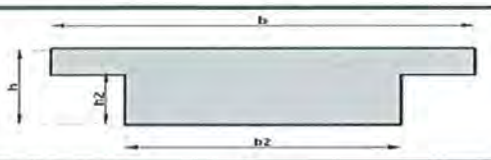
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1111	1386	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	20	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	842	0	800	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	3142	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	5152	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b,b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b,o}$	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 1699 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,62%	-0,35%	1,52%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	1367	0	kN

N'b	2241	kN
y	58	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	149	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	437	mm	d	816 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1118	mm²	O.K.	As;min 1	1118 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	526	mm²	O.K.	As;min 2	5174 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	5152	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,364 mm O.K.

Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,158%	-0,09%	0,15%	-0,09%	
σ_s	316	-179	292	-179	N/mm²
N_s	636	0	916	0	kN

	Boven	Onder
ε_c	0,089%	-0,175%
σ'c	10,21	-20,02

x	304	mm	
Sr;max	275	mm	
K2	0,5		Buiging
K1	0,8		
(εsm-εcm)	0,00132		
σs	316		
kt	0,4		Langeduur belasting
ρp.eff	0,02593	N/mm²	
αe	6,09		
Es	200000		
Kx=(c/cmin)	1,67		
ξ1	1,00		
Σ M =	0		
Σ N =	0		

0-7

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	**2410010-Tennet Noordringnoord**
Werk:	**Buigwapening R38.5N**
Onderdeel:	**Strook 4&8, bovenwapening y-richting**
Datum:	**20 augustus 2012**

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	791	1056	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm^2
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm^2
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm^2

BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	12	0	16	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	844	0	804	0	mm
Betonstaaloppervlak	1131	0	2011	0	mm2/m

Dekking O.K. — Buigtrekwapening: 50 mm — Langswapening: 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	3142	mm2

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm^2	$\sigma c \leq 0{,}6\ fck$		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm^2	$\sigma t <= f_{ctm}$		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm^2			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm^2	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm^2			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu: 1070 kNm — O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	2,89%	-0,35%	2,74%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm^2
N_s	492	0	875	0	kN

N'b	1367	kN
y	35	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm^2
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm^2
ΔN_p	0	kN
$\Sigma M =$	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1)

O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	91	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	438	mm	d	818 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1116	mm^2	O.K.	As;min 1	1116 mm^2
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	433	mm^2	O.K.	As;min 2	3873 mm^2
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm^2	O.K.		
A_{stot}	3142	mm^2			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning: Nee — alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk): 0,416 mm — O.K.

Wk max * Kx: 0,50 mm

Wk max: 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,179%	-0,08%	0,17%	-0,08%	
σ_s	358	-151	334	-151	N/mm^2
N_s	404	0	671	0	kN

	Boven	Onder
$\varepsilon'c$	0,075%	-0,196%
$\sigma'c$	8,60	-22,36

x	250	mm
Sr;max	302	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00138	
σs	358	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,01540	N/mm^2
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
$\Sigma M =$	0	
$\Sigma N =$	0	

UITVOER

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer: 2410010-Tennet Noordringnoord
Werk: Buigwapening R38.5N
Onderdeel: Strook 5& 7, bovenwapening y-richting
Datum: 20 augustus 2012

breijn

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

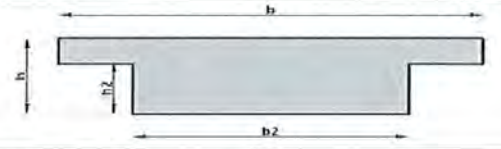
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	1416	1942	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	16	0	25	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	810	0	765,5	0	mm
Betonstaaloppervlak	2011	0	4909	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_{b}	1,35E+08	mm3
W_{o}	1,35E+08	mm3
A_{stot}	6919	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck	O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}	O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²		
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28 dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²		

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 2108 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	1,06%	-0,35%	0,99%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	875	0	2135	0	kN

N'b	3010	kN
y	78	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
Σ M =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	201	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	416	mm	d	778 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1175	mm²	O.K.	As;min 1	1175 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	571	mm²	O.K.	As;min 2	7890 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.		
A_{stot}	6919	mm²			

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,353 mm O.K.

Wk max * Kx	0,50	mm
Wk max	0,30	mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,164%	-0,11%	0,15%	-0,11%	
σ_s	327	-225	297	-225	N/mm²
N_s	658	0	1457	0	kN

	Boven	Onder
εc	0,112%	-0,194%
σ'c	12,83	-22,20

x	330	mm
Sr;max	245	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00144	
σs	327	
kt	0,4	Langeduur belasting
pp.eff	0,03640	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
Σ M =	0	
Σ N =	0	

Breijn B.V.

Constructies en Geotechniek

Werknummer:	2410010-Tennet Noordringnoord
Werk:	Buigwapening R38.5N
Onderdeel:	Strook 6, bovenwapening y-richting
Datum:	20 augustus 2012

Filenaam: Test versie 0.4

Doorsnedetoetsing betondoorsnede o.b.v. EUROCODE 2 (NEN-EN 1992-1-1(nl)+NB)

Sterkteberekening

INVOER

GEOMETRIE

Betonkwaliteit	C30/37	
Betonstaalsoort	B500B	
Milieuklasse	XC4	
Hoogte h	900	mm
Breedte b	1000	mm
Hoogte h2	0	mm
Breedte b2	1000	mm
Oppervlak Ac	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

TYPE CONSTRUCTIE

Alleen betonstaal

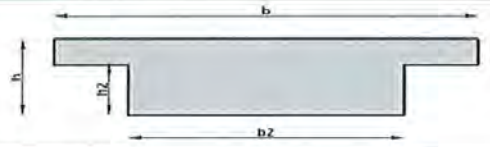
Bijzondere of Fundamentele combinatie (B/F)	F
Kan beton trek opnemen (J/N)	N

KRACHTSVERDELING

	(AANVANG)	(REP.)	(DESIGN)	
N (+=druk)	0	0	0	kN
M (+ = trek onder)	0	437	668	kNm

VOORSPANNING

Voorspanstaal	1860	N/mm²
Oppervlak van voorspanstaal	0	mm²
Plaats vsp tov bovenzijde dp	0	mm
Werkvoorspanning Sigma pw	0	N/mm²



BETONSTAAL

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
Diameter	12	0	12	0	mm
Onderlinge afstand	100	100	100	200	mm
Afstand tot bovenzijde (ds)	812	0	774	0	mm
Betonstaaloppervlak	1131	0	1131	0	mm2/m

Dekking O.K. Buigtrekwapening 50 mm Langswapening 50 mm

W_b	1,35E+08	mm3
W_o	1,35E+08	mm3
A_{stot}	2262	mm2

UITVOER

CONTROLE AANVANGSBETONDRUKSPANNING (art.5.10.2.2)

N / A_b	0,00	N/mm²	σc ≤ 0,6 fck		O.K.
M / W_o	0,00	N/mm²	σt <= f_{ctm}		O.K.
M / W_b	0,00	N/mm²			
Spanning bovenzijde $\sigma_{b;b}$	0,00	N/mm²	Spannen na	28	dagen
Spanning onderzijde $\sigma_{b;o}$	0,00	N/mm²			

TOETSING BEZWIJKMOMENT MRd > Med

Bezwijkmoment Mu 755 kNm O.K.

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	3,98%	-0,35%	3,78%	-0,35%	
σ_s	435	-435	435	-435	N/mm²
N_s	492	0	492	0	kN

N'b	984	kN
y	26	mm
ε_{pw}	0,00%	
$\Delta\varepsilon_{pw}$	-0,35%	
ε_p	-0,35%	
σ_p	1452	N/mm²
$\Delta\sigma_p$	1452	N/mm²
ΔN_p	0	kN
ΣM =	0	

Toetsing betondrukzone Xu < Xumax (art 6.1) O.K.

Hoogte betondrukzone Xu	66	mm	ecu3	0,0035 %
Maximale betondrukzone Xumax	424	mm	d	793 mm

MIN & MAX - WAPENINGSDOORSNEDEN (art. 9.2.1.1) - (art.7.3.2)

Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (UGT)	1152	mm²	O.K.	As;min 1 1152 mm²
Min. Opp. Trekwapening in doorsnede As;min (BGT)	371	mm²	O.K.	As;min 2 2491 mm²
Max.Opp. Trekwapening in doorsnede As;max	36000	mm²	O.K.	
A_{stot}	2262	mm²		

BEREKENEN SCHEURWIJDTES (art.7.3.4)

Constructie met voorspanning Nee alleen Betonstaal

Scheurwijdte (wk) 0,305 mm O.K.

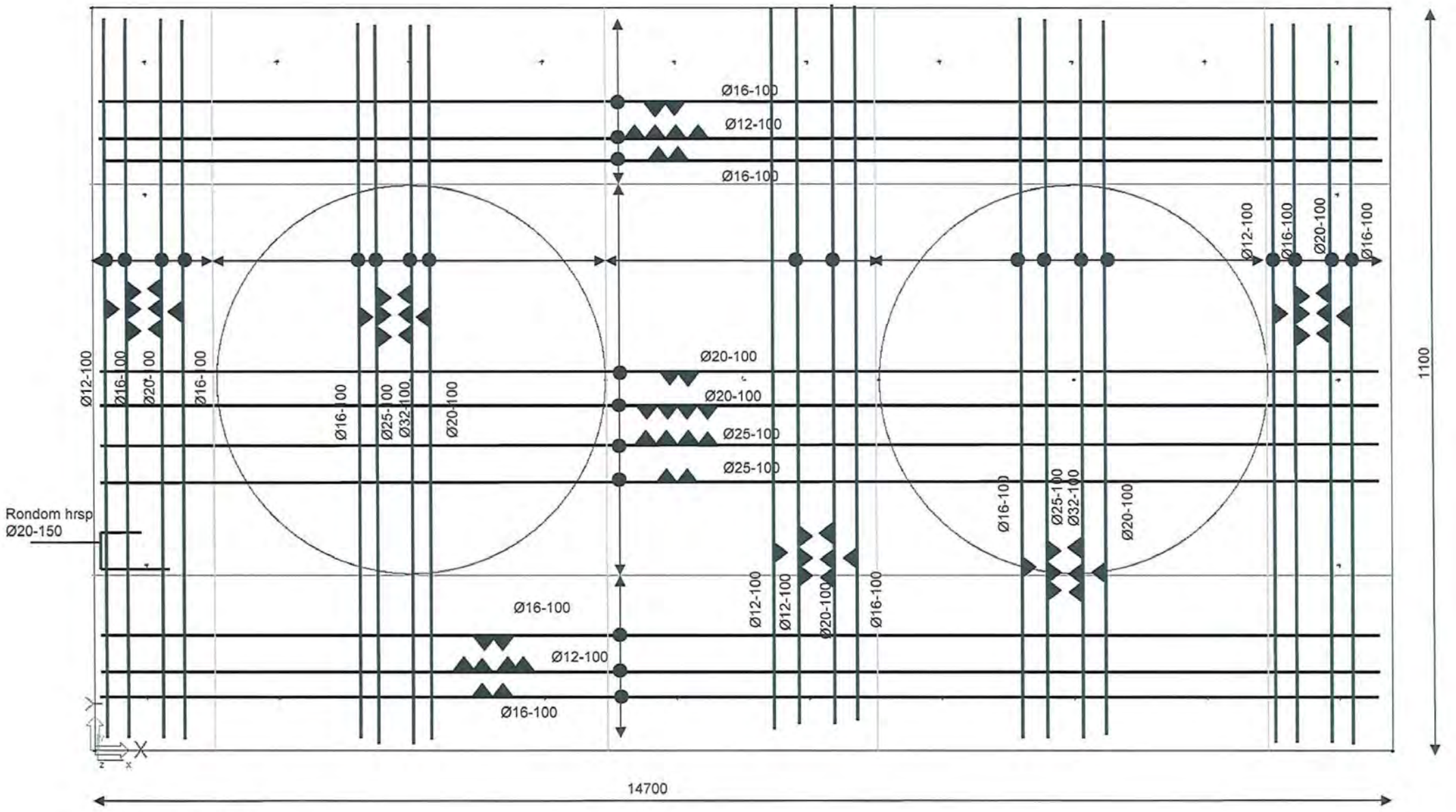
Wk max * Kx 0,50 mm

Wk max 0,30 mm

	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	
ε_s	0,138%	-0,05%	0,13%	-0,05%	
σ_s	276	-99	259	-99	N/mm²
N_s	312	0	293	0	kN

	Boven	Onder
ε'c	0,049%	-0,158%
σ'c	5,65	-18,11

x	214	mm
Sr;max	368	mm
K2	0,5	Buiging
K1	0,8	
(εsm-εcm)	0,00083	
σs	276	
kt	0,4	Langeduur belasting
ρp.eff	0,01028	N/mm²
αe	6,09	
Es	200000	
Kx=(c/cmin)	1,67	
ξ1	1,00	
ΣM =	0	
ΣN =	0	



Betonkwaliteit C30/37
MK: XC4
C_{min} =30 mm C = 50 mm
* Buig wapening tot 50 mm vanaf rand plaat

Bijlage E: Berekening dwarskrachtwapening

Berekening dwarskracht Zone 2

$V_d = 1929\ kN/m' \Rightarrow$ bh C-27

Eigencapaciteit doorsnede

$$V_{rdc} = \left[C_{rdc} \cdot k \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}\right)^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] b_w \cdot d \qquad (6.2.a\ EN1992)$$

$C_{rdc} = 0{,}10/\gamma_c = 0{,}10/1{,}5 = 0{,}12$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{(900-50-2.25)}} = 1{,}5$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4}\cdot\pi \cdot 25^2}{1000 \cdot (900-50-2.25)} = 0{,}012 \leq 0{,}02 \Rightarrow \rho_l = 0{,}012$$

$f_{ck} = 30\ N/mm^2$ (C30/37)

k_1 en σ_{cp} N.V.T $\Rightarrow$ geen voorspanning of normaalkracht aanwezig.

$b_w = 1000\ mm$

$d = 900 - 50^{c} - 2.25^{\phi_h} = 800\ mm$

$$V_{rdc} = \frac{0{,}12 \cdot 1{,}5\ (100 \cdot 0{,}012 \cdot 30)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 800}{10^3} = 475\ kN/m' \quad \text{(dwarskracht onder belasting)}$$

$$V_{rdc} = \frac{I \cdot b_w}{S} \cdot \sqrt{f_{ctd} + \alpha_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}} \qquad (6.4\ EN1992)$$

$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 900^3 = 6{,}08 \cdot 10^{10}\ mm^4$

$b_w = 1000\ mm$

$S = \frac{1}{2} \cdot h \cdot b \cdot \frac{1}{4} h = \frac{1}{8} b h^2 = \frac{1}{8} \cdot 1000 \cdot 900^2 = 1{,}01 \cdot 10^8\ mm^3$

$f_{ctd} = f_{ctk\,0{,}05}/\gamma_c = 2{,}0/1{,}5 = 1{,}33\ N/mm^2$

α_1 en σ_{cp} N.V.T $\Rightarrow$ Geen normaalkracht

$$V_{rdc} = \frac{6{,}08 \cdot 10^{10} \cdot 1000}{1{,}01 \cdot 10^8} \cdot \sqrt{1{,}33^2} / 10^3 = 803\ kN/m' \quad \text{(Tensile shear)}$$

↳ Afwijking met sheet door afronding S en I.

breijn www.breijn.nl	Eigencapaciteit Doorsnede
datum	
gezien	
bladnr.	E-1

Berekening benodigde dwarskrachtwapening zone 2

$V_d = 1929\ kN/m'$ $\quad V_{nds} = 475\ kN/m'$

$V_d > V_u \Rightarrow$ dwarskrachtwapening nodig

$$A_{sw} = \frac{V_{nds} \cdot s \cdot \tan(\theta)}{z \cdot f_{yd}} \quad (6.8\ EN1992)$$

$$A_{sw} = \frac{1929 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot \tan(45)}{0{,}9 \cdot 800 \cdot 435} = 1232\ mm^2/m'$$

keure beugel $2 \times \varnothing 20 \Rightarrow A_s = \underset{\text{2 sth.}}{2} \cdot \underset{\text{2 snedigheid}}{2} \cdot \frac{1}{4}\pi 20^2 = 1257\ mm^2$

$$V_{nds} = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd}}{s \cdot \tan(\theta)} = \frac{1257 \cdot 0{,}9 \cdot 800 \cdot 435}{200 \cdot 1} = 1968\ kN/m'$$

$V_{nds} > V_d \Rightarrow$ Voldoet

breijn www.breijn.nl	Capaciteit beugels	datum	
		gezien	
		bladnr.	E-2

Breijn B.V.

Grootschalige Infra

Werknummer: 2410010: Tennet Noordring noord
Werk: R38,5
Onderdeel: Dwarskrachtwapening zone 2
Datum: 16 augustus 2012

Filenaam: Dwarskracht + Wringing v1.0

Doorsnedetoetsing betondoorsnede volgens NEN-EN 1992-1-1(nl)

Dwarskracht

INVOER

BELASTING Dwarskracht

Discontinuiteit in doorsnede Geen

GEOMETRIE plaat
Betonkwaliteit: C30/37
Betonstaalsoort: B500B

Hoogte : h	900	mm
Breedte : b1	1000	mm
Nominale Breedte lijf : b2w,nom	1000	mm
Oppervlak : Ab	900000	mm²
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Statisch oppervlakte moment t.o.v. bovenzijde	4,05E+08	mm³
Statisch oppervlakte moment t.o.v. zwaartepunt	1,01E+08	mm³
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm⁴

Toegepaste dwarskrachtwapening

Beugels *(1 beugel is 2-snedig)*

Aantal	2	st	hoek α	90	graden
Diameter	20	mm	hoek α	1,57	radialen
H.o.h	200	mm			
Sl,max	300	mm	hoek θ	45	graden
St,max	600	mm	hoek θ	0,79	radialen

KRACHTSVERDERLING Bijzonder/Fundamenteel: Fundamenteel

Rekenwaarde dwarskracht (V_{ED})	1929	kN
Normaalkracht (- is druk, + is trek)	0	kN
Wringmoment	0	kNm

BUIGTREKWAPENING
Dekking op de buigtrekwapening: 50 mm
As;buigtrek totaal: 9817 mm²
Nuttige hoogte: 800 mm

LANGSWAPENING (wringwapening)
Diameter langswapening 1e laag: 25 mm
Aantal staven: 4 st
As langs totaal: 1963 mm²

DWARSKRACHT

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETON (art.6.2.2(1))

$V_{Rd,c}$ [6.2a] *Afschuifbuigbreuk*	**479**	kN	<<<MAATGEVEND
$V_{Rd,c}$ [6.2b] *Afschuifbuigbreuk minimaal*	282	kN	
$V_{Rd,c}$ [6.4] *Afschuiftrekbreuk*	811	kN	
Toets VRd.c>V_{ED} [6.1]	**Voldoet niet**		==> Dwarskrachtwapening nodig

Vmin	0,35
CRd,c	0,12
k	1,50
r1	0,01227
fck	30 N/mm²
k1	0,15
scp	0,00 N/mm²
α	1

MINIMUM DWARSKRACHTWAPENINGVERHOUDING INDIEN VRd.c>VED (9.2.2)

ρw [9.4]	**0,0063**		<<<MAATGEVEND
ρw,min [9.5N]	0,0010		
Minimum dwarskrachtwapening	5655	mm²/m1	
Aanwezige dwarskrachtwapening	6283	mm²/m1	
Toets aanwezig > minimum	Voldoet		

fyk	435 N/mm²
Asw	1257 mm²
s	200 mm
sinα	1,00
cotα	0,00

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETONSTAAL (6.2.3)

VRd,s [6.13] *Capaciteit dwarskrachtwapening*	**1968**	kN	<<<MAATGEVEND
VRd,max [6.14] *Afschuifdrukbreuk*	3802	kN	
Toets VRd.s>V_{ED} [6.1]	Voldoet		

fcd	20 N/mm²
fywd	435 N/mm²
cot θ	1,00
z	720 mm
σcp	0,000 N/mm²
αcw	1,000
tan θ	1,00
v1	0,528

CONTROLE

Dwarskrachtweerstand beton	$V_{RD,c}$ > V_{ED}	479	>	1929	Voldoet niet	art.6.2.2
Minimum dwarskrachtwap.verhouding	Aanwezige dwarskrachtwap > minimale	6283	>	5655	Voldoet	art.6.2.1(4)
Dwarskrachtweerstand staal	$V_{RD,s}$ > V_{ED}	1968	>	1929	Voldoet	art.6.2.3
Detailleringsregels	sl,max > h.o.h afstand beugels langsrichting	300	>	200	Voldoet	art.9.2.2(6)
	sb,max > h.o.h. afstand beugels dwarsrichting	480	>	200	Voldoet	art.9.2.2(7)
	st,max > tussenafstand benen beugels dwarsrichting	600	>	250	Voldoet	art.9.2.2(8)

SCHEURMOMENT DOOR WRINGING (6.3.2 (5)) Alleen voor rechthoekige doorsneden, dus niet kokerprofielen

TRd,c [6.26]	324	KNm
Toets TRd.c>T_{ED}	Voldoet	min. Wap. volgens 9.2.1.1 toepassen voldoet

Ab	900000 mm²
u	3800 mm²
tef,1	236,8 mm
Ak	506094 mm²
fctd	1,35 N/mm²

WRINGWAPENING

As,langs benodigd [6.28]	0	mm²
Toets As,langs benodigd < As langs totaal	Voldoet	

MAXIMALE BEUGELAFSTAND

Sw,max	nvt	mm
Sw,max>bgl.afstand	nvt	mm

cot θ	1,00
μk	2853 mm
fyd	435 N/mm²

ALGEMENE TOETSINGSPROCEDURE

(Scheurmoment > Wringmoment + bgl.afstand voldoet) (Wringwapening + bgl.afstand voldoet) Voldoet

Dwarskracht + Wringing (6.3.2(5))

(VED)	1929	kN	(TED)	0	kN		
VRd,max	3802	kN	TRd,max [6.30]	1266	kN		
	0,51	+		**0,00**	=	**0,51**	Voldoet <1

v	0,528
αcw	1,000
fcd	20,0
Ak	506094
tef,i	236,8
sin θ	0,7071
cos θ	0,71

E-3

Breijn B.V.

Grootschalige Infra

Werknummer: 2410010: Tennet Noordring noord
Werk: R38,5
Onderdeel: Dwarskrachtwapening zone 1 & 3
Datum: 16 augustus 2012

breijn

Filenaam: Dwarskracht + Wringing v1.0

Doorsnedetoetsing betondoorsnede volgens NEN-EN 1992-1-1(nl)

Dwarskracht

INVOER

BELASTING Dwarskracht

GEOMETRIE plaat
Betonkwaliteit C30/37
Betonstaalsoort B500B

Hoogte : h	900	mm
Breedte : b1	1000	mm
Nominale Breedte lijf : b2w,nom	1000	mm
Oppervlak : Ab	900000	mm^2
Zwaartelijn tov bovenzijde	450	mm
Statisch oppervlakte moment t.o.v. bovenzijde	4,05E+08	mm^3
Statisch oppervlakte moment t.o.v. zwaartepunt	1,01E+08	mm^3
Kwadratisch oppervlakte moment	6,08E+10	mm^4

Discontinuiteit in doorsnede Geen

Toegepaste dwarskrachtwapening

Beugels *(1 beugel is 2-snedig)*

Aantal	2	st	hoek α	90	graden
Diameter	20	mm	hoek α	1,57	radialen
H.o.h	240	mm			
Sl,max	300	mm	hoek θ	45	graden
St,max	600	mm	hoek θ	0,79	radialen

KRACHTSVERDERLING Bijzonder/Fundamenteel: Fundamenteel

Rekenwaarde dwarskracht (V_{ED})	1584	kN
Normaalkracht (- is druk, + is trek)	0	kN
Wringmoment	0	kNm

BUIGTREKWAPENING

Dekking op de buigtrekwapening: 50 mm
As;buigtrek totaal: 9817 mm^2
Nuttige hoogte: 800 mm

LANGSWAPENING (wringwapening)

Diameter langswapening 1e laag: 25 mm
Aantal staven: 4 st
As langs totaal: 1963 mm^2

DWARSKRACHT

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETON (art.6.2.2(1))

$V_{Rd,c}$ [6.2a] *Afschuifbuigbreuk*	**479**	kN	<<<MAATGEVEND
$V_{Rd,c}$ [6.2b] *Afschuifbuigbreuk minimaal*	282	kN	
$V_{Rd,c}$ [6.4] *Afschuiftrekbreuk*	811	kN	
Toets VRd.c>V_{ED} [6.1]	Voldoet niet		==> Dwarskrachtwapening nodig

MINIMUM DWARSKRACHTWAPENINGVERHOUDING INDIEN VRd.c>VED (9.2.2)

ρw [9.4]	**0,0052**		<<<MAATGEVEND
ρw,min [9.5N]	0,0010		
Minimum dwarskrachtwapening	4712	$mm^2/m1$	
Aanwezige dwarskrachtwapening	5236	$mm^2/m1$	
Toets aanwezig > minimum	Voldoet		

REKENWAARDE DWARSKRACHTWEERSTAND BETONSTAAL (6.2.3)

VRd,s [6.13] *Capaciteit dwarskrachtwapening*	**1640**	kN	<<<MAATGEVEND
VRd,max [6.14] *Afschuifdrukbreuk*	3802	kN	
Toets VRd.s>V_{ED} [6.1]	Voldoet		

Vmin	0,35				
CRd,c	0,12				
k	1,50				
r1	0,01227				
fck	30	N/mm^2			
k1	0,15				
scp	0,00	N/mm^2			
α	1				
fyk	435	N/mm^2			
Asw	1257	mm^2			
s	240	mm			
sinα	1,00				
cotα	0,00				
fcd	20	N/mm^2			
fywd	435	N/mm^2			
cot θ	1,00				
z	720	mm			
σcp	0,000	N/mm^2			
αcw	1,000				
tan θ	1,00				
v1	0,528				

CONTROLE

Dwarskrachtweerstand beton	$V_{RD,c}$ > V_{ED}	479	>	1584	Voldoet niet	art.6.2.2
Minimum dwarskrachtwap.verhouding	Aanwezige dwarskrachtwap > minimale	5236	>	4712	Voldoet	art.6.2.1(4)
Dwarskrachtweerstand staal	$V_{RD,s}$ > V_{ED}	1640	>	1584	Voldoet	art.6.2.3
Detailleringsregels	sl,max > h.o.h afstand beugels langsrichting	300	>	240	Voldoet	art.9.2.2(6)
	sb,max > h.o.h. afstand beugels dwarsrichting	480	>	240	Voldoet	art.9.2.2(7)
	st,max > tussenafstand benen beugels dwarsrichting	600	>	250	Voldoet	art.9.2.2(8)

SCHEURMOMENT DOOR WRINGING (6.3.2 (5)) Alleen voor rechthoekige doorsneden, dus niet kokerprofielen

TRd,c [6.26]	324	KNm	
Toets TRd.c>T_{ED}	Voldoet	min. Wap. volgens 9.2.1.1 toepassen voldoet	

Ab	900000	mm^2
u	3800	mm^2
tef,1	236,8	mm
Ak	506094	mm^2
fctd	1,35	N/mm^2

WRINGWAPENING

As,langs benodigd [6.28]: 0 mm^2
Toets As,langs benodigd < As langs totaal: Voldoet

MAXIMALE BEUGELAFSTAND

Sw,max: nvt mm
Sw,max>bgl.afstand: nvt mm

cot θ	1,00	
μk	2853	mm
fyd	435	N/mm^2

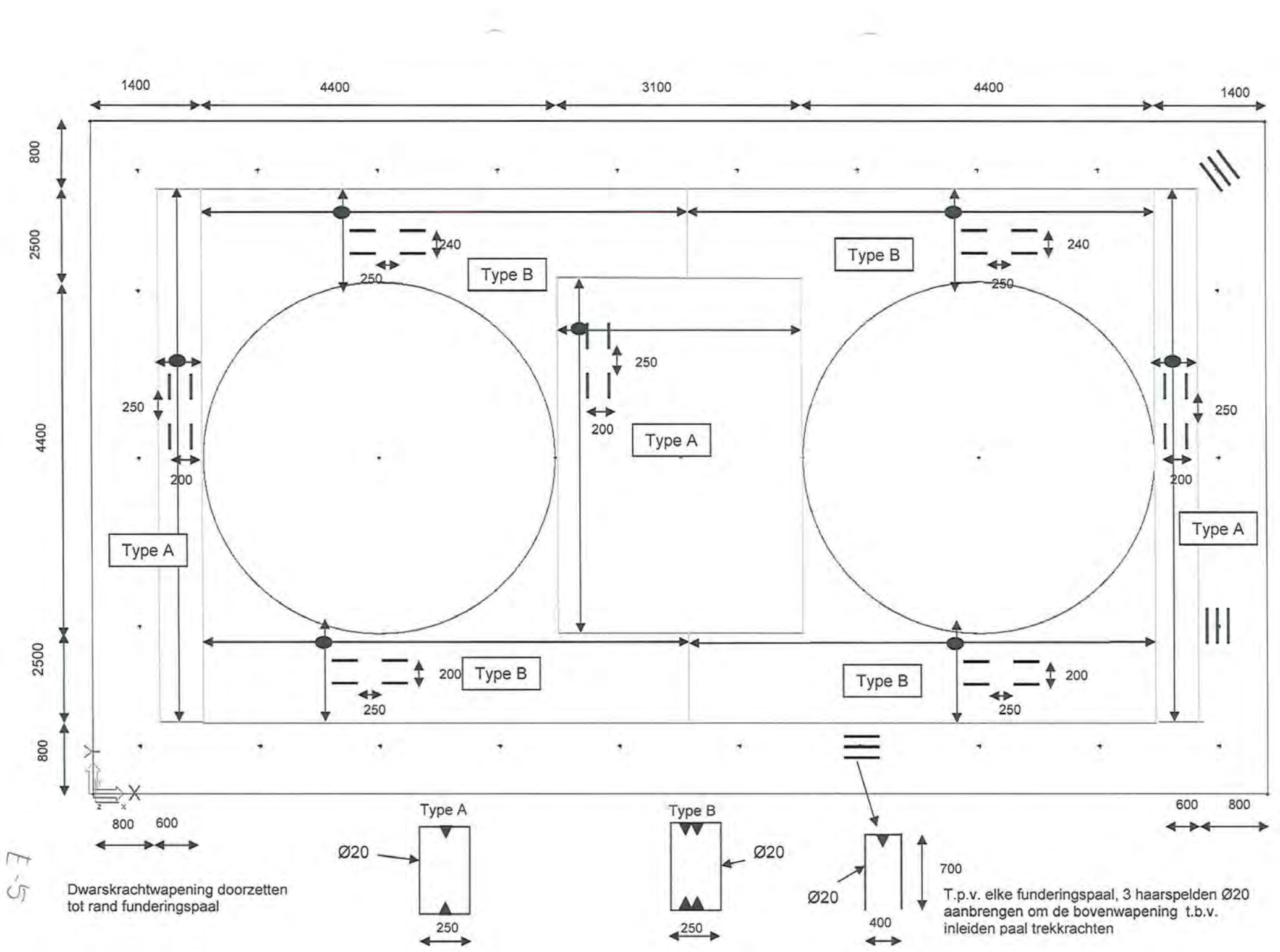
ALGEMENE TOETSINGSPROCEDURE

(Scheurmoment > Wringmoment + bgl.afstand voldoet) (Wringwapening + bgl.afstand voldoet) Voldoet

Dwarskracht + Wringing (6.3.2(5))

(VED)	1584	kN	(TED)	0	kN		
VRd,max	3802	kN	TRd,max [6.30]	1266	kN		
	0,42	+		0,00	=	0,42	Voldoet <1

v	0,528
αcw	1,000
fcd	20,0
Ak	506094
tef,i	236,8
sin θ	0,7071
cos θ	0,71



Dwarskrachtwapening doorzetten tot rand funderingspaal

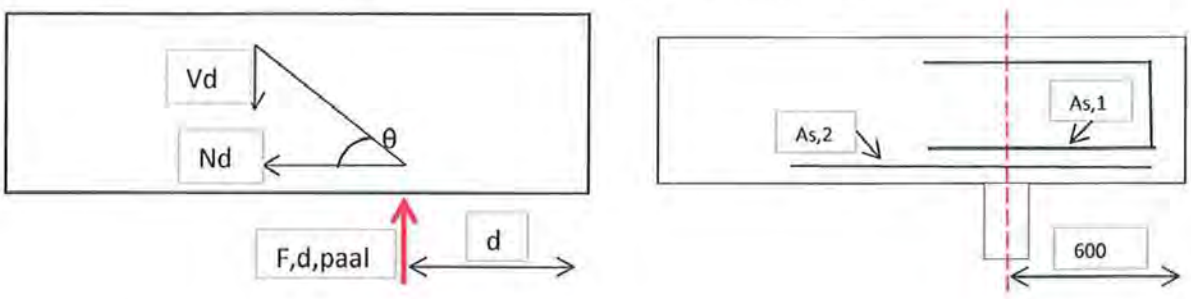
T.p.v. elke funderingspaal, 3 haarspelden Ø20 aanbrengen om de bovenwapening t.b.v. inleiden paal trekkrachten

E-5

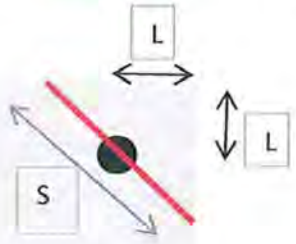
Bijlage F: Inleiden paalkrachten

Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 1, hoekpaal)

Betonkwaliteit	C30/37			
treksterke karakterstiek	fctk	2,03	[N/mm^2]	
treksterke design	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Vloeispanning wap. staal	fyd	435	[N/mm^2]	
Invoer parameters				
Hoek drukdiagonaal	θ	45	[°]	(zelfde als in toetsing dwarskracht)
Hart paal tot rand vloer	L	600	[mm]	
Paalafwijking	La	200	[mm]	
Effectieve snede	S	1414	[mm]	
Dekking	c	50	[mm]	
Belasting				
Paalreactie	Fd,paal	1195	[kN]	(zie blz C-10)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	845	[kN/m]	Vd= Fd/ L
Normaalkracht	Nd	845	[kN/m]	Nd= Vd/ [tan(θ)]

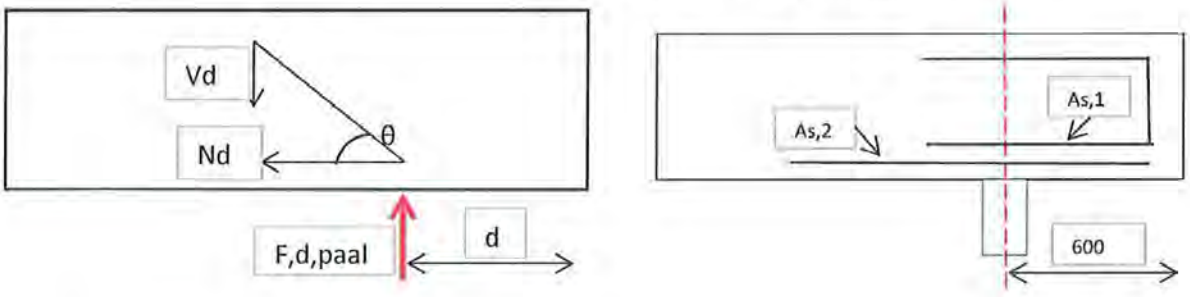


Controle haarspeld				
diameter haarspeld	Øk	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As = (1000/S)*0,25*π*Øk2
Opneembare trekkracht	Nu,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,93		U.C = Nd/ Nu,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	Øk1	12	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	Øk2	16	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	3142	[mm2]	As = Σ (1000/S)*0,25*π*Øk^2
Opneembare trekkracht	Nu,2	1367	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,62		U.C = Nd/ Nu,2



Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 3)

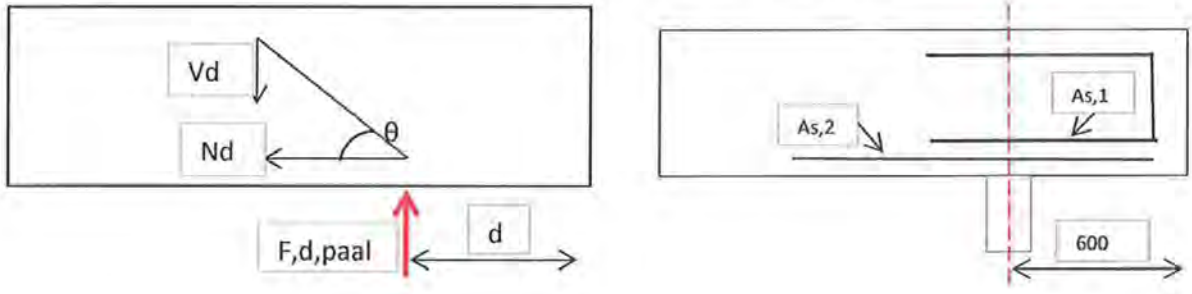
Betonkwaliteit	C30/37			
treksterke karakterstiek	fctk	2,03	[N/mm^2]	
treksterke design	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Vloeispanning wap. staal	fyd	435	[N/mm^2]	
Invoer parameters				
Hoek drukdiagonaal	θ	45	[°]	(zelfde als in toetsing dwarskracht)
h.o.h palen	L	1900	[mm]	
Dekking	c	50	[mm]	
Belasting				
Paalreactie	Fd,paal	1510	[kN]	(zie blz C-10)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	795	[kN/m]	Vd= Fd/ L
Normaalkracht	Nd	795	[kN/m]	Nd= Vd/ [tan(θ)]



Controle haarspeld				
diameter haarspeld	Øk	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As = (1000/S)*0,25*π*Øk2
Opneembare trekkracht	Nu,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,87		U.C = Nd/ Nu,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	Øk1	25	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	Øk2	25	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	9817	[mm2]	As = Σ (1000/S)*0,25*π*Øk^2
Opneembare trekkracht	Nu,2	4271	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,19		U.C = Nd/ Nu,2

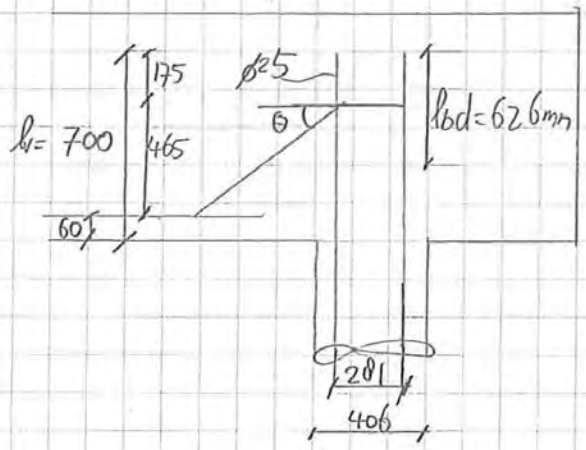
Inleiding drukkrachten funderingspaal (groep 5)

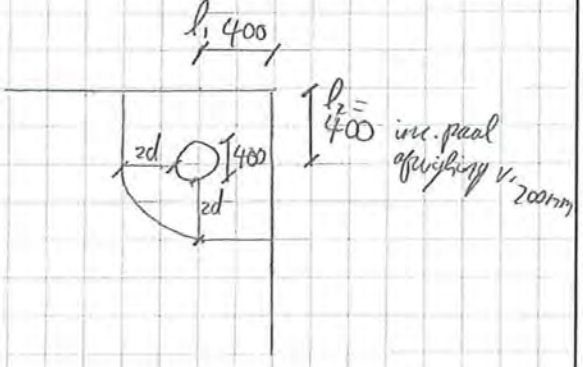
Betonkwaliteit	C30/37			
treksterke karakterstiek	fctk	2,03	[N/mm^2]	
treksterke design	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Vloeispanning wap. staal	fyd	435	[N/mm^2]	
Invoer parameters				
Hoek drukdiagonaal	θ	45	[°]	(zelfde als in toetsing dwarskracht)
h.o.h palen	L	1500	[mm]	
Dekking	c	50	[mm]	
Belasting				
Paalreactie	Fd,paal	1345	[kN]	(zie blz C-10)
Krachten optredend				
Dwarskracht	Vd	897	[kN/m]	Vd= Fd/ L
Normaalkracht	Nd	897	[kN/m]	Nd= Vd/ [tan(θ)]



Controle haarspeld				
diameter haarspeld	Øk	20	[mm]	
s haarspeld	S	150	[mm]	
Staal oppervlakte	As	2094	[mm2]	As = (1000/S)*0,25*π*Øk2
Opneembare trekkracht	Nu,1	911	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,98		U.C = Nd/ Nu,1
Controle langswapening				
Wapening laag 1	Øk1	12	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 1	S1	100	[mm]	
Wapening laag 2	Øk2	20	[mm]	(zie berekening langswapening)
h.o.h wapening laag 2	S2	100	[mm]	
Staal oppervlakte	As	4273	[mm2]	As = Σ (1000/S)*0,25*π*Øk^2
Opneembare trekkracht	Nu,2	1859	[kN/m]	Nu = fyd* As
Unity check	U.C	0,48		U.C = Nd/ Nu,2

Inleiding trekkrachten





Stekken steken 700mm door vanaf o.k. vloer.

Bepalen verankeringslengte

$f_{bd} = 2{,}25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2{,}03/1{,}5 = 3{,}04\ N/mm^2$

$l_{b,rqd} = \frac{\phi_b \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{25 \cdot 435}{4 \cdot 3{,}04} = 894\ mm$

$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$

$\alpha_1 = 1{,}0$
$\alpha_2 = 1 - 0{,}15(60-20)/20 = 0{,}7$
$\alpha_3 = 1{,}0$
$\alpha_4 = 1$
$\alpha_5 = 1$

$l_{bd} = 894 \cdot 0{,}7 = 626\ mm$
$l_{bd,min} = \max[0{,}3 \cdot l_{b,rqd};\ 10\,\phi;\ 100mm] = \max[268;\ 250;\ 100]$
} $l_{bd} = 626\ mm$ aanhouden

Bepalen controle omtrek

2e+4e laag hoofdwap.

$d = l_v - \frac{1}{2} l_{bd} - c - \frac{1}{2} \phi_k = 700 - \frac{1}{2} 626 - 50 - \frac{3}{2} 16 = 289\ mm$
$2d = 658\ mm$

$u_1 = l_1 + l_2 + \frac{\pi \cdot (4d + a)}{4} = 400 + 400 + \frac{\pi \cdot (4 \cdot 289 + 281)}{4} \approx 1929\ mm$

Optredende schuifspanning

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1 \cdot 768 \cdot 10^3}{1929 \cdot 289} = 1{,}38 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed} \cdot u_1}{V_{Ed} \cdot W_1} \Rightarrow M_{Ed} = 0 \Rightarrow \beta = 1$$

Ponsweerstand eerste controledoorsnede

$$v_{Rdc} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \rho_1 \cdot f_{ck}} = 0{,}12 \cdot 1{,}83 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 0{,}004 \cdot 30} = 0{,}5 \text{ N/mm}^2$$

$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{289}} = 1{,}83$$

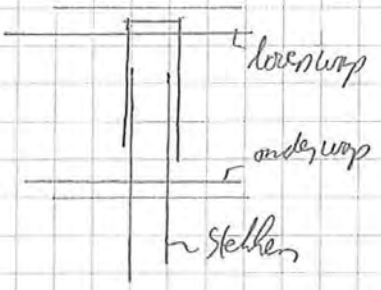
$C_{Rdc} = 0{,}18/\gamma_c = 0{,}18/1{,}5 = 0{,}12$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3142}{1000 \cdot 810} = 0{,}004$$ ~ $\phi 12\text{-}100 + \phi 16\text{-}100$

$v_{Ed} > v_{Rdc} \Rightarrow$ ponswapening nodig

Benodigde Haarspelden

Beugels t.b.v. dwarskrachtwapening lopen tot randpaal. De paaltrekkrachten dienen bovenin de plaat geïntroduceerd te worden. Om dit te realiseren dienen er haarspelden om de bovenwapening aangebracht te worden.



$F_t = 768 \text{ kN}$

$$A_{sd} = \frac{768 \cdot 10^3}{435} = 1766 \text{ mm}^2$$

3 haarspelden toepassen $\Rightarrow$ 6 snedig

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 6 = \frac{3}{2} \pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{2 A_s}{3 \pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1766}{3 \cdot \pi}} = 19 \text{ mm} \Rightarrow \phi 20 \text{ toepassen.}$$

Inleiding paal trekkrachten (groep 1)

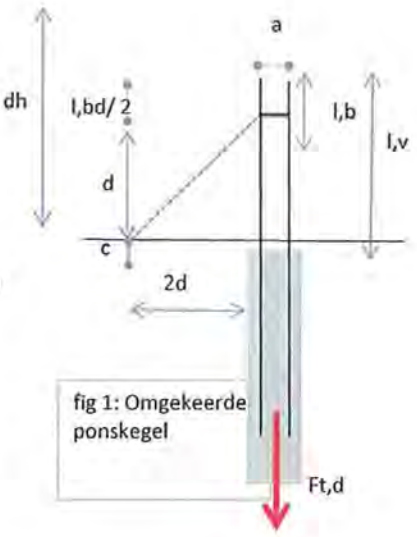


fig 1: Omgekeerde ponskegel

Afmetingen

Diameter funderingspaal	D	406	[mm]	
h.o.h. stekwapening	a	281	[mm]	a=D-2*c- Øk,s
Nuttige hoogte doorsnede	dh	810	[mm]	
Lengte stekken	l,v	700	[mm]	
Dekking op onderwapening	c	50	[mm]	
Afstand hart kolom tot rand plaat	S	600	[mm]	
Paalafwijking	L,a	200	[mm]	
Doorsnede onderwapening	Asl	3142	[mm²/m¹]	(Ø16-100 + Ø12-100)

Materialen

Betonsterkte	C30/37			
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm²]	
Ontwerp trekspanning beton	fctd	1,35	[N/mm²]	
Diameter paalstek	Øk,s	25	[mm]	
Diameter onderwapening	Øk	16	[mm]	

Benodigde verankeringslengte

Aanhechting coefficient	η1 = η2	1		
Aanhecht spanning	f_{bd}	3,04	[N/mm²]	f_{bd}= 2,25* η1*η2*f_{ctd}
Spanning in staaf	σ_{sd}	435	[N/mm²]	(in uiterst geval)
Basis verankeringslengte	$l_{b,qrd}$	894	[mm]	$l_{b,qrd}$ = (Øk1* σsd) / (4* fbd)
Coefficienten α1,α3, α4 en α5	αi	1		
Coefficienten α2	αi	0,7		
Verankeringslengte design	$l_{bd,1}$	626	[mm]	l_{bd} = α1*α2*α3*α4*α5* $l_{b,qrd}$

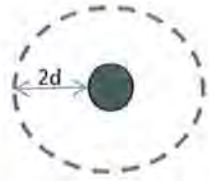


fig 2: Midden kolom

Afmeting controle omtrek

Type paal	Hoek			
Effectieve hoogte	d	289	[mm]	d= L,v- c- l,bd/2-2,5* Øk
Afstand rand belasting tot omtrek	2d	578	[mm]	
Omtrek	u	1929	[mm]	u=0,25*π*(a+2*2d)+2*(S-L,a)

** De omtrek is bepaald volgens de figuren 2 t/m 4*

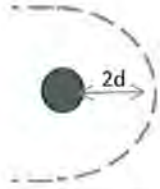


fig 3:Rand kolom

Optredende schuifspanning

Belasting	$F_{t,d}$	768	[kN]	(zie blz C-10)
Excentrischiteits factor	β	1		
Optredende schuifspanning	V_{ED}	1,38	[N/mm²]	V_{ED} = $F_{t,d}$/(u* d)

Ponsweerstand 1ste controle doorsnede

Coefficient	Crd,c	0,12		
Coefficient	k	1,83		
Verhouding langswapening	ρ1	0,004		ρ1= Asl /(bw* dh)
Schuifspanning opneembaar	V_{Rdc}	0,50	[N/mm²]	

fig 4: Hoek kolom

Unity Check	U.C	2,76	U.C.= V_{ED}/ V_{Rdc}

Benodigde haarspelden

Benodigd staal oppervlakte	As,d	1766	[mm²]	
Aantal haarspelden	n	3	[stk.]	
Diameter haarspeld	Øk,hrsd	20	[mm]	
Aanwezige hoeveelheid staal	As	1885	[mm²]	As= 2*n* 0,25*π*Øk,hrsd

* rekening is gehouden met 2 snedigheid van de haarspelden

Unity Check	U.C	0,94	U.C.= As,d/ As

Inleiding paal trekkrachten (groep 5)

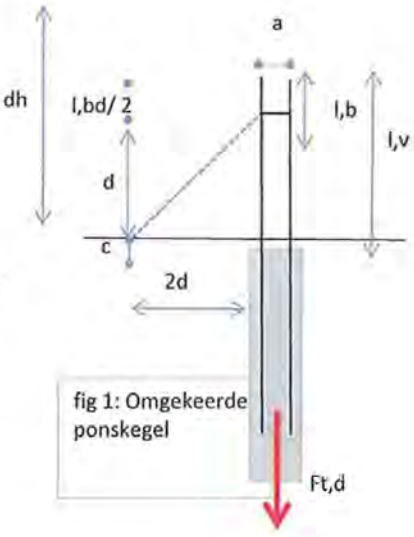


fig 1: Omgekeerde ponskegel

Afmetingen

Diameter funderingspaal	D	406	[mm]	
h.o.h. stekwapening	a	281	[mm]	a=D-2*c- Øk,s
Nuttige hoogte doorsnede	dh	810	[mm]	
Lengte stekken	l,v	700	[mm]	
Dekking op onderwapening	c	50	[mm]	
Afstand hart kolom tot rand plaat	S	600	[mm]	
Paalafwijking	L,a	0	[mm]	
Doorsnede onderwapening	Asl	5153	[mm^2/m^1]	(Ø16-100 + Ø20-100)

Materialen

Betonsterkte	C30/37			
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Ontwerp trekspanning beton	fctd	1,35	[N/mm^2]	
Diameter paalstek	Øk,s	25	[mm]	
Diameter onderwapening	Øk	16	[mm]	

Benodigde verankeringslengte

Aanhechting coefficient	η1 = η2	1		
Aanhecht spanning	f_{bd}	3,04	[N/mm^2]	f_{bd}= 2,25* η1*η2*f_{ctd}
Spanning in staaf	σ_{sd}	435	[N/mm^2]	(in uiterst geval)
Basis verankeringslengte	$l_{b,qrd}$	894	[mm]	$l_{b,qrd}$ = (Øk1* σsd) / (4* fbd)
Coefficienten α1,α3, α4 en α5	αi	1		
Coefficienten α2	αi	0,7		
Verankeringslengte design	$l_{bd,1}$	626	[mm]	l_{bd} = α1*α2*α3*α4*α5* $l_{b,qrd}$

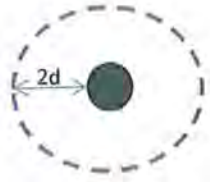


fig 2: Midden kolom

Afmeting controle omtrek

Type paal	Rand			
Effectieve hoogte	d	289	[mm]	d= L,v- c- l,bd/2-2,5* Øk
Afstand rand belasting tot omtrek	2d	578	[mm]	
Omtrek	u	3458	[mm]	u=0,5*π*(a+2*2d)+2*(S-L,a)

** De omtrek is bepaald volgens de figuren 2 t/m 4*

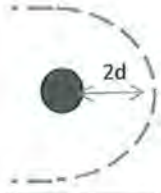


fig 3:Rand kolom

Optredende schuifspanning

Belasting	$F_{t,d}$	667	[kN]	(zie blz C-10)
Excentrischiteits factor	β	1		
Optredende schuifspanning	V_{ED}	0,67	[N/mm^2]	V_{ED} = $F_{t,d}$/(u* d)

Ponsweerstand 1ste controle doorsnede

Coefficient	Crd,c	0,12		
Coefficient	k	1,83		
Verhouding langswapening	ρ1	0,006		ρ1= Asl /(bw* dh)
Schuifspanning opneembaar	V_{Rdc}	0,59	[N/mm^2]	

fig 4: Hoek kolom

Unity Check	U.C	1,14	U.C.= V_{ED}/ V_{Rdc}

Benodigde haarspelden

Benodigd staal oppervlakte	As,d	1533	[mm^2]	
Aantal haarspelden	n	3	[stk.]	
Diameter haarspeld	Øk,hrsd	20	[mm]	
Aanwezige hoeveelheid staal	As	1885	[mm^2]	As= 2*n* 0,25*π*Øk,hrsd

* rekening is gehouden met 2 snedigheid van de haarspelden

Unity Check	U.C	0,81	U.C.= As,d/ As

Bijlage G: Berekening paalwapening

Berekening wapening paalkopwapening

Geometriepaal

Diameter buispaal $D_s = 456$ mm → zie bijlage geotechnische rapportage.

Diameter betonpaal $D = 456 - 2.15 = 426$ mm.

Minimale betondekking $c_{min} = 40$mm → toepassen $C = 50$mm

Materialen

Betonkwaliteit C30/37 → $f_{ck} = 30$ N/mm² $f_{ctm} = 2,9$ N/mm²
$f_{cd} = 30/1,5 = 20$ N/mm² $E_{cm} = 33000$ N/mm²

Betonstaal B-500B → $f_{yd} = 435$ N/mm²
$E_s = 2,1 \cdot 10^5$ N/mm²

Belastingen

$N_{Ed} = 781$ kN (trek) (uit C-31)
$M_{dy} = 37$ kNm
$M_{dx} = 8$ kNm

$M_d = \sqrt{8^2 + 37^2} = 38$ kNm

$\gamma_n = 1,22$ Belastingfactor volgens tabel uitgangspuntennota.

Berekening buigwapening kopnet

$A_c = \frac{1}{4} \pi 426^2 = 142531$ mm²

$\frac{N_{Ed}}{f_{cd} A_c} = \frac{781 \cdot 10^3}{20 \cdot 142531} = 0,27$ Aflezen tabel 10.4B GTB

$R = 0,4$

$\frac{M_d}{f_{cd} \cdot A_c \cdot D} = \frac{38 \cdot 10^6}{20 \cdot 142531 \cdot 426} = 0,03$

$\rho = R \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,4 : 20/435 = 0,018$

$A_{sd} = A_c \cdot \rho = 142531 \cdot 0,018 = 2621$ mm²

Kleine wapening $7\varnothing25 \Rightarrow A_s = \frac{7}{4} \pi 25^2 = 3436$ mm²

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet in de UGT

datum	
gezien	
bladnr.	6-1

breijn
www.breijn.nl

Controle scheurwijdte

$\sigma_s = \frac{f_{yd} \cdot A_{sd}}{\gamma_m \; A_s} = \frac{435 \cdot 2621}{1{,}22 \cdot 3436} = 272\ N/mm^2 \Rightarrow k_1 = 1{,}0$

↳ tabel 4 uitgangspunten

$s_{rmax} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi_h}{\rho_{eff}}$

IV

$k_1 = 0{,}8 \qquad k_3 = 3{,}4$
$k_2 = 0{,}5 \qquad k_4 = 0{,}425$

$\rho_{eff} = \frac{A_{s,1\ staaf}}{B_{eff} \cdot H_{eff}} = \frac{\frac{1}{4}\pi 25^2}{135 \cdot 117} = 0{,}031$

$B_{eff} = \text{H.O.H. wapening} = \frac{\pi \cdot (\overset{D}{426} - 2 \cdot \overset{c}{50} - \overset{\phi_h}{25})}{\underset{n\ staven}{7}} = 135\ mm$

$H_{eff} = Min\left[2{,}5 \cdot \underbrace{(D-d)}_{D-d = c + \frac{1}{2}\phi_h}; D - x_u/3; D/2\right] = Min\left[2{,}5 \cdot \underbrace{\left(50 + \frac{25}{2}\right)}_{156}; \underbrace{\frac{426 - 75}{3}}_{117}; \underbrace{\frac{426}{2}}_{213}\right] = 117\ mm$

aanname x_u

$s_{rmax} = 3{,}4 \cdot 50 + 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}425 \cdot 25 / 0{,}031 = 307\ mm$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \left(\frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} 1 + \alpha_e \rho_{eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$

IV

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \frac{272 - 0{,}4 \cdot \frac{2{,}9}{0{,}031} \cdot \left(1 + \frac{2{,}0 \cdot 10^5}{33\,000} \cdot 0{,}031\right)}{2{,}10^5} > 0{,}6 \cdot \frac{272}{2p \cdot 10^5} \Rightarrow 0{,}0011 > 8{,}34 \cdot 10^{-4}$

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0{,}0011$

$W_k = s_{rmax} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 307 \cdot 0{,}0011 = 0{,}35\ mm$ (optredend)

$W_{kmax} = W_{max} \cdot \frac{c}{c_{min}} = 0{,}3 \cdot \frac{50}{40} = 0{,}38\ mm$ (toelaatbaar)

$W_k \leq W_{max} \Rightarrow$ Voldoet

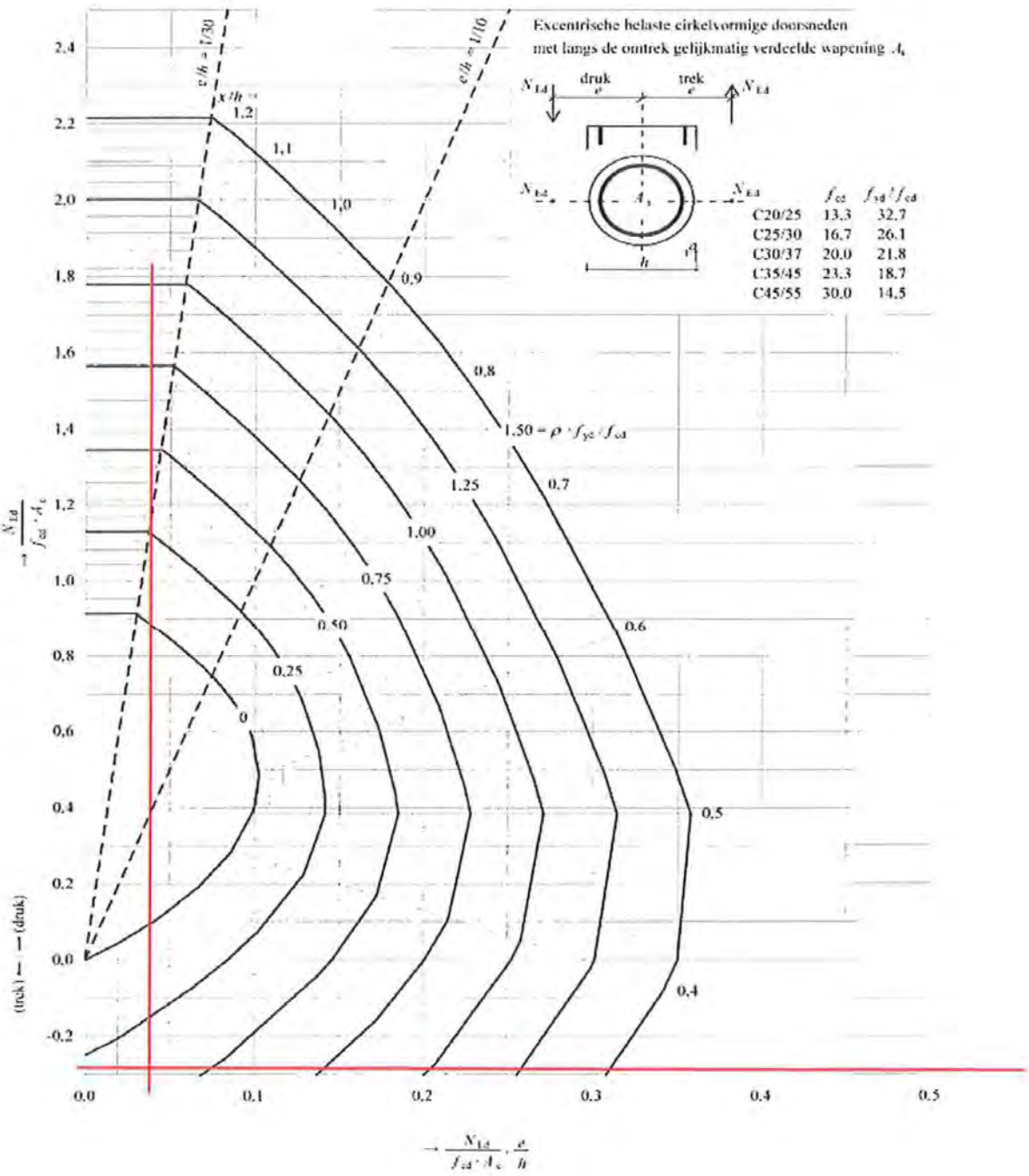
Berekening paalkopwapening

Geometrie paal				
Buitendiameter buispaal	Ds	456	[mm]	
Dikte buis	tf	15	[mm]	
Diameter betonpaal	D	426	[mm]	D= Ds- 2* tf
Minimale dekking wapening	cmin	40	[mm]	
Toegepaste dekking wapening	c	50	[mm]	
Beton oppervlakte	Ac	142531	[mm^2]	Ac = 0,25*π*D^2
Materialen				
Betonkwaliteit		C30/37		
Betonstaal vloeispanning	fyd	435	[N/mm^2]	
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Design druksterkte	fcd	20	[N/mm^2]	
Gemiddelde treksterkte	fctm	2,9	[N/mm^2]	
E-mod staal	Es	200000	[N/mm^2]	
E-mod beton	Ecm	32837	[N/mm^2]	
Stijfheidverhouding	αe	6		αe = Es/ Ecm
Belastingen				
Normaal trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C-31)
Moment om y as	Md,y	37	[kNm]	(zie blz C-31)
Moment om z as	Md,z	8	[kNm]	(zie blz C-31)
Resulterend moment	Md	38	[kNm]	Md= (Md,y^2+ Md,z^2)^{0,5}
Belastingfactor	Yn	1,22		Tabel 4 uitgangspuntennota
Berekening buigwapening kopnet (m.b.v. GTB tabel 10.4.b)				
Normaalkracht coefficient	W1	0,27		n1 =N,td/ (fcd* Ac)
Moment coefficient	W2	0,03		n2 =M,td/ (fcd* Ac*D)
	R	0,4		(Aflezen grafiek)
Wapeningshoeveelheid	ρ	0,0184		ρ = R* fcd/ fyd
Minimale benodigde wapening	Asd1	2621	[mm^2]	Asd= Ac* ρ
Keuze wapening kopnet				
Diameter wapeningstaaf	Øk1	25	[mm]	
Aantal staven	n	7	[stk.]	
h.o.h afstand staven	s	135	[mm]	s = π*(D-2*c-Øk)/ n
Aanwezige wapening	As1	3436	[mm^2]	As = n* 0,25* π* $Øk^2$
Unity check	U.C.	0,76	Voldoet	U.C. = Asd/ As
Controle scheurwijdte				
Frequente belastingsdactor BGT	ψ1	1		ψ1 = 1,0 voor hoekmasten en 0,75 voor s
Staalspanning	Gs	272	[N/mm^2]	Gs1 = (fyd * Asd)/(Yn * As1) * ψ1
Drukzone paal	xu	75		(aanname)
	k1	0,8		k3 3,4
	k2	0,5		k4 0,425
Effectieve breedte	Beff	135	[mm]	(gelijk genomen aan h.o.h. wapening)
Effectieve hoogte	Heff	117	[mm]	Heff = MIN(2,5*(c+0,5*Øk);(D-Xu)/3;(D/2))
Wap verhouding trekzone	$\rho_{p,eff}$	0,031		$\rho_{p,eff}$ = (As/n) / (Beff * Heff)
Factor langdurende belasting	k_t	0,4		
Maximale scheurafstand	$S_{r,max}$	307	[mm]	$S_{r,max}$ =k3*c+k1*k2*k4*dk/ $\rho_{p,eff}$
Scheur rek	ε_{sm} - ε_{cm}	0,0011		(zie formule onder aan bladzijde)
Optredende scheurwijdte	W_k	0,35	[mm]	W_k = $S_{r,max}$* (ε_{sm} - ε_{cm})
Maximale scheurwijdte	W_{max}	0,3	[mm]	(tabel 7,1N; NB EC2; MK XC4:)
Toelaatbare scheurwijdte	W_{kmax}	0,38	[mm]	W_{kmax} = W_{max} * C/C_{min}
	U.C.	0,93	Voldoet	U.C. = Wmax/ Wkmax

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6\,\frac{\sigma_s}{E_s}$$

buiging en normaalkracht

C20/25 - C45/55 B500 0,15



G-4

Dwarskrachtwapening paal kop

Dimensionering wapening op basis van Cement artikel "dwarskrachtwapening in ronde kolommen en funderingspalen" 2006.

Belastingen

* $V_d = 38$ kN ⇒ blz C-31
  $M_{dt} = 781$ kNm

* Volgens Scia is V_d gelijk aan 39 kN. Deze waarde is onnauwkeurig omdat Scia niet goed overweg kan met elementen die ondersteund zijn met een bedding. Van de berekening is een V_d aangehouden van 50 kN.

Dwarskracht capaciteit ronde doorsnede

$r = D/2 = 426/2 = 213$ mm (zie blz H-1)

$r_s = r - c - \phi_h/2 = 213 - 50 - 25/2 = 151$ mm²

$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{2 \cdot r_s}{\pi \cdot r}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{2 \cdot 151}{\pi \cdot 213}\right) = 0{,}47$ rad

$A_v = r^2\left(\frac{\pi}{2} + \alpha + \sin\alpha \cdot \cos\alpha\right) = 213^2\left(\frac{\pi}{2} + 0{,}47 + \sin(0{,}47) \cdot \cos(0{,}47)\right) = 110660$ mm²

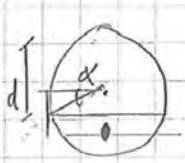
$\tau_d = \frac{V_d}{A_v} = \frac{38 \cdot 10^3}{110660} = 0{,}34$ N/mm² (optredend)

$\tau_u = \tau_1 - \tau_n = 0{,}035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ch}^{1/2} - \frac{N_{dt}}{A_c} \cdot k_1 = 0{,}035 \cdot 1{,}79^{3/2} \cdot 30^{1/2} - \frac{781 \cdot 10^3}{152053} \cdot 0{,}15 =$

$\tau_u = -0{,}36$ N/mm²

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{331}} = 1{,}79$

$d = D/2 + D/2 \tan(\alpha)$
$d = 426/2 + \frac{426}{2} \cdot \tan(0{,}47) = 320$ mm



$\tau_u < \tau_d$ ⇒ dwarskrachtwapening nodig.

Dwarskrachtwapening

Indien beugelwapening

$A_{sr} = \frac{2 \cdot n_s \cdot \sigma_d}{0,9 \cdot f_{yd}} = \frac{2 \cdot 151 \cdot 0,34}{0,9 \cdot 435} = 0,264 \text{ mm}^2/\text{mm} \Rightarrow 264 \text{ mm}^2/\text{m}$

Rekening houdend met 2-snedigheid $A_{sr} = 264/2 = 132 \text{ mm}^2/\text{m}'$

Keuze wapening $\phi 8 - 250 \Rightarrow A_s = \pi \cdot 8^2 = 201 \text{ mm}^2/\text{m}'$

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet

Indien spiraalwapening

Keuze spoed $p = 150 \text{ mm}$ eis: $p < \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 320 = 160 \text{ mm}$

$150 \text{ mm} < 160 \text{ mm} \Rightarrow$ Voldoet.

$A_{sd} = \frac{\pi \cdot p \cdot \sigma_d}{0,9 \cdot f_{yd} \cdot (1 - 0,275 \cdot \frac{p}{\pi})} = \frac{213 \cdot 150 \cdot 0,34}{0,9 \cdot 435 \cdot (1 - 0,275 \cdot \frac{150}{213})} = 35 \text{ mm}^2$

Keuze wapening $\phi 8 \Rightarrow A_s = \frac{\pi 8^2}{4} = 50 \text{ mm}^2$

Keuze wapening $\phi 8 - p = 150$

$A_s > A_{sd} \Rightarrow$ Voldoet

Berekening dwarskrachtwapening kopnet

Belastingen

Dwarskracht	Vd	38	[kN]	(zie blz C31)
Opredende trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C31)

Doorsnede grootheden

Straal betondoorsnede	r	213	[mm]	r= D/2
Straal tot wapening	rs	151	[mm]	rs= D/2- c- Øk/2
Hoek	α	0,47	[rad]	α= sin^{-} [(2*rs)/(π*r)]
Oppervlakte afschuifvlak	Av	110660	[mm^2]	Av= r^2* (π/2+ α+ sin(α)*cos(α))
Optredende schuifspanning	τd	0,34	[N/mm^2]	τd= Vd/ Av
Opneembare schuifspanning	v_{min}	0,46	[N/mm^2]	v_{min}= 0,035* k$^{(3/2)}$* fck$^{(1/2)}$
Nuttige hoogte doorsnede	d	320	[mm]	d= D/2 + (D/2)* tan(α)
Schaalfactor	k	1,79		k= 1+ (200/d)^{0,5}
Reductie door trekkracht	τ,n	0,82	[N/mm^2]	τ,n= (N,dt/ Ac) *k1
Reductiefactor	k1	0,15		
Oneembare schuifspanning	τ,u	-0,36	[N/mm^2]	τ,u= v_{min} - τ,n

** τ,u is kleiner dan nul. Dwarkrachtwapening moet alles opnemen*

Berekening benodigde dwarskrachtwapening

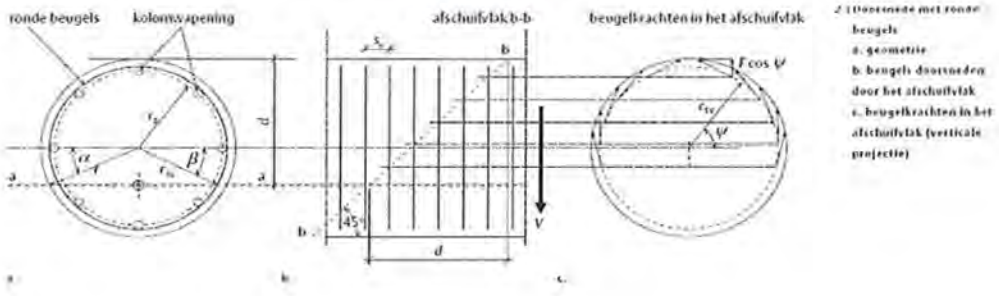
Keuzen beugel/ spiraal wap.	Øk2	8	[mm]	
h.o.h. beugels	s	250	[mm]	
Spoed	p	150	[mm]	eis dat p <0,5*d

Oplossing indien beugelwapening

Benodigd staal oppervlakte	Asv,2	264	[mm^2/m]	As,2v=[2* rs* τd/(0,9* fyd)]*1000
Asv met 2-snedigheid	Asv,1	132	[mm^2/m]	
As aanwezig	As	201	[mm^2/m]	
	U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Asv,1/ As

Oplossing indien spiraalwapening

Benodigd staal oppervlakte	Asvh	33	[mm^2]	Asvh= [r* p*τd] /[(0,9* fyd* (1-0,225* p/r)]
Staal oppervlakte aanwezig	As	50	[mm^2]	
	U.C.	0,66	Voldoet	U.C. = Asvh/ As



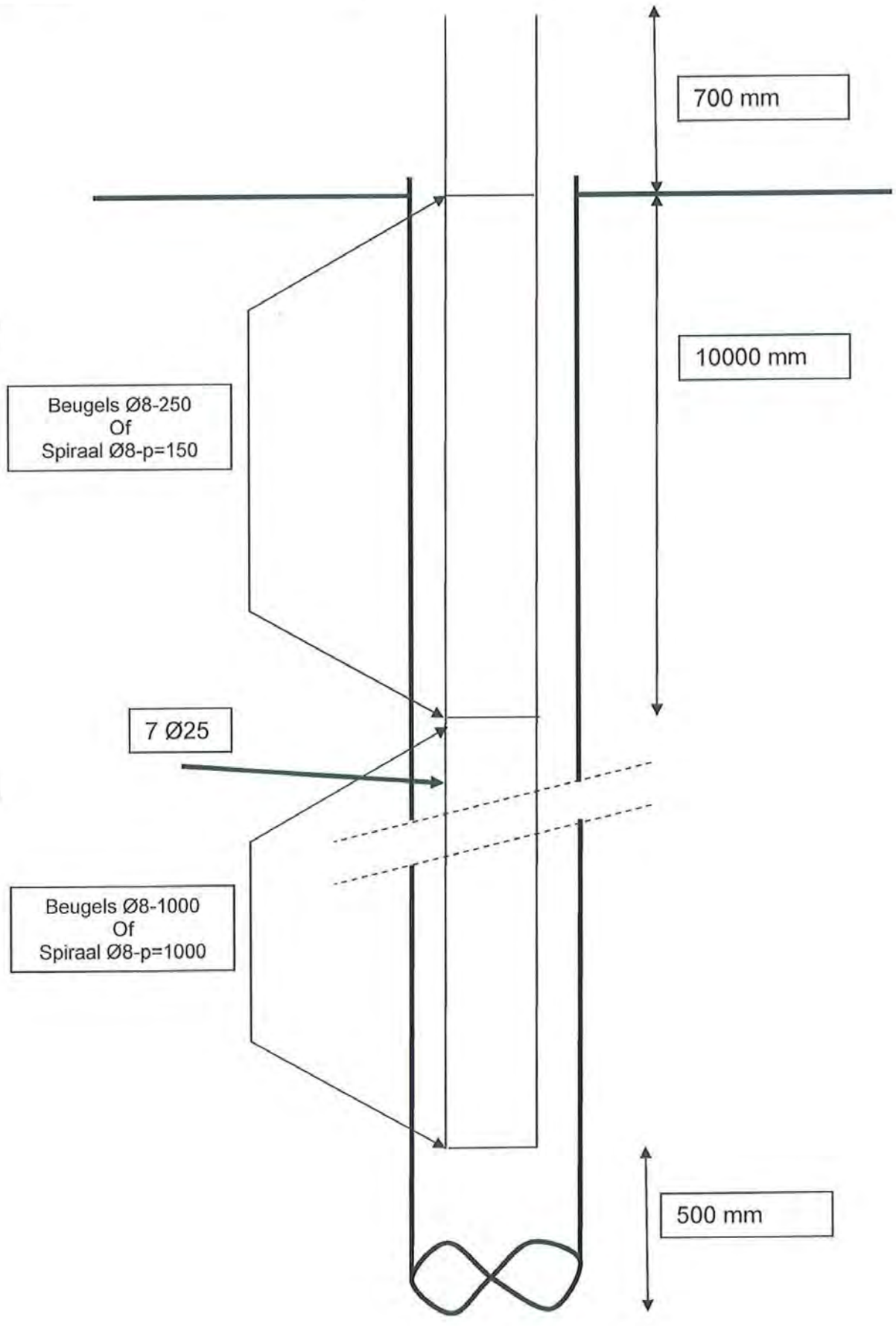
2 (Doorsnede met ronde beugels
a. geometrie
b. beugels doorsneden door het afschuifvlak
c. beugelkrachten in het afschuifvlak (verticale projectie)

Berekening paalwapening buiten kopnet

Geometrie paal				
Buitendiameter buispaal	Ds	456	[mm]	
Dikte buis	tf	15	[mm]	
Diameter betonpaal	D	426	[mm]	D= Ds- tf
Minimale dekking wapening	cmin	40	[mm]	(tabel 4.4N, EN1992, XC2)
Toegepaste dekking wapening	c	50	[mm]	
Beton oppervlakte	Ac	142531	[mm^2]	Ac = 0,25*π*D^2
Materialen				
Betonkwaliteit				
Betonstaal vloeispanning	fyd	435	[N/mm^2]	
Karakterstieke druksterkte	fck	30	[N/mm^2]	
Design druksterkte	fcd	20	[N/mm^2]	
Gemiddelde treksterkte	fctm	2,9	[N/mm^2]	
E-mod staal	Es	200000	[N/mm^2]	
E-mod beton	Ecm	32837	[N/mm^2]	
Stijfheidverhouding	αe	6		αe = Es/ Ecm
Belastingen				
Normaal trekkracht	N,td	781	[kN]	(zie blz C-31)
Belastingfactor	γn	1,22		Tabel 15 uitgangspuntennota
Berekening wapening				
Diameter wapeningstaaf	Øk1	25	[mm]	
Aantal staven	n	7	[stk.]	
h.o.h afstand staven	s	135	[mm]	s = π*(D-2*c-Øk)/ n
Benodigde wapening	As,d	1795	[mm^2]	As,d= Nd,t/ fyd
Aanwezige wapening	As	3436	[mm^2]	As= n* 0,25* π*$Øk^2$
Unity check	U.C.	0,52	Voldoet	U.C. = Asd/ As
Controle scheurwijdte				
Staalspanning	Gs	186	[N/mm^2]	Gs1 = (fyd * Asd)/(Yn * As1)
Drukzone paal	xu	0		(volledig trek)
	k1	0,8		k3 3,4
	k2	1		k4 0,425
Effectieve breedte	Beff	135	[mm]	(gelijk genomen aan h.o.h. wapening)
Effectieve hoogte	Heff	142	[mm]	Heff = MIN(2,5*(c+0,5*Øk);(D-Xu)/3;(D/2))
Wap verhouding trekzone	$\rho_{p,eff}$	0,026		$\rho_{p,eff}$ = (As1/ n)/ (Beff * Heff)
Factor langdurende belasting	k_t	0,4		
Maximale scheurafstand	$S_{r,max}$	502	[mm]	$S_{r,max}$=k3*c+k1*k2*k4*dk/ $\rho_{p,eff}$
Scheur rek	ε_{sm} - ε_{cm}	0,0007		(zie formule onder aan bladzijde)
Optredende scheurwijdte	W_k	0,3	[mm]	W_k = $S_{r,max}$* (ε_{sm} - ε_{cm})
Maximale scheurwijdte	W_{max}	0,3	[mm]	(tabel 7,1N; NB EC2; MK XC4:)
Toelaatbare scheurwijdte	W_{kmax}	0,4	[mm]	W_{kmax} = W_{max} * C/C_{min}
	U.C.	0,89	Voldoet	U.C. = Wmax/ Wkmax

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$D_{buispaal}$ = 456 mm
D_{beton} = 440 mm
C_{min}= 40 mm; C = 50 mm
C30/37
MK: XC2



Bijlage H: Geotechnische rapportage

Memo

Datum	20 augustus 2012	Van	Erik Cevaal
Project	Randstad 380 kV Noordring-Noord	Telefoon	+31 (0)6 52 01 67 23
Onderwerp	Beschrijving berekenmethodiek veerstijfheden en beddingsconstanten	Fax	+31 (0)73 543 64 12
		E-mail	ecevaal@breijn.nl
Ons kenmerk	2410010-MEM-GEOT-004, Versie 2.0		

Aan	*Leo Molenbroek (Breijn O&A)*
Kopie aan	*Janneke Salemans (Breijn-O&A)*

Algemeen

Gevraagd is om voor bovenvermeld project een beschrijving te geven van de berekenmethodiek en uitgangspunten voor het bepalen van zowel de horizontale beddingsconstante als de verticale veerstijfheid van de paalfunderingen. Het betreft de berekenmethodiek die wordt gehanteerd voor de paalfunderingen van alle wintrackmasten van project *"Randstad 380 kV Noordring-Noord"*.

Ter onderbouwing van de rekenmethodieken voor het bepalen van de beddingsconstante en veerstijfheden, wordt onderscheid gemaakt in een drietal berekeningsstappen:

1. Bepaling horizontale beddingsconstanten
2. Bepaling verticale veerstijfheid van op druk belaste palen
3. Bepaling verticale veerstijfheid van op trek belaste palen

Bij bovenvermelde onderdelen wordt telkens ingegaan op de gehanteerde berekeningsmethodiek en de resultaten. Hierbij is met de constructeur afgestemd welke resultaten benodigd zijn voor de geotechnische- en constructieve berekeningen.

In onderhavig document is mastlocatie 1 als voorbeeldcase gehanteerd.

Gehanteerde documenten

1. Breijn O&A, Vormtekening (palenplan), kenmerk [T-VO-KW-V-004]
2. Breijn O&A, Berekeningsrapport R-Poer "TenneT: Fundatie Wintrackmasten, Traject "*Randstad 380 kV Noordring-Noord*", kenmerk [2410010-BER-DO-KW-001], versie 1.0, 20 augustus 2012;
3. Breijn O&A, Uitgangspuntennota "TenneT: Fundatie Wintrackmasten, Traject "*Randstad 380 kV Noordring-Noord*", kenmerk [2410010-AL-RAP-KW-001], versie 1.0, 20 augustus 2012;
4. MOS Grondmechanica, Geotechnisch grondonderzoek, opdr.nr. [0013310], 2 juni 2010;
5. Dino-loket, geotechnisch grondonderzoek, 8 september 1987, kenmerk onbekend.

Breijn B.V., Ontwerp en Advies
Graafsebaan 67, 5248 JT Rosmalen • Postbus 37, 5240 AA Rosmalen • Nederland
Telefoon +31 (0)73 543 64 01 • Fax +31 (0)73 543 64 02 • E-mail info@breijn.nl • www.breijn.nl
ING Bank 67.46.28.985 (IBAN NL82 INGB 0674 6289 85, BIC INGBNL2A)
Handelsregister 35017895 • BTW NL.0074.23.056.B.01

Gehanteerde normen en richtlijnen:

6. NEN-EN 1997-1: 2009 – Eurocode 7-1 – Geotechnisch ontwerp – deel 1: Algemene regels, juli 2010
7. NEN-EN 1997-1/NB – Nationale bijlage bij Eurocode 7-1, juli 2009
8. NEN 9097-1 – Aanvullende bepalingen voor het geotechnisch ontwerp, juli 2010
9. CUR-AB 77, Rekenregels voor ongewapende onderwaterbetonvloeren, mei 2001
10. CUR 228, Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen, 2010

Uitgangspunten

Onderstaande uitgangspunten zijn bij de berekeningen van de voorbeeldcase van mast 1 gehanteerd. Betreft een funderingspoer, type R38,5.

- Bodemopbouw is bepaald aan de hand van het door Mos Grondmechanica uitgevoerde grondonderzoek ter plaatse van mastlocatie 1, betreffende sonderingen 1CFI en 1WSP, opdrachtnummer; 0013310, d.d. 2 juni 2010. Sondering 1CFI is maatgevend bevonden en gehanteerd voor het bepalen van de horizontale beddingsconstanten. Voor de bepaling van de elasticiteitsmodulus van Ménard ($E_{Ménard}$) is de gemiddelde conusweerstand in rekening gebracht.
  Door ontbreken van de digitale sondeergrafieken (*GEF-bestand) zijn gezien de uniformiteit van de bodem ter plaatse van mast 1, nabijgelegen sondering S25A01907, S25A01908 en S25A01909 bij de draagkrachtberekeningen (en daaruit volgende verticale veerstijfheden) gehanteerd. De grondparameters zijn door gebrek aan laboratoriumonderzoek, gebaseerd op NEN-EN 1997, tabel 2.b. De sonderingen zijn in bijlage 1 opgenomen.
- De paalfundering van mast 1 wordt uitgevoerd met Vibro-palen Ø456 mm (voetplaat is 510 mm). De paallocaties zijn conform [1], ofwel een hart-op-hart afstand van 1,5 à 1,96 m (onderkant poer) is aangehouden. Specificaties van dit paalsysteem zijn in bijlage 2 opgenomen;
- De maximaal toepasbare paallengte bedraagt 26,0 m t.o.v. het maaiveldniveau. Dit is de maximale lengte die met het beoogde materieel kan worden uitgevoerd.
- De in rekening te brengen paaldiameter voor de horizontale beddingsconstante is Ø456 mm. Dit is gelijk aan de uitwendige buisdiameter. De buis wordt heiend teruggetrokken;
- Paalfactoren voor bepaling trekdraagkracht Vibro paal: α_t (zand) = 0,012; γ_{st} = 1,35 γ_{var} = 1,5;
- Paalfactoren voor bepaling drukdraagkracht Vibro paal: α_s (zand) = 0,014; α_p = 1,00; β=s = 1,00; γ_b = 1,20; γ_s = 1,20;
- Factor ξ_3 en ξ_4 zijn vastgesteld conform NEN 9097-1. Bij 2 sonderingen voor een stijf bouwwerk is ξ_3 = 1,20 en ξ_4 = 0,96;
- Schoorstand funderingspalen is 10:1 (v:h);
- Maaiveldniveau is NAP -1,99 m;
- O.k. poer t.p.v. mast 1 (type R38,5) is NAP -4,30 m. Ontgravingniveau is ca. NAP -4,4 m;
- Freatische grondwaterstand is *aangenomen* op 0,5 m minus maaiveld, te weten ca. NAP -2,4 m;
- Hart-op-hart afstanden tussen funderingspalen op paalkopniveau, conform [1]. Voor het berekende trekdraagvermogen en de veerstijfheid is de hart-op-hart afstand bepaald op het niveau waar 50% van het (trek)draagvermogen wordt gehaald, rekening houdend met de schoorstand van 10:1 (v:h);

- Aan de kleilagen wordt geen trekdraagkracht ontleend. Indien gewenst mag hiervoor een α_s en α_t worden aangehouden conform tabel 7.d van NEN 9997-1;
- Het groepseffect is meegenomen in de berekeningen van het trekdraagvermogen en de verticale veerstijfheid (trek). De veerstijfheid is voor zowel druk- als trekbelasting op de palen, berekend volgens de methode voor statische belasting.

Rekenmethodiek beddingconstante en veerstijfheid

Horizontale beddingsconstante

De horizontale beddingsconstante is bepaald aan de hand van de methode Ménard. Volgens deze methode wordt de horizontale beddingsconstante benaderd aan de hand van een empirische formule, afhankelijk van de grondsoort, de paaldiameter en de conusweerstand.

De benodigde parameters voor de bepaling van de horizontale beddingsconstanten worden bepaald aan de hand van het beschikbare geotechnisch onderzoek. Op basis van sonderingen (en indien beschikbaar boringen of laboratoriumonderzoek), wordt de bodemopbouw en bijhorende parameters bepaald.

Als voorbeeldcase zijn de horizontale beddingsconstanten van de paalfundering van mast 1 bepaald.

Berekeningsresultaten

Zoals hierboven beschreven zijn de horizontale beddingsconstanten voor de funderingspalen bepaald volgens methode Ménard. In tabel 1 zijn de berekende resultaten opgenomen.

Gehanteerde sondering:		1CFI									
Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	**Grondsoort [-]**	**γ' [kN/m³]**	**φ' [°]**	**c' [kPa]**	**qc [MPa]**	**Ep [kPa]**	**Horizontale beddingsconstante kh [kN/m³] Diameter palen [mm]**				
							456	456	456	456	456
-1,91	KLEI	18	22,5	5,0	**3,0**	6000	24400	24400	24400	24400	24400
-2,2	VEEN	13	15,0	2,5	**0,9**	2700	7800	7800	7800	7800	7800
-2,4	VEEN	2	15,0	2,5	**0,9**	2700	7800	7800	7800	7800	7800
-2,7	KLEI	5	22,5	0,0	**0,8**	1600	6500	6500	6500	6500	6500
-5,8	VEEN	2	15,0	2,5	**0,5**	1500	4400	4400	4400	4400	4400
-6,1	KLEI	8	22,5	5,0	**1,0**	2000	8100	8100	8100	8100	8100
-8,8	ZAND	9	30,0	0,0	**9,0**	6300	38200	38200	38200	38200	38200
-15,3	KLEI	7	17,5	5,0	**0,9**	1800	7300	7300	7300	7300	7300
-17,8	VEEN	3	15,0	2,5	**1,5**	4500	13100	13100	13100	13100	13100
-18,3	ZAND	9	30,0	0,0	**10,0**	7000	42500	42500	42500	42500	42500
-20,7	ZAND	11	35,0	0,0	**30,0**	21000	127400	127400	127400	127400	127400
-22,7	ZAND	9	30,0	0,0	**11,0**	7700	46700	46700	46700	46700	46700
-23,6	ZAND	11	35,0	0,0	**25,0**	17500	106200	106200	106200	106200	106200
-31,0	ZAND	10	25,0	0,0	**9,5**	6650	40300	40300	40300	40300	40300
-31,7	ZAND	11	35,0	0,0	**32,0**	22400	135900	135900	135900	135900	135900

Tabel 1 – Horizontale beddingsconstanten (Ménard)

De berekende horizontale beddingsconstanten voor de Vibro-palen Ø456 mm (voetplaat 510 mm), met sondering 1CFI zijn in tabel 1 opgenomen. Deze horizontale beddingsconstanten zijn vervolgens als invoerparameters in de constructieve berekeningen toegepast. Om de in tabel 1

weergegeven resultaten op een juiste wijze te vertalen naar de invoer voor de constructieve berekening, moeten de berekende horizontale beddingsconstanten worden vermenigvuldigd met de paaldiameter.

Voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse van de constructieberekeningen wordt geadviseerd om uit te gaan van het volgende:

- $k_{paal;laag;rep} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$
- $k_{paal;hoog;rep} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$

Verticale veerstijfheid (druk)

De verticale veerstijfheid van op druk belaste palen is de functie van de totale paalbelasting en de paalzakking. Met de totale paalbelasting wordt bedoeld: de paalkopbelasting conform opgaaf constructeur vermeerderd met de negatieve kleef.
Omdat de gehele paal wordt gemodelleerd in de constructieve berekeningen, moet enkel de puntzakking in rekening worden gebracht. De elastische verkorting van de paal wordt in de constructieve berekening bepaald. Voor de veerstijfheid (druk) is de samendrukking van de lagen onder de paalpunt (s2) niet meegenomen door de korte duur van de maximale (variabele) belastingen op de paal.

De verticale veerstijfheid voor op druk belaste palen wordt als volgt berekend:

$$k_{v;gem} = \frac{F_{c;tot;i;rep}}{S_{punt}} \qquad (1.1)$$

Waarin:

$k_{v;gem}$	Is de verticale veerstijfheid (druk). Voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse van de constructieberekeningen wordt geadviseerd om uit te gaan van het volgende: - $k_{paal;laag;rep} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$ - $k_{paal;hoog;rep} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$
$F_{c;tot;i;rep}$	Is de totale verticale paalbelasting (incl. negatieve kleef)
S_{punt}	Is de zakking van de paalpunt

De totale verticale paalbelasting (incl. negatieve kleef) en de zakking van de paalpunt worden berekend met het programma DFoundations, versie 8.1 van Deltares Systems. In deze berekening wordt een paalpuntniveau gekozen om het minimaal benodigde paaldraagvermogen te behalen. Wanneer het paaldraagvermogen is getoetst, wordt de totale verticale paalbelasting en de zakking van de paalpunt bepaald.

In de voorbeeldcase is het paaldraagvermogen en de verticale veerstijfheid van de paalfundering van mast 1 bepaald.

Berekeningsstappen

Zoals hierboven beschreven is zowel het draagvermogen als de verticale veerstijfheid (druk) voor de funderingspalen bepaald. Omdat bij deze berekeningen verschillende stappen worden doorlopen, is als vertrekpunt onderstaand stappenplan opgesteld.

Stap	Beschrijving	Voorbeeldcase mast 1
1	Bepaling representatief grondonderzoek. In de meeste gevallen bestaat dit uit een sondering en/of boring op de betreffende mastlocatie	Sondering S25A01907 en S25A01908 (Dino-loket)
2	Afleiden bodemopbouw en bijbehorende parameters	Zie tabel 1
3	Bepaling freatische grondwaterstand en stijghoogte	Aanname, 0,5 m minus maaiveld
4	Bepaling positieve- en negatieve kleefzone over de lengte van de paal (indien van toepassing)	o.k. negatieve kleef is NAP -18,0 m b.k. positieve kleef is NAP -18,0 m
5	Keuze paaltype, parameters en inschatting paalpuntniveau	Vibro-paal Ø456 mm (voetplaat is 510 mm). PPN is ingeschat op NAP -27,5 m.
6	Toetsing paaldraagvermogen	Voldoet (Indien niet wordt voldaan, terug naar stap 5), tabel 4b
7	Bepaling totale paalbelasting (inclusief negatieve kleef) en zakking paalpunt	Zie resultaten tabel 4c
8	Bepaling verticale veerstijfheid a.d.h.v. de bij stap 7 bepaalde resultaten	Zie resultaten tabel 4c

Tabel 2 – Stappenplan bepaling verticale veerstijfheid (druk)

Wanneer de in tabel 2 genoemde stappen worden gevolgd, wordt de verticale veerstijfheid bepaald aan de hand van formule (1.1). De berekeningsresultaten zijn in tabel 4b en 4c opgenomen.

Verticale veerstijfheid (trek)

De verticale veerstijfheid voor op trek belaste palen wordt bepaald volgens CUR-AB 77. Deze methode beschrijft de bepaling van een samengestelde veerstijfheid en wordt als volgt berekend:

$$\frac{1}{k_{trek;axiaal}} = \frac{1}{k_{schacht}} + \frac{1}{k_{elastisch}} + \frac{1}{k_{rek}} + \frac{1}{k_{kruip}} \qquad (1.2)$$

Waarin:

$k_{trek;axiaal}$ Is de verticale veerstijfheid (trek). Voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse van de constructieberekeningen wordt geadviseerd om uit te gaan van het volgende:
- $k_{paal;laag;rep} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$
- $k_{paal;hoog;rep} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$

$k_{schacht}$ Is de bijdrage uit mobilisatie van schachtwrijving, ($k_{schacht} = 190 \cdot F_{r;schacht;rep}$)

$k_{elastisch}$ Is de bijdrage van elastische verkorting van de paal, $k_{elastisch} = \frac{EA_{beton}}{L1 \cdot \frac{1}{2}(L-L1)}$

k_{rek} Is de bijdrage uit heffing van de grondlagen

k_{kruip} Is de bijdrage vanuit grondmechanische kruip

Het in rekening brengen van de verschillende delen is afhankelijk van de bodemgesteldheid en benodigde input voor de constructieve berekeningen. Omdat bij dit project de gehele paal wordt gemodelleerd door de constructeur (incl. $k_{elastisch}$) en rek- en kruip niet van toepassing is, wordt enkel de bijdrage uit mobilisatie van de schachtwrijving in rekening gebracht.

De verticale veerstijfheid voor op trek belaste palen wordt bij dit project dus aan de hand van de volgende formule bepaald:

$$\frac{1}{k_{trek;axiaal}} = \frac{1}{k_{schacht}} \qquad (1.3)$$

De bijdrage uit gemobiliseerde schachtwrijving ($k_{schacht}$) worden berekend met het programma DFoundations, versie 8.1 van Deltares Systems. In deze berekening wordt een paalpuntniveau gekozen (overeenkomstig met de “inschatting” bij de verticale veerstijfheid op druk) om het minimaal benodigde paaldraagvermogen te behalen, conform CUR 2001-4.
Wanneer het paaldraagvermogen is getoetst, wordt de verticale veerstijfheid bepaald aan de hand van formule 1.3.

Berekeningsstappen

Zoals hierboven beschreven is zowel het draagvermogen als de verticale veerstijfheid (trek) voor de funderingspalen bepaald. Omdat bij deze berekeningen verschillende stappen worden doorlopen, is als vertrekpunt onderstaand stappenplan opgesteld.

Stap	Beschrijving	Voorbeeldcase mast 1
1	Bepaling representatief grondonderzoek. In de meeste gevallen bestaat dit uit een sondering en/of boring op de betreffende mastlocatie	Sondering S25A01907 en S25A01908 (Dino-loket)
2	Afleiden bodemopbouw en bijbehorende parameters	Zie tabel 1
3	Bepaling freatische grondwaterstand en stijghoogte	Aanname, 0,5 m minus maaiveld
4	Bepaling bovenkant trekzone	1,0 m onder ontgravingniveau, is NAP -5,4 m (kleilagen niet in rekening gebracht)
5	Keuze paaltype, parameters en inschatting paalpuntniveau (conform tabel 2)	Vibro-paal Ø456 mm (voetplaat is 510 mm). PPN is ingeschat op NAP -27,5 m.
6	Toetsing paaldraagvermogen (trek en druk)	Voldoet (Indien niet wordt voldaan, terug naar stap 5), tabel 4b
7	Bepaling Fr;schacht;rep (trek), waarbij γ_{st} = 1,00 en γ_{var} = 1,00;	Zie resultaten tabel 4c
8	Bepaling verticale veerstijfheid a.d.h.v. de bij stap 7 bepaalde resultaten	Zie resultaten tabel 4c

Tabel 3 – Stappenplan bepaling verticale veerstijfheid (trek)

Wanneer de in tabel 2 genoemde stappen worden gevolgd, wordt de verticale veerstijfheid bepaald aan de hand van formule (1.3). De berekeningsresultaten zijn in tabel 4b en 4c opgenomen.

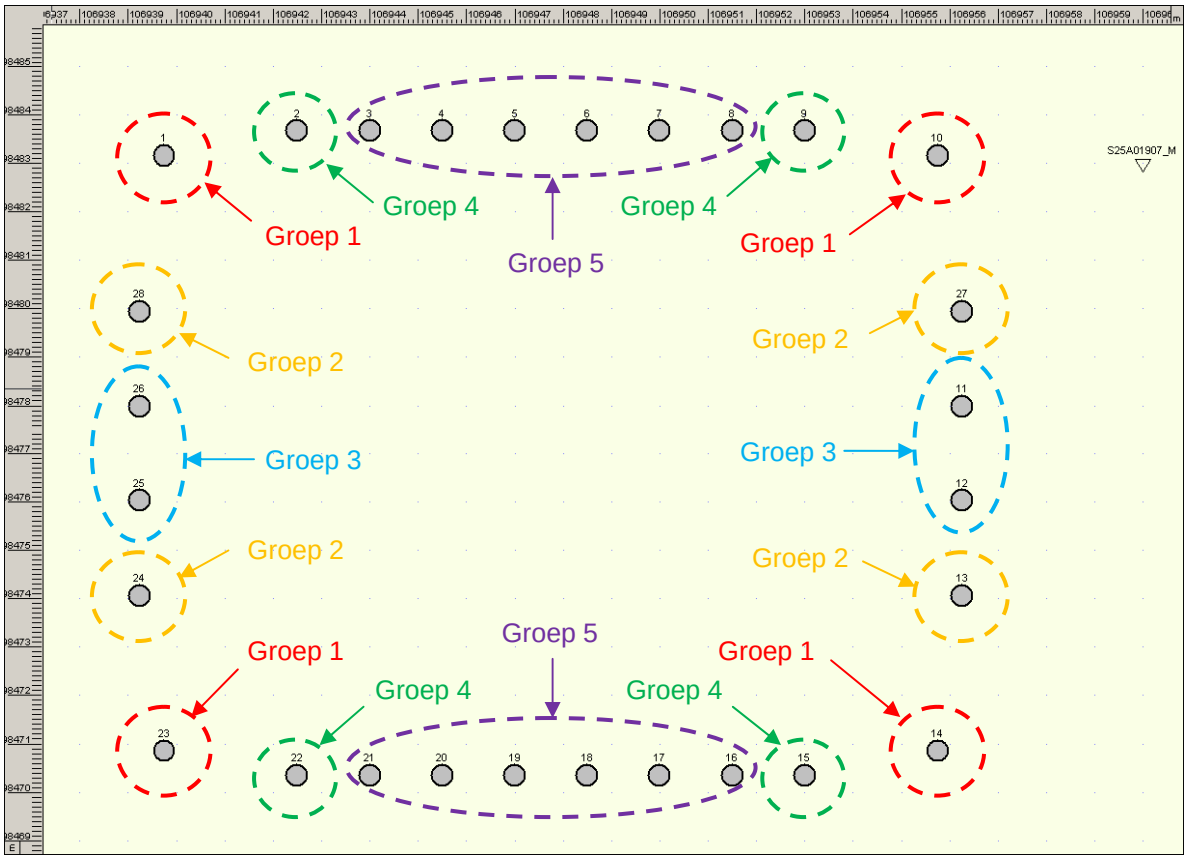
In de voorbeeldcase van mastlocatie 1 zijn de in tabel 2 en tabel 3 vermelde stappen opgenomen. Achtereenvolgend zijn de volgende berekeningen uitgevoerd voor mastlocatie 1:

- Bepalen horizontale beddingconstanten o.b.v. de gevonden bodemopbouw;
- Dimensioneren paalfundering aan de hand van het berekende trek- en drukdraagvermogen;
- Bepalen verticale veerstijfheid (druk);
- Bepalen verticale veerstijfheid (trek).

Voorbeeldcase mastlocatie 1

Berekeningsresultaten

Op basis van de eerder vermeldde berekeningsstappen en methodiek is het paaldraagvermogen bepaald, evenals de verticale veerstijfheden. De door de constructeur opgegeven paalkopbelastingen zijn in tabel 4a opgenomen. Hierbij is zoals in voorgaande paragrafen van de rekenmethodiek al is vermeld, uitgegaan van een paalpuntniveau van NAP -27,5 m. Deze wordt aan de hand van berekeningen getoetst. De berekeningsresultaten zijn in tabellen 4b en 4c opgenomen. Hierbij is rekening gehouden met het groepseffect en is onderscheid gemaakt in de verschillende paalgroepen die met name bij de bepaling van het trekdraagvermogen een rol spelen. Voor een schematisch overzicht van het palenplan en de verdeling van de paalgroepen wordt verwezen naar figuur 1. In groep 5 zijn drie groepen conform het berekeningsrapport samengevoegd aangezien het berekende paaldraagvermogen van deze drie groepen gelijk is.



Figuur 1 – Schematisch overzicht paalgroepen

Paal-groep, [-]	Fs;druk;rep (1 [kN]	Fs;trek;rep [kN]	Fs;druk;d (1 [kN]	Fs;trek;d [kN]	Benodigde PPN [m+NAP]
1	1225	558	1522	779	-27,5

2	1225	539	1522	775	-27,5
3	1225	514	1522	749	-27,5
4	1225	461	1522	682	-27,5
5	1225	364	1522	580	-27,5
(1 Maatgevende paalreactie conform opgaaf constructeur. Groepswerking speelt hierin geen rol (druk)					

Tabel 4a – Paalkopbelastingen mast 1 (excl. negatieve kleef), conform opgaaf constructeur

Op basis van de door de constructeur opgegeven paalbelastingen is het paaldraagvermogen bepaald. Voor de resultaten van de berekende draagkracht wordt verwezen naar tabel 4c. Bij het trekdraagvermogen en de veerstijfheid (trek) is zoals eerder vermeld het groepseffect in rekening gebracht. Hierbij is rekening gehouden met de schoorstand van 10:1. Hier is voor gekozen omdat de veerstijfheid onrealistisch hoog zou zijn als van een enkele paal wordt uitgegaan, orde grootte 2 à 2,5 maal hoger.

Paal-groep [-]	**Fs;druk;d** [kN]	**Fs;nk;d** [kN]	**Fs;tot;druk;d** [kN]	**Fr;druk;d** [kN]	**TOETS** Fr;druk;d > Fs;tot;druk;d [V/VN]	**Fs;trek;d** [kN]	**Fr;trek;d** [kN]	**TOETS** Fr;trek;d > Fs;trek;d [V/VN]
1	1522	344	1866	2652	**V**	779	1052	**V**
2	1522	344	1866	2652	**V**	775	953	**V**
3	1522	344	1866	2652	**V**	749	843	**V**
4	1522	344	1866	2652	**V**	682	849	**V**
5	1522	344	1866	2652	**V**	580	686	**V**

Tabel 4b – Paaldraagvermogen Vibro-palen mast 1

Paalgroep / **Resultaten**	**Groep 1**	**Groep 2**	**Groep 3**	**Groep 4**	**Groep 5**
Veerstijfheid (druk)					
S_b (puntzakking), [mm]	2,1				
$F_{s;tot;i;rep}$ (drukbelasting incl. neg.kleef), [kN]	1569				
K_{punt}, [MN/m]	747,1				
$K_{punt;laag}$, [MN/m]	528				
$K_{punt;hoog;rep}$, [MN/m]	1056				
Veerstijfheid (trek)					
$F_{r;schacht;rep}$, [kN] (1	1791	1538	1261	1315	981
$K_{trek;axiaal}$, (schachtt), [MN/m]	340,3	292,2	239,6	249,9	186,4
$K_{trek;axiaal;laag}$, [MN/m]	240,6	206,6	169,4	176,7	131,8
$K_{trek;axiaal;hoog}$, [MN/m]	481,3	413,2	338,8	353,4	263,6
(1 *Representatief trekdraagvermogen o.b.v.* γ_{st} = 1,00 en γ_{var} = 1,00 *Opmerking: De elastische verkorting is door de constructeur bepaald door het modelleren van de gehele paal in de constructieve berekeningen.*					

Tabel 4c – Berekeningsresultaten verticale veerstijfheden

Voor de in tabel 4c berekende veerstijfheden is reeds een hoge en lage waarde berekend voor het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse voor de constructie door:

- $k_{paal;laag} = k_{v;gemiddeld} / \sqrt{2}$
- $k_{paal;hoog} = k_{v;gemiddeld} \times \sqrt{2}$

Conclusies en aanbevelingen

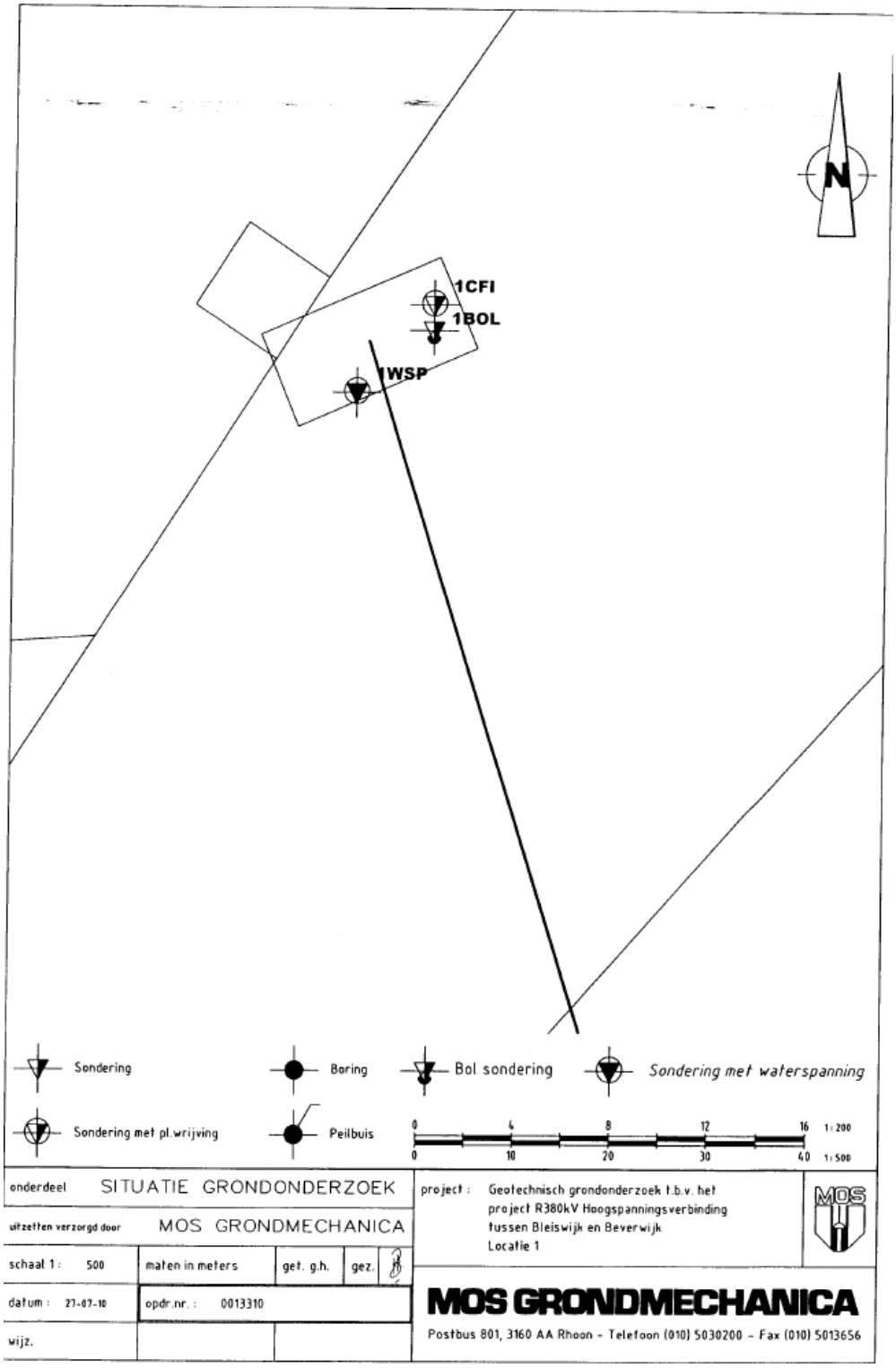
Geconcludeerd wordt dat bij mast 1 met Vibro-palen Ø456 (voetplaat 510 mm) met een paalpuntniveau van NAP-27,5 m, wordt voldaan aan vigerende normen en richtlijnen.
De rotatie van de poer en benodigde wapening, is door de constructeur bepaald op basis van de in tabel 4c berekende veerstijfheden.

Bij het ontwerp van de palen dient door de geotechnisch adviseur een paalpuntniveau (PPN) bepaald te worden. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de uitvoerbaarheid van het gekozen paaltype en het PPN.

Bijlagen:

1. Geotechnisch grondonderzoek
2. Paalspecificatie Vibro-paal
3. Berekeningsresultaten

Bijlage 1: Geotechnisch grondonderzoek

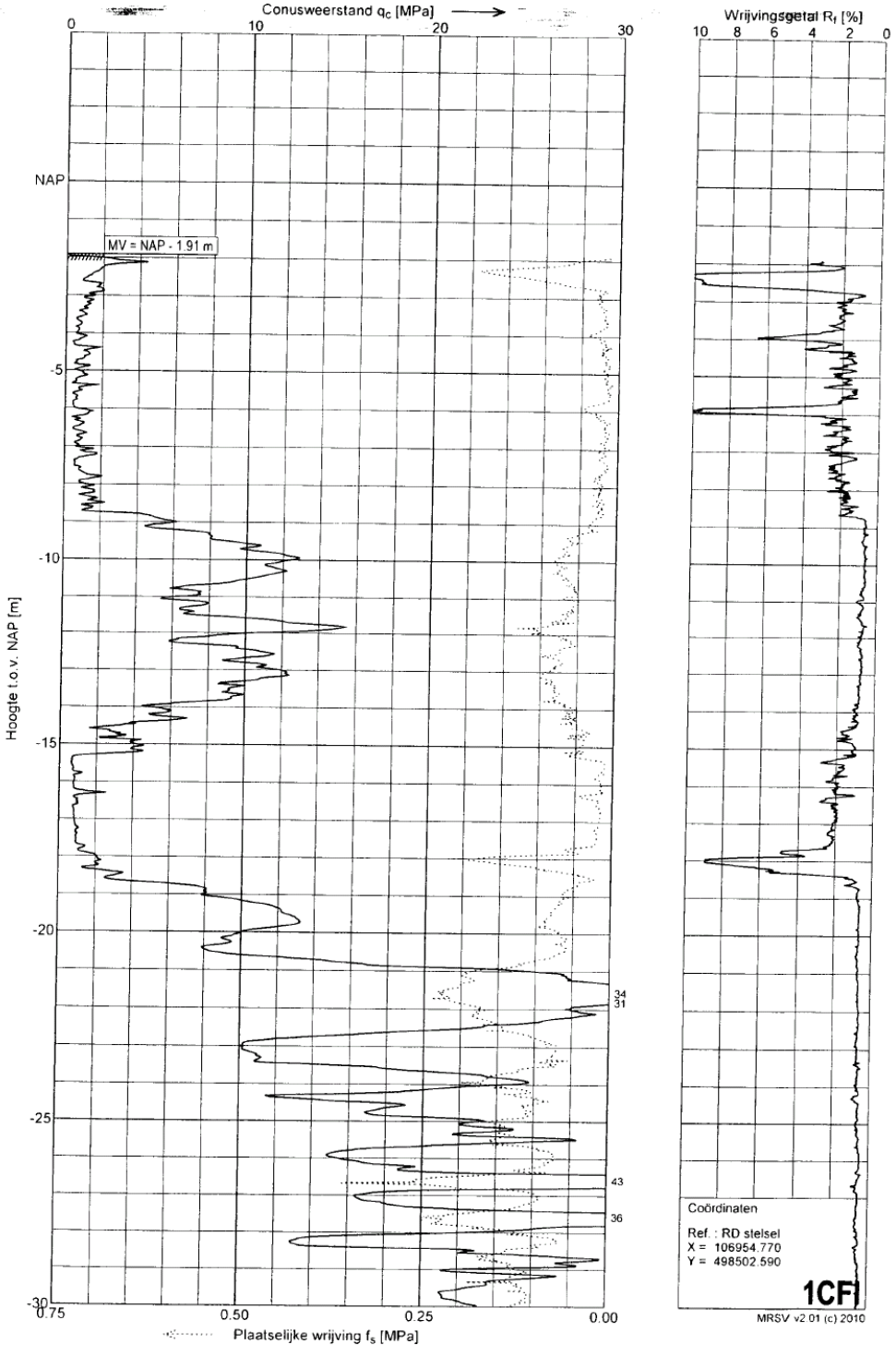


Sondering 1CFI

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 02-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : S10CFI594
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2

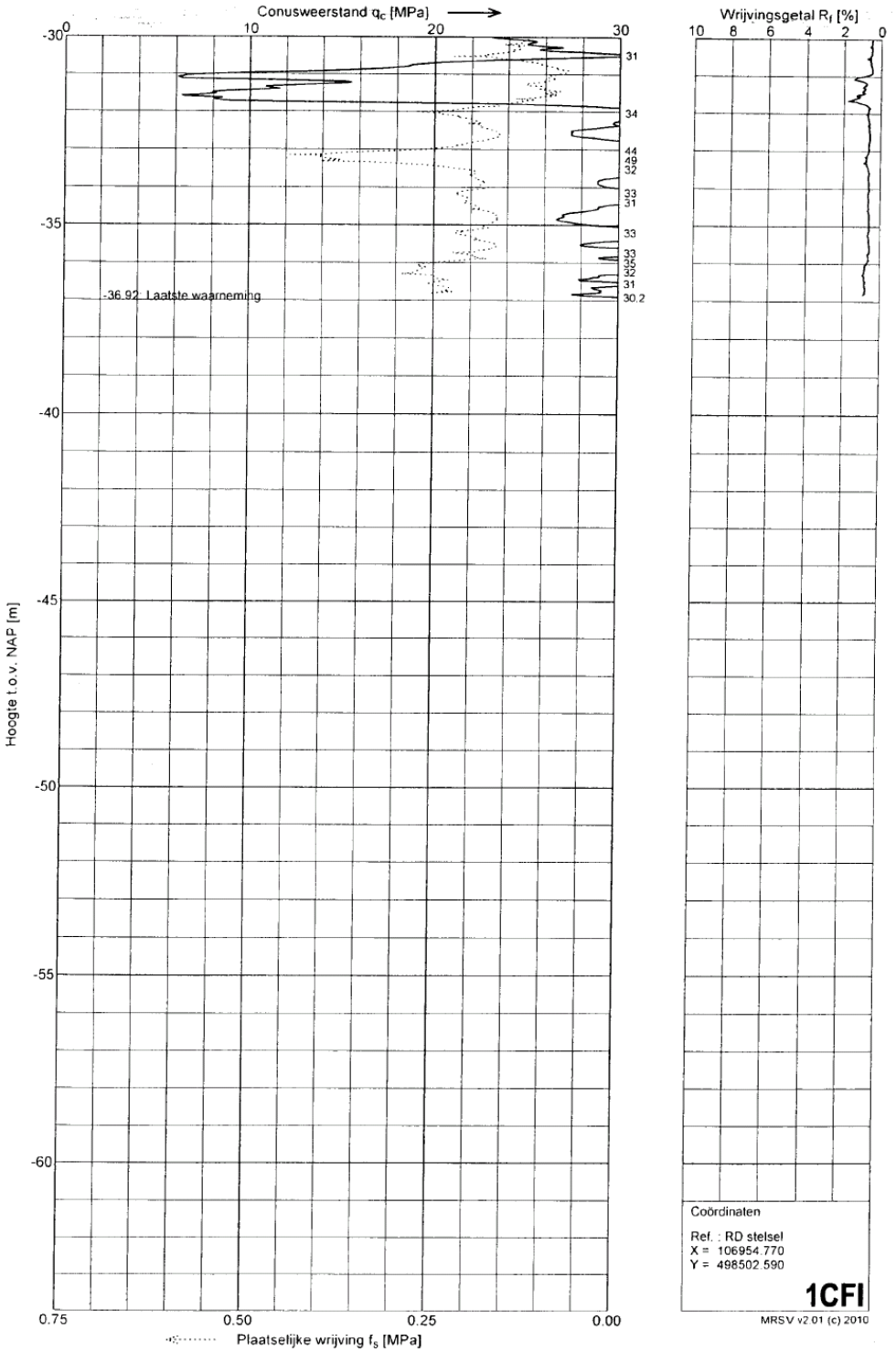


Sondering 1CFI

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 02-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : S10CFI594
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 2 van 2

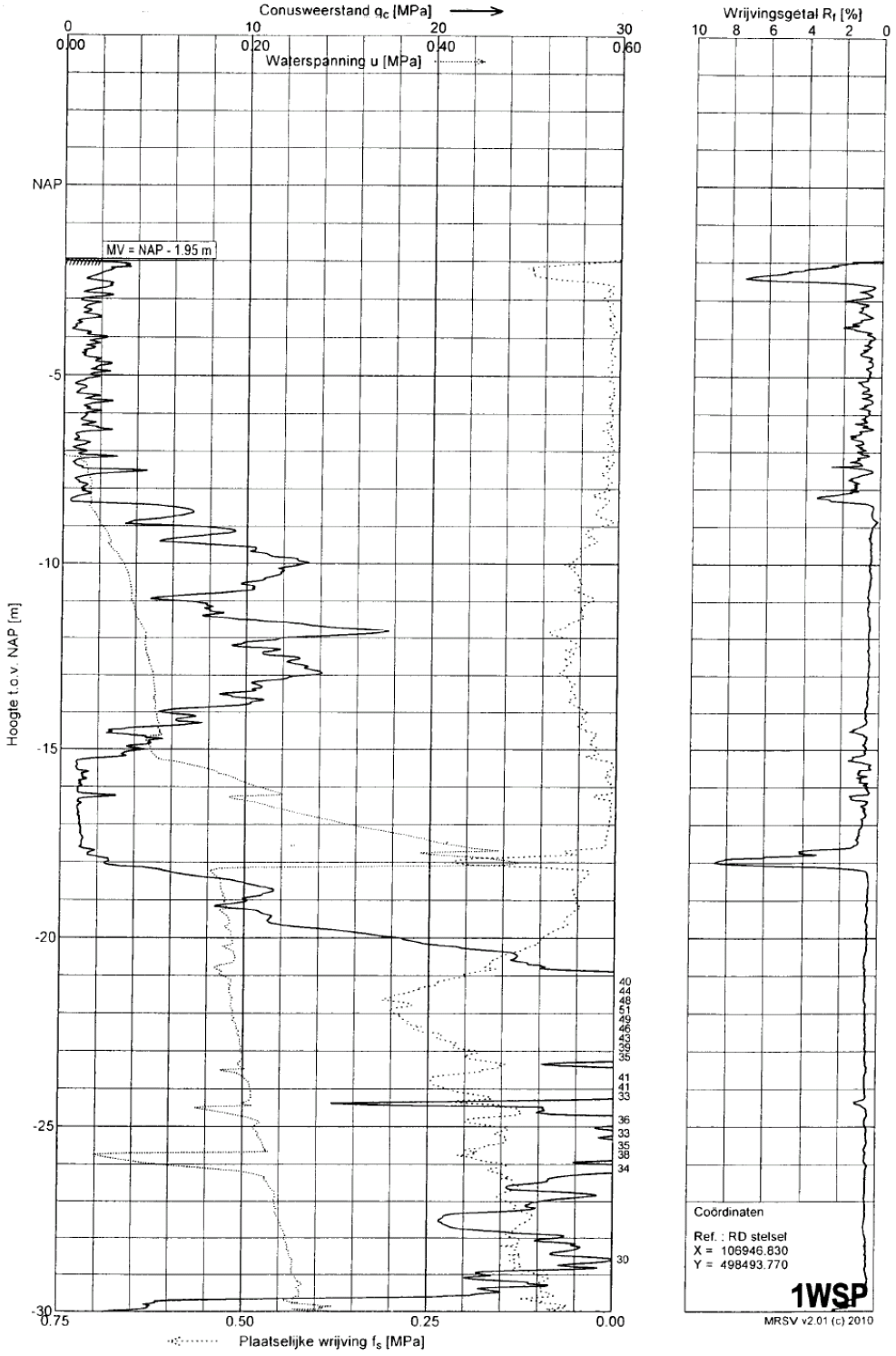


Sondering 1WSP

Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 03-06-2010
Betreft : Masten

Conus nummer : C10CFIP460
Soort conus : Elektrisch

NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 1 van 2

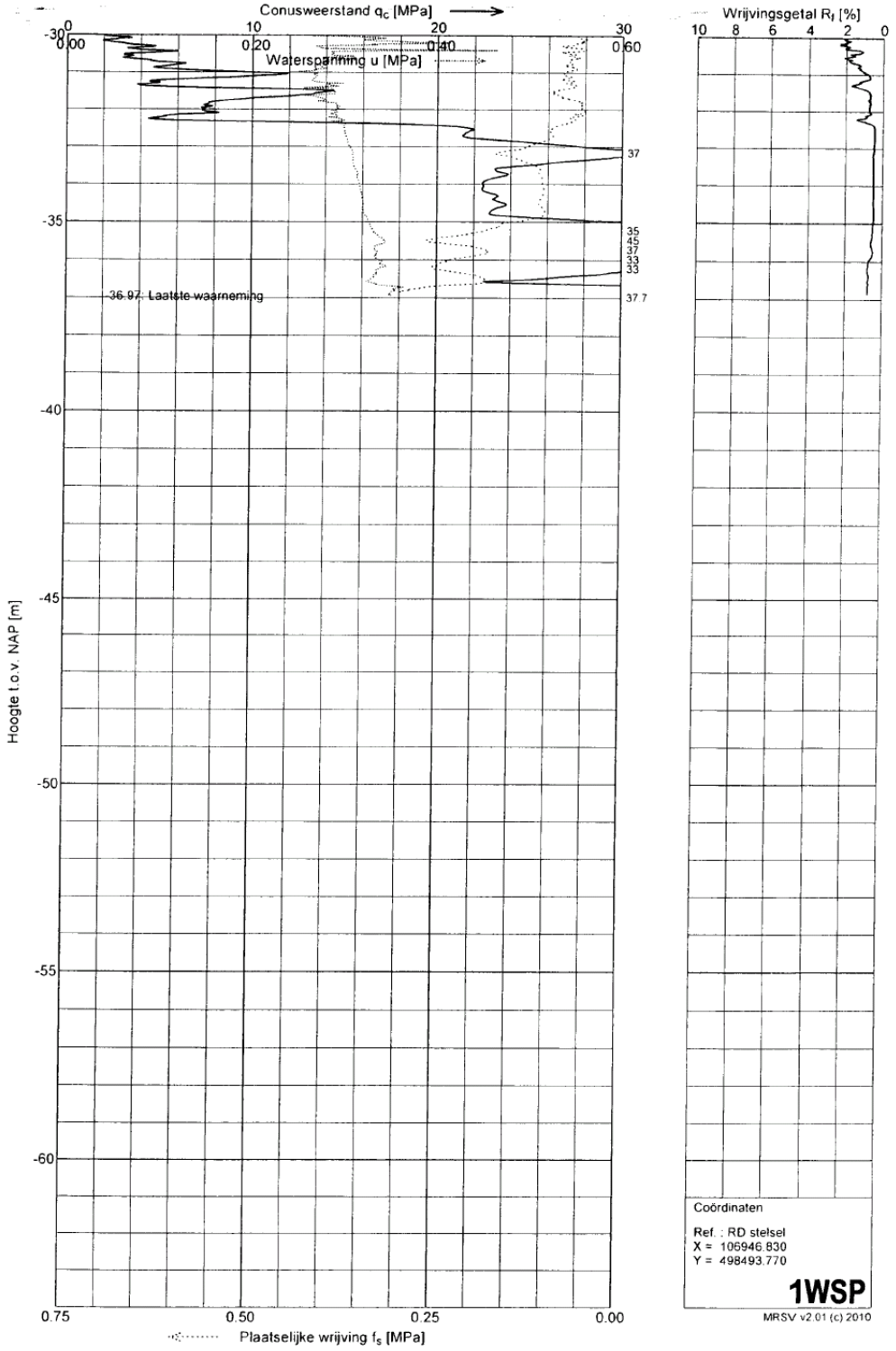


Sondering 1WSP

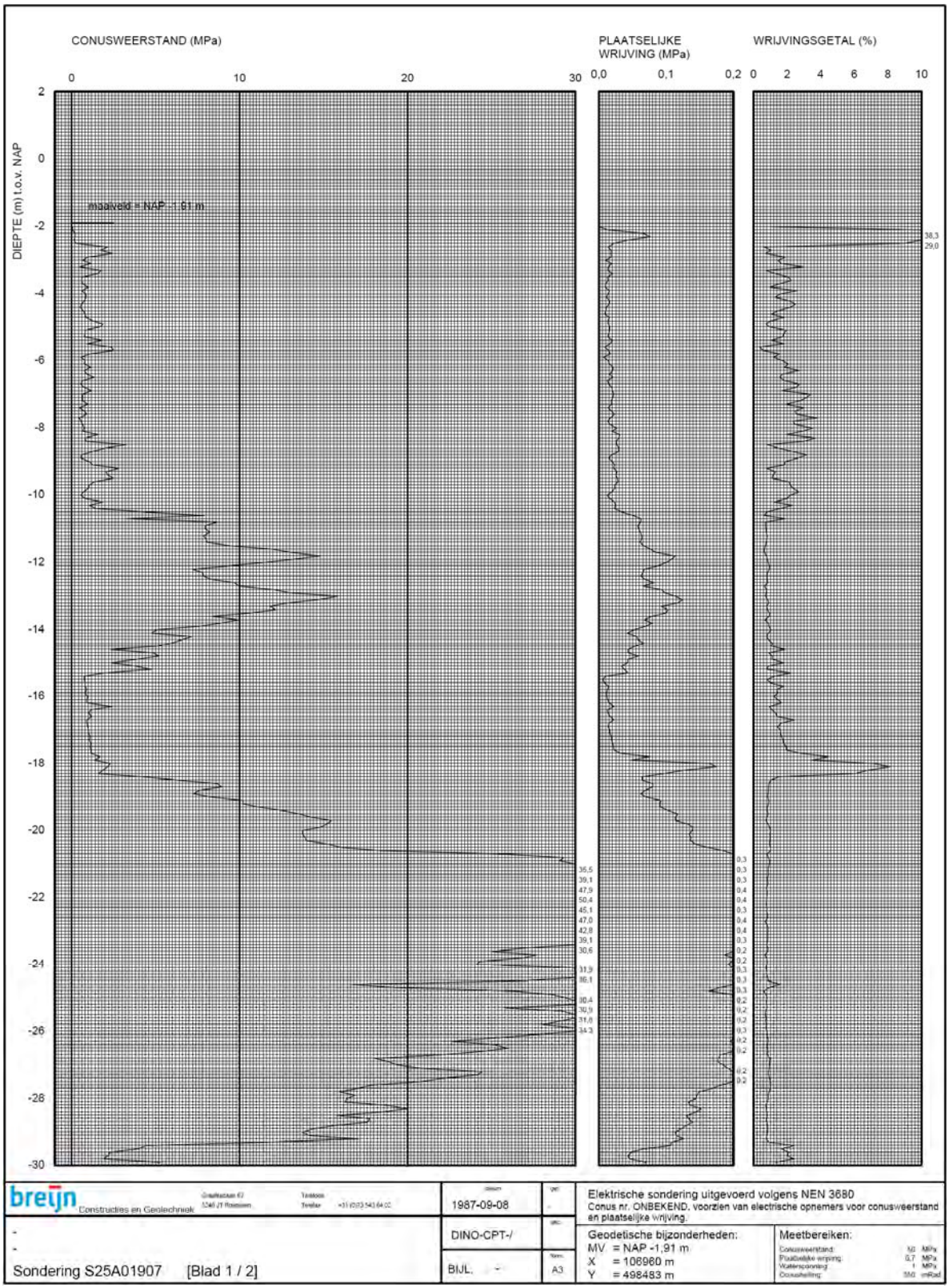
Opdracht : 0013310
Plaats : Beverwijk
Datum : 03-06-2010
Betreft : Masten

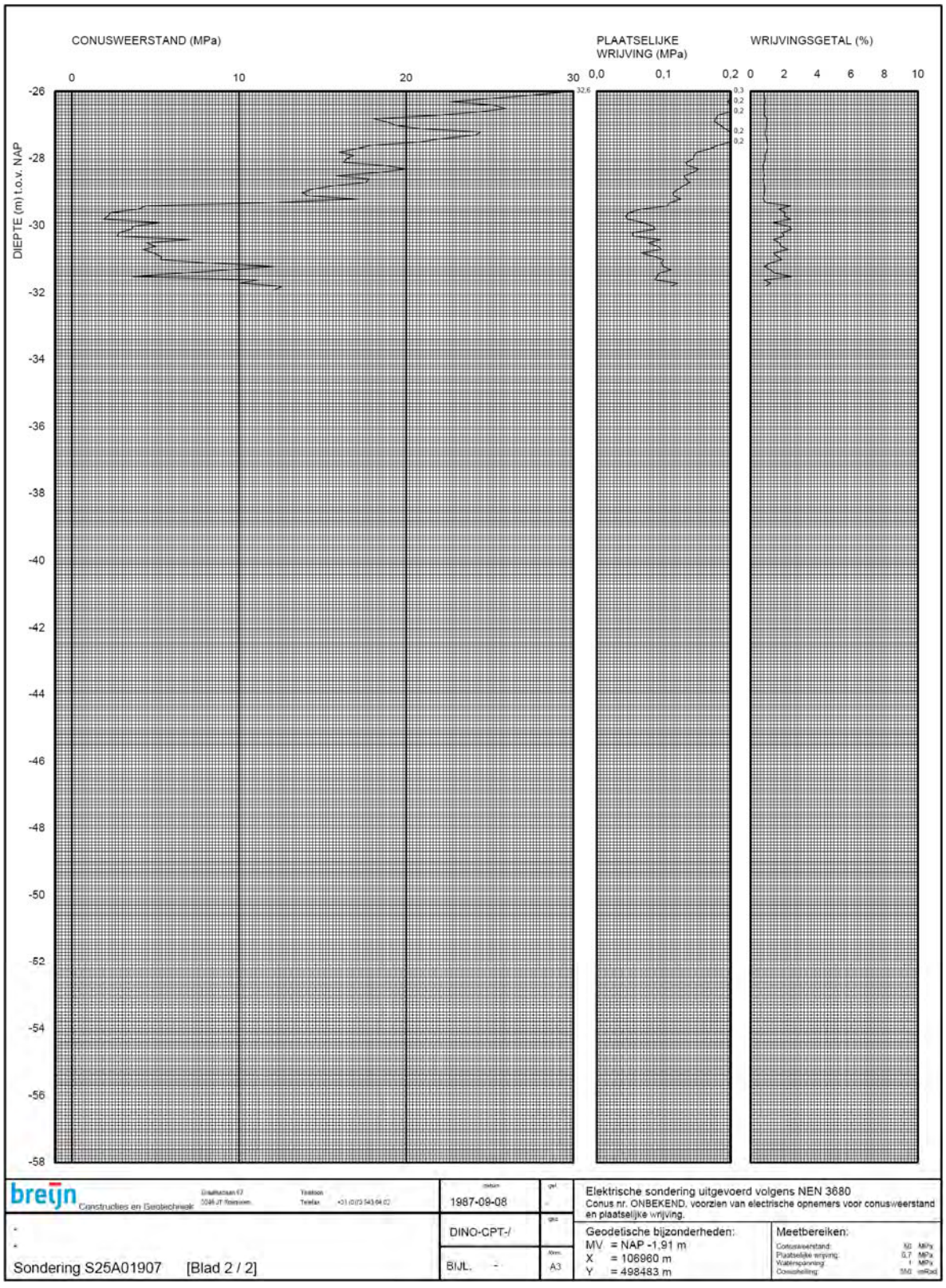
Conus nummer : C10CFIP460
Soort conus : Elektrisch

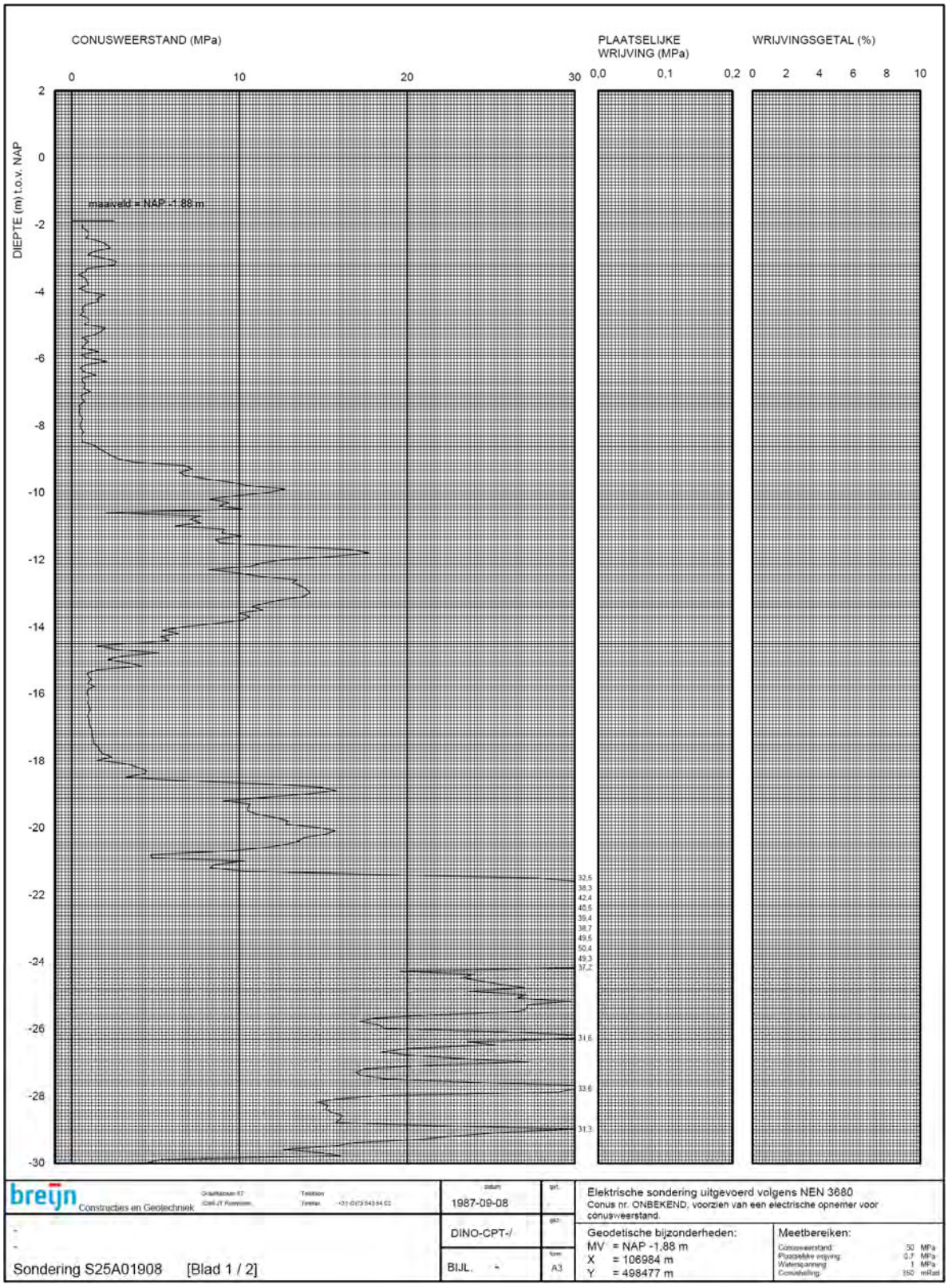
NEN 5140
Wagen : 12
Pagina : 2 van 2

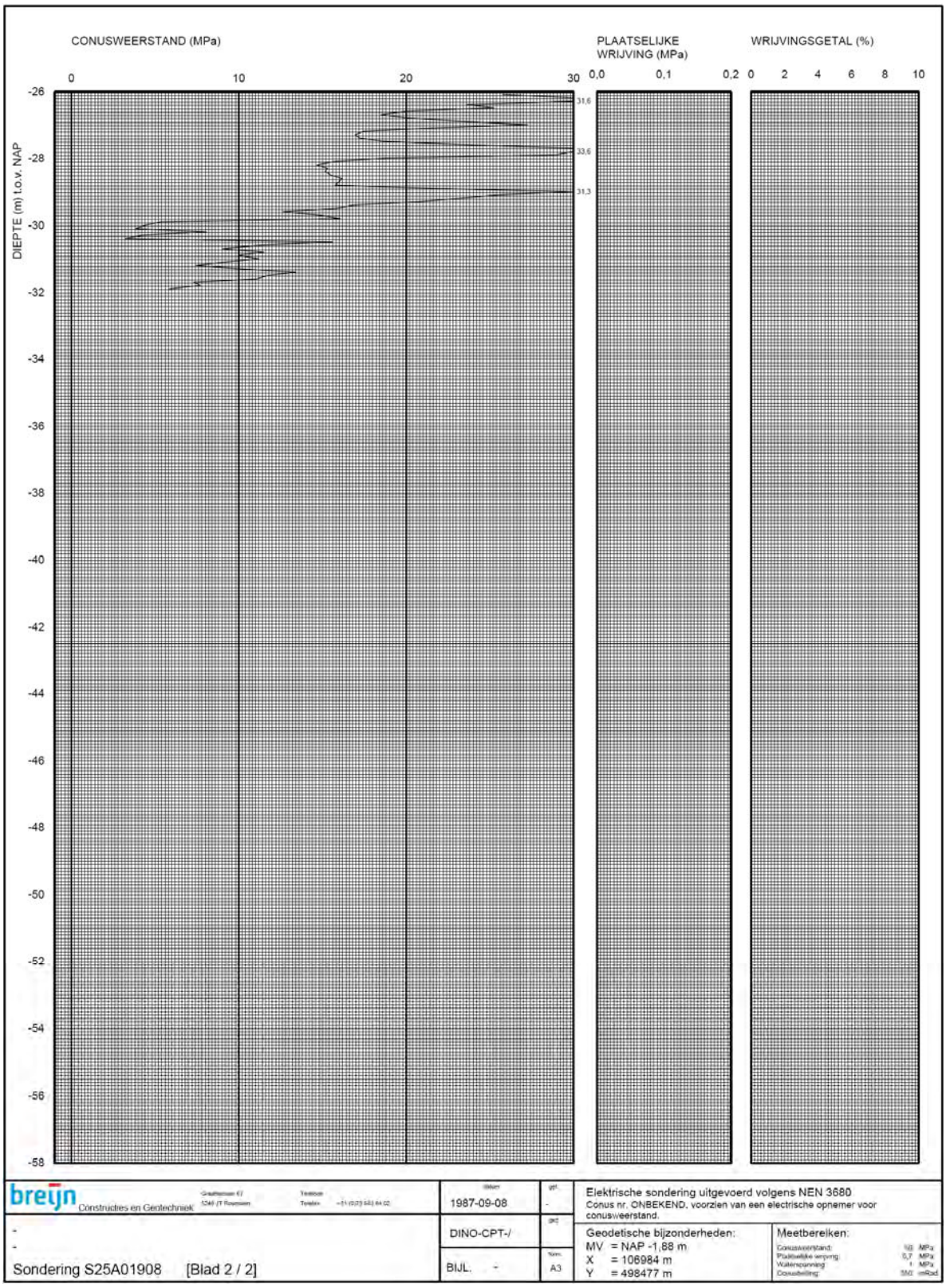


S25A01911
S25A01910
S25A01909
S25A01908
S25A01907
©2009 Google
Cog hoogte 608 m
© 2012 Google
Image © 2012 Aerodata International Surveys
52°28'21.39" N 4°40'46.24" O verh. -1 m
Datum van beeldmateriaal: 2005

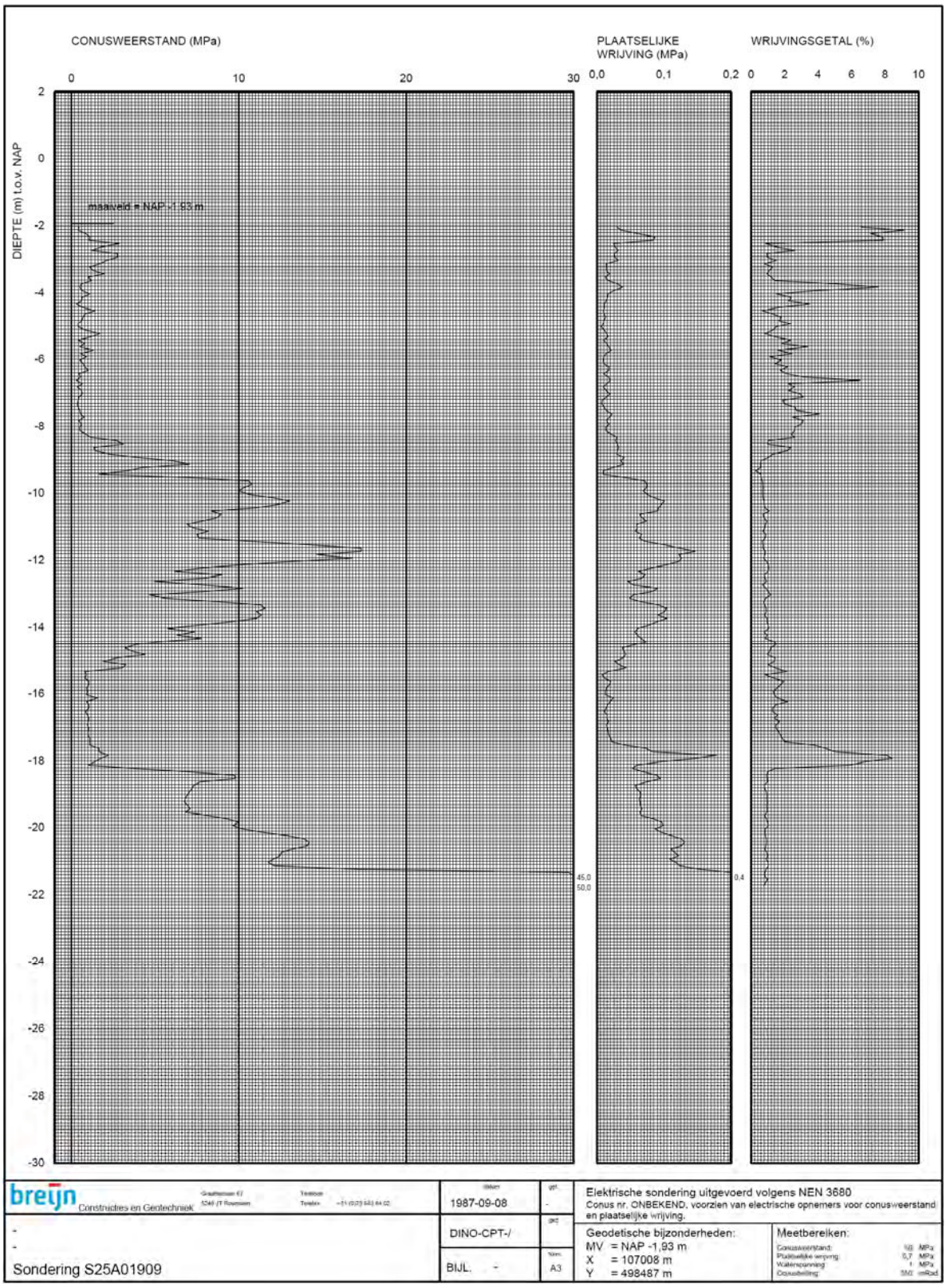

CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,91 m
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL. -
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,91 m
X = 106960 m
Y = 498483 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01907 [Blad 1 / 2]


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
0
10
20
30
0,0
0,1
0,2
0
2
4
6
8
10
-26
-28
-30
-32
-34
-36
-38
-40
-42
-44
-46
-48
-50
-52
-54
-56
-58
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL. -
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,91 m
X = 106960 m
Y = 498483 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01907 [Blad 2 / 2]


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,88 m
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL.
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van een electrische opnemer voor conusweerstand.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,88 m
X = 106984 m
Y = 498477 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01908 [Blad 1 / 2]



breijn Constructies en Geotechniek	1987-09-08	-	Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680 Conus nr. ONBEKEND, voorzien van een electrische opnemer voor conusweerstand.
- - Sondering S25A01908 [Blad 2 / 2]	DINO-CPT-/ BIJL. -	A3	Geodetische bijzonderheden: MV = NAP -1,88 m X = 106984 m Y = 498477 m Meetbereiken: Conusweerstand: 10 MPa Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa Waterspanning: 1 MPa Conusbelling: 350 mRad


CONUSWEERSTAND (MPa)
PLAATSELIJKE WRIJVING (MPa)
WRIJVINGSGETAL (%)
DIEPTE (m) t.o.v. NAP
maaiveld = NAP -1,93 m
45,0
50,0
0,4
breijn
Constructies en Geotechniek
1987-09-08
DINO-CPT-/
BIJL. -
A3
Elektrische sondering uitgevoerd volgens NEN 3680
Conus nr. ONBEKEND, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP -1,93 m
X = 107008 m
Y = 498487 m
Meetbereiken:
Sondering S25A01909

Bijlage 2: Paalspecificaties Vibro-paal

(Bron: Funderingshandboek, SBR, 2010)

Trefwoorden

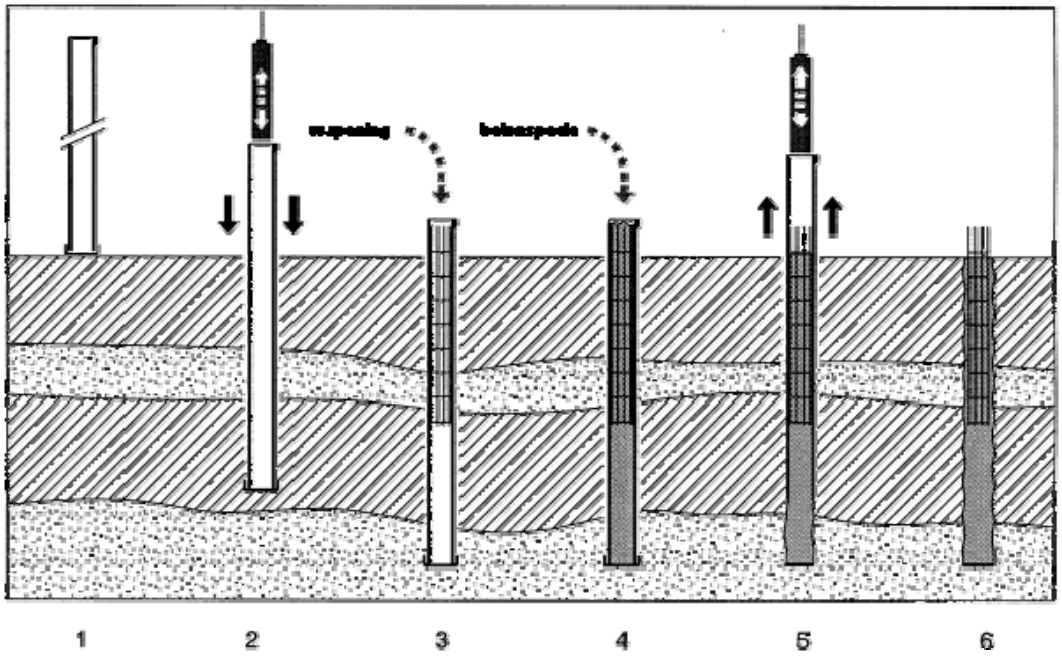
mate van grondverdringing:	grondverdringend
installatiewijze:	heien
trillingen:	niet trillingsarm
fabricage:	in de grond gevormd
groutinjectie:	nee
materiaal:	beton

A. Typering van het systeem

In de grond gevormde, grondverdringende betonpaal, vervaardigd met behulp van een heiend ingebrachte, stalen hulpbuis.

B. Vervaardiging

Figuur B 44-1 Uitvoeringswijze vibropaal



Omschrijving:

- Een stalen hulpbuis, voorzien van een voetplaat, wordt op het maaiveld geplaatst.
- De buis wordt ingebracht door middel van heiwerk op de bovenzijde van de buis.
- Bij het bereiken van het gewenste niveau wordt de wapening in de buis afgehangen, nadat is gecontroleerd of de buis droog en vrij van grond is.
- De buis wordt gevuld met betonspecie.
- De buis wordt getrokken door middel van terugheien met een heiblok of trillen met een trilblok c.q. (ring)vibrator, zoals toegepast bij het type 'vibrexpaal' (Verstraeten).
- De paal wordt afgewerkt en de stelling kan verplaatst worden.

Een soortgelijk paalsysteem is de zogenoemde *Grondbouwpaal*.
Over het eerste traject wordt de paal met behulp van een trilblok op diepte gebracht. Vervolgens wordt geheid tot aan het gewenste paalpuntniveau. De hulpbuis wordt trillend getrokken. Dit paaltype vindt nagenoeg geen toepassing meer.
Een andere variant op de vibropaal is de *HSP-paal*, zie B 4440.
Ook worden enigszins met de HSP-paal vergelijkbare systemen op de markt gebracht zoals de *VSD-paal* (Vibro Small Diameter paal) van Vroom en het betreffende systeem van Vibrocom en Nederfund: de *MVP paal* (Mini Vibro Paal).

Kenmerken hiervan zijn:
- toepassing kleine diameter;
- buis wordt hoogfrequent trillend ingebracht
- bij deze systemen is het essentiële verschil met de HSP-paal dat er geen interne afsluiter in de buis is voorzien. Een controle van het niveau van de betonspecie in de buis voordat deze wordt getrokken is dan ook een belangrijk aandachtspunt, mede in verband met de snelheid van het installatieproces.

C. Inbrenginstallatie

1. Gegevens stelling

a. Gehanteerde typen: afhankelijk van de betreffende leverancier.
b. Zwaarste onderdeel: circa 0,30 à 0,95 MN, afhankelijk van het stellingtype.
c. Wijze van transport naar de bouwplaats: dieplader.
d. Benodigd hulpmaterieel: niet van toepassing.
e. Wijze van transport op de bouwplaats: zelfverplaatsend materieel.
f. Maximaal begaanbare helling: 1:10 à 1:7.

VSD-paal (Vroom):
- type Eco 6525-S
- gewicht productiegereed 800 kN
- helling tot 1:10

2. Capaciteit inbrengmaterieel

De gangbare diesel-, hydraulische en persluchtblokken met een heienergie tot 100 à 120 kNm.

3. Trillingsniveaus

Dit systeem kan niet als trillingsarm worden aangemerkt.

4. Geluidsniveaus

Tot maximaal circa 105 à 107 dB(A) op 10 m. De frequentie van het geluid is relatief hoog.

D. Karakteristieke eigenschappen

1. Dwarsafmetingen

De volgende afmetingen voor de uitwendige schachtdiameter worden min of meer standaard toegepast: Ø 273 mm∗, 280 mm∗, 300 mm, 320 mm, 340 mm, 356 mm, 368 mm, 380 mm∗, 406 mm, 446 mm, 470 mm∗, 508 mm, 556 mm en 610 mm (maten met een sterretje afhankelijk van de betreffende leverancier). De maat van de voetplaat is in de regel 40 à 50 mm groter dan bovengenoemde afmetingen.
VSD-paal/MVP-paal
Uitwendige schacht-/voetdiameter hulpbuis: Ø 180 mm, Ø 219 mm en Ø 273 mm

2. Mogelijke paallengten

Tot circa 30 à 45 m.
VSD-paal/MVP-paal: tot circa 24 m, afhankelijk van de grondslag

3. Gebruikelijke wapening

a. Hoofdwapening: 4 Ø 12 mm tot 5 Ø 16 mm; zware wapening Ø 32 mm. Eventueel kunnen staalprofielen of voorspanstaven worden aangebracht.
b. Beugels: h.o.h. 1 m of kleiner of spiraalwapening.

E. Draagkracht/vervormingsgedrag

1. Grondmechanische draagkracht

a. Paalklassefactoren conform NEN 6743-1:
   - paalpunt
     $\alpha_p = 1,0$
     $\beta = 1,0$ bij de standaardbuis-/voetplaatafmetingen. Bij relatief grote voetplaatafmetingen moet een lagere factor in rekening worden gebracht, overeenkomstig norm NEN 6743-1.
   - schachtwrijving drukpalen
     $\alpha_s = 0,012$ bij trillend getrokken buis (type Vibrex, VSD, MVP)
     $\alpha_s = 0,014$ bij heiend getrokken buis.
   - schachtwrijving trekpalen volgens CUR-richtlijn 2001-4
     $\alpha_t = 0,010$ bij trillend getrokken buis (type Vibrex, VSD, MVP)
     $\alpha_t = 0,012$ bij heiend getrokken buis.
   - zie ook opmerkingen B 4440 onder E1
b. Aanvullende bepalingen bij berekening paaldraagkracht: niet van toepassing.
c. Last-vervormingsgedrag: overeenkomstig type 1 van NEN 6743-1 (figuur A 34-18 en A 34-19).

d. Belastingsspectrum: tot maximaal circa 3.500 à 5.000 kN druk (rekenwaarde).

2. Wat wordt als paalpuntniveau aangemerkt?
Niveau voetplaat.

3. Mogelijkheden voor vergroting van de grondmechanische draagkracht
Bij een aantal leveranciers bestaat de mogelijkheid de draagkracht te vergroten door middel van het uitheien van een bolvoet met betonspecie of zand.

4. Mogelijkheden voor reductie van de negatieve kleef
Door middel van het toepassen van een vibro-combinatiepaal (prefab-betonkern met bentonietomhulling, geplaatst in de hulpbuis) of een terra-combipaal (prefab-betonkern, voorzien van een bentonietomhulling in de samendrukbare bodemlagen); zie B 5400.

F. Mogelijke toepassingen
1a. Toepasbaarheid bij grote variatie in de bodemgesteldheid
Goed in verband met variabele paallengte en verkrijgen van kalendergegevens bij het inbrengen van de palen.

1b. Toepasbaarheid bij slappe bodemlagen
Bij de aanwezigheid van zeer slappe bodemlagen is overleg met de betreffende leverancier nodig in verband met mogelijke beperkingen in de toepassing van dit paalsysteem. Eventueel kan een permanente casing worden aangebracht.

2. Mogelijke schoorstanden
Maximaal 3:1 à 4:1 achterover en 4:1 à 10:1 voorover, een en ander afhankelijk van het stellingtype.

3. Uitvoering in beperkte ruimten
Niet mogelijk.

4. Minimale hart-op-hart-afstand in verband met uitvoering
Normaliter 2,25 à 2,5× d_{voet} indien de naburige palen een ouderdom van minimaal één dag hebben bereikt. Bij een kortere wachttijd geldt een minimale h.o.h.-afstand van 4x d_{voet}. Bij kleine hart-op-hart-afstanden kan door de verdichting van de zandlagen zwaar heiwerk ontstaan met het risico dat de palen niet op diepte komen.

5. Minimale tussenafstand tot belendingen in verband met uitvoering
Minimaal circa 0,8 à 0,9 m. Indien de stelling een hoek moet maken met de gevellijn, moet rekening worden gehouden met een grotere afstand. Bij een kleine tussenafstand moet wel de mogelijke invloed van de uitvoering op de fundering van de belendingen worden onderzocht.

6. Mogelijke uitvoering vanaf open water
Uitvoering vanaf open water is in principe mogelijk, vooral indien een combinatiepaal of casingpaal wordt toegepast, zie B 5300.

7. Geschiktheid als trekpaal
Goed geschikt, met of zonder voorspanning, bij installatie van de benodigde wapening.

8. Aanvullende bepalingen/opmerkingen
De palen moeten overeenkomstig norm NVN6724 zonder onderbreking worden afgestort tot het werkniveau van waaraf de palen worden vervaardigd in verband met het evenwicht tussen de inwendige betonspeciedruk en de uitwendige gronddruk. Het lager dan tot het werkniveau afstorten is niet toelaatbaar tenzij de specie met een inwendig valblok wordt verdicht.

G. Kwaliteitszorg
De beoordelingsrichtlijn BRL-2356 van het KIWA met bijlage C is in principe van toepassing. Er is echter voor deze BRL slechts één certificaathouder beschikbaar. Ook is norm NVN6724 vigerend: 'In de grond gevormde funderingselementen van beton of van mortel'. Voorts zijn eisen geformuleerd in norm NEN-EN12699: 'Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk: Verdringingspalen'. Verder wordt gebruikgemaakt van interne uitvoeringsrichtlijnen. Er zijn bedrijven die beschikken over een gecertificeerd kwaliteitsplan overeenkomstig de NEN/ISO-normen.
Tevens wordt gebruikgemaakt van interne uitvoeringsrichtlijnen.
Kwaliteitsborging van de VSD- en MVP-palen vindt plaats door middel van een geautomatiseerd installatieproces. Hierbij worden diverse parameters geregistreerd. In verband met de grote snelheid van de installatie van dit soort paalsystemen is het van belang dat er een eenduidige controle is dat de hulpbuis in voldoende mate, tot in de punt, is gevuld met betonspecie voordat de buis wordt getrokken.

Bijlage 3: Berekeningsresultaten
Draagkracht (Druk)

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	Breijn B.V. Ontwerp en Advies Constructies en Geotechniek
Date of report:	16-8-2012
Time of report:	15:07:17
Date of calculation:	15-8-2012
Time of calculation:	9:52:12
Filename:	S:\..\BEREKENINGEN DEFINITIEF\Mast 1_Draagkracht druk_1op10
Project identification:	Randstad 380 kV, Noordring-Noord Mastlocatie 1 D-Foundations Mast 1_Draagkracht druk_1op10

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Bearing Piles 3
2.4 Superstructure 3
2.5 General CPT Data 3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.6 Soil Data 4
2.6.1 Soil Profile S25A01907_M 4
2.6.2 Soil Profile S25A01908_M 5
2.7 Pile Types 6
2.7.1 Pile type : LostTip 510 6
2.7.2 Pile type : LostTip 506 6
2.8 Foundation Plan 6
2.8.1 View of Foundation Plan 7
2.9 Excavation Data 8
2.10 Totalized Loads (design values) 8
2.11 Requirements 8
2.12 Overruled Parameters 8
2.13 Calculation Options 8
2.14 Model Options 8
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Complete Verification 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : LostTip 510 10
3.4 Verification of Limit State EQU 11
3.5 Verification of Limit State GEO 11
3.6 Verification of Serviceability limit state 11
3.7 Additional Information 11
3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state GEO 12
3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State 12

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	ECL, Breijn O&A
Design engineer superstructure :	Breijn O&A
Principal :	-
Title 1 :	Randstad 380 kV, Noordring-Noord
Title 2 :	Mastlocatie 1
Title 3 :	D-Foundations Mast 1_Draagkracht druk_1op10
Number of project :	2410010
Location of project :	Rosmalen

2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

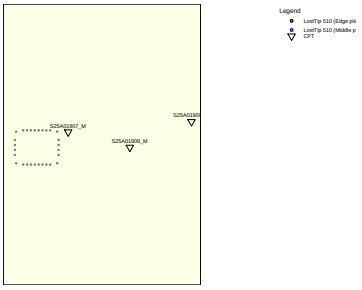
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure :	Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Install - Excavation

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



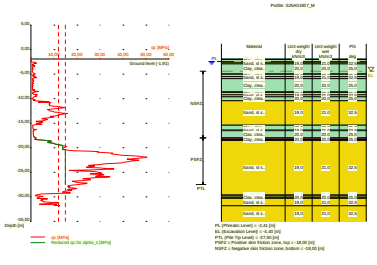
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	-27,50	-18,00	-18,00	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	-27,50	-18,00	-18,00	106984,00	498477,00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.6.1 Soil Profile S25A01907_M

Belonging to CPT	S25A01907_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,910
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,410
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,110
Number of layers in profile :	25

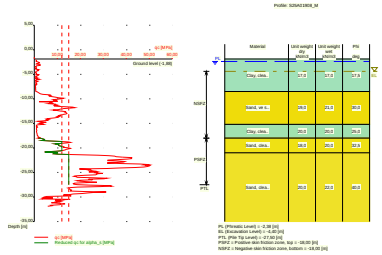


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
2	-2,010	20,00	20,00	25,00	Clay	--
3	-2,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
4	-2,710	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
5	-2,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
6	-4,910	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
7	-5,010	20,00	20,00	25,00	Clay	--
8	-5,510	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
9	-5,910	20,00	20,00	25,00	Clay	--
10	-8,610	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
11	-8,710	20,00	20,00	25,00	Clay	--
12	-9,210	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
13	-9,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
14	-10,410	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
15	-15,410	20,00	20,00	25,00	Clay	--
16	-16,410	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
17	-16,510	20,00	20,00	25,00	Clay	--
18	-18,010	12,00	12,00	15,00	Peat	--
19	-18,310	20,00	20,00	25,00	Clay	--
20	-18,510	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
21	-29,610	20,00	20,00	25,00	Clay	--
22	-29,810	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
23	-30,110	20,00	20,00	25,00	Clay	--
24	-30,310	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200
25	-31,810	19,00	21,00	32,50	Sand	0,200

2.6.2 Soil Profile S25A01908_M

Belonging to CPT	S25A01908_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,880
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,380
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-18,000
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,110
Number of layers in profile :	5



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-1,880	17,00	17,00	17,50	Clay	--
2	-8,500	19,00	21,00	30,00	Sand	0,200
3	-15,200	20,00	20,00	25,00	Clay	--
4	-18,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
5	-21,000	20,00	22,00	40,00	Sand	0,200

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : LostTip 510

Pile type :	User defined (vibrating)
Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:	
Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:	
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3	
NEN 9097-1 (i)	
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.	
Pile type for determination of pile class factor alpha_p :	
Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for use in load/settlement curve :	Displacement pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (user defined : Pile tip, shape factor) :	1,00
s (user defined : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1,00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0,510
Diameter shaft [m] :	0,456
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

2.7.2 Pile type : LostTip 506

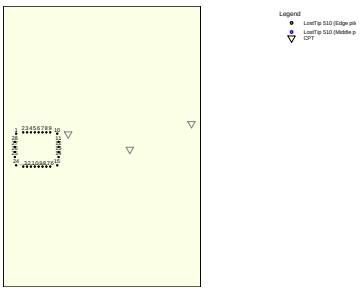
Pile type :	User defined (vibrating)
Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:	
Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:	
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3	
NEN 9097-1 (i)	
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.	
Pile type for determination of pile class factor alpha_p :	
Driven cast-in-place pile, tube back by driving	
Pile type for use in load/settlement curve :	Displacement pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 1997-1:2005.	
s (user defined : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1,00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0,506
Diameter shaft [m] :	0,456
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

2.8 Foundation Plan

Number of piles :	28
Number of collaborating piles* :	28

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

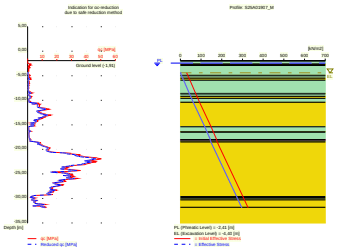
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Fc;d (EQU/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	106939,75	498483,15	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
2: 2	106942,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
3: 3	106944,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
4: 4	106945,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
5: 5	106947,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
6: 6	106948,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
7: 7	106950,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
8: 8	106951,50	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
9: 9	106953,00	498483,66	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
10: 10	106955,75	498483,15	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
11: 11	106956,26	498479,94	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
12: 12	106956,26	498477,98	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
13: 13	106956,26	498476,02	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
14: 14	106956,26	498474,06	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
15: 15	106955,75	498470,85	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
16: 16	106953,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
17: 17	106951,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
18: 18	106950,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
19: 19	106948,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
20: 20	106947,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
21: 21	106945,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
22: 22	106944,00	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
23: 23	106942,50	498470,34	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
24: 24	106939,75	498470,85	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
25: 25	106939,24	498474,06	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
26: 26	106939,24	498476,02	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
27: 27	106939,24	498477,98	1522,00	1225,00	0,00	-4,20
28: 28	106939,24	498479,94	1522,00	1225,00	0,00	-4,20

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :	-4,400
Reduction model :	Safe (NEN)



2.10 Totalized Loads (design values)

Total load on all piles	
For limit state EQU/GEO in [kN] :	42616,00
For Serviceability limit state in [kN] :	34300,00

2.11 Requirements

Limit state GEO	
Maximum allowed settlement in [m] :	0,150
Serviceability Limit State	
Maximum allowed settlement in [m] :	0,150

2.12 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] :	1,20
User defined Factor xi4 [-] :	0,96
User defined gamma;b [-] :	1,20
User defined gamma;s [-] :	1,20

2.13 Calculation Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
Create intermediate results file
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
Use the influence of excavations (standard).

2.14 Model Options

Selected pile types :
-LostTip 510

Selected profiles :
-S25A01907_M
-S25A01908_M

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Complete Verification

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;b (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;s (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Pile Type LostTip 510: Warning : The factor Beta (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN 9097-1) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Pile Type LostTip 510: Warning : The factor s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h): NEN 9097-1) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The depth of the CPT's does not meet the requirements as set by NEN 9097-1 par 3.2.3.

The CPT's do not meet the requirements set by NEN 9097-1
par 3.2.3 because :
- not all piles are positioned within the prescribed area of the CPT's.

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9097-1 art 3.2.3 lid (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Performing the check on NEN 9097-1 par 3.2.3, the average distance between the different CPT's used for this check is 25 m.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

gamma;b (Limit State EQU/GEO, user defined) :	1,20
gamma;s (Limit State EQU/GEO, user defined) :	1,20
xi3 (user defined) :	1,20
xi4 (user defined) :	0,96

3.3.2 Pile type : LostTip 510

Pile type :	User defined (vibrating)

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Driven cast-in-place pile, tube back by driving

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 NEN 9097-1 (i)
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Driven cast-in-place pile, tube back by driving

Pile type for use in load/settlement curve :	Displacement pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (user defined : Pile tip, shape factor) :	1,00
s (user defined : factor for the influence of the	

shape of the crosssection of the pile base) :	1,00

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :	0,510
Diameter shaft [m] :	0,456
Effective heigth enlarged base [m] :	0,000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
S25A01907...	0,0140	0,0150	1,0000
S25A01908...	0,0140	--	1,0000

3.4 Verification of Limit State EQU

Required by NEN-EN 1997-1 section 2.4.7 / 2.4.8: Ed <= Cd.
Rigid superstructure, verify total load on all piles with total bearing capacity

Fc;d = 42616,000 [kN]
Rc;d = 90809,920 [kN]

The requirements of limit state EQU are met, limit state EQU is ok.

Note: Negative skin friction plays NO part in Limit State EQU. Its influence is incorporated in the tests for Limit State GEO and the Serviceability limit state. The intermediate results provide a full overview of all values that are calculated for the negative skin friction.
Purely indicative, the values for the negative skin friction vary from 295 [kN] to 344 [kN] per pile.

3.5 Verification of Limit State GEO

Required by NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: Sd <= Sreq.

Sd = 0,117 [m]
Sreq = 0,150 [m]

The settlement requirements of limit state GEO are met, this is ok.

As the superstructure was indicated to be rigid, settlement differences may be neglected, so rotations are not taken into consideration (NEN EN 1997 1:2005 par. 6.6.2: NEN 9097-1 part c)!

3.6 Verification of Serviceability limit state

Required by NEN-EN 1997-1:2005 paragraaf 2.4.9; NEN 9097-1: Sd <= Sreq.
For houses, the requirement is : Sreq = 0.05 m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

Sd = 0,097 [m]
Sreq = 0,150 [m]

The settlement requirements of the Serviceability Limit State are met, this is ok.

As the superstructure was indicated to be rigid, settlement differences may be neglected, so rotations are not taken into consideration (NEN EN 1997 1:2005 par. 6.6.2: NEN 9097-1 part c)!

3.7 Additional Information

The design values of the maximum shaft tensions (calculated at the transition of positive to negative skin friction) are

At Limit state EQU, GEO :sigma = 11,43 [N/mm2]
At Serviceability Limit Statesigma = 9,61 [N/mm2]

The maximum settlement was found at :
Limit state GEO
CPT name S25A01907_M
Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :
sneg = 0,000 [m]
sb = 0,005 [m]
sel;d = 0,011 [m]
s2 = 0,126 [m]

Serviceability Limit State
CPT name S25A01907_M
Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :
sneg = 0,000 [m]
sb = 0,002 [m]
sel;d = 0,009 [m]
s2 = 0,106 [m]

sneg stands for the settlement due to negative skin friction when the expected ground level settlement (egls) is within the next boundaries : 0.02 < egls <= 0.10 meter.

For expected ground level settlement beyond the boundaries, sneg = 0.

3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state GEO

name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
S25A01907...	1781,897	870,257	2652,154
S25A01908...	1709,199	2125,070	3834,269

3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State

name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
S25A01907...	2138,276	1044,308	3182,584
S25A01908...	2051,039	2550,084	4601,123

End of Report

Draagkracht (Trek)

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	Breijn B.V. Ontwerp en Advies Constructies en Geotechniek
Date of report:	16-8-2012
Time of report:	15:34:15
Date of calculation:	16-8-2012
Time of calculation:	15:33:39
Filename:	D:\..\Definitief\Berekeningen definitief\Mast 1_Draagkracht trek_1op10
Project identification:	Randstad 380 kV, Noordring-Noord Mastlocatie 1 D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN) 3
2.4 General CPT Data 3
2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.5 Soil Data 4
2.5.1 Soil Profile S25A01907_M 4
2.5.2 Soil Profile S25A01908_M 5
2.6 Pile Types 6
2.6.1 Pile type : Round 456 6
2.7 Foundation Plan 7
2.7.1 View of Foundation Plan 7
2.8 Excavation Data 8
2.9 Optional Parameters 8
2.10 Overruled Parameters 8
2.11 Calculation Options 8
2.12 Model Options 9
3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : Round 456 10
3.4 Results for all CPT's 10
3.4.1 Results for pile type : Round 456 10
3.4.1.1 Pile group 1 10
3.4.1.2 Pile group 2 10
3.4.1.3 Pile group 3 11
3.4.1.4 Pile group 4 11
3.4.1.5 Pile group 5 11
3.4.1.6 Pile group 6 11
3.4.1.7 Pile group 7 11
3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3 12
3.5.1 Results for pile type : Round 456 12
3.5.1.1 Pile group 1 12
3.5.1.2 Pile group 2 12
3.5.1.3 Pile group 3 12
3.5.1.4 Pile group 4 13
3.5.1.5 Pile group 5 13
3.5.1.6 Pile group 6 13
3.5.1.7 Pile group 7 14

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Tension Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	ECL, Breijn O&A
Design engineer superstructure :	Briejn O&A
Principal :	-
Title 1 :	Randstad 380 kV, Noordring-Noord
Title 2 :	Mastlocatie 1
Title 3 :	D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10
Number of project :	2410010
Location of project :	Rosmalen

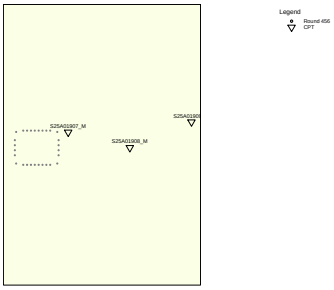
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

The design and verifications performed by the TENSION PILES (NEN-EN) model of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause tensile forces in the piles. Pilegroup effects are taken into account. Calculation of pile forces is based on Cone Penetration Tests. Pile capacities are based on the NEN-EN 1997-1, chapter 7 and where pile/safety factors are concerned, on Dutch Standards NEN-EN 1997-1. Horizontal displacements of piles are not taken into account. Vertical displacements of piles are not calculated. Design of Tension piles based on NEN-EN 1997-1 is limited to piles with lengths between 7 and 50 m and a minimum Length over (equivalent) diameter ratio of 13.5.

2.4 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Install - Excavation

2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan



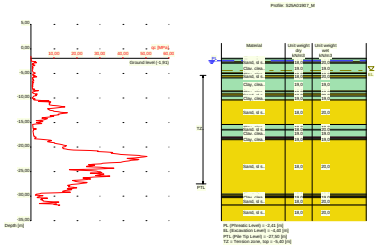
Number/name CPT	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
1: S25A01907_M	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	106984,00	498477,00

2.5 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.5.1 Soil Profile S25A01907_M

Belonging to CPT	S25A01907_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,910
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,410
Top of tension zone [m. reference level]:	-5,400
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Number of layers in profile :	25



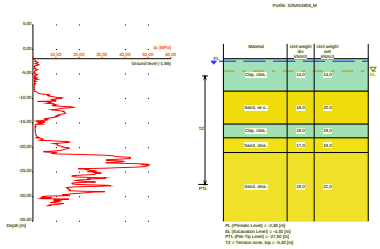
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-2,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
3	-2,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-2,710	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-2,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
6	-4,910	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
7	-5,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
8	-5,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
9	-5,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
10	-8,610	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
11	-8,710	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
12	-9,210	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
13	-9,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
14	-10,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
15	-15,410	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
16	-16,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
17	-16,510	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
18	-18,010	Peat	10,00	10,00	0,40	0,80		12/15	Standard
19	-18,310	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
20	-18,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
21	-29,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
22	-29,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
23	-30,110	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
24	-30,310	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
25	-31,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-2,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
3	-2,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-2,710	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-2,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
6	-4,910	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
7	-5,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
8	-5,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
9	-5,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
10	-8,610	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
11	-8,710	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
12	-9,210	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
13	-9,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
14	-10,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
15	-15,410	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
16	-16,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
17	-16,510	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
18	-18,010	Peat	15,00	0,00	0,00	1,000	False
19	-18,310	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
20	-18,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
21	-29,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
22	-29,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
23	-30,110	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
24	-30,310	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
25	-31,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True

2.5.2 Soil Profile S25A01908_M

Belonging to CPT S25A01908_M
Surface level in [m. reference level] : -1,880
Phreatic level in [m. reference level] : -2,380
Top of tension zone [m. reference level]: -5,400
Pile tip level in [m. reference level] : -27,500
Number of layers in profile : 5



Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,880	Clay	14,00	14,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-8,500	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
3	-15,200	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-18,000	Sand	17,00	19,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-21,000	Sand	19,00	21,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,880	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-8,500	Sand	25,00	0,00	0,00	1,000	True
3	-15,200	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-18,000	Sand	30,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-21,000	Sand	35,00	0,00	0,00	1,000	True

2.6 Pile Types

Note : if alpha;t is not user defined, the next rules apply :
- alpha;t according to table 7.g and table 7.h of NEN 9097-1
- for clay: alpha;t depends on the CPT-value and relative depth
- for peat: alpha;t = 0
- for sand/gravel: alpha;t also depends on the median

Number of pile types : 1

2.6.1 Pile type : Round 456

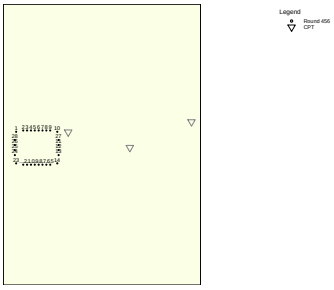
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam : Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay : According to standard
Materialtype for pile : Concrete
Pile shape : Round pile

Pile dimensions :
Diameter [m] : 0,456

2.7 Foundation Plan

Number of piles : 28
Number of collaborating piles* : 28
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.7.1 View of Foundation Plan



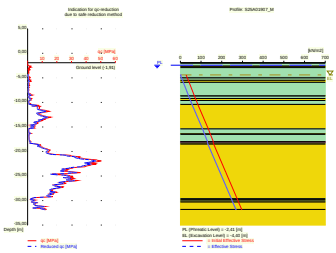
Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1	106939,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
2: 2	106942,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
3: 3	106944,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
4: 4	106945,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
5: 5	106947,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
6: 6	106948,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
7: 7	106950,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
8: 8	106951,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
9: 9	106953,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
10: 10	106955,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
11: 27	106956,26	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
12: 11	106956,26	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
13: 12	106956,26	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
14: 13	106956,26	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
15: 14	106955,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
16: 15	106953,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
17: 16	106951,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
18: 17	106950,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
19: 18	106948,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
20: 19	106947,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
21: 20	106945,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
22: 21	106944,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
23: 22	106942,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
24: 23	106939,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
25: 24	106939,24	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
26: 25	106939,24	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
27: 26	106939,24	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
28: 28	106939,24	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Note regarding the loads: tension forces are positive, compressive forces are negative
Note 2: See OVERRULED PARAMETERS for gamma;var

2.8 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -4,400
Reduction model : Safe (NEN)



2.9 Optional Parameters

Unit weight water [kN/m3] : 9,81
Surcharge [kN/m2] : 0,00

2.10 Overruled Parameters

User defined gamma;var [-] 1,500
User defined Factor xi3 [-] : 1,20
User defined Factor xi4 [-] : 0,96
User defined gamma;st [-] 1,350

2.11 Calculation Options

Suppress compaction
If compaction is used, according to NEN 9097-1 CPT's should be made after installation to verify this assumption
Use the influence of excavations (standard).
Suppress excess pore pressure

2.12 Model Options

Selected pile types :
-Round 456

Selected profiles :
-S25A01907_M
-S25A01908_M

3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;st (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;var (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When calculating the max. mobilized soil weight, the topangle is used according to NEN 9097-1.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

xi3 (user defined) :	1,20
xi4 (user defined) :	0,96
User defined gamma;var [-]	1,500
User defined gamma;st [-]	1,350
Factor gamma;gamma according to NEN-EN 1997-1 annex A.3 table A2 [-]	
Above excavation level	1,0
Below excavation level	1,1

3.3.2 Pile type : Round 456

Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam :	Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay :	According to standard
Materialtype for pile :	Concrete
Pile shape :	Round pile
Pile dimensions :	
Diameter [m] :	0,456

3.4 Results for all CPT's

3.4.1 Results for pile type : Round 456

3.4.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1247,58	1052,29	1052,29	Ksi3

3.4.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group

2
9
15
22

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	979,86	848,77	848,77	Ksi3

3.4.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	765,18	686,10	686,10	Ksi3

3.4.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	767,44	687,36	687,36	Ksi3

3.4.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	767,79	687,55	687,55	Ksi3

3.4.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1116,38	953,39	953,39	Ksi3

3.4.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12

25
26

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	957,30	843,16	843,16	Ksi3

3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3

3.5.1 Results for pile type : Round 456

3.5.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1042,64	12362,50	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1061,93	9855,44	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
2
9
15
22

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	848,98	5044,58	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	848,56	4158,66	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	691,27	4540,27	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	680,92	3688,90	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	692,34	5128,17	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	682,37	4205,32	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	692,51	5293,10	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	682,60	4348,05	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	950,30	5707,56	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	956,48	4764,09	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12
25
26

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	847,10	5301,09	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	839,23	4377,84	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

End of Report

Draagkracht (t.b.v. veerstijfheid trek)

Report for D-Foundations 8.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company:	Breijn B.V. Ontwerp en Advies Constructies en Geotechniek
Date of report:	16-8-2012
Time of report:	15:34:56
Date of calculation:	16-8-2012
Time of calculation:	15:34:47
Filename:	D:\..\Mast 1_Draagkracht trek_1op10_veerstijfheid
Project identification:	Randstad 380 kV, Noordring-Noord Mastlocatie 1 D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10_veerstijfheid

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN) 3
2.4 General CPT Data 3
2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.5 Soil Data 4
2.5.1 Soil Profile S25A01907_M 4
2.5.2 Soil Profile S25A01908_M 5
2.6 Pile Types 6
2.6.1 Pile type : Round 456 6
2.7 Foundation Plan 7
2.7.1 View of Foundation Plan 7
2.8 Excavation Data 8
2.9 Optional Parameters 8
2.10 Overruled Parameters 8
2.11 Calculation Options 8
2.12 Model Options 9
3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : Round 456 10
3.4 Results for all CPT's 10
3.4.1 Results for pile type : Round 456 10
3.4.1.1 Pile group 1 10
3.4.1.2 Pile group 2 10
3.4.1.3 Pile group 3 11
3.4.1.4 Pile group 4 11
3.4.1.5 Pile group 5 11
3.4.1.6 Pile group 6 11
3.4.1.7 Pile group 7 11
3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3 12
3.5.1 Results for pile type : Round 456 12
3.5.1.1 Pile group 1 12
3.5.1.2 Pile group 2 12
3.5.1.3 Pile group 3 12
3.5.1.4 Pile group 4 13
3.5.1.5 Pile group 5 13
3.5.1.6 Pile group 6 13
3.5.1.7 Pile group 7 14

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model	Tension Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :	ECL, Breijn O&A
Design engineer superstructure :	Breijn O&A
Principal :	-
Title 1 :	Randstad 380 kV, Noordring-Noord
Title 2 :	Mastlocatie 1
Title 3 :	D-Foundations Mast 1_Draagkracht trek_1op10_veerstijfheid
Number of project :	2410010
Location of project :	Rosmalen

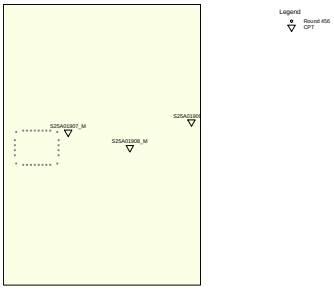
2.3 Application Area Model Tension Piles (NEN-EN)

The design and verifications performed by the TENSION PILES (NEN-EN) model of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause tensile forces in the piles. Pilegroup effects are taken into account. Calculation of pile forces is based on Cone Penetration Tests. Pile capacities are based on the NEN-EN 1997-1, chapter 7 and where pile/safety factors are concerned, on Dutch Standards NEN-EN 1997-1. Horizontal displacements of piles are not taken into account. Vertical displacements of piles are not calculated. Design of Tension piles based on NEN-EN 1997-1 is limited to piles with lengths between 7 and 50 m and a minimum Length over (equivalent) diameter ratio of 13.5.

2.4 General CPT Data

Number of CPT's :	2
Timing of CPT's :	CPT - Install - Excavation

2.4.1 View of CPT's in Foundation Plan



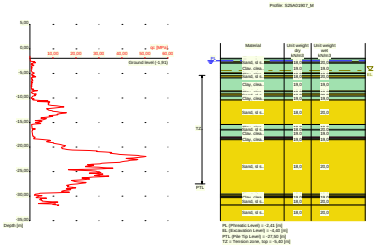
Number/name CPT	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]
1: S25A01907_M	106960,00	498483,00
2: S25A01908_M	106984,00	498477,00

2.5 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.5.1 Soil Profile S25A01907_M

Belonging to CPT	S25A01907_M
Surface level in [m. reference level] :	-1,910
Phreatic level in [m. reference level] :	-2,410
Top of tension zone [m. reference level]:	-5,400
Pile tip level in [m. reference level] :	-27,500
Number of layers in profile :	25



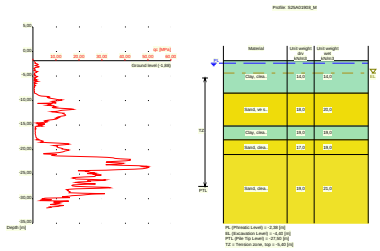
Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-2,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
3	-2,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-2,710	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-2,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
6	-4,910	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
7	-5,010	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
8	-5,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
9	-5,910	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
10	-8,610	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
11	-8,710	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
12	-9,210	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
13	-9,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
14	-10,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
15	-15,410	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
16	-16,410	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
17	-16,510	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
18	-18,010	Peat	10,00	10,00	0,40	0,80		12/15	Standard
19	-18,310	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
20	-18,510	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
21	-29,610	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
22	-29,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
23	-30,110	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
24	-30,310	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
25	-31,810	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-2,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
3	-2,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-2,710	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-2,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
6	-4,910	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
7	-5,010	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
8	-5,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
9	-5,910	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
10	-8,610	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
11	-8,710	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
12	-9,210	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
13	-9,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
14	-10,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
15	-15,410	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
16	-16,410	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
17	-16,510	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
18	-18,010	Peat	15,00	0,00	0,00	1,000	False
19	-18,310	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
20	-18,510	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
21	-29,610	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
22	-29,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
23	-30,110	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
24	-30,310	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True
25	-31,810	Sand	27,00	0,00	0,00	1,000	True

2.5.2 Soil Profile S25A01908_M

Belonging to CPT S25A01908_M
Surface level in [m. reference level] : -1,880
Phreatic level in [m. reference level] : -2,380
Top of tension zone [m. reference level]: -5,400
Pile tip level in [m. reference level] : -27,500
Number of layers in profile : 5



Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Min. Void Ratio [%]	Max. Void Ratio [%]	Median [mm]	Max. Cone resistance [kPa]	Use Max. Cone resistance
1	-1,880	Clay	14,00	14,00	0,40	0,80		12/15	Standard
2	-8,500	Sand	18,00	20,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
3	-15,200	Clay	19,00	19,00	0,40	0,80		12/15	Standard
4	-18,000	Sand	17,00	19,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard
5	-21,000	Sand	19,00	21,00	0,40	0,80	0,200	12/15	Standard

Number layer	Top layer [m R.L.]	Soil Type	Phi [deg]	Addit. PP at top [kN/m2]	Addit. PP at bottom [kN/m2]	OCR value [-]	Use Tension
1	-1,880	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
2	-8,500	Sand	25,00	0,00	0,00	1,000	True
3	-15,200	Clay	17,50	0,00	0,00	1,000	False
4	-18,000	Sand	30,00	0,00	0,00	1,000	True
5	-21,000	Sand	35,00	0,00	0,00	1,000	True

2.6 Pile Types

Note : if alpha;t is not user defined, the next rules apply :
- alpha;t according to table 7.g and table 7.h of NEN 9097-1
- for clay: alpha;t depends on the CPT-value and relative depth
- for peat: alpha;t = 0
- for sand/gravel: alpha;t also depends on the median

Number of pile types : 1

2.6.1 Pile type : Round 456

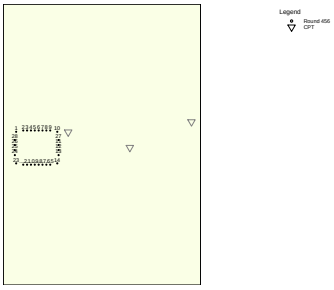
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam : Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay : According to standard
Materialtype for pile : Concrete
Pile shape : Round pile

Pile dimensions :
Diameter [m] : 0,456

2.7 Foundation Plan

Number of piles : 28
Number of collaborating piles* : 28
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.7.1 View of Foundation Plan



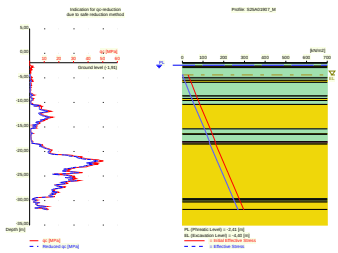
Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
1: 1	106939,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
2: 2	106942,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
3: 3	106944,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
4: 4	106945,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
5: 5	106947,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
6: 6	106948,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
7: 7	106950,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
8: 8	106951,50	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
9: 9	106953,00	498483,66	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
10: 10	106955,75	498483,15	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
11: 27	106956,26	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
12: 11	106956,26	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
13: 12	106956,26	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
14: 13	106956,26	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
15: 14	106955,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
16: 15	106953,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
17: 16	106951,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
18: 17	106950,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
19: 18	106948,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
20: 19	106947,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
21: 20	106945,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
22: 21	106944,00	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
23: 22	106942,50	498470,34	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
24: 23	106939,75	498470,85	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
25: 24	106939,24	498474,06	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Pile nr./code	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Maximum load [kN]	Minimum load [kN]	Pile head level [m R.L.]	Use alternat. loads	Factor Gamma;var
26: 25	106939,24	498476,02	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
27: 26	106939,24	498477,98	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.
28: 28	106939,24	498479,94	0,00	0,00	-4,20	False	n.a.

Note regarding the loads: tension forces are positive, compressive forces are negative
Note 2: See OVERRULED PARAMETERS for gamma;var

2.8 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -4,400
Reduction model : Safe (NEN)



2.9 Optional Parameters

Unit weight water [kN/m3] : 9,81
Surcharge [kN/m2] : 0,00

2.10 Overruled Parameters

User defined gamma;var [-] 1,000
User defined Factor xi3 [-] : 1,20
User defined Factor xi4 [-] : 0,96
User defined gamma;st [-] 1,000

2.11 Calculation Options

Suppress compaction
If compaction is used, according to NEN 9097-1 CPT's should be made after installation to verify this assumption
Use the influence of excavations (standard).
Suppress excess pore pressure

2.12 Model Options

Selected pile types :
-Round 456

Selected profiles :
-S25A01907_M
-S25A01908_M

3 Tension Piles (EC7-NL): Bearing capacity at fixed pile tip levels

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;st (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor gamma;var (NEN-EN 1997 1:2005 NEN 9097-1, annex A) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When calculating the max. mobilized soil weight, the topangle is used according to NEN 9097-1.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

xi3 (user defined) :	1,20
xi4 (user defined) :	0,96
User defined gamma;var [-]	1,000
User defined gamma;st [-]	1,000
Factor gamma;gamma according to NEN-EN 1997-1 annex A.3 table A2 [-]	
Above excavation level	1,0
Below excavation level	1,1

3.3.2 Pile type : Round 456

Pile type for shaft friction factor (alpha;t) sand/gravel/loam :	Cast-in-place pile, tube back by driving
Pile type for shaft friction factor (alpha;t) clay :	According to standard
Materialtype for pile :	Concrete
Pile shape :	Round pile
Pile dimensions :	
Diameter [m] :	0,456

3.4 Results for all CPT's

3.4.1 Results for pile type : Round 456

3.4.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	2081,69	1791,05	1791,05	Ksi3

3.4.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group

2
9
15
22

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1470,91	1314,56	1314,56	Ksi3

3.4.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1078,54	980,66	980,66	Ksi3

3.4.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1087,59	985,76	985,76	Ksi3

3.4.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1089,02	986,56	986,56	Ksi3

3.4.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1745,71	1537,70	1537,70	Ksi3

3.4.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12

25
26

Level [m R.L.]	Rt;d min [kN]	Rt;d avg [kN]	Rt;d [kN]	Ksi used [-]
-27,50	1401,61	1260,76	1260,76	Ksi3

3.5 INDICATIVE: Results using Ksi3

3.5.1 Results for pile type : Round 456

3.5.1.1 Pile group 1

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
1
10
14
23

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1790,65	12362,50	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1791,45	9855,44	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.2 Pile group 2

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
2
9
15
22

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1325,57	5044,58	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1303,54	4158,66	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.3 Pile group 3

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
3
8
16
21

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	991,23	4540,27	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	970,10	3688,90	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.4 Pile group 4

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
4
7
17
20

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	995,58	5128,17	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	975,93	4205,32	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.5 Pile group 5

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
5
6
18
19

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	996,26	5293,10	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	976,85	4348,05	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.6 Pile group 6

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
13
24
27
28

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1545,99	5707,56	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1529,42	4764,09	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

3.5.1.7 Pile group 7

Number of piles belonging to this pile group : 4
Names of piles belonging to this pile group
11
12
25
26

CPT name	Level [m R.L.]	Rt;d Indicative [kN]	Max. mobilized soil weight [kN]	Pile weight [kN]	Tension derived from clay [%]
S25A01907...	-27,50	1272,48	5301,09	45,69	0,00
S25A01908...	-27,50	1249,05	4377,84	45,69	0,00

CPT name	Alpha t aver. overall	Alpha t aver. sand/gravel/loam	Alpha t aver. clay/peat
S25A01907...	0,0120	0,0120	0,0000
S25A01908...	0,0120	0,0120	0,0000

End of Report

TenneT
Taking power further

Bijlage 3.3

GHS-OMGV lijn

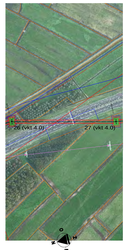
Lengteprofielen

Conversietabel

Randstad 380 kV Noordring
Beverwijk – Vijfhuizen

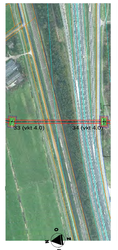
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
	Stations portaal Bev (vkt 4.0)
1	1 (vkt 4.0)
2	2 (vkt 4.0)
3	3 (vkt 4.0)
4	4 (vkt 4.0)
5	5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 5 (vkt 4.0)
	Opstijgpunt mast 6 (vkt 4.0)
6	6 (vkt 4.0)
7	7 (vkt 4.0)
8	8 (vkt 4.0)
9	9 (vkt 4.0)
10	10 (vkt 4.0)
11	11 (vkt 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)

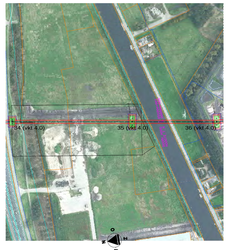
Mastnummers in de Tracékaart	Mastnummer overige kaarten
21	21 (vkt 4.0)
22	22 (vkt 4.0)
23	23 (vkt 4.0)
24	24 (vkt 4.0)
26	25 (vkt 4.0)
27	26 (vkt 4.0)
28	27 (vkt 4.0)
29	28 (vkt 4.0)
30	29 (vkt 4.0)
31	30 (vkt 4.0)
32	31 (vkt 4.0)
33	32 (vkt 4.0)
34	33 (vkt 4.0)
35	34 (vkt 4.0)
36	35 (vkt 4.0)
37	36 (vkt 4.0)
38	37 (vkt 4.0)
39	38 (vkt 4.0)
	Stations portaal Vhz (vkt 4.0)

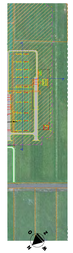


Legenda

| Nr | 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)



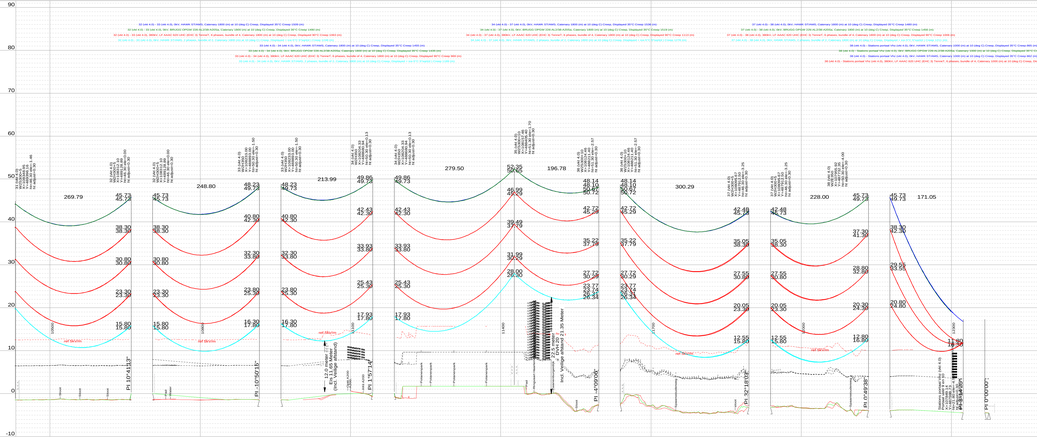




Legenda

Nr	Naam	Tekstuur / beschrijving	Grondvlak	Max. toel. Vmax - 1 min (m/s)	Max. toel. Vmax - 10 min (m/s)	Max. toel. Vmax - 1 uur (m/s)	Max. toel. Vmax - 1 dag (m/s)	Max. toel. Vmax - 1 week (m/s)	Max. toel. Vmax - 1 maand (m/s)	Max. toel. Vmax - 1 jaar (m/s)	Max. toel. Vmax - 50 jaar (m/s)	Max. toel. Vmax - 1000 jaar (m/s)	Max. toel. Vmax - 10000 jaar (m/s)	Bouwvergunning vereist	Bouwvergunning vereist	Bouwvergunning vereist	Bouwvergunning vereist	Bouwvergunning vereist	Bouwvergunning vereist
		Vrij		0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70						
		Bewolkt		0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70						
1		Ontwikkelzicht ontwikkelgebied		7.95	7.95	8.20	8.95	8.47	8.87	9.50	9.50	10.45	9.95	3.5	3.5	3.5			
2		Industrieel gebied		9.35	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	9.50	9.50	10.95	9.95				2	2.5	3.5
3		Industrie		9.35	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	9.50	9.50	10.95	9.95	3.5	3.5	3.5			
4		Dakterr.(bebbing > 15pct.)		9.35	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	9.50	9.50	10.95	9.95				2	2.5	3.5
5		Dakterr.(bebbing < 15pct.)		9.21	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	9.50	9.50	11.95	9.95				2	2.5	3.5
6		Weiland		8.95	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	10.00	9.50	10.95	9.95				2	2.5	3.5
7		Land- en vuilcontrolestraten		7.95	8.35	8.50	8.50	8.47	8.87	9.00	9.50	11.95	9.95	3.5	3.5	3.5			
8		Bedrijfsterr.met gebouwen		10.35	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	10.00	9.50	10.95	9.95				2	2.5	3.5
9		Spoorlijnen zonder tractie		8.95	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	9.50	9.50	10.95	9.95				2	2.5	3.5
10		Spoorlijnen met tractie		11.45	9.35	11.95	9.95	12.17	9.87	13.70	9.50	14.10	9.95				10.5	2.5	3.5
11		Weidevogels <500 ml.meter		10.35	9.35	10.85	9.95	10.67	9.87	17.00	9.50	18.95	9.95				20	2.5	3.5
12		Weidevogels >500 ml.meter		11.35	9.35	11.50	9.95	11.67	9.87	15.20	9.50	23.95	9.95	35			20	2.5	3.5
13		Weidevogels <500 ml.meter		10.35	9.35	10.85	9.95	10.67	9.87	17.00	9.50	18.95	9.95				20	2.5	3.5
14		Weidevogels >500 ml.meter		11.35	9.35	11.85	9.95	11.67	9.87	15.20	9.50	23.95	9.95	35			20	2.5	3.5
15		Water		9.95	9.95	7.15	9.95	7.47	9.87	9.50	9.50	9.95	9.95				5.5	2.5	3.5
16		Verkeersplaats, (dagverkeer), bundel n.o.		9.35	9.35	9.60	9.95	9.47	9.87	9.50	9.50	10.95	9.95				2	2.5	3.5

- < Compensatie gelinder
- < Rijksweiland
- < 150kV
- < 220kV
- < 380kV
- 3.8 Bedrijf 1 m. 9/V/m
- = Minimale vrije ruimte voor 450V (volledbouw)
- = Verschijnen waar extra ruimte nodig is bovenop de minimale vrije ruimte


269.79
248.80
213.99
279.50
196.78
300.29
228.00
171.05
LEGENDA
HF MAVIN
HF MAVIN
HF MAVIN

TenneT
Taking power further

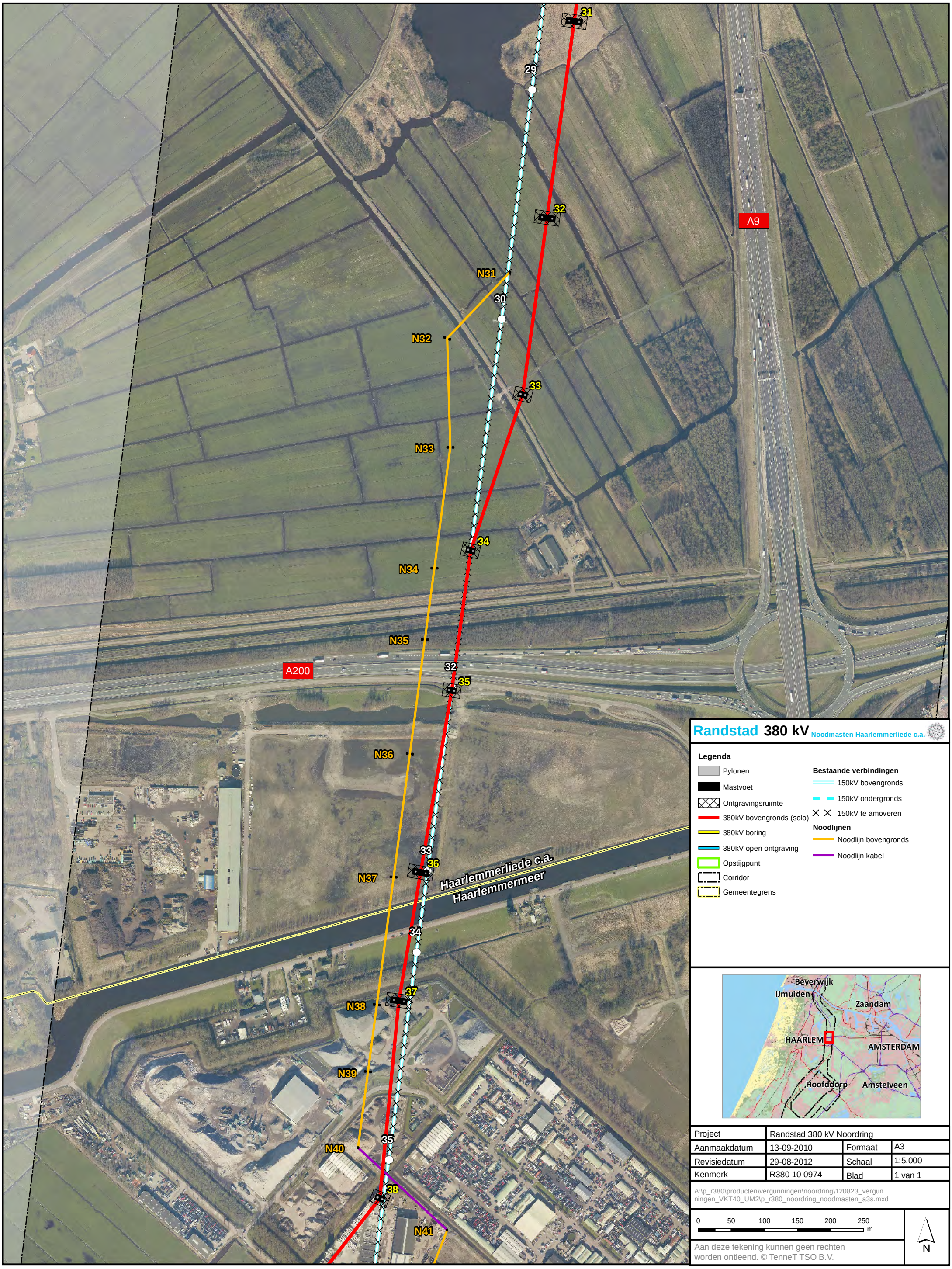
Bijlage 3.4

GHS-OMGV lijn

Noodlijnenplan

Randstad 380 kV

Noordring Noodmasten Haarlemmerliede c.a.



Randstad 380 kV Noodmasten Haarlemmerliede c.a.

Legenda

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

Bestaande verbindingen

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

Noodlijnen

- Noodlijn bovengronds
- Noodlijn kabel

Project	Randstad 380 kV Noordring		
Aanmaakdatum	13-09-2010	Formaat	A3
Revisiedatum	29-08-2012	Schaal	1:5.000
Kenmerk	R380 10 0974	Blad	1 van 1

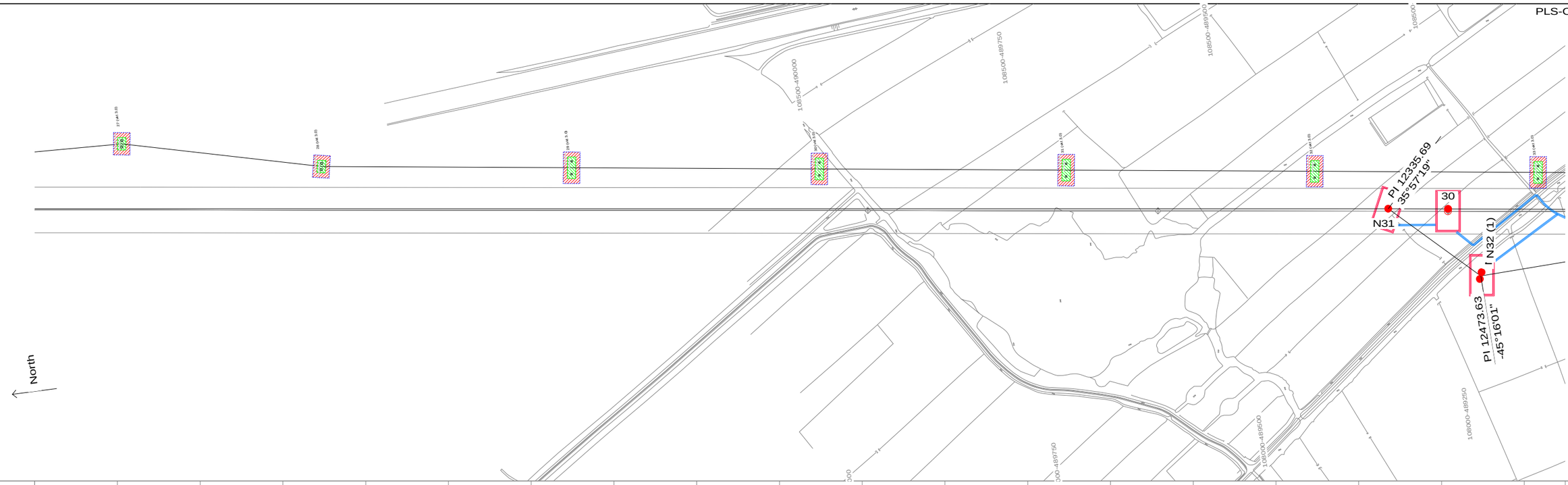
A:\p_r380\producten\vergunningen\noordring\120823_vergunningen_VKT40_UM2\p_r380_noordring_noodmasten_a3s.mxd

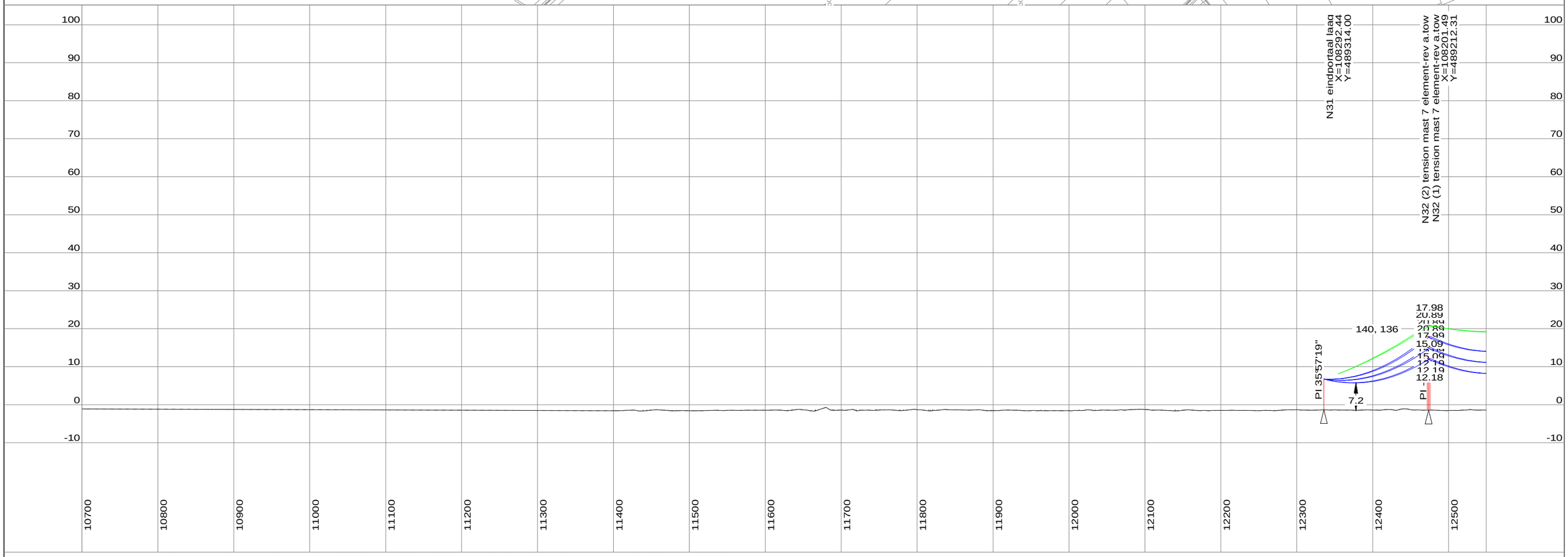
0 50 100 150 200 250 m

N

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

PLS-CADD Drawing





50.0 m Horiz. Scale

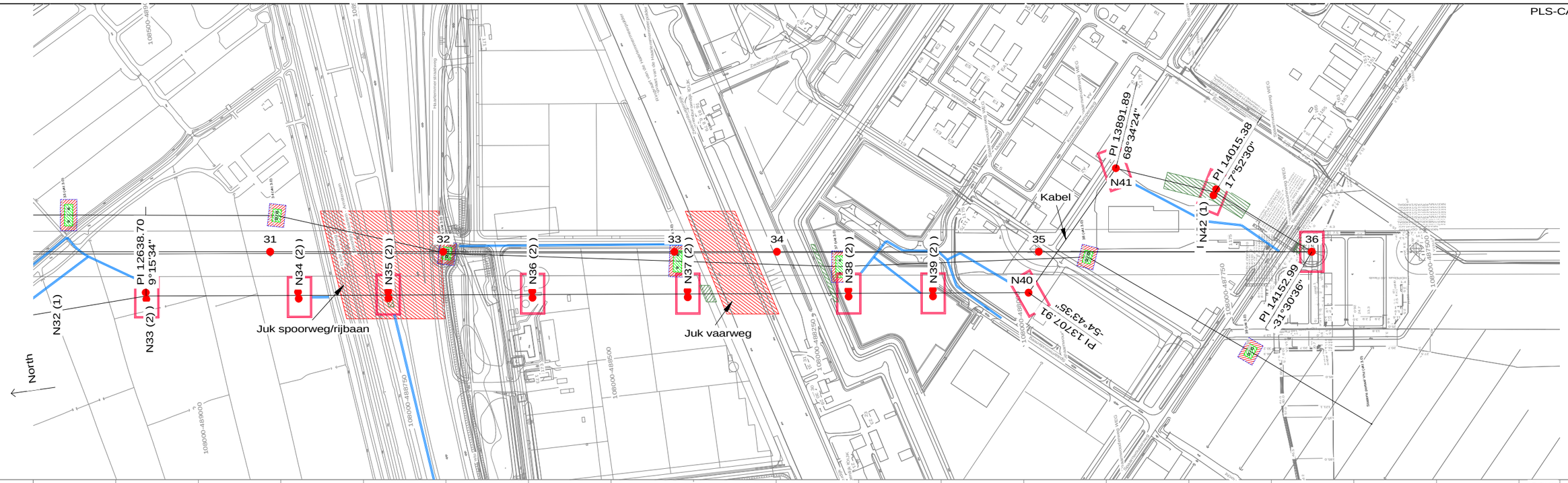
10.0 m Vert. Scale

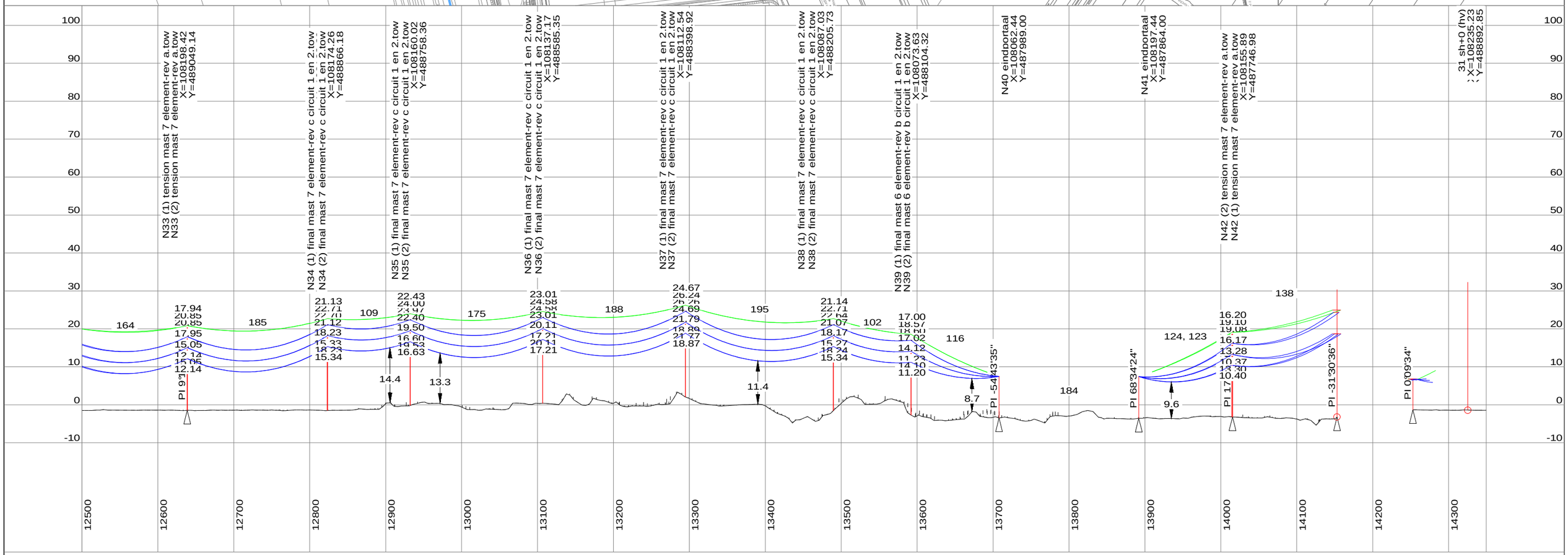
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 7888 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 7888 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 8307 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 8307 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22524 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 10853 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22877 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 11144 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 8691 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 8690 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22949 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 12479 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 7446 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 7439 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22194 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 12136 (N)

- Mastpositie noodlijn
- Mastpositie bestaande lijn
- Mastpositie wintrack
- Positie jukken t.b.v. rijbaan/spoorweg/vaarweg
- Hout kappen
- Toegangswegen
- Werkveld
- Indicatie magneetvelden

1315-VELSEN-VIJFHUIZEN NOODLIJNEN CONCEPT 16
16-8-2012

PLS-CADD Drawing





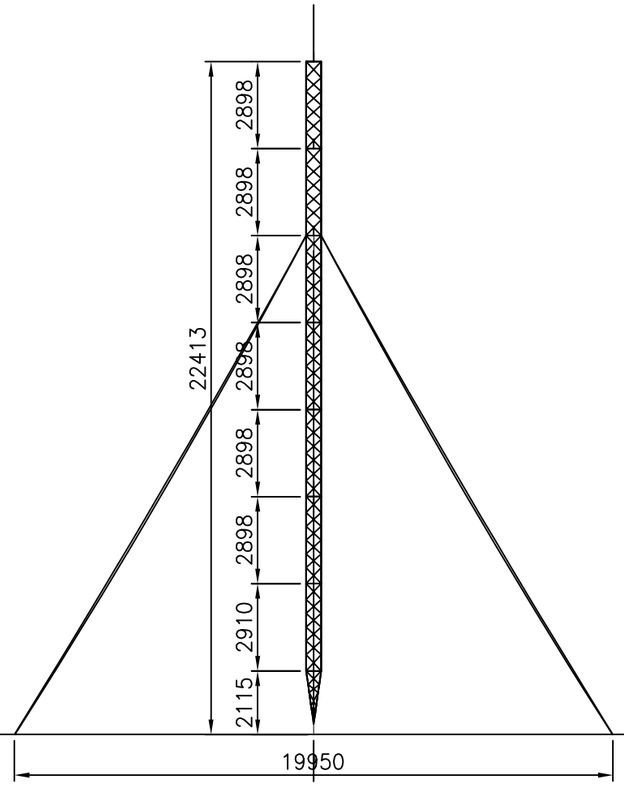
50.0 m Horiz. Scale

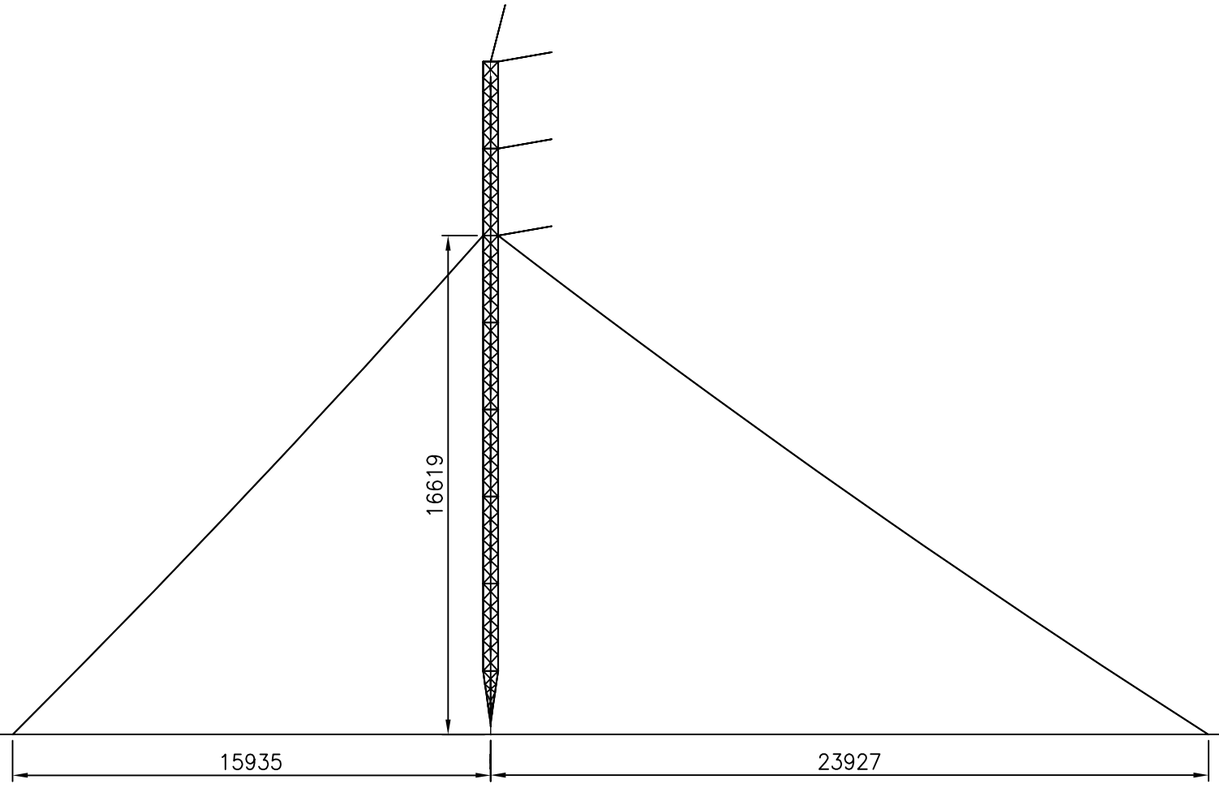
10.0 m Vert. Scale

131-1 acsr minorca 12-7, Tension 8691 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 8690 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22949 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 12479 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 7446 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 7439 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22194 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 12136 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 7539 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 7546 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22218 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 12287 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 7539 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 7539 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22218 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 12287 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 8250 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 8251 (N)
131-1 acsr minorca 12-7, Tension 8648 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 6. ULS permanent 10oC Creep 8648 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22759 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 10231 (N)
131-10 acsr sep 48-7, Tension 22949 (N) at 10 (deg C) Creep, Displayed 80(deg C) Creep 10179 (N)

- Mastpositie noodlijn
- Mastpositie bestaande lijn
- Mastpositie wintrack
- Positie jukken t.b.v. rijbaan/spoorweg/vaarweg
- Hout kappen
- Toegangswegen
- Werkveld
- Indicatie magneetvelden

1315-VELSEN-VIJFHUIZEN NOODLIJNEN CONCEPT 16
16-8-2012





Opdrachtgever:					Amerikaanse projectie	Schaal: 1:200 Formaat: A3 / Afdeling: VBB
H					Datum	Naam	Maatschets tijdelijke steunmast 7 elementen
G				Get.	30-08-2010	JWB	
F				Gec.			
E				Gez.			
D							
C				Liandon onderdeel van alliander			— / Blad 001
B							
A							
Rev.	Wijziging	Datum	Get.	Oorspr.:		Verv.:	Verv.door:

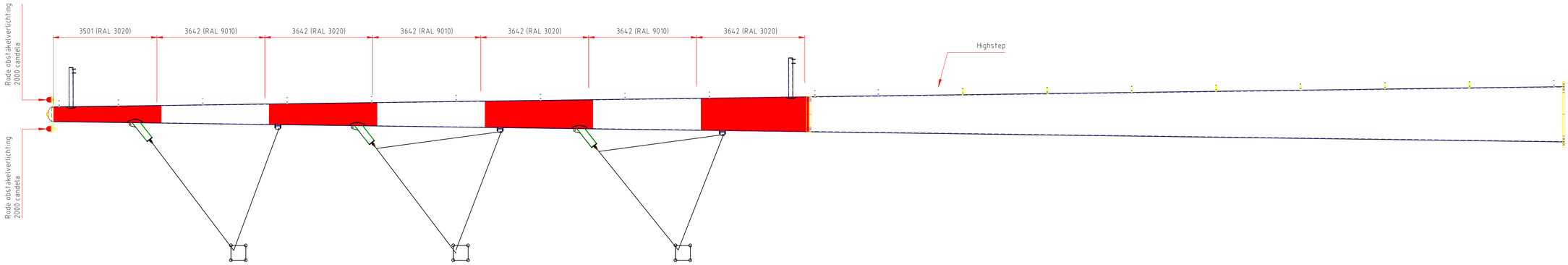
DOS-filenaam: U:\TEC\VB\16. INSTANDHOUDING\03. PLS-CADD\STRUCTURE\WOODMASTEN\FINAL MAST 6 ELEMENT-REV B CIRCUIT 1 EN 2.DWG (LAYOUT1) Autocad versie: 17.1s (LMS Tech) - 2010/08/30 - 15:48:28

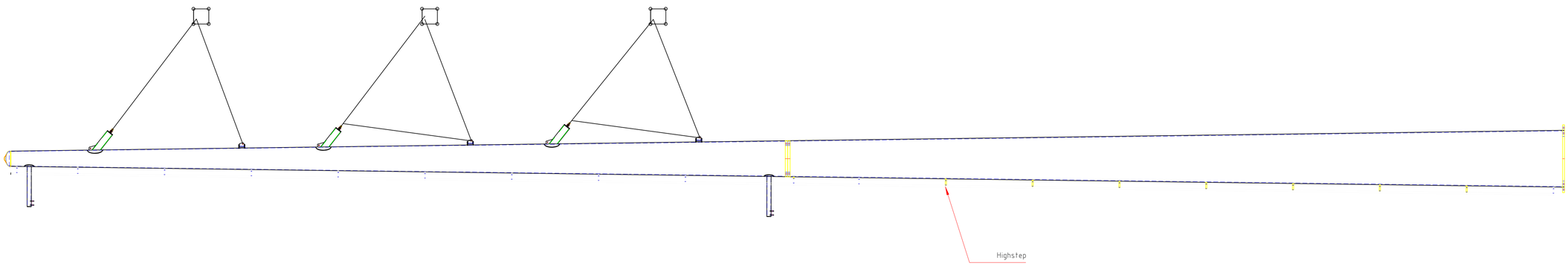
TenneT
Taking power further

Bijlage 3.5

GHS-OMGV lijn

Schets obstakelverlichting en markering in verband met vliegveiligheid Schiphol





Benaming: Mast type W2S300+10 versie2

Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	19-12-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

Telecom | Projectie | Tek.nr.: MS20120025/23 | 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

Inspectie Leefomgeving en Transport
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

> Retouradres Postbus 575 2130 AN Hoofddorp

Tennet TSO B.V.
Randstad 380
T.a.v. de heer I. Hermans
Postbus 718
6800 AS ARNHEM

Inspectie Leefomgeving en Transport
ILT/Luchtvaart
Saturnusstraat 50
Hoofddorp
Postbus 575
2130 AN Hoofddorp
www.ilent.nl

Contactpersoon
K. Monster
Senior inspecteur

T 070 456 3144
F 070 456 30 01
klaas.monster@ILenT.nl

Ons kenmerk
ILT-2012/36819

Uw kenmerk
000.007.40 0053383

Datum 13 DEC. 2012
Betreft Randstad 380kV Noordring - alternatieven markeringen hoogspanningsmasten

Geachte heer Hermans,

In uw brief van 12 november 2012 met kenmerk 000.007.40 0053383 verzoekt u goedkeuring te verlenen voor de voorgelegde alternatieven van markeringen van hoogspanningsmasten van de Randstad 380kV Noordring. In reactie op uw verzoek heeft de Inspectie Leefomgeving en Transport (de Inspectie) bericht niet te kunnen instemmen met het alternatief waarbij wit flitsende lichten gedurende de nacht worden gebruikt.

Het betreft alternatief 2: Masten zonder markering door rode banden, maar met markering d.m.v. bollen in de lijn, in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag, 2000 candela 's nachts) in de top van de mast.

Uw collega de heer C. Masselink heeft het verzoek gedaan om het standpunt van de Inspectie te onderbouwen.

De voorschriften over obstakellichten en -markeringen zijn gebaseerd op de voorschriften zoals opgesteld door de International Civil Aviation Organisation (ICAO). Het betreft de voorschriften uit hoofdstuk 6 van bijlage 14 (Aerodromes) bij het Verdrag van Chicago.
Het toepassen van wit flitsende lichten gedurende de nacht behoort tot de mogelijkheden genoemd door ICAO (alternatief 2).
De ICAO voorschriften geven ook aan dat het gebruik van wit flitsende lichten gedurende de nacht kan leiden tot verblinding van de pilot (dazzle pilots) en negatieve gevolgen kan hebben voor de omgeving (omwonenden, natuur). Dit is ter beoordeling van de (luchtvaart)autoriteit.
In de bijlage is het betreffende artikel (Annex 14 art. 6.3.10) weergegeven.

Voor de masten die van obstakellichten worden voorzien geldt dat deze op relatief korte afstand van startend en landend vliegverkeer op de Polderbaan zijn gesitueerd. Waarbij de masten 30 t/m 39 zo goed als parallel lopen aan de eindnadering op de Polderbaan. Verder betreft het niet een geïsoleerd obstakel maar 10 masten op rij die op grond van de voorschriften gelijktijdig moeten flitsen.

Inspectie Leefomgeving en Transport
ILT/Luchtvaart

De inschatting is dat het toepassen van wit flitsende lichten gedurende de nacht tot gevolg heeft dat piloten bij normale operaties worden afgeleid en in het ergste geval leiden tot verblinding.
De Inspectie is tot de slotsom gekomen dat deze variant van markeren zijn doel voorbij schiet en niet bijdraagt aan een veilige luchtvaart. De Inspectie beschouwt alternatief 2 niet geschikt voor het markeren van de masten.

Deze variant is meer bedoelt voor het markeren van geïsoleerde hoge objecten (hoger dan 100m) die op relatief grote afstand van een luchthaven en aan- en uitvliegroutes zijn gesitueerd.

Uw verzoek is voor de Inspectie aanleiding geweest om de vier alternatieven van markeren van de masten voor commentaar aan twee operators en de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) aan te bieden. De vier alternatieven zijn voorgelegd met de vraag of deze voor de luchtvaart acceptabel zijn. De Inspectie heeft bij de vraagstelling geen voorkeur voor een van de vier alternatieven uitgesproken.
De ontvangen reacties zijn divers. Uit de reacties blijkt wel dat wit flitsende lichten, zowel overdag als 's-nachts, niet gewenst zijn. Aangeven wordt dat wit flitsende lichten de aandacht afleiden en zelfs geïnterpreteerd kunnen worden als naderingslichten in het geval van de masten 30 t/m 39.
Door de LVNL en één operator is de voorkeur uitgesproken voor alternatief 1.

Op grond van aanwezig kennis en ervaringen bij de Inspectie op het gebied van het markeren van obstakels en de ontvangen reacties op de vier voorliggende alternatieven spreekt de Inspectie de voorkeur uit voor alternatief 1.
De Inspectie vindt dit de meest passende oplossing voor het markeren van de masten en het meest in balans voor het attenderen van de piloot op deze obstakels zonder afbreuk te doen aan de luchtvaartveiligheid.

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

DE STAATSSECRETARIS VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU,
namens deze,
DE INSPECTEUR ILT/LUCHTVAART,

K. Monster

Inspectie Leefomgeving en Transport
ILT/Luchtvaart

ICAO ANNEX 14 AERODROMES, VOLUME I

6.3.10 **Recommendation.**— *Where, in the opinion of the appropriate authority, the use of high-intensity obstacle lights, Type A or B, or medium-intensity obstacle lights, Type A, at night may dazzle pilots in the vicinity of an aerodrome (within approximately 10 000 m radius) or cause significant environmental concerns, a dual obstacle lighting system should be provided. This system should be composed of high-intensity obstacle lights, Type A or B, or medium-intensity obstacle lights,* Type A, as appropriate, for daytime and twilight use and medium-intensity obstacle lights, Type B or C, for night-time use.

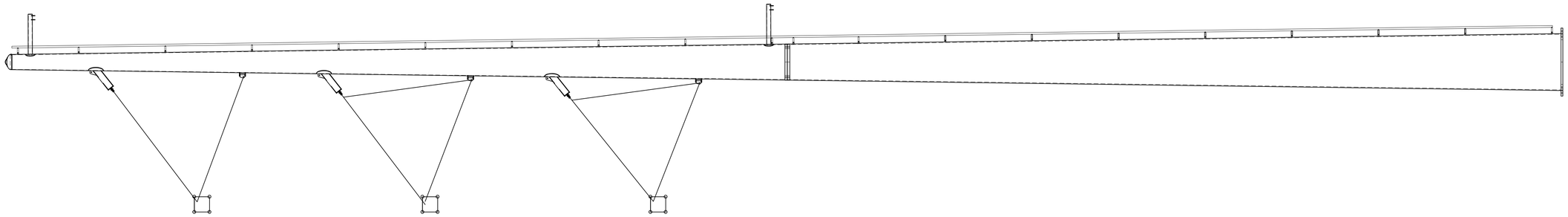
Voor het aanbrengen van obstakellichten en –markeringen op de Randstad 380kV Noordring zijn de volgende alternatieven beschreven:

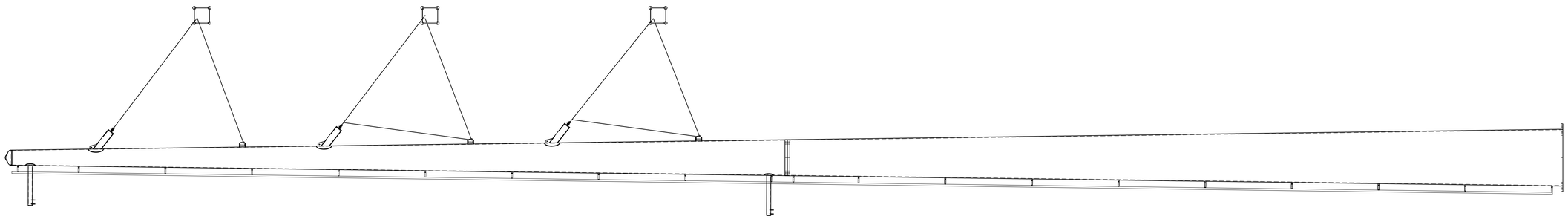
1. Basisalternatief: masten met vanaf de voet van de mast markering d.m.v. rode banden en met markering d.m.v. bollen in de lijn, en in combinatie met rode lichten (50 candela) in de top en halverwege de mast; vast brandend gedurende de macht.
2. Masten zonder markering door rode banden, maar met markering d.m.v. bollen in de lijn, in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag, 2000 candela 's nachts) in de top van de mast.
3. Masten zonder markering door rode banden, maar met markering d.m.v. bollen in de lijn, en in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag) en met rode vaste lichten gedurende de nacht (2000 candela) beide in de top van de mast.
4. Masten zonder markering door rode banden, met markering d.m.v. bollen in de lijn, en in combinatie met knipperende witte lichten (20.000 candela overdag) in de top van de mast, en met rode vaste lichten gedurende de nacht (50 candela) zowel in de top van de mast als halverwege de mast.

Bijlage 3.6

GHS-OMGV lijn

Schets wintrackmast met klimrail





Benaming: Mast type W2S300+10 met highstep					
Uitg	Datum	Get	Gec	Schaal: 1:100	Plaats: NVT
1	17-10-2012	WvL		Maateenheid: mm	Adres: NVT
				Materiaal:	Opstelpunt nr: NVT
				Finish:	

VolkerWessels Telecom

Projectie | Tek.nr.: MS20120025/20 | 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