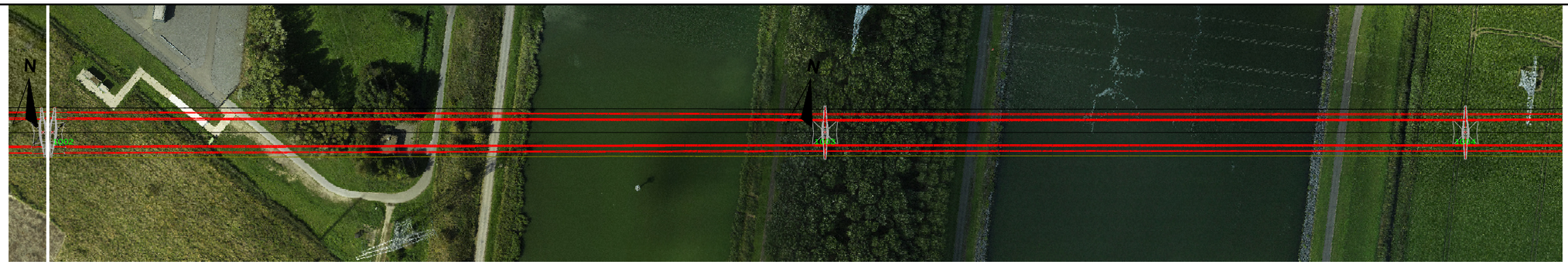
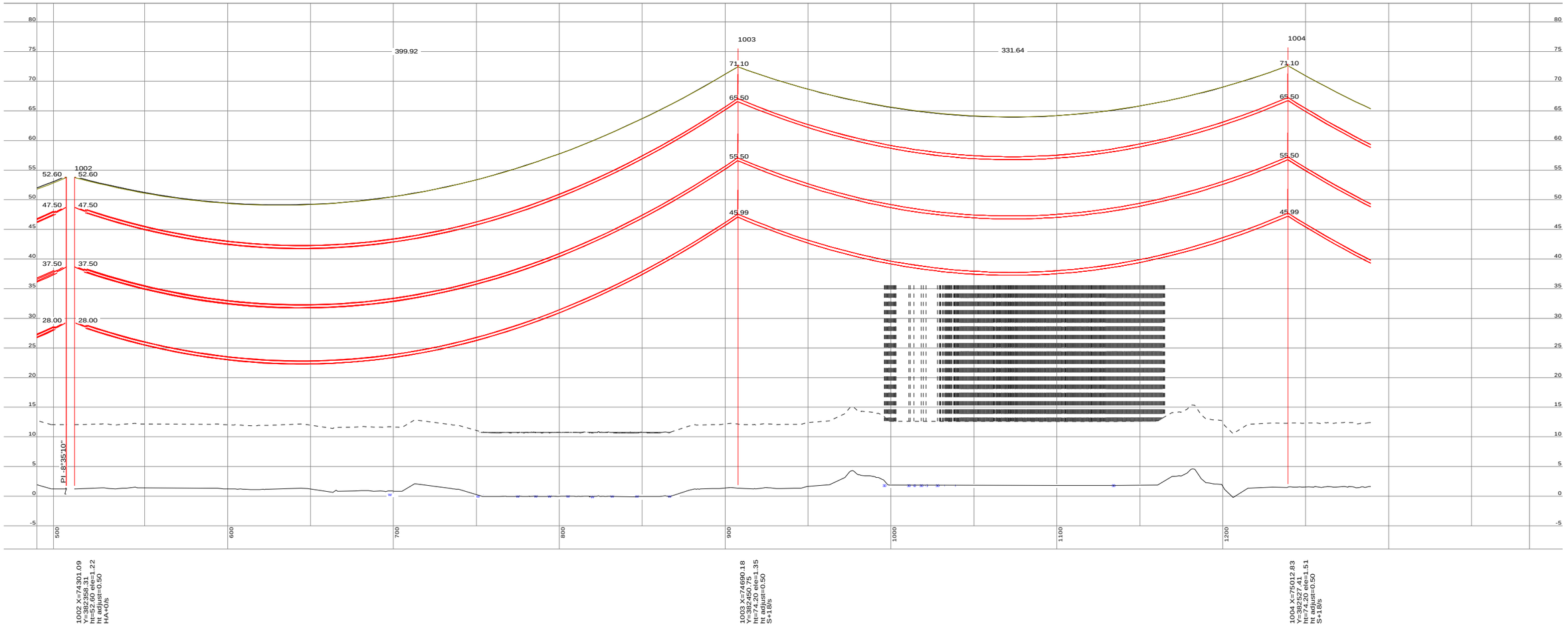
B.3 002.678.22 1017228 Kruising SpuikanaalSchelde Rijnkanaal 1002-1004

PLS-CADD Drawing





Type	Symb	150kV	380kV RLL-TLB (getoond)	380kV GT-RLL GT-TLB
Grond		9.3 m	10.8 m*	11.8 m*
Industrieel gebied		9.7 m	11.2 m*	12.2 m
Wegen		9.3 m	10.8 m*	11.8 m*
Land/agrarische wegen		10.3 m	11.8 m*	12.8 m
Snel/autowegen		11.2 m	12.7 m*	13.7 m
Spoorlijn met tractie		12.5 m	14.0 m*	15.0 m
Daken <15 graden		6.7 m	8.2 m*	9.2 m*
Daken >15 graden		4.7 m	6.2 m	7.2 m
Buisleidingstraat/Evides		10.8 m	12.3 m*	13.3 m
Tractie		7.3 m	8.8 m	9.8 m
Water	W	7.9 m	9.4 m*	10.4 m*
Vaarwegen 15m VDH	15	17.3 m	18.8 m	19.8 m
Vaarwegen 20m VDH	20	22.3 m	23.8 m	24.8 m
Vaarwegen 25m VDH	25	27.3 m	28.8 m	29.8 m
Vaarwegen 30m VDH	30	32.3 m	33.8 m	34.8 m

* onderstaande afstanden minimaal te hanteren vanwege dominantie e-velden (5kV/m 1m boven maaiveld) conform AM-Req-0939

Verbinding	Afstand	Aanduiding afstand
RLL-TLB Combi	14.9m	
RLL-TLB Solo	13.8m	
GT-TLB	12.0m	
GT-RLL	Niet dominant	

Type	Geleider	Kleur	Temp.	Parameter
380 kV	4xAMS620		70 graden	1800 m
380 kV	3xACCC Warsaw		90 graden	1375 m
150 kV	2xAMS620		70 graden	1800 m
Bliksem/OPGW	HAWK/AFL226		35 graden	1800 m

25.0 m Horiz. Scale

7.0 m Vert. Scale

Naam: 380-kV verbindingen Rilland-Tilburg

Tekeningstatus: Definitief

Relatie

Rev.	Dat. Rev.	Omschrijving revisie	Getekend:	Dat. AB	Schaal	Formaat
			TenneT	28-04-2022	Zie tek.	A3

Oud tekeningnummer:

TenneT Taking power further

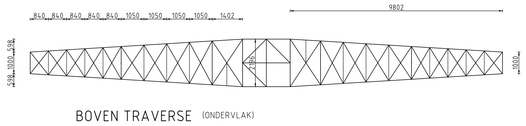
Thema	Lijnen
Categorie	Lijn
Documentcode	Lengteprofiel

Object ID: VKA 2.0.1

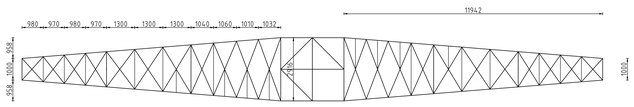
Omschrijving: Kruising Spuikanaal/Schelde Rijnkanaal 1002-1004 Doorvaarthoogte 30m

Documentnummer: 1017228 blad 1

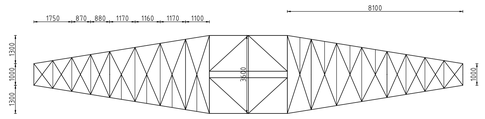
C.1 002.678.00 0920286 Mastbeeld Splus18_s



BOVEN TRAVERSE (ONDERVLAK)

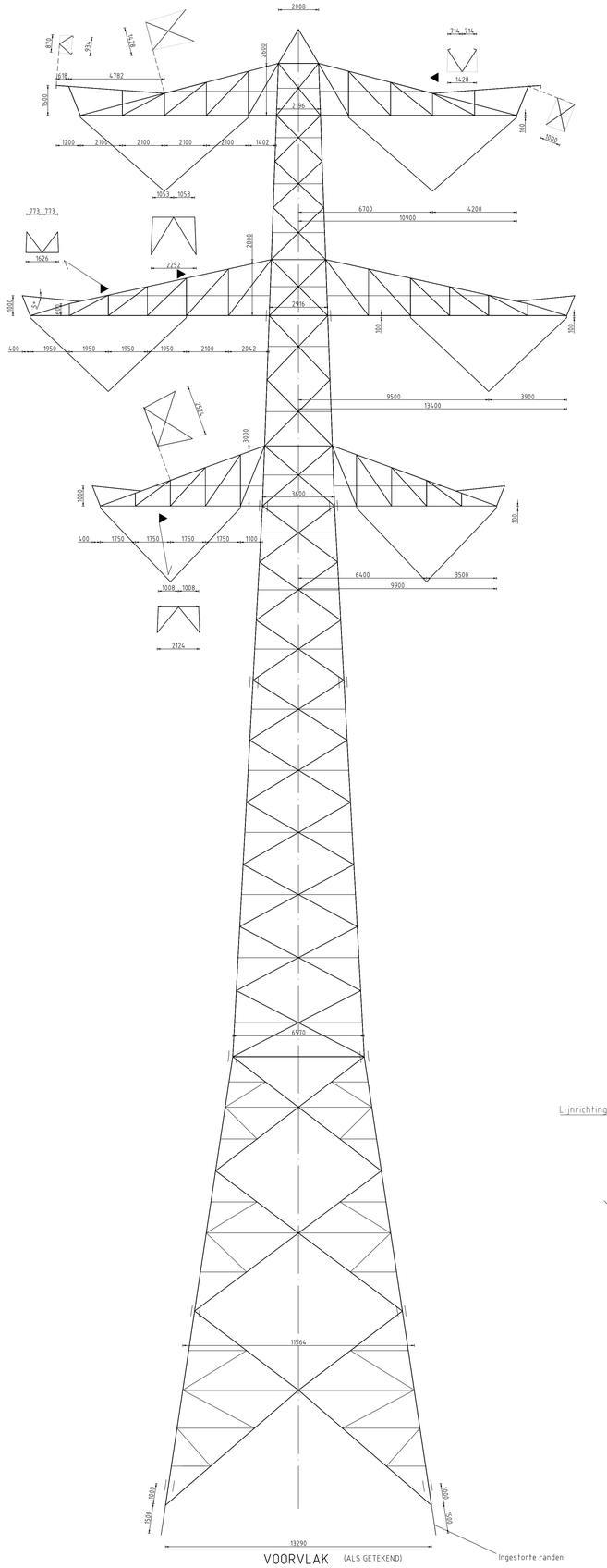


MIDDEN TRAVERSE (ONDERVLAK)



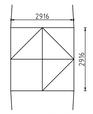
ONDER TRAVERSE (ONDERVLAK)

DATUM:	17-09-2021
STATUS TENNET:	DEFINITIEF
REVISIE TENNET:	1.0

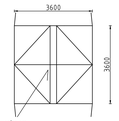


VOORVLAK (ALS GETEKEND)
ACHTERVLAK (GESPIEGELD)

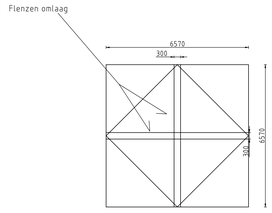
DOORSNEDE E-E



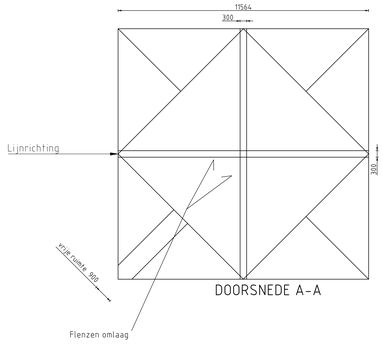
DOORSNEDE D-D



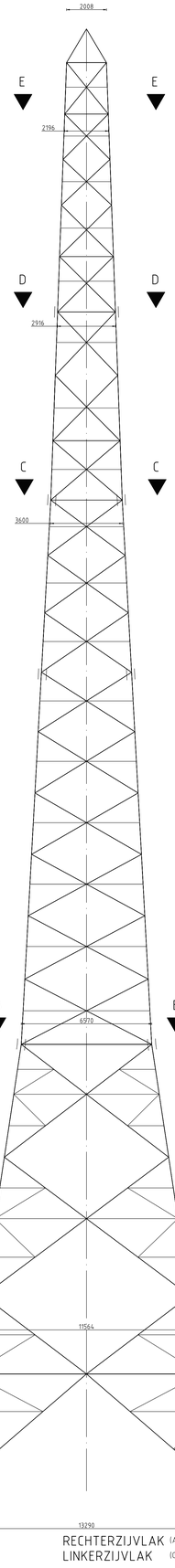
DOORSNEDE C-C



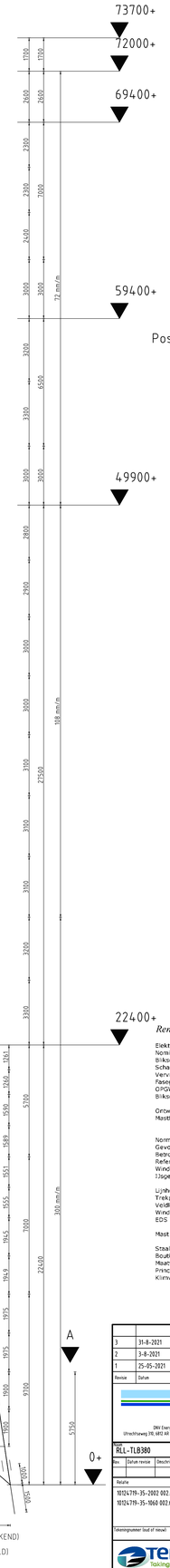
DOORSNEDE B-B

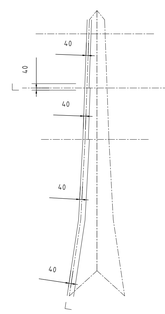


DOORSNEDE A-A

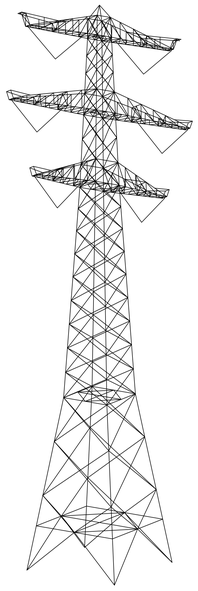


RECHTERZIJVLAK (ALS GETEKEND)
LINKERZIJVLAK (GESPIEGELD)





Positie profiel randstijl ten opzichte van schemalijn



3D AANZICHT

Remvooi

Elektrisch	
Nominaal spanningsniveau	380 kV
Bliksemhoudspanning	1685 (380 kV)
Schakelhoudspanning	1050 kV (380 kV)
Vervuilingsklasse	d
Fasegeleider 380 kV	4 x AAAC-AL7 620
OPGW	OPGW AFL-226/38
Bliksemgeleider	AACSR 241-AL3-39-A20SA

Ontwerp volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
Mastberekening volgens DNV GL 21-0664, Meridian 002.678.00 0920171

Norm	NEN-EN 50341-2-15:2019
Gevolgklasse	CC2
Betrouwbaarheidsniveau	Nieuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windgebied	II
IJsgebied	B
Lijnhoek	≤80°
Trekparameter	1800m
Veldlengte	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	508m

Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

Staalsoort	S355J2
Boutkwaliteit	8.8

Maatvoering betreft systeemlijnen
Principedetails vlgs tekening 10124719-35-2002 002.678.00 0927497
Klimvoorzieningen, bordessen en leuningen vlgs tekening 10124719-35-1060 002.678.00 0901940

Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
			DNV		1:100	A0

Revisie	Datum	Omschrijving
3	31-8-2021	RFA opmerkingen verwerkt
2	3-8-2021	Knikverkorters toegevoegd, lengte in te storten randen 1500
1	25-05-2021	RFA opmerkingen verwerkt

DNV Energy Systems
Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, Tel. +31 26 3 56 91 11

Projectnaam	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN
Status	DEFINITIEF
Schaal	1:100
Datum	22-04-2021
Units	mm
Tekenaar	DMR
Projectnummer	10124719
Wijziger	TB
DNV document	10124719-35-1013

Tekeningstatus: RLL-TLB380

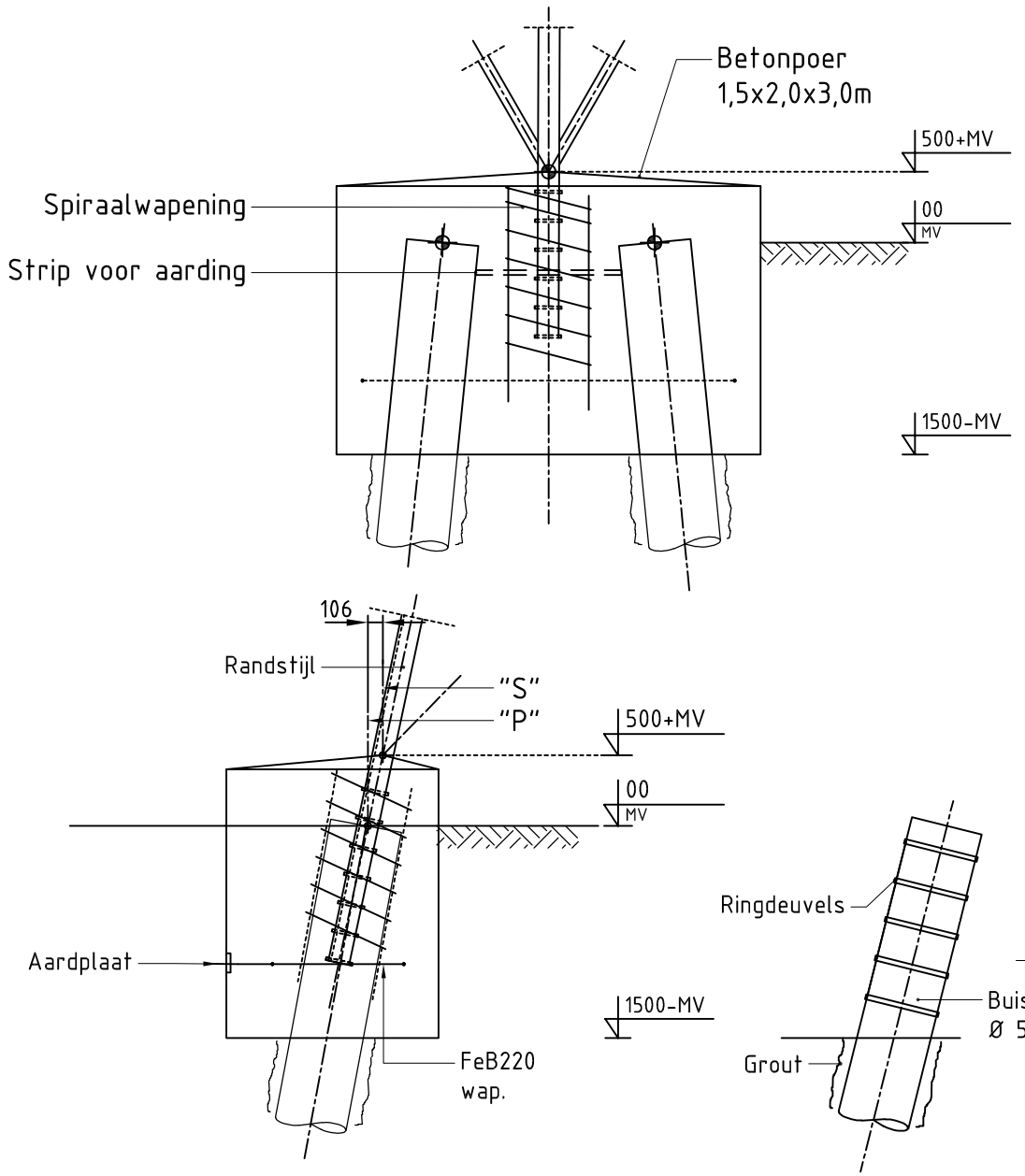
Relatie
10124719-35-2002 002.678.00 0909940
10124719-35-1060 002.678.00 0927497

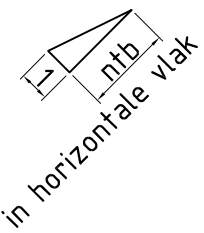
Thema	
Categorie	
Documenttype	
Object ID	S+18/s
Omschrijving	Mastbeeld S+18/s
TenneT nummer	002.678.00 0920286

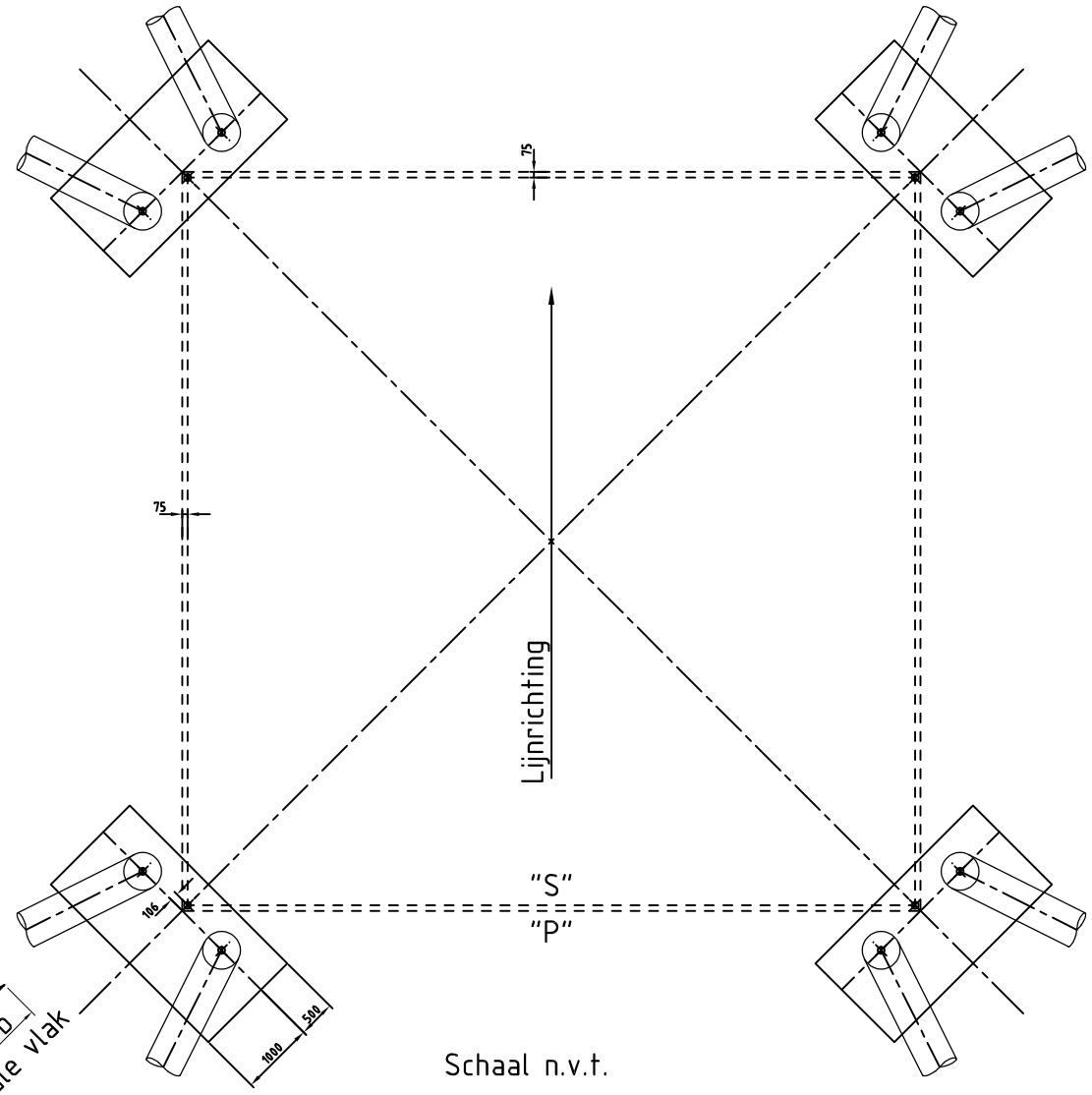
Tekeningnummer (wat of nieuw)

10124719-35-1014-S+18_s-rev3.dwg

C.2 002.678.00 0928596 Fundatietekening Tweepaalsfundering Steunmast Moldaumasten







Schaal n.v.t.

Revisie	Datum	Omschrijving
4	14-06-2022	Mastnrs. VKA2.0, bemating aangepast
3	1-3-2022	mastnr 1103 verwijderd
2	16-12-2021	Mastnrs aangepast
1	15-11-2021	RFA opmerkingen verwerkt

MASTTYPE	MASTNR:	Pootsprei "S" (m)
S+18/s------	1003, 1004	13,290
S+24/s------	1149	15,090
S+0/c-------	1081, 1091, 1092, 1096, 1097	9,956
S+3/c-------	1093, 1104, 1110	10,242
S+6/c-------	1100, 1101	11,142
S+9/c-------	1102	12,042
S+12/c-------	1076, 1077, 1115, 1116, 1117	12,942

DATUM: 24-06-2022

STATUS TENNET: DEFINITIEF

REVISIE TENNET: 1.0

UITGANGSPUNTEN
Betonsterkteklasse C30/37
Milieuklasse XC4/XF3
Wapeningstaal B500B, B220
Staalkwaliteit S355J2H
Gevolgklasse CC2
Ontwerplevensduur 100 jaar

Aarding:
- Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal
- In poer aardnet opnemen van zachtstalen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat.
- Aardplaat opnemen in poer.

Alternatief voor de schroefinjectie-paal zijn de volgende paaltypes toepasbaar:
Vibro-paal 557/610
FGI-paal 540/660

DO-RAPPORTAGE
002.678.00 0876917 21-0036 DNV Uitgangspunten DO Moldaumasten
002.678.00 0950630 21-1249 DNV Rapportage fundatie steunmasten

DO-FASE
Afmetingen indicatief in DO-fase
Paalafmeting definitief in UO-fase
Paalpuntniveau definitief in UO-fase
Paallengte en paaltype afhankelijk van sonderingen en locatie

DNV Energy Systems
Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11

Projectnaam:	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN		
Status:	DEFINITIEF	Schaal:	1:30
Datum:	15-10-2021	Units:	mm
Tekenaar:	DMR	Projectnummer:	10124719
Vrijgever:	TBR	DNV docnummer:	10124719-32-1002

Naam: **RLL-TLB380**

Tekeningstatus

Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
			DNV		1:30	A3

Relatie

Tekeningnummer (oud of nieuw):

Thema

Categorie

Documenttype

Object ID: Steunmasten Moldau

Omschrijving: Fundatietekening tweepaalsfundering steunmast Moldaumasten

TenneT nummer: **002.678.00 0928596**

Taking power further

D.1 002.678.00 0999034 Rapportage Stabiliteitsberekening

Geotechnische analyse

Mast 1003 en 1004

projectnummer 0474419.100
definitief revisie 1.0
25 februari 2022

Meridian nummer TenneT:
002.678.00 0999034

Understanding today.
Improving tomorrow.

Geotechnische analyse

Mast 1003 en 1004

projectnummer 0474419.100
documentnummer 002.678.00.0999034 (Meridian)
definitief revisie 1.0
25 februari 2022

Auteurs

[redacted]

Opdrachtgever

TenneT TSO B.V.
Utrechtseweg 310
6812 AR ARNHEM

Gecontroleerd:

[redacted]

datum	beschrijving	vrijgav
25 februari 2022	definitief	[redacted]

Inhoudsopgave

		Blz.
1	**Inleiding**	**1**
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	2
1.3	Leeswijzer	2
1.4	Revisie overzicht	2
2	**Projectomschrijving**	**3**
2.1	Locatie omschrijving	3
2.2	Aanwezige bestaande functies	5
2.3	Voorgenomen werkzaamheden	5
2.3.1	Type fundering	6
2.3.2	Projectfasering	7
2.3.3	Terreininrichting	7
2.4	Te beschouwen fasen	8
3	**Situatie beschrijving**	**9**
3.1	Maaiveldhoogte en locatie masten	9
3.2	Bodemopbouw	10
4	**Beoordeling effecten op functies**	**11**
4.1	Invloed van de voorgenomen werkzaamheden op de waterkering	11
4.1.1	Algemeen	11
4.1.2	Bouwfase	11
4.1.3	Gebruiksfase	12
5	**Conclusie**	**14**
6	**Bibliografie**	**15**

Bijlage 1 Overzichtkaart locatie masten

Bijlage 2 Leggerkaarten

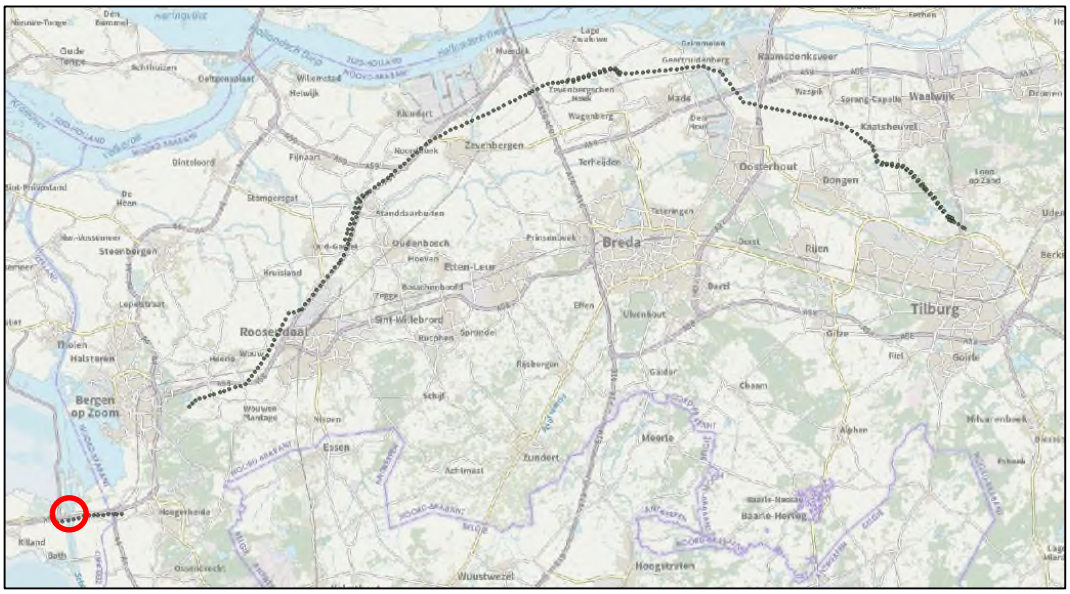
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In opdracht van Tennet heeft Antea Group dit analysedocument opgesteld. Dit betreft de analyse van het aanbrengen hoogspanningsmasten nabij waterkeringen voor het project Zuid-West 380KV Oost verbindingen.

TenneT is bezig met het project Zuid-West 380KV Oost verbindingen (ZWO). Binnen dit project dienen delen van bestaande 380 kV lijnen verlegd te worden en/of masten van bestaande 380 kV lijnen aangepast te worden om ruimte te maken voor de nieuw te realiseren verbinding Zuid-West Oost (zie Figuur 1-1). Daarbij zijn diverse hoogspanningsmasten voorgenomen op locaties of nabij locaties die ook andere functies hebben. Voorbeelden hiervan zijn primaire keringen, regionale keringen, snelwegen, zandwinningen en/of percelen van derden. De aanleg van de hoogspanningsmasten kan invloed hebben op deze objecten en visa versa.

Binnen het tracéontwerp is getracht de locaties van de masten op dusdanige wijze te positioneren dat deze zo min mogelijk raakvlakken hebben met de waterkeringen. Een van de overwegingen is de aanwezigheid van bestaande masten. Op de geplande locaties zijn in de nabijheid reeds hoogspanningsmasten aanwezig, de nieuwe hoogspanningsmasten zijn vergelijkbaar ingepast als de bestaande masten.



Figuur 1-1: Locaties van de masten voor het project Zuid-West 380KV Oost (ZWO) en de scope van deze rapportage.

1.2 Doel

Het doel van deze rapportage is aan te tonen dat de voorgenomen ontwikkelingen van TenneT geen negatieve invloed hebben op de andere functies op deze locatie.

Deze rapportage betreft de volgende objecten:

- Mast 1003.
  X-coördinaat: 74.690
  Y-coördinaat: 382.450
- Mast 1004.
  X-coördinaat: 75.012
  Y-coördinaat: 382.527

Deze rapportage betreft de invloed op de volgende functies:

- Primaire kering: Dijktraject 33-1
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Scheiding Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Spuikanaal Bath.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de omschrijving van het project, hoofdstuk 3 beschrijft de situatie van de masten i.r.t. de omgeving, hoofdstuk 4 geeft de beoordeling van de effecten op de functie van de kering, gevolgd door de conclusie.

1.4 Revisie overzicht

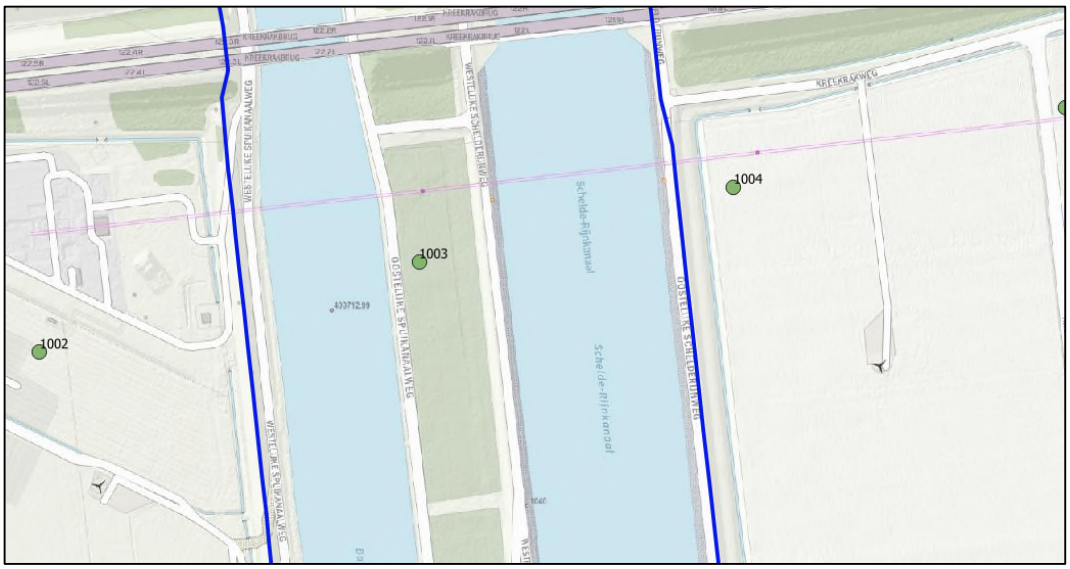
Tabel 2-1: Revisieoverzicht

Revisienummer	Datum	Wijzigingen
1A	11-02-2022	Concept.
1.0	25-02-2022	Definitief

2 Projectomschrijving

2.1 Locatie omschrijving

De locatie betreft de masten 1003 en 1004. De locatie hiervan is weergegeven in Figuur 2-1. Foto's van de locatie zijn in Figuur 2-2 en Figuur 2-3 weergegeven. In bijlage 1 is de locatie in detail weergegeven. De leggerkaarten met hierop beschermingszones zijn in bijlage 2 toegevoegd. Nabij de geplande masten is een bestaand hoogspanningstracé aanwezig (roze lijn in Figuur 2-1). Deze masten zijn ook te zien in de locatiefoto's (Figuur 2-2 en Figuur 2-3).



Figuur 2-1: Locaties van de masten 1003 en 1004 (mastafmetingen op schaal) i.r.t.de primaire waterkering (blauwe lijn).

Figuur 2-2: Foto van de locatie van mast 1003. De mast is gesitueerd net ten zuiden van de weergegeven hoogspanningsmast (bron: cyclomedia).

Figuur 2-3: Foto van de locatie van mast 1003. De mast is gesitueerd net ten zuiden van de weergegeven hoogspanningsmast (bron: cyclomedia).

2.2 Aanwezige bestaande functies

De locatie heeft de volgende functies:

- Primaire kering: Dijktraject 33-1
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Scheiding Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Spuikanaal Bath.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.

De eigenschappen van deze functies zijn vastgelegd in de legger. De legger is geraadpleegd van de volgende bronnen:

- Leggerkaart Kreekrakpolder – 2009 (Rijkswaterstaat.nl, 2022).
- Legger Rijkswaterstaatswerken Waterwet – 2014, kaartblad 15 en 21 (Rijkswaterstaat, 2022).
- Legger Rijkswaterstaatswerken, RWS legger 2.0 (Rijkswaterstaat.nl, 2021)

De relevante legger documenten zijn opgenomen in bijlage 3.

Uit deze gegevens komen de volgende conclusies naar voren:

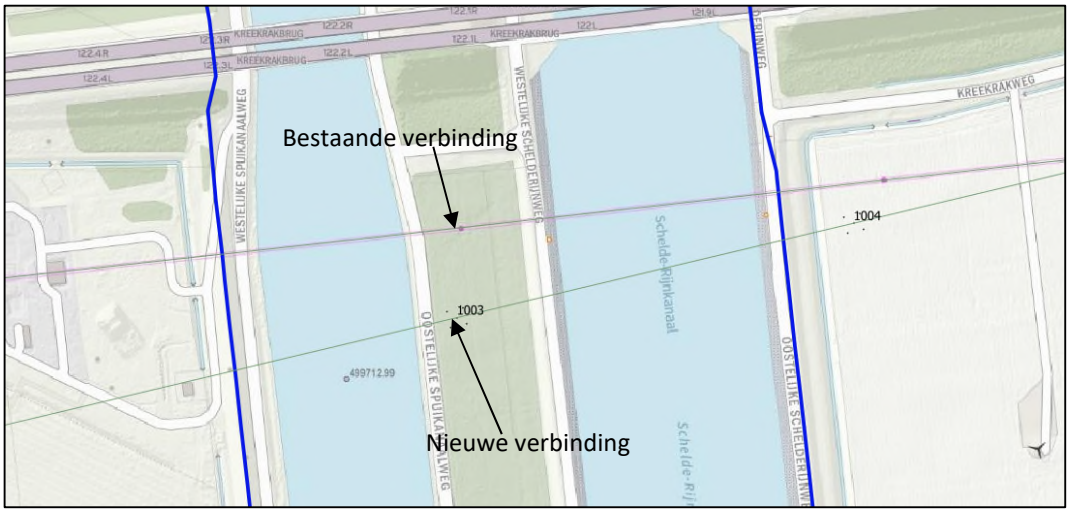
- Leggerkaart Kreekrakpolder – 2009
  Mast 1004 ligt binnen de beschermingszone van de primaire kering.
- Legger Rijkswaterstaatswerken Waterwet – 2014, kaartblad 15 en 21
  Geen van de masten ligt binnen de aangemerkte beschermingszones.
- Legger Rijkswaterstaatswerken, RWS legger 2.0.
  Geen van de masten ligt binnen de aangemerkte beschermingszones.

Het grondlichaam dat de scheiding is tussen Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding komt in geen van de geraadpleegde leggers naar voren. Deze scheiding heeft daarmee dan ook niet een beschermde status. Mast 1003 staat op dit grondlichaam, dit grondlichaam is eigendom van Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat heeft aangegeven dat dit grondlichaam in de toekomst onderdeel wordt van de waterkering. Voor deze rapportage is dit ook als zodanig behandeld.

Antea Group heeft in een eerder onderzoek expliciete aandacht gegeven aan de bouw van masten op het grondlichaam tussen Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding. Dit is gerapporteerd in (Antea Group, 2021). Daaruit kwam naar voren dat er geen geotechnische risico’s gelden. Er is verder gebouwd op dit eerdere onderzoek.

2.3 Voorgenomen werkzaamheden

Tussen het verdeelstation nabij Rilland en Tilburg is een nieuwe hoogspanningsverbinding voorzien. Ter hoogte van het Antwerps pand van het Schelde-Rijnkanaal en het Spuikanaal Bath kruist deze nieuwe verbinding net ten zuiden van de huidige verbinding.



Figuur 2-4 Geplande nieuwe verbinding i.r.t. de bestaande verbinding.

De werkzaamheden t.b.v. de installatie van de nieuwe masten wordt vanaf maaiveld uitgevoerd, waarbij geen ontgravingen worden uitgevoerd. Bij tijdelijke werkzaamheden, zoals een bouwweg en de werkstrook, worden eventuele schades hersteld. Daarbij valt te denken aan schade aan derden in verband met gederfde inkomsten, of schade aan de grasmat of het opnieuw planten van gekapte bomen.

2.3.1 Type fundering

Op 26 januari 2022 is contact geweest tussen TenneT en Rijkswaterstaat. Daarbij is gesproken over het type fundering. Rijkswaterstaat heeft aangegeven dat schroefpalen niet akkoord is. Een grondverdringende techniek is wel akkoord.

TenneT hanteert als funderingswijze schroefinjectiepalen. Een schroefinjectiepaal is een stalen buispaal, die omhuld is met verhard cementgrout (zie ook **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De belangrijkste eigenschappen als volgt:

- De methodiek ik trillingsvrij.
- De methodiek is grondverdringend.
- De palen kunnen vanaf maaiveld aangebracht worden, zonder verdere ontgraving.
- Er is geen risico op kwel door het gebruik van overdruk.
- Na verharding beschermt het cementgrout de stalen buis tegen corrosie.

Een grondverdringende paal voegt materiaal in de grond toe, wat versterkt wordt door de toevoeging van grout. Hierdoor zal de dichtheid van de grond toenemen, waardoor er geen kwelwegen kunnen ontstaan. Meer technische achtergrond is te vinden in het “Handboek funderingen” (SBRCUR, 1995).

2.3.2 Projectfasering

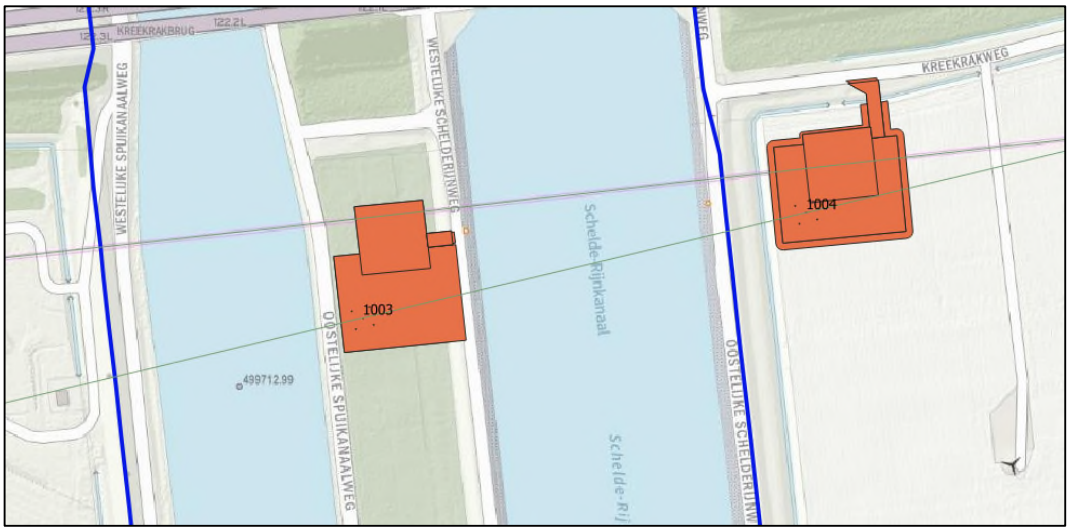
In hoofdlijnen bestaat het project uit de volgende fasen:

- Inrichting van het bouwterrein. Doorlooptijd 1-2 weken.
- Opbouwen mast. Doorlooptijd 1 maand.
- Overige masten in het tracé plaatsen. Doorlooptijd 1-12 maanden.
  (Geen werkzaamheden nabij de waterkering.)
- Aanbrengen geleiders over het tracé. Doorlooptijd 1 maand.
- Verwijderen bouwterrein, herstellen bekleding. Doorlooptijd 2 weken.

Bovengenoemde planning is indicatief en hangt van de beschikbaarheid van materieel, weersomstandigheden en dergelijke.

2.3.3 Terreininrichting

Voor de bouw van beide masten wordt een werkterrein ingericht, bestaande uit een korte werkweg die aansluit op de bestaande infrastructuur en een werkterrein waar een kraan zich kan opstellen en de bouwmaterialen kortstondig gestald worden. Het bovenaanzicht van de werkterreinen is gepresenteerd in Figuur 2-5. Bij mast 1003 is de definitieve locatie van het werkterrein nog niet bekend. Tennet treedt in overleg met Rijkswaterstaat over de exacte locatie.



Figuur 2-5: Locaties van het werkterrein in oranje en masten.

2.4 Te beschouwen fasen

In de beoordeling van de effecten van de mast en de bijbehorende werkzaamheden op de functionaliteit van de waterkering worden de volgende fasen onderscheiden:

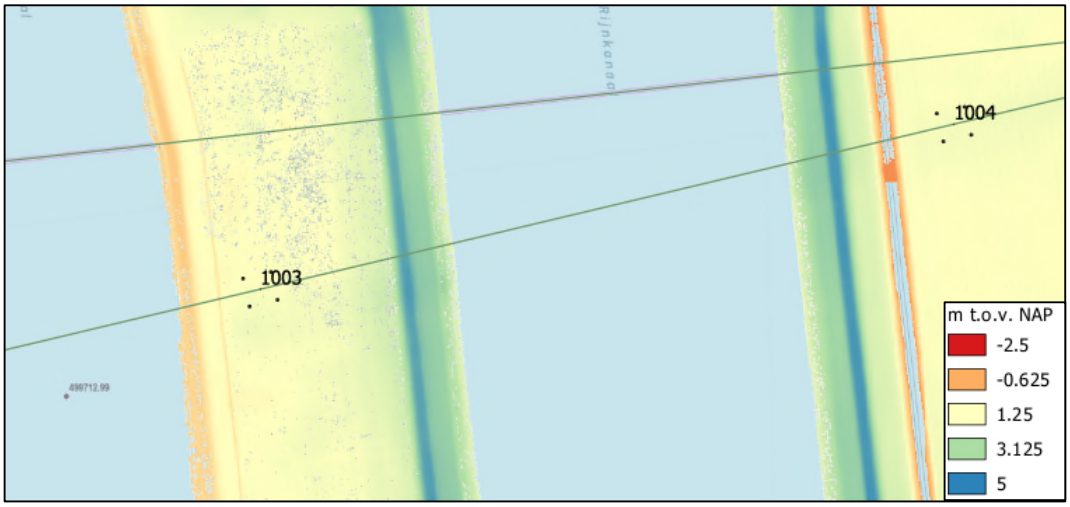
- *Bouwfase*
  Deze fase betreft de realisatie van alle onderdelen. Waaronder het aanbrengen van de palen bij de fundering, maken van werkweg en bouwterrein. Deze fase bestaat uit twee delen. Eerst wordt de mast gedurende enkele weken opgebouwd, waarna in een later stadium de geleiders gemonteerd worden.
- *Gebruiksfase*
  In deze fase is de mast operationeel.

3 Situatie beschrijving

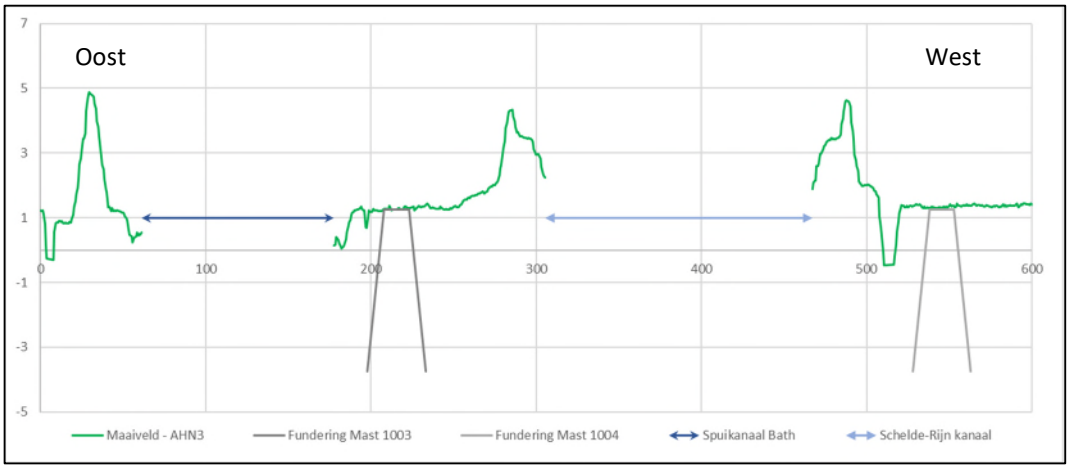
3.1 Maaiveldhoogte en locatie masten

In Figuur 3-1 is een uitsnede van AHN3 ter hoogte van mast 1003 en 1004 gepresenteerd, gevolgd door een dwarsdoorsnede in Figuur 3-2. De uitvergrootte versie is gepresenteerd in bijlage 1.

Het maaiveld bij hoogspanningsmast 1003 bevindt zich op NAP +1,25 m, waarbij de afstand tussen de paalpunt van de fundatie en de teen van het grondlichaam 50 meter is. Het maaiveld bij mast 1004 bevindt zich ook op NAP +1,25m, waarbij de fundering zich achter de teensloot bevind.



Figuur 3-1: Uitsnede uit AHN3, ter hoogte van mast 1003 en 1004.



Figuur 3-2: Dwarsdoorsnede dijklichaam i.r.t. de positie van de masten.

3.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van twee bronnen:

- Bodemkaart.
- Dinoloket.

Bodemkaart
De bodemkaart geeft een beeld van de bovenste 1,2 m van de bodem. Deze geeft aan dat ter plaatse van mast 1004 de bodem bestaat uit de volgende grondsoorten:

- Zeeklei (Mn35A).

Dinoloket
In dinoloket is grondonderzoek opgenomen. Dit grondonderzoek omvat een grotere diepte dan de bodemkaart. De volgende onderzoekspunten zijn geraadpleegd:

- S49D00692.
- S49D00714.
- BHR000000198222.

Deze onderzoekspunten liggen op een afstand van minder dan 100 m vanaf mast 1004. Deze onderzoekspunten geven de volgende bodemopbouw:

- Klei vanaf maaiveld tot ca. NAP -8 m.
- Holoceen zand van NAP -8 tot -12 m.
- Pleistoceen zand vanaf NAP -12 m tot de verkende diepte (NAP -20 m).

4 Beoordeling effecten op functies

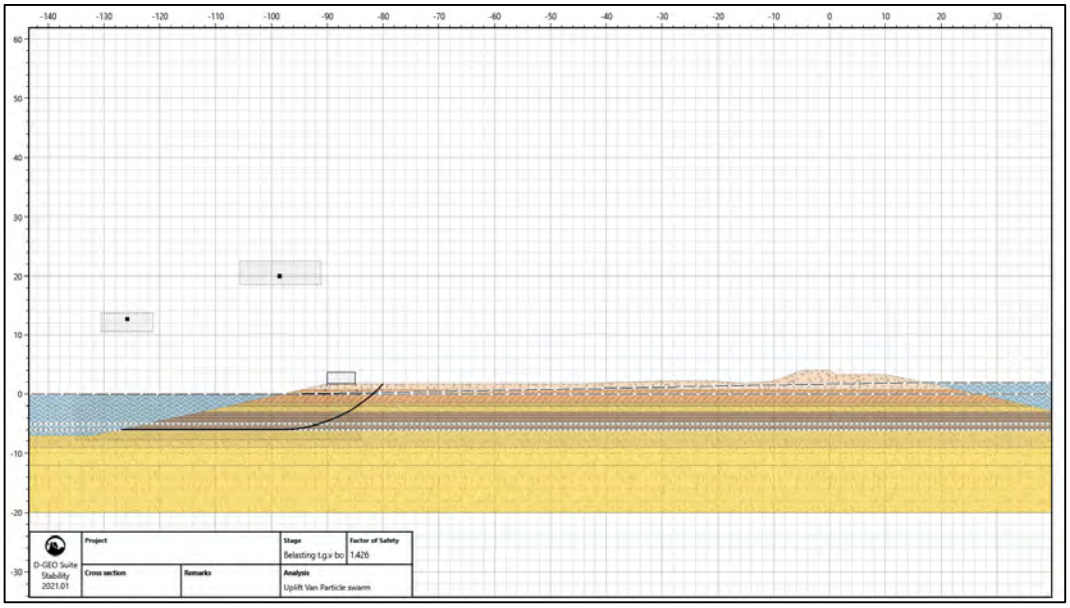
4.1 Invloed van de voorgenomen werkzaamheden op de waterkering

4.1.1 Algemeen

Bij waterkeringen gaat aandacht uit naar effecten op geotechnische faalmechanismen, zoals taludstabiliteit of piping. Aandacht is gegeven aan deze faalmechanismen.

4.1.2 Bouwfase

Mast 1003
In de bouwfase worden werkzaamheden uitgevoerd. Daarbij wordt gebruik gemaakt van werkverkeer. Dit werkverkeer verplaatst zich over het werkterrein. De locatie van dit werkterrein is weergegeven in paragraaf 2.3.3. Te zien is dat de werkweg op het terrein van Rijkswaterstaat ligt. Derhalve is een analyse gemaakt van de geotechnische stabiliteit van het grondlichaam wanneer het verkeer over deze weg rijdt. Deze analyse is gebaseerd op de eerdere analyse van het traject Rilland-Zandvliet (Antea Group, 2021a). Deze stabiliteitsberekening is uitgevoerd op het maatgevende gedeelte van het grondlichaam tussen het Spuikanaal en het Schelde Rijnkanaal (zie Figuur 4-1). Ter hoogte van de Oostelijke spuikanaalweg is een verkeersbelasting van 13,3 kN/m² opgenomen. Dit komt overeen met een 50 tons vrachtwagen van 12 meter lang (Kennisplatform Risicobenadering, 2016). De stabiliteitsfactor is 1,42, ruim voldoende voor een veilige werkomgeving.



Figuur 4-1: Glijcirkel met een verkeersbelasting van 13,3 kN/m². De stabiliteitsfactor is 1,42.

Tijdelijke werkzaamheden betreffen percelen van Rijkswaterstaat. TenneT treedt met deze derden in gesprek en maakt afspraken over de werkzaamheden en oplevering van het terrein na de werkzaamheden. Uitgangspunt is dat eventuele schades, zoals herstel ter plaatse van de werkweg worden hersteld.

De voorgenomen uitvoeringswijze betreft trillingsvrij. Er worden in de uitvoeringsfase geen ontgravingen of bemalingen gedaan. Er worden derhalve geen effecten als gevolg van de uitvoeringswijze verwacht.

Mast 1004
De werkwijze nabij mast 1004 is vergelijkbaar met mast 1003. Verschil is dat het perceel geen eigendom is van Rijkswaterstaat, maar van een derde. TenneT treedt met deze derden in gesprek en maakt afspraken over de werkzaamheden en oplevering van het terrein na de werkzaamheden. Uitgangspunt is dat eventuele schades, zoals herstel ter plaatse van de werkweg worden hersteld.

Het voorgenomen werkverkeer betreft vrachtwagens van maximaal 50 ton. Voor de huidige wegen, anders dan de werkweg, geldt geen verkeersbeperking. Er worden derhalve geen effecten als gevolg van verkeersbewegingen verwacht.

De voorgenomen uitvoeringswijze betreft trillingsvrij. Er worden in de uitvoeringsfase geen ontgravingen of bemalingen gedaan. Er worden derhalve geen effecten als gevolg van de uitvoeringswijze verwacht.

4.1.3 Gebruiksfase

Mast 1003
Op dit moment is het grondlichaam ter hoogte van mast 1003 in de legger nog niet aangewezen als waterkering. Rijkswaterstaat is voornemens dit grondlichaam op termijn wel aan te merken in de legger als waterkering. De exacte locaties van beschermingszones zijn nog niet bekend, waardoor het uitgangspunt is dat dit in het toekomst wel het geval is. In de gebruiksfase worden geen ontgrondingen of verhogingen aangebracht en de masten worden op palen gefundeerd. Het dwarsprofiel van de kering blijft gelijk. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op de geotechnische stabiliteit.

Het faalmechanisme piping is afhankelijk van het risico op verticale kwel langs de funderingspalen. De voorgenomen palen betreffen schroefinjectiepalen. Deze grondverdringende uitvoeringswijze leidt door de groutomhulling niet tot pipingrisico’s langs de palen. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op het faalmechanisme piping.

Mast 1004
Deze mast ligt binnen de beschermingszone van de primaire kering 33-1. In de gebruiksfase worden geen ontgrondingen of verhogingen aangebracht. Het dwarsprofiel van de kering blijft gelijk. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op de geotechnische stabiliteit.

Het faalmechanisme piping is afhankelijk van het risico op verticale kwel langs de funderingspalen. De voorgenomen palen betreffen schroefinjectiepalen. Deze grondverdringende uitvoeringswijze leidt door de groutomhulling niet tot pipingrisico's langs de palen. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op het faalmechanisme piping.

5 Conclusie

Voor het project Zuid-West 380KV Oost verbindingen (ZWO) dienen delen van bestaande 380 kV lijnen verlegd te worden en/of masten van bestaande 380 kV lijnen aangepast te worden om ruimte te maken voor de nieuw te realiseren verbinding Zuid-West Oost. In voorliggend rapport heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO een analyse gedaan van de voorgenomen werkzaamheden op de waterveiligheid van mast 1003 en 1004 die gedeeltelijk in de beschermingszone liggen van de primaire waterkering t.h.v. het Schelde-Rijnkanaal.

Voor deze werkzaamheden is een beschouwing gemaakt van de werkzaamheden in de realisatiefase en in de gebruiksfase. De realisatiefase omvat onder andere het bouwproces met verkeer. De gebruiksfase omvat de permanente constructie.

Op basis van de analyse van de mogelijke effecten op de waterkering is gesteld dat in de realisatiefase de effecten nihil voor de waterveiligheid zijn. Ook voor de gebruiksfase is gesteld dat de effecten nihil zijn. Dit komt onder andere door de gekozen uitvoeringswijze. Deze omvat namelijk geen ontgravingen of grondverzet. Daarnaast wordt de fundering trillingsvrij en grondverdringend aangebracht.

Het is aannemelijk dat in de bouwfase kleine schades ontstaan, bijvoorbeeld schade aan de grasmat door de aanleg/gebruik van de werkweg. Tennet treedt in overleg met de eigenaren van de betreffende percelen en zorgt dat eventuele schade wordt hersteld.

6 Bibliografie

Antea Group. (2021). *Verkennend- en aanvullend (water)bodemonderzoek opwaardering 380 KV masten 004N-016A Rilland - Zandvliet.*

Antea Group. (2021a). *Rilland-Zandvliet - beoordeling waterveiligheid Definitief.*

Kennisplatform Risicobenadering. (2016). *Factsheet verkeersbelasting en macrostabiliteit.*

Rijkswaterstaat. (2022, 01 21). *Leggerkaarten Rijkswaterstaat1*. Opgehaald van Legger Rijkswaterstaatswerken Waterwet: https://www.rijkswaterstaat.nl/rws/legger/handleidingen/Legger%20bladen%20index.html

Rijkswaterstaat.nl. (2021, 01 22). *Legger Rijkswaterstaatswerken2*. Opgehaald van Legger Rijkswaterstaatswerken, RWS legger 2.0: https://maps.rijkswaterstaat.nl/geoweb55/index.html?viewer=LeggerRijkswaterstaatswerken

Rijkswaterstaat.nl. (2022, 01 21). *Legger Rijkswaterstaatwerken*. Opgehaald van Legger Kreekrakpolder: http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/legger/legger_primk/ZL-6 Kreekrakpolder_tcm318-292417.zip

SBRCUR. (1995). *Handboek funderingen.*

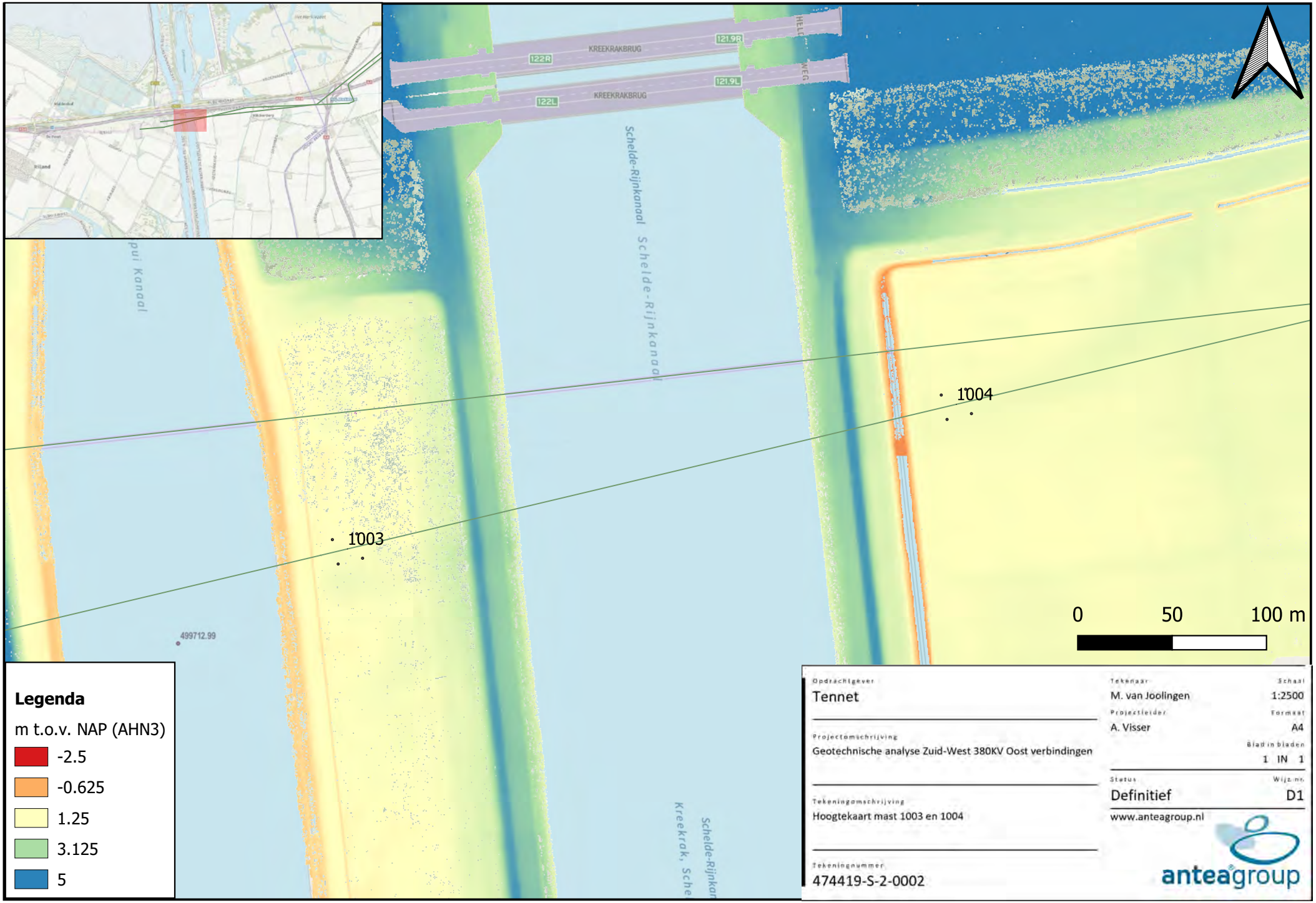
Bijlage 1 Overzichtkaart locatie masten

Bijlage 1 Overzichtkaart locatie masten

Opdrachtgever	Tennet
Projectomschrijving	Geotechnische analyse Zuid-West 380KV Oost verbindingen
Tekeningomschrijving	Overzichtstekening mast 1003 en 1004
Tekeningnummer	474419-S-2-0001
Tekenaar	M. van Joolingen
Schaal	1:2500
Projectleider	A. Visser
Formaat	A4
Blad in bladen	1 IN 1
Status	Definitief
Wijz. nr.	D1

www.anteagroup.nl

anteagroup



Opdrachtgever
Tennet

Tekenaar
M. van Joolingen

Schaal
1:2500

Projectleider
A. Visser

Formaat
A4

Projectomschrijving
Geotechnische analyse Zuid-West 380KV Oost verbindingen

Blad in bladen
1 IN 1

Status
Definitief

Wijz.nr.
D1

Tekeningomschrijving
Hoogtekaart mast 1003 en 1004

www.anteagroup.nl

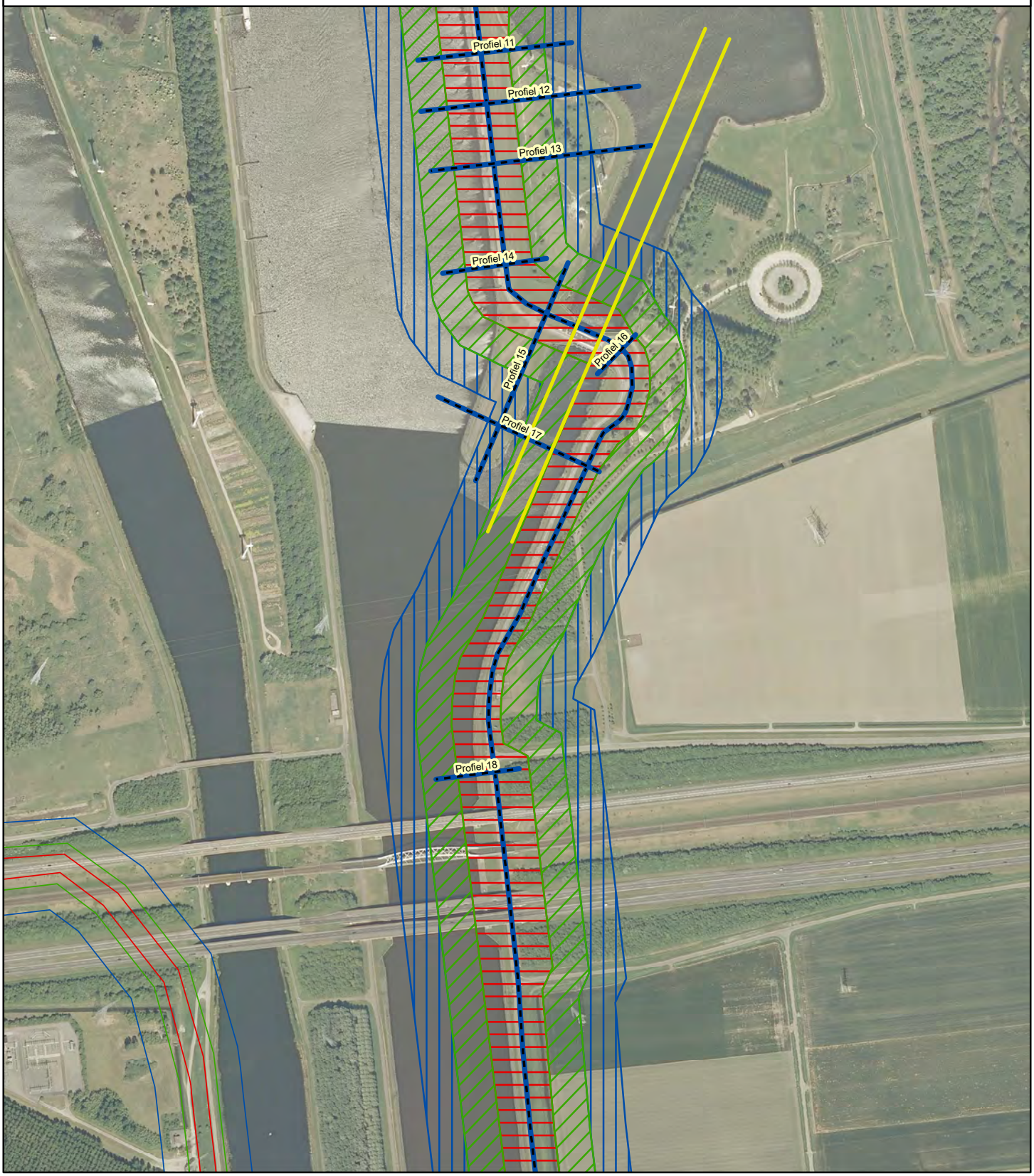
Tekeningnummer
474419-S-2-0002

anteagroup

Bijlage 2 Leggerkaarten

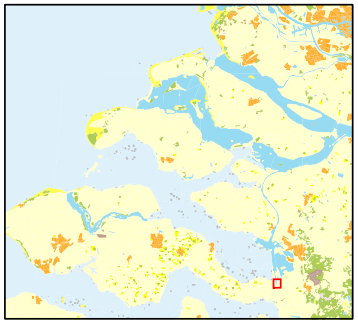
Bijlage 2 Leggerkaarten

Leggerkaart Kreekrakpolder



Legenda

- Sectiegrens
- Profielen
- Constructieve elementen
- Kernzone
- Beschermingszone
- Buitenbeschermingszone
- Kernzone waterschap
- Beschermingszone waterschap
- Buitenbeschermingszone waterschap



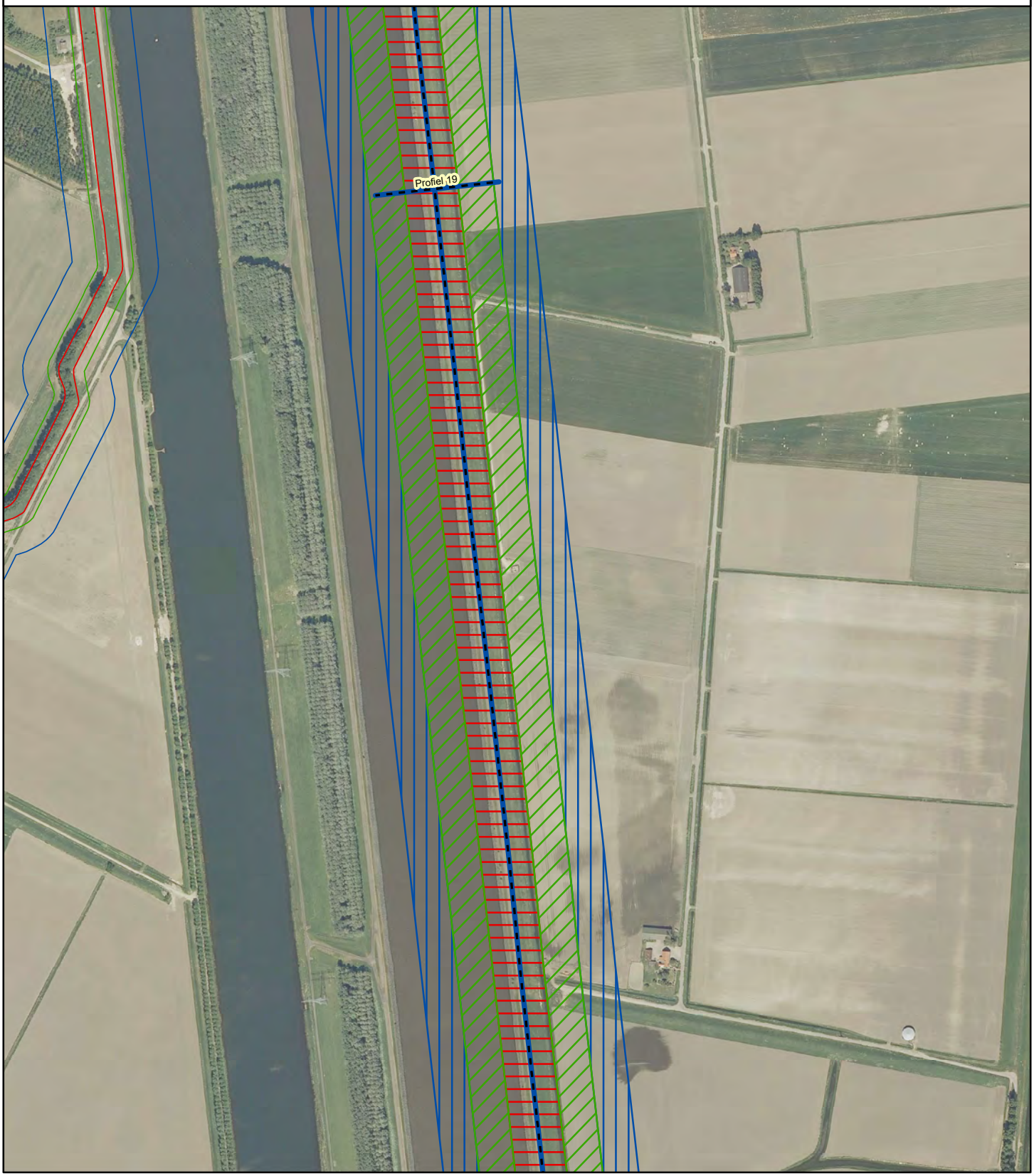
N

Datum: 18-03-2009
Bladnr.: 2 van 7
Versienr.: 1.0
Schaal: 1:5000

0 50 100 150 200 m

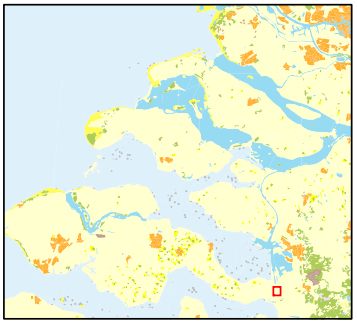
Rijkswaterstaat

Leggerkaart Kreekrakpolder



Legenda

- Sectiegrens
- Profielen
- Constructieve elementen
- Kernzone
- Beschermingszone
- Buitenbeschermingszone
- Kernzone waterschap
- Beschermingszone waterschap
- Buitenbeschermingszone waterschap



N

Datum: 18-03-2009
Bladnr.: 3 van 7
Versienr.: 1.0
Schaal: 1:5000

0 50 100 150 200 m

Rijkswaterstaat

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlenen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensoring en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 70 jaar.

Contactgegevens

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

www.anteagroup.nl

Copyright © 2022
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

D.2 002.678.20 1027763 Notitie locatie masten 10

NOTITIE

AAN	Rijkswaterstaat Zee en Delta	**CLASSIFICATIE**	C2 - Interne Informatie
		DATUM	3 november 2022
		REFERENTIE	002.678.20 1027763
		VAN	[redacted]

ONDERWERP Achtergrond locatie masten 1003 en 1004

TER INFORMATIE ■

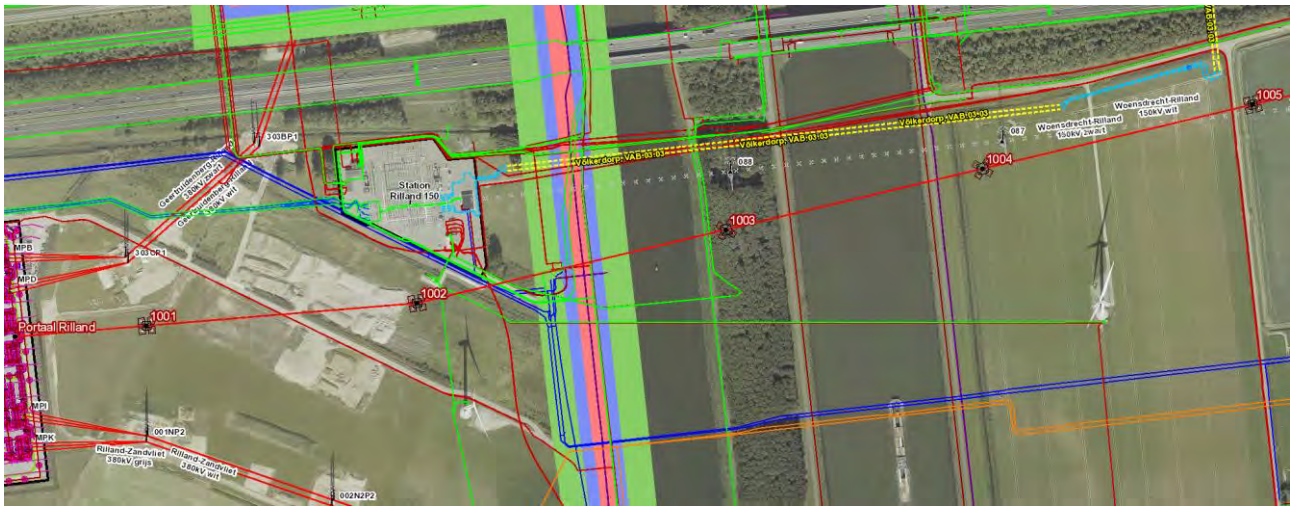
TER BESLUITVORMING □

Tracé - hartlijn

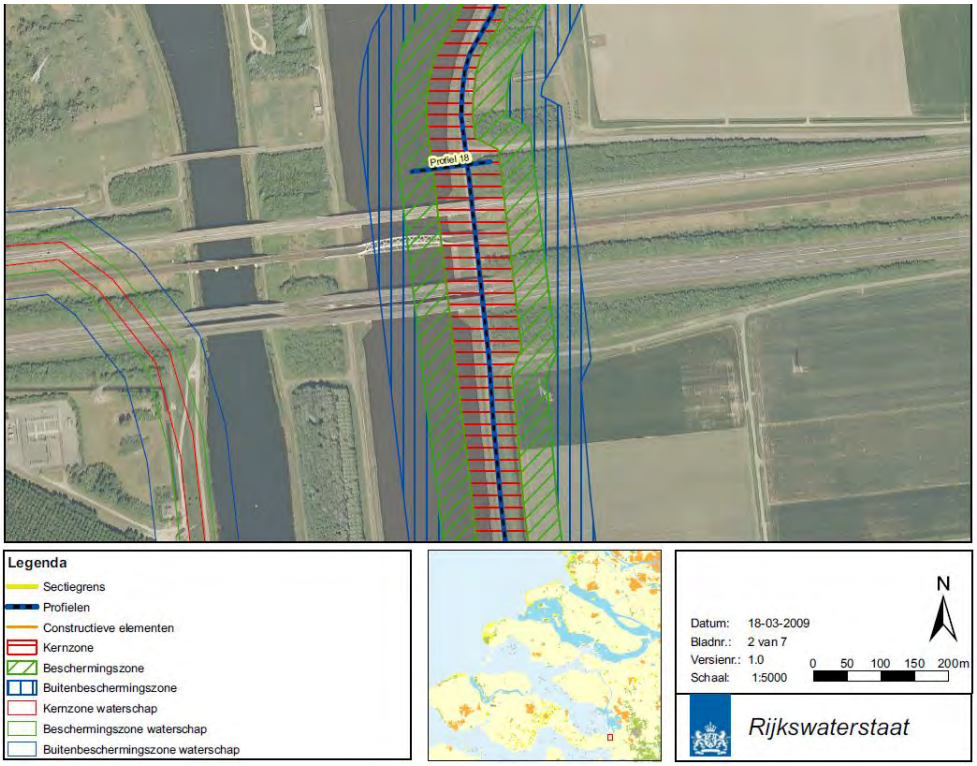
Het tracé tussen de masten 1001 en 1014 ligt in de uitwerkingslocatie Rilland-Markiezaat. Het tracé is tot stand gekomen in overleg met de omgeving. Het verzoek was om het tracé zo ver als mogelijk van de bebouwing van Völkerdorp af te situeren.

Het tracé kent een rechtstand tussen de masten 1001 en 1007 (althans, bij mast 1002 zit een klein knikje). Tussen het 380kV-station Rilland en mast 1007 moet daarnaast rekening worden gehouden met:

- De inlussing van de 380kV-verbinding Geertruidenberg – Rilland aan de noordzijde;
- Er mogen geen draden/geleiders over de assets/installaties van het 150kV-station Rilland hangen;
- We moeten zoveel als mogelijk afstand aanhouden richting twee windturbines ten zuiden van de verbinding. De afstand is nu ca. 150 meter en 210 meter.



Het tracé kruist het Schelde Rijnkanaal.
Op 15 december 2009 is de oostzijde van het Schelde Rijnkanaal aangewezen als primaire waterkering (RWS/DZL-2009/6095).
In overleg met Rijkswaterstaat Zee en Delta (2 november 2021) kwam naar voren dat de landtong tussen spuikanaal en Schelde Rijnkanaal (de Oostelijke Spuikanaaldijk) sinds januari 2017 in het Waterbesluit als wettelijke vastgestelde primaire waterkering is vastgesteld.



Masten 1002 1003 en 1004

Mast 1002

Mast 1002 staat ten westen van diverse kabels ten behoeve van een aansluiting voor de aanwezige windturbines, alsmede diverse (water)leidingen. Ook staat mast 1002 ten westen van de waterkering en de beschermingszone zoals opgenomen in de legger van het waterschap Scheldestromen.

Mast 1003 en 1004

Tussen masten 1002 en 1003 kruist de verbinding het spuikanaal.
Mast 1003 staat op de landtong tussen het Spuikanaal en het Schelderijnkanaal. Deze landtong is aangewezen als primaire waterkering in het Waterbesluit.
De afstand tussen de masten 1002 en 1003 is nagenoeg 400 meter (399,92 meter). 400 meter is de maximale afstand tussen twee masten. Het Spuikanaal kent geen doorvaarthoogte.

Tussen de masten 1003 en 1004 kruist de verbinding het Schelde Rijnkanaal.
De afstand tussen de masten 1003 en 1004 is ca. 330 meter.
Bij de masten 1003 en 1004 is rekening gehouden met de vrije doorvaarthoogte die bij het Schelde Rijnkanaal moet worden aangehouden. Deze doorvaarthoogte is 30 meter (gesloten vaarweg, klasse VI) bij een Maatgevende Hoge Waterstand Scheepvaart van 1,80m +NAP (opgave RWS – gesprek d.d. 30 augustus 2018, kenmerk 002.678.20 0693246). Daarnaast wordt in de Regeling veiligheid niet-primaire

waterkeringen in Rijksbeheer een toetspeil benoemd van 2,20m +NAP.

Vanwege de aan te houden doorvaarthoogte worden de masten 1003 en 1004 beide +18 meter verhoogd. Daarmee wordt voldoende hoogte verkregen t.a.v. de Maatgevende waterstand en het Toetspeil.

Mast 1004 is buiten de planologisch beschermde waterkering geplaatst. Wel staat de mast in de bestemming 'Gebiedsaanduiding, vrijwaringszone - dijk' van het bestemmingsplan Buitengebied 2016 van de gemeente Reimerswaal.
Mast 1004 staat buiten de Kernzone van het Schelde Rijnkanaal, maar wel binnen de Beschermingszone. Tenslotte is mast 1004 buiten de beschermingszone oppervlaktewaterlichamen van de westelijk gelegen primaire watergang geplaatst.

Wellicht ten overvloede wordt opgemerkt dat mast 1004 ten oosten van een aanwezige primaire watergang binnen het beheergebied van Waterschap Scheldestromen staat.

Mast 1004 kan niet verder oostelijk / buiten de beschermingszone worden geplaatst.
Mast 1004 staat in Windgebied II (https://www.bouwendnederland.nl/media/10107/44-nen-en-1991-1-4_versie-2_juli-2019.pdf). Binnen dit windgebied is voor het project Zuid-West 380kV-oost (enkel) een Moldau-mast beschikbaar met een maximale verhoging van +18 meter. Er is geen hogere mast beschikbaar.

Vanwege de aan te houden doorvaarthoogte en de maximale hoogte van de masten 1003 en 1004, is het niet mogelijk om mast 1004 verder oostelijk te verplaatsen. Daarmee komt mast 1004 in de beschermingszone van de (oostelijke) waterkering van het Schelde Rijnkanaal, genaamd Kreekrakpolder. Deze oostelijke waterkering is met de wijziging van het Waterbesluit een regionale kering geworden.

E.1 002.678.20 1030738 1 Vergunningsrapport VKDP_RWS Zee en Delta en Scheldestromen

Kruising 2 HDD’s onderdoor het Bathse Spuikanaal en het Schelde-Rijnkanaal

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen

SWECO

Verantwoording

Titel:	HDD onderdoor het Bathse Spuikanaal en het Schelde-Rijnkanaal
Onderwerp:	Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen
Projectnummer:	51001237
Klant:	TenneT
Referentienummer:	NL22-648800269-30761
Versie:	D3
Datum:	29-08-2022
Auteurs:	Rebecca Geurts & Vita Vollaers
E-mailadres:	rebecca.geurts@sweco.nl & vita.vollaers@sweco.nl
Gecontroleerd door:	Menno Jasperse
Paraaf gecontroleerd:	
Vrijgegeven door:	John Driessen
Paraaf vrijgegeven:	

Inhoudsopgave

1. Inleiding 5
1.1 Situatie 5
1.2 Leeswijzer 6

2. Uitgangspunten 7
2.1 Gebruikte documenten 7
2.2 Vigerende normen en richtlijnen 7
2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen 8
2.4 Diepteligging 8
2.5 Inwendige overdruk 9
2.6 Grondwaterstand 9
2.7 Belasting- en ondersteuningshoek 9
2.8 Importantiefactor 9
2.9 Geotechnische parameters 10
2.10 Boortechnische gegevens 11
2.11 Verkeersbelasting 11
2.12 Boogstralen 11

3. Ontwerp 13
3.1 Gegevens HDD 13
3.2 Boorparameters 14
3.3 Intredepunt 14
3.4 Uittredepunt en uitlegstrook 14

4. Berekeningsresultaten 16
4.1 Trekkrachtberekening 17
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase 17
4.3 Muddrukberekening 17
4.4 Implosie 17
4.5 Kwelweg 18
4.5.1 Zoute ondergrond 18
4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket 18
4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden 19
4.5.4 Kwelmaatregelen 21

5. Risico’s en aandachtspunten 22

6. Conclusie 24
6.1 Algemeen 24
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening 24

Bijlage 1 – Ontwerptekening 25
Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek 26
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline 27

1. Inleiding

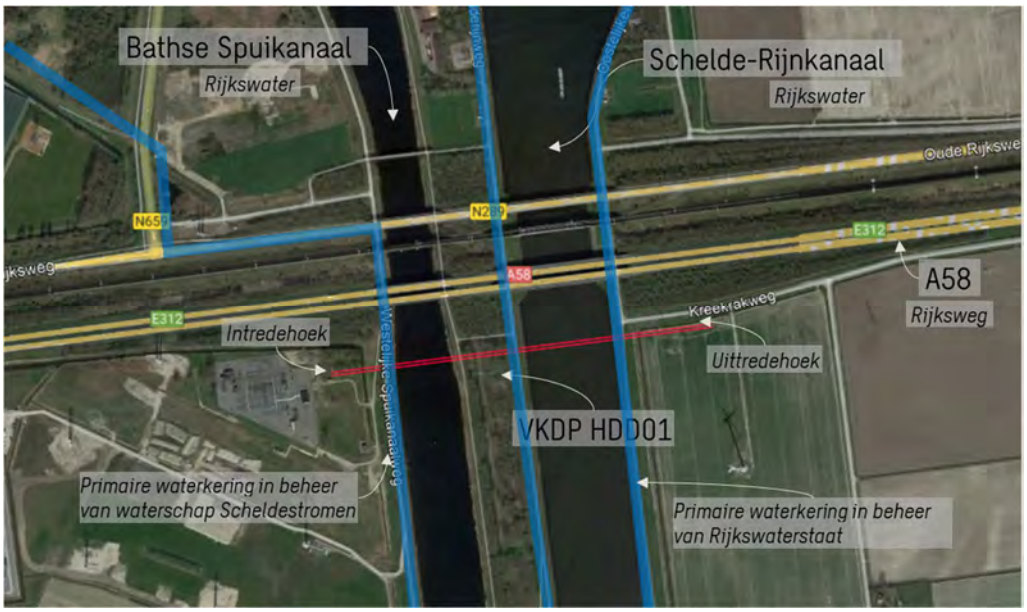
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met het Bathse spuikanaal, het Schelde-Rijnkanaal (Kreekrak), een tweetal primaire waterkeringen en een regionale waterkering (oostzijde Antwerps kanaalpand). De kruising (met codering VKDP HDD01) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten zuidwesten van de brug over het Schelde-Rijnkanaal bij het 150kV-hoogspanningstation Rilland en eindigt in het bouwland aan de oostzijde van het Schelde-Rijnkanaal (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van circa 699 m en een maximale diepte van NAP -25,2 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van west naar oost: de primaire waterkering in het beheer van waterschap Scheldestromen, het Bathse spuikanaal, de primaire waterkering (33-1) in het beheer van Rijkswaterstaat, het Schelde-Rijnkanaal (Kreekrak) en een regionale waterkering in het beheer van Rijkswaterstaat Zee en Delta. Het tracé ligt gedeeltelijk parallel aan een bestaande HDD-bundel van DNWG Infra B.V.



Figuur 1 Overzicht situatie VKDP HDD01

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen, is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van VKDP HDD1, tekeningnummer VKDP-HDD01 versie E, d.d. 28-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1).
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2).
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3).
- KLIC-levering 21O094476 en 21O094477 opgevraagd d.d. 21-09-2021.
- Schelde Rijnkanaal en Bathse Spuikanaal, Rijkswaterstaat, september 2016, file: 2017-11-01_Schelde-Rijnkanaal_en_Bathse_Spuikanaal_klein.pdf%20(1).pdf.
- Zout-zout verdeling Zeeuwse ondergrond, geraadpleegd d.d. 15-03-2022, website: https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem#.
- Peilbesluiten waterschap Scheldestromen, geraadpleegd d.d. 14-03-2022, website: https://repository.officiele-overheidspublicaties.nl/CVDR/CVDR333586/1/xml/i241828.pdf.
- Vaarwegenoverzicht Rijkswaterstaat, geraadpleegd op d.d. 14-03-2022, website: https://www.rijkswaterstaat.nl/water/vaarwegenoverzicht/.
- Leggerkaart Kreekrakpolder, Rijkswaterstaat d.d. 18-03-2009;

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020.
- NEN 3651:2020.
- Keur en leggers van Waterschap Scheldestromen.
- Leggers van Rijkswaterstaat.
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0.
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50).
- Vergunningenbeleid waterkeringen 2017 van Rijkswaterstaat.

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.
- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
  - De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag.
  - De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter.
  - De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter.
  - Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningsaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifieker dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan. De eerste 8 m -mv bestaat uit klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 90% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen de kruin van de primaire waterkeringen te passeren met een dekking van minimaal 10 m en de teen met een dekking van minimaal 3,0 m (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
  - De kruinhoogte van de primaire watering in het beheer van waterschap Scheldestromen is circa NAP +4,9 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van NAP -25,17 m en hebben een dekking van 30,0 m. Dit voldoet aan de eis.
  - De kruinhoogte van de primaire watering 33-1 ter plaatse van de Westelijke Schelderijnweg in het beheer van Rijkswaterstaat is circa NAP +4,0 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van NAP -25,17 m en hebben een dekking van 29,2 m. Dit voldoet aan de eis.
  - De kruinhoogte van de regionale waterkering ter plaatse van de Oostelijke Schelderijnweg in het beheer van Rijkswaterstaat is circa NAP +3,7 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van NAP -25,17 m en hebben een dekking van 28,9 m. Dit voldoet aan de eis.

- De HDD's dienen 10 meter onder de waterbodem van beide kanalen te liggen (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
  - De bodemdieptes zijn ontleend aan het vaarwegenoverzicht van Rijkswaterstaat. Het Schelde-Rijnkanaal heeft een diepte van NAP -7 m. Het Bathse Spuikanaal heeft een diepte van -7,00 NAP (Rijkswaterstaat, 2017). De HDD's liggen hier op een diepte van NAP -25,17 m en voldoen hiermee aan de eis.
- De HDD's dienen een dagmaat van 5 meter afstand te hebben bij parallelligging tot of kruising met een bestaande HDD-boring (op basis van de Richtlijn Boortechnieken, zie paragraaf 2.3)
  - De hartlijn van de DNWG Infra B.V. HDD ligt op een diepte van NAP -19,43 m. De hartlijn van de TenneT HDD's ligt op een diepte van NAP -25,17 m. De HDD's houden een dagmaat afstand van (verschil tussen diepte onderkant boring DNWG NAP -19,51 m en diepte bovenkant boring TenneT -24,67 m NAP, zie tabel Tabel 2-1) van 5,16 m. Het ontwerp voldoet aan de eisen voor de diepteligging.

Tabel 2-1 Diepte boringen DNWG Infra B.V. en TenneT om dagmaat boringen te berekenen

	Diameter (mm)	**Uitwendige diameter (mm)**	**Diepte hartlijn boring (mNAP)**	**Diepte onderkant boring (mNAP)**	**Diepte bovenkant boring (mNAP)**
HDD DNWG Infra B.V.	160	160	-19,43	-19,51	-19,35
Nieuwe HDD TenneT	4x 315	1000	-25,17	-25,67	-24,67

2.5 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.6 Grondwaterstand

De grondwaterstand is ontleend uit de data van DINO-loket (meetpunt B49D0399). De grondwaterstand fluctueert gedurende het jaar en bedraagt gemiddeld circa NAP +0,3 m.

2.7 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- Belastingfactor voor trekkracht : 1,8.
- Belastinghoek : 30°.
- Ondersteuningshoek : 30°.

2.8 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.9 Geotechnische parameters

De geotechnische gegevens en parameters gebruikt zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en aanvullend uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortrace [m]
B49D0171	Boring	-13	50
B49D0030	Boring	-25	70
B49D2224	Boring	-11	60
B49D0335	Boring	-25	60
B49D2233	Boring	-13	60
1106.S03	Sondering	-18	130
1106.S04	Sondering	-18	130
107.S02	Sondering	-5	130
107.S01	Sondering	-15	130
1108.S02	Sondering	-34	130
1108.S01	Sondering	-34	130
1108.S05	Sondering	-38	80
1108.S06	Sondering	-37	80
1108.S07	Sondering	-19	80

De bovenkant van de vaste zandlaag bevindt zich tussen de -6 en -9 m NAP van het geplande boortracé. Met behulp van de aanzienlijke hoeveelheid sonderingen en boringen kon het verloop van de bovenkant van deze zandlaag vrij nauwkeurigheid vastgesteld worden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat aanvullend grondonderzoek niet noodzakelijk is. Uit het grondonderzoek blijkt dat boven de zandlaag de grond bestaat uit klei en veenlagen. Ook het verloop van de diepte van deze klei en veenlagen kon met behulp van de beschikbare boringen en sonderingen vrij nauwkeurig vastgesteld worden. Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs het profiel zien. Hierbij dient echter wel benadrukt te worden dat de niveaus van de lithologieën langs het profiel variëren en niet overal op exact dezelfde dieptes liggen zoals weergegeven in tabel 2-2.

Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening. Dieptes van de lithologieën zijn gebaseerd op het grondonderzoek langs de westzijde van het profiel (1106.S03, 1106.S04 en B49D171).

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m^3]	γ_n [kN/m^3]	c' [kPa]	φ' [°]	Su top/bottom [kN/m^2]	E [kN/m^2]
1,2	-0,5	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	7500
-0,5	-3,8	Klei, organisch, slap	13	13	0,0	15,0	35,0	500
-3,8	-6,0	Veen, slap	11	11	1,0	15,0	35,0	200
-6,0	-13,5	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	15000
-13,5	-29,0	Zand, schoon, vast	19	21	0,0	35,0	0,0	45000

2.10 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberekeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waardes zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberekeningen in bijlage 3.

2.11 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de Westelijke Spuikanaalweg is verkeersklasse II gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020.

2.12 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van verticale bochten van 250 m. De boogstralen voldoen hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken.

De maximale afwijkingen in de lengte- en breedterichting en de diepteligging van de hartlijn van de leiding bedragen conform tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken:

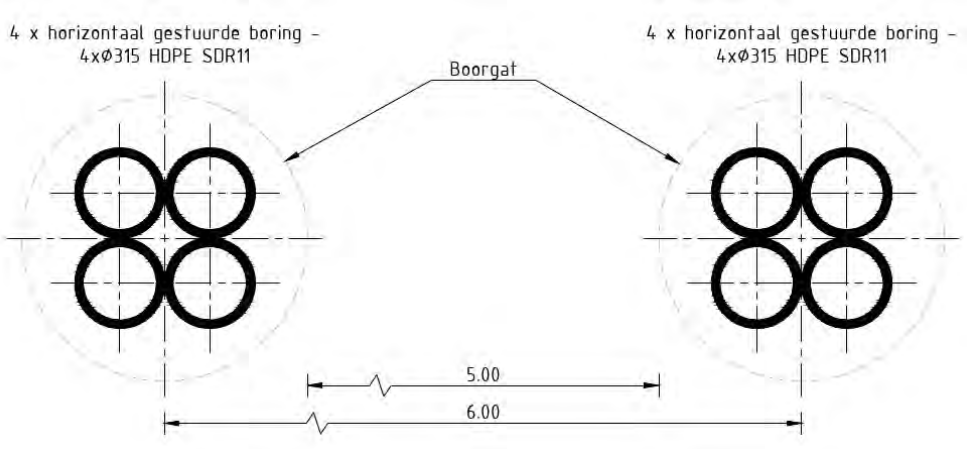
RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGSAFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal: - in lengterichting; t.p.v. uittredepunt - in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt - in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	 +5/-2 m +1/-1 m +5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- Materiaal: PE 100 4xØ315 mm SDR 11.
- Lengte: 699 m.
- Maximale diepte hart buis: NAP -25,17 m.
- Intredehoek: 22°.
- Uittredehoek: 15°.
- Verticale boogstralen: 250 m.
- Horizontale boogstralen: n.v.t.



Figuur 2 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechniek is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD's dienen een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen.
- De HDD's dienen buiten de kernzone van de primaire waterkeringen van waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat in of uit te treden.
- De sterkte van de leidingen dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

3.2 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- Boorinstallatie : max-rig 80 ton.
- Diameter boorstang : 0,17 m.
- Volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m^3.
- Diameter pilothole : Ø350 mm.
- Ruimgat : Ø500 mm.
- Boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt aan de westzijde van het tracé bij het 150 kV-station Rilland (zie Figuur 3). De locatie is bereikbaar vanaf de Westelijke Spuikanaalweg, deze doet tevens dienst als primaire waterkering. Het intredepunt ligt buiten de beschermingszone B van de waterkering. Indien het werkverkeer de locatie vanuit het noorden benadert, dient rekening te worden gehouden met de doorrijhoogte onderdoor de brug over het kanaal.

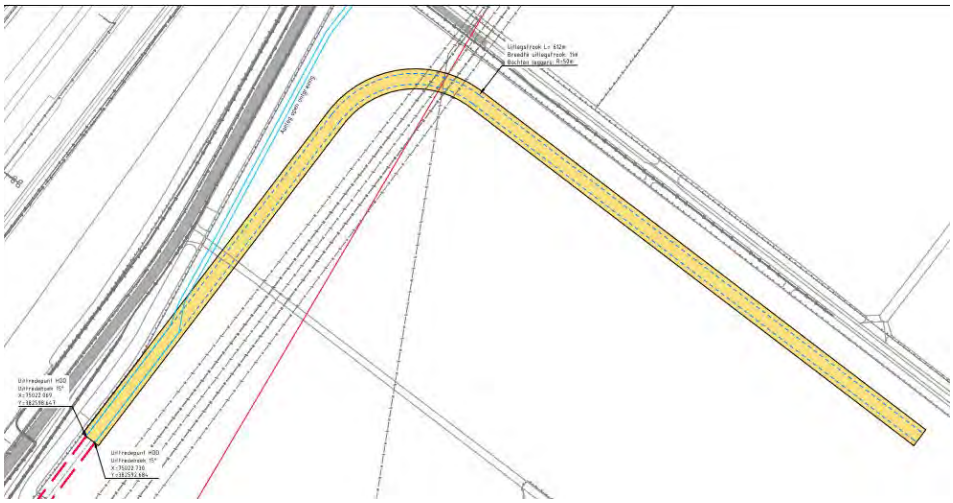
Figuur 3 Intredepunt VKDP HDD01

3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in bouwland aan de oostzijde van het boortracé (zie Figuur 4). De locatie is bereikbaar via de Kreekrakweg. Indien het werkverkeer de locatie vanuit het noorden benadert, dient rekening te worden gehouden met de doorrijhoogte onderdoor de brug over het kanaal.

De uitlegstrook ligt in het bouwland en maakt voor de Kreekrakweg een haakse bocht naar het zuiden, zodat de weg niet afgezet hoeft te worden (zie Figuur 5). Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.

Figuur 4 Uittredepunt VKDP HDD01



Figuur 5 Uitlegstrook VKDP HDD01

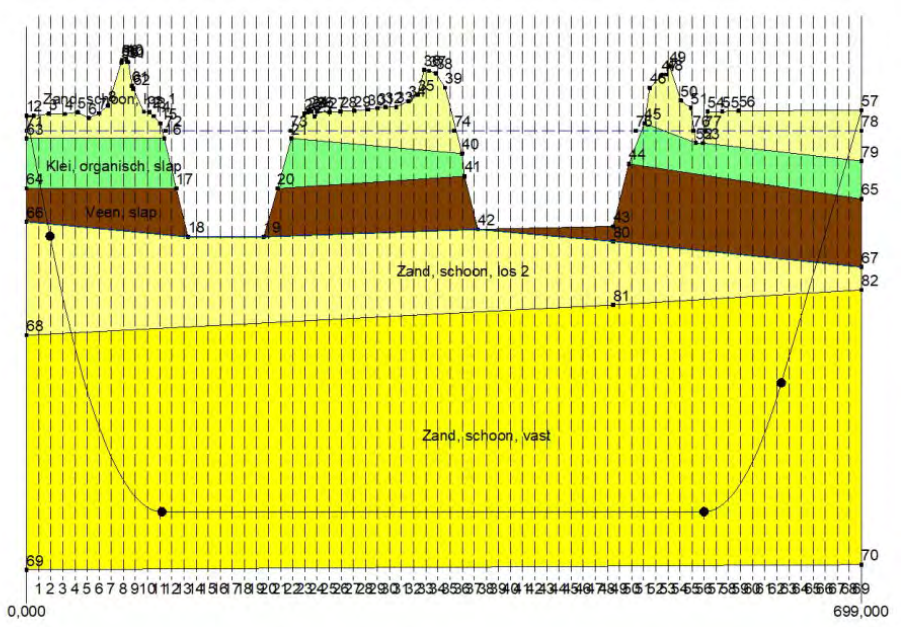
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- Een trekkrachtberekening.
- Een sterkteberekening voor de bedrijfsfase.
- Een muddrukberekening.
- Een implosieberekening.
- Een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 6 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt 502*1,8 = 904 kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van 9,31 N/mm^2 aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm^2.

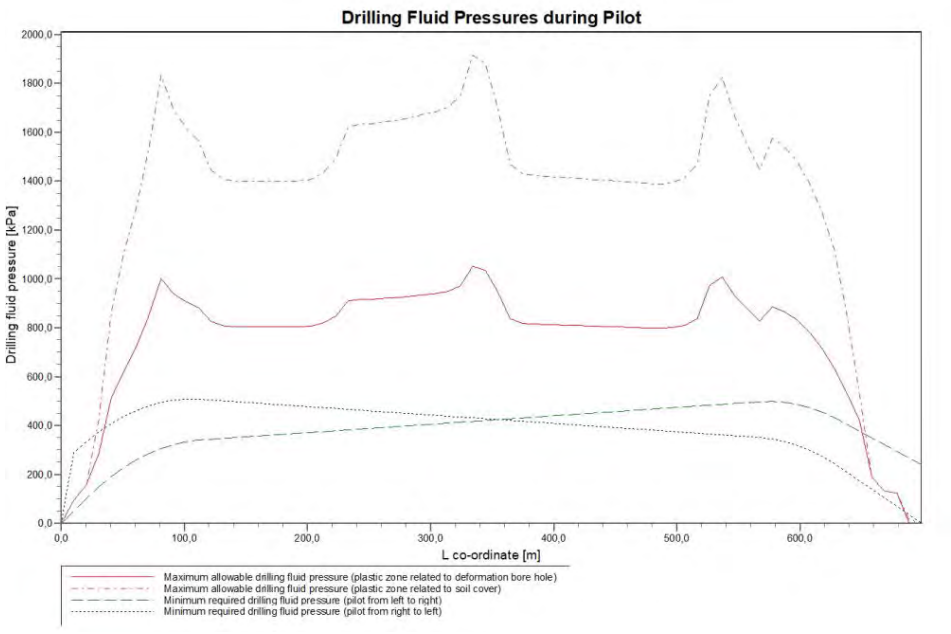
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van 3,09 N/mm^2. Toelaatbaar is 8 N/mm2 waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van 6,3 mm (1,99% x D_0) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van 25,2 mm (8% x D_0).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 20 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 7 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op een lege leiding bedraagt 252 kN/m^2, terwijl 280 kN/m^2 toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Zoute ondergrond

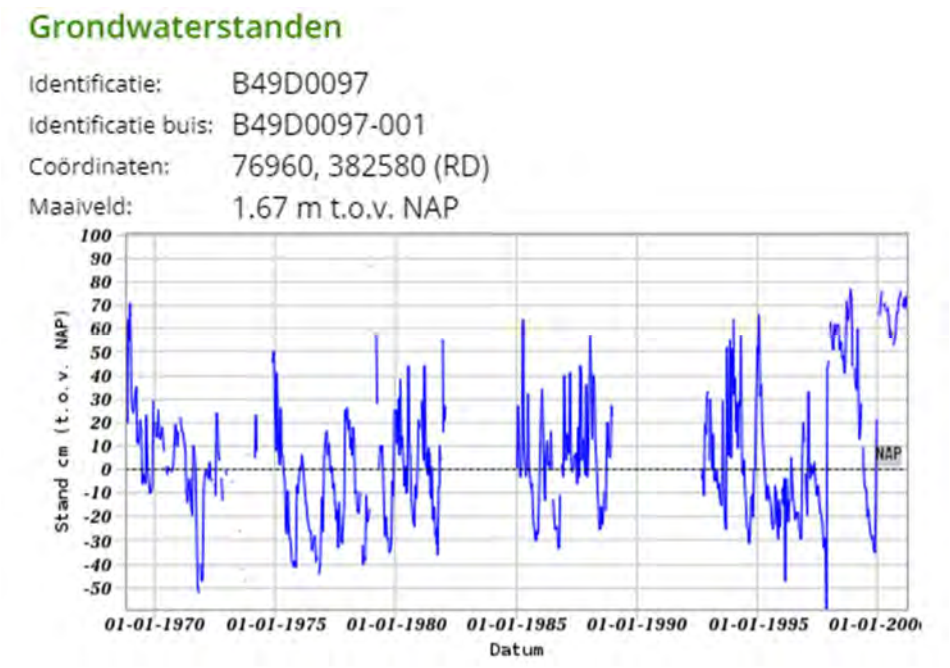
Door de nabijheid van de Westerschelde is de ondergrond op veel plekken verzadigd met zout water. Er treedt infiltratie op van zoet regenwater. Het regenwater zorgt voor een zoete bovenlaag van de bodem, maar veel dieper komt de zoete invloed niet. Het grensvlak met het chloride gehalte (zout water) is weergegeven in *Figuur 8*. Het grensvlak ligt tussen NAP 0 – 5 m. In de omgeving van de HDD komt in diepere grondlagen een hoog chloridegehalte voor (zie *Figuur 8*). De kans op brak grondwater is aannemelijk.

Figuur 8 *Grensvlak met chloridegehalte nabij HDD-kruising*

4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

De HDD's liggen in het deelgebied Zuid-Beveland-Oost waar Waterschap Scheldestromen het peilbeheer voert.

Ter illustratie zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B49D0097 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B49D0097-001 in periodes lager ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B49D0097-002. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.



Figuur 9 *Freatische grondwaterstand B30H0125-001 uit Dinoloket, filter op NAP -6,5 m*

Figuur 10 *Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B30H0125-002 uit Dinoloket, filter op NAP -11,9 tot -13,96 m*

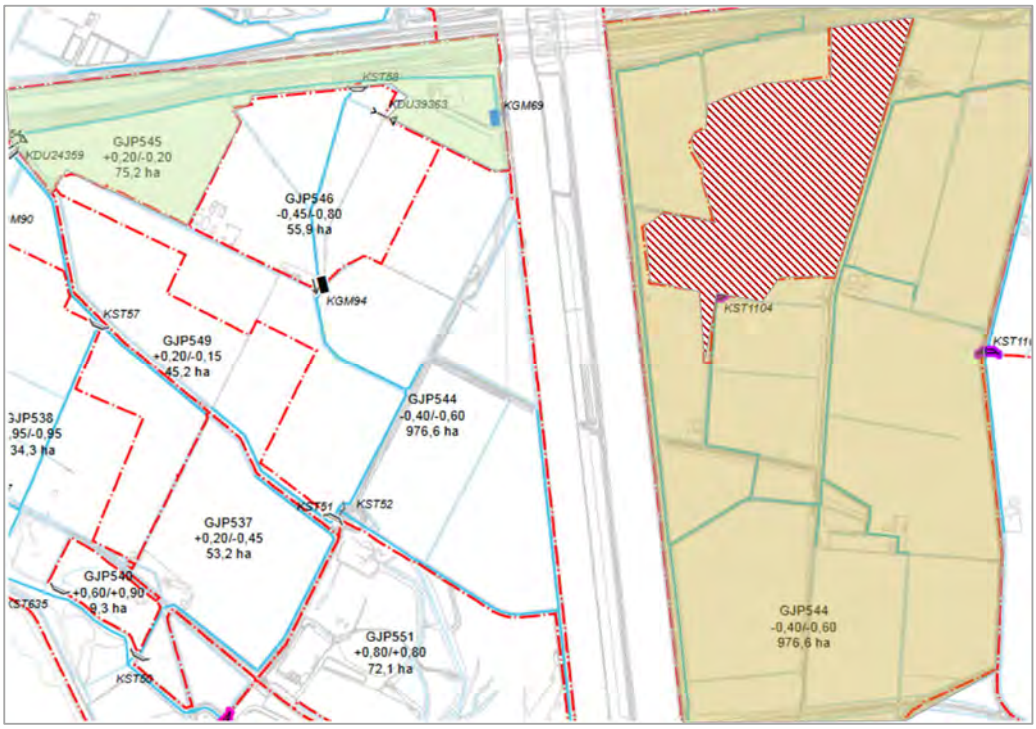
4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden

Uit de peilbesluitenkaart van waterschap Scheldestromen blijkt dat oost- en westzijde van het Schelde-Rijnkanaal niet tot dezelfde peilgebieden behoren. Links van de kanalen behoort tot gebied GJP545 en rechts van de kanalen behoort tot gebied GJP544 (zie *Figuur 11*).

Gezien de waterstandsverschillen tussen de peilgebieden is het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD.

Tabel 4-1 Peilbesluiten Waterschap Scheldestromen

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
GJP545	+ 0,20	- 0,20
Spui Bathkanaal	+ 0,00	+ 0,00
Schelde-Rijnkanaal	+ 1,80	+ 1,80
GJP544	- 0,40	- 0,60



Figuur 11 Peilgebieden Waterschap Scheldestromen

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

$$Natuurlijke\ kwelweg < kwelweg\ via\ HDD$$

$$L_0 \times {}^1/_3 < L_{vert} + L_{hor} \times {}^1/_6$$

Waarin:

L_0: kortste natuurlijke kwelweg

L_{vert}: kwelweg in verticale richting

L_{hor}: kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat kwel tussen de peilgebieden via de HDD's op kan treden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
GJP545	GJP544	504/3= 168	23,5+500/6+10,2=117,1
GJP545	Spui Bathkanaal	77/3 = 25,7	18,2+77/6 +18,2 = 49,3
Spui Bathkanaal	GJP544	344/3=114,7	18,2+344/6 +18,2 = 99,7
Schelde Rijnkanaal	GJP544	44,8/3=14,9	18,9+44,8/6 +18,9 = 45,3
Schelde Rijnkanaal	GJP545	303/3=101	18,9+303/6 +18,9 = 88,3
Schelde Rijnkanaal	Spui Bathkanaal	140,4/3=46,8	18,9+140,4/6 +18,9 = 61,2

4.5.4 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie hoger dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

5. Risico’s en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico’s en aandachtspunten rekening te houden:

- Veilig werken in de nabijheid van hoogspanningmasten. Deze lijn is in bedrijf ten tijde van de werkzaamheden. Hier kan ook een hoogte-beperking gelden. De afstand tot de fundering van hoogspanningsmast 88 bedraagt circa 18 meter. De afstand tot de fundering van hoogspanningsmast 87 bedraagt circa 24 meter. Voor beide masten geldt dat deze aan de zuidkant van de HDD’s liggen. Het heeft de voorkeur om de HDD die het meest dichtbij de masten ligt als eerste uit te voeren, zodat deze in ieder geval voldoende afstand heeft tot de fundering van de mast.
- Afstemming met DNWG over het kruisen van de HDD-bundel in het tracé.
- Het nemen van de in paragraaf 4.5.4 benoemde kwelmaatregelen. Voorafgaand aan de uitvoering dienen de plannen hiervoor goedgekeurd te worden door Waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat.
- De aanwezigheid van brak grondwater in de ondergrond. De aannemer dient hier bij de samenstelling van het bentoniet rekening mee te houden.
- De boor-rig en het materieel worden opgesteld aan de westzijde van de boring bij het 150 kV-station Rilland.
- Uitlegstrook: de mantelbuizen worden uitgelegd aan de oostzijde van de HDD in bouwland. De uitlegstrook ligt parallel en kruist de 150 kV mastenroute.
- Om de werkterreinen te betreden, zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken.
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200.
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden.
- Na het boren en na het invoeren van de kabels dienen de uiteinden van de mantelbuizen afgesloten te worden.
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalings-systeem tijdens de pilotboring voor.

- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals hoogspanningsmasten.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

De rapportage betreft de kruising met het Bathse Spuikanaal, het Schelde-Rijnkanaal (Kreekrak), een tweetal primaire waterkeringen en een regionale waterkering. Dit document betreft de vergunningsrapportage voor Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen met het ontwerp en berekeningen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, de Richtlijn Boortechnieken (2019) en de beleidsregels van waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat.

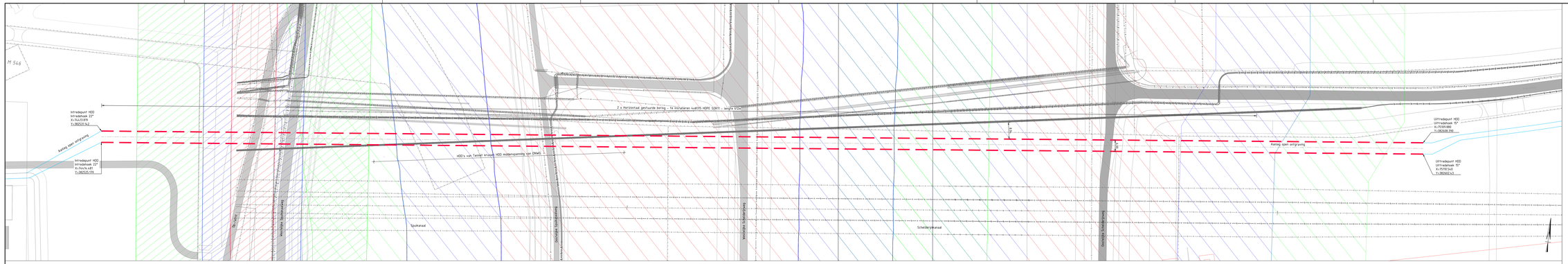
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

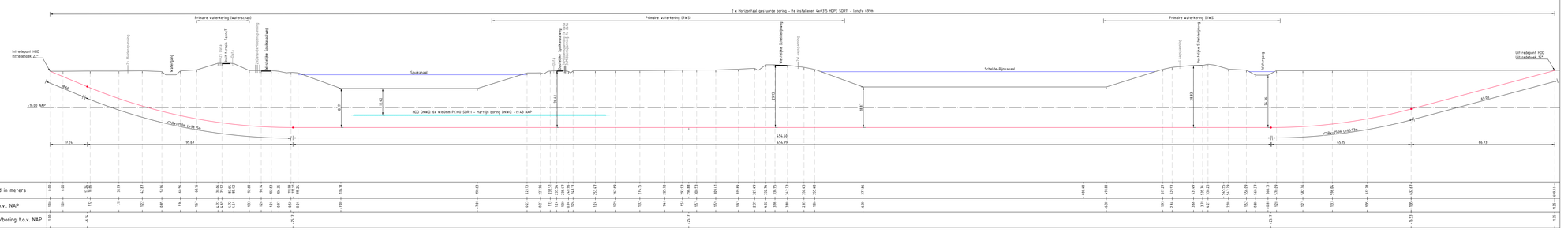
Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE 100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

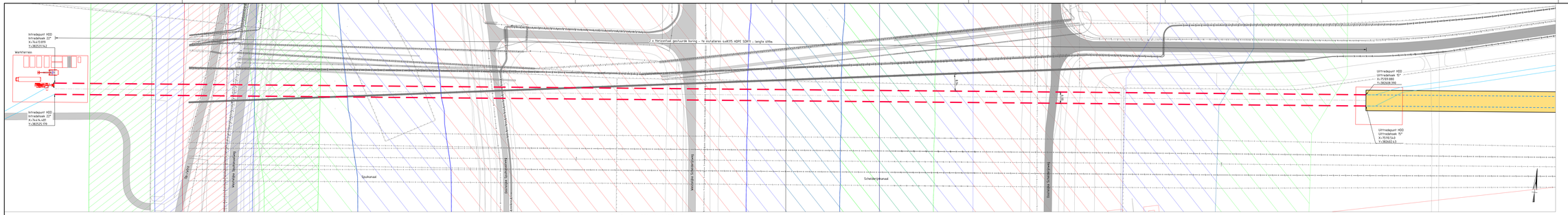
Het is noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen. Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

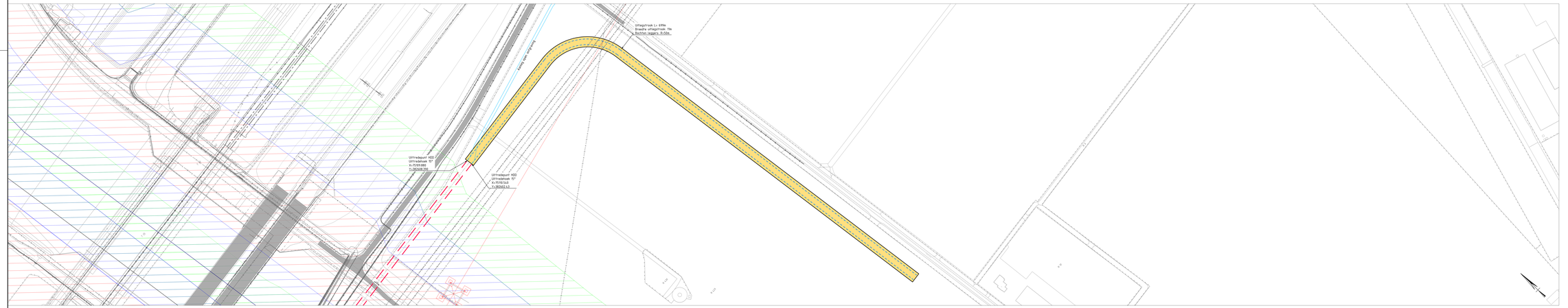
Bijlage 1 – Ontwerptekening

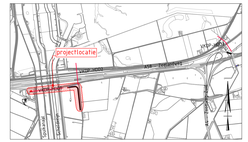


Bovenaanzicht HDD schaal 1500


2 x Horizontaal gestuurde boring - te installeren 4x40/35 HDPE SDR11 - lengte 699m
Primaire waterkering (waterschap)
Primaire waterkering (RWS)
Primaire waterkering (RWS)
Intredepunt HDD
Intredehoek 22°
Uittredepunt HDD
Uittredehoek 15°
Spuikanaal
Scheldekanaal
Scheldestraatweg
Kanaal door Walcheren
Kanaal door Walcheren
Kanaal door Walcheren
Scheldestraatweg
Scheldestraatweg
Scheldestraatweg







Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Verharding (asfalt)
- Bestaande teen
- Bebouwing
- Primaire waterkering
- Leidingstrook
- Uitlegstrook
- Verharding/wegen
- Locatie sondering met nummer

Waterkeringen: Waterschap
- Beschermingszone B
- Beschermingszone A
- Primaire waterkering

Waterkeringen: Rijkswaterstaat
- Beschermingszone B
- Beschermingszone A
- Primaire waterkering

Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Materialen in millimeters
Hoogtewaarden in meters t.o.v. N.A.P.

Vergunningstekening

2	t.v.v. vergunningaanvraag	19-05-2022	JPH	PMJ	JD
1	Zichtstel ontwerp	19-04-2022	JPH	PMJ	JD
0	Zichtstel	01-03-2022	RB	PMJ	JD
A	Voorlopig ontwerp	02-02-2022	MH	PMJ	JD
Rev.	Omschrijving	Datum rev.	Gez.	Ber.	Goedkj.

Opdrachtgever
TenneT TSO B.V.

Project
HDD's 150 kV ZWO

Titel
VKDP-HDD1, Rilland-Volkerdorp-Markiezaat
Uitlegstrook

Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Uitvoer van afdruk	Uitvoerdatum	Leeftijdsklasse
364722	VKDP-HDD1-U	E	28-04-2022	Definitief	

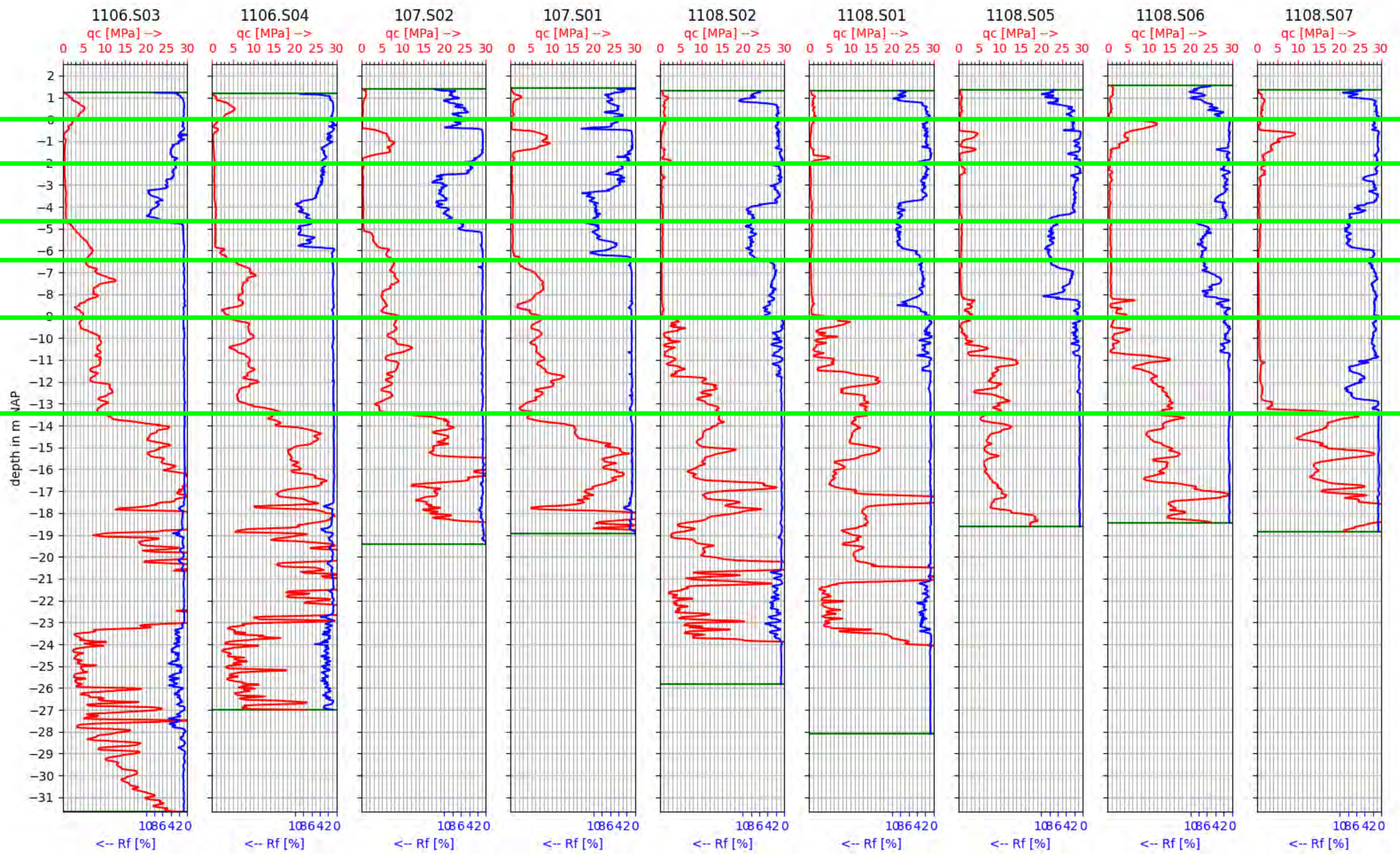
Blad	Van	Schaal	Formaat	Opsteller	Ver	Ont	Goedkj.
2	2	1500/11000	A1 L (1500x594)	De Bilt	JH	PMJ	JD

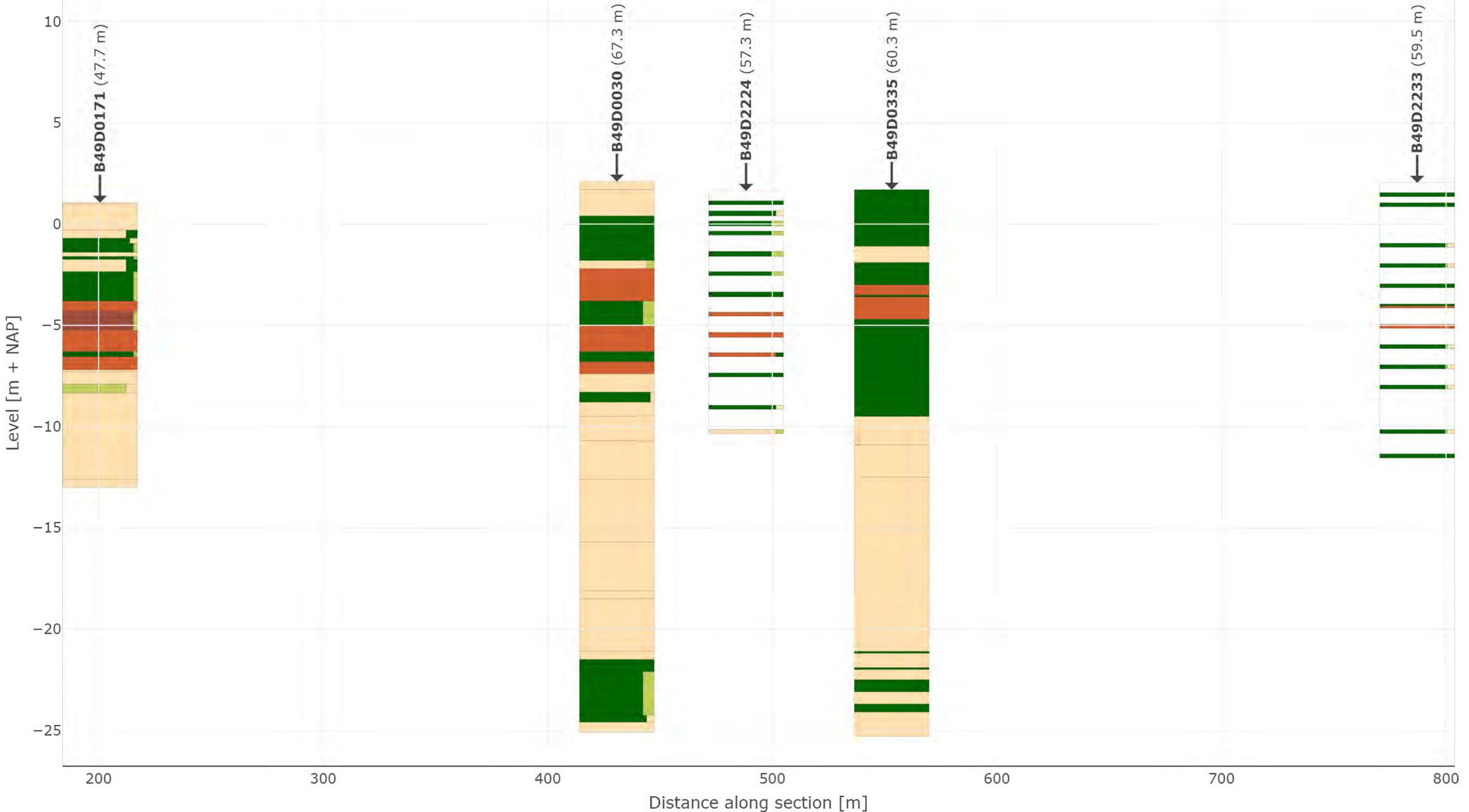
www.sweco.nl
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

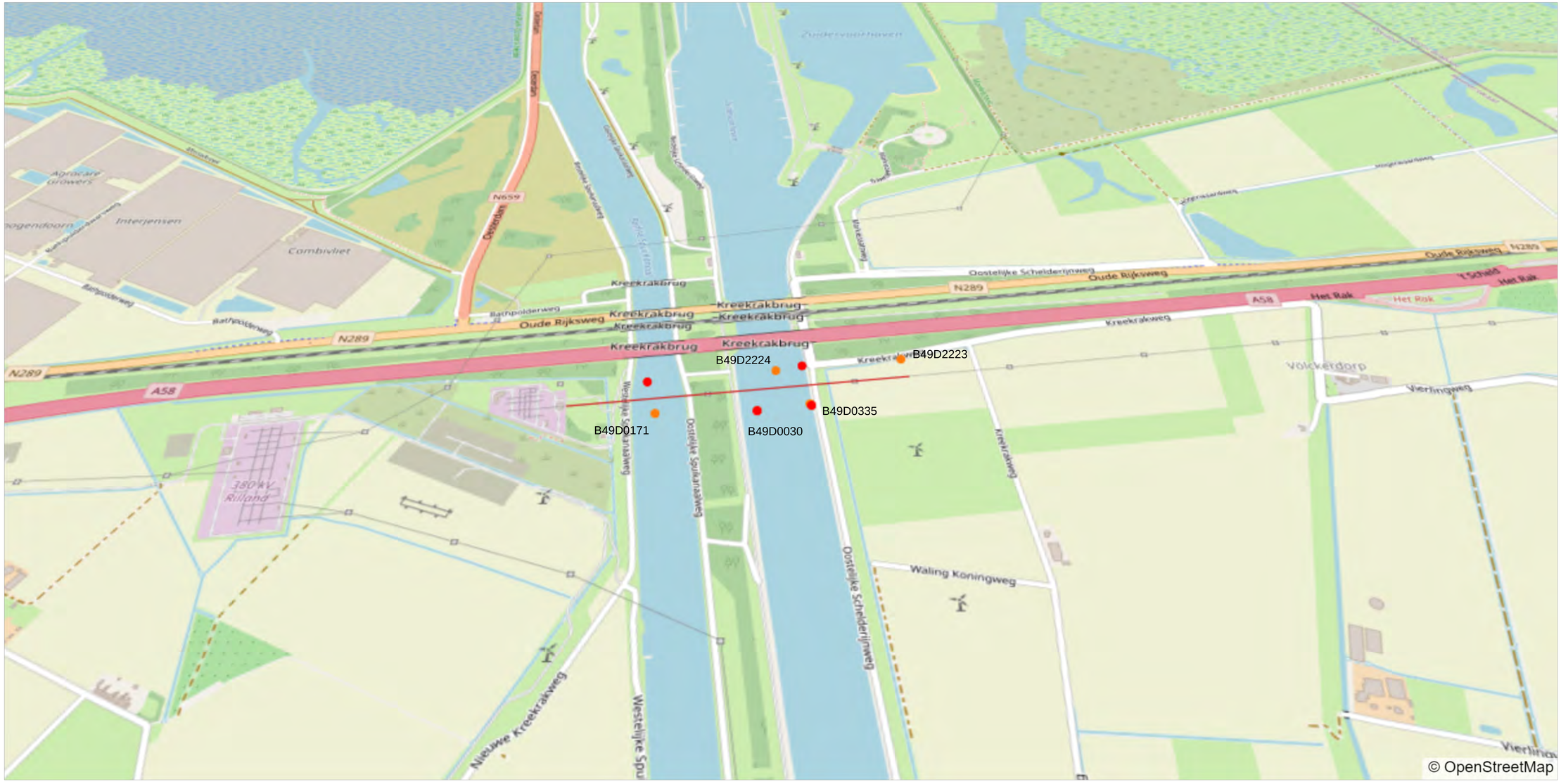
SWECO

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

VKDP HDD1

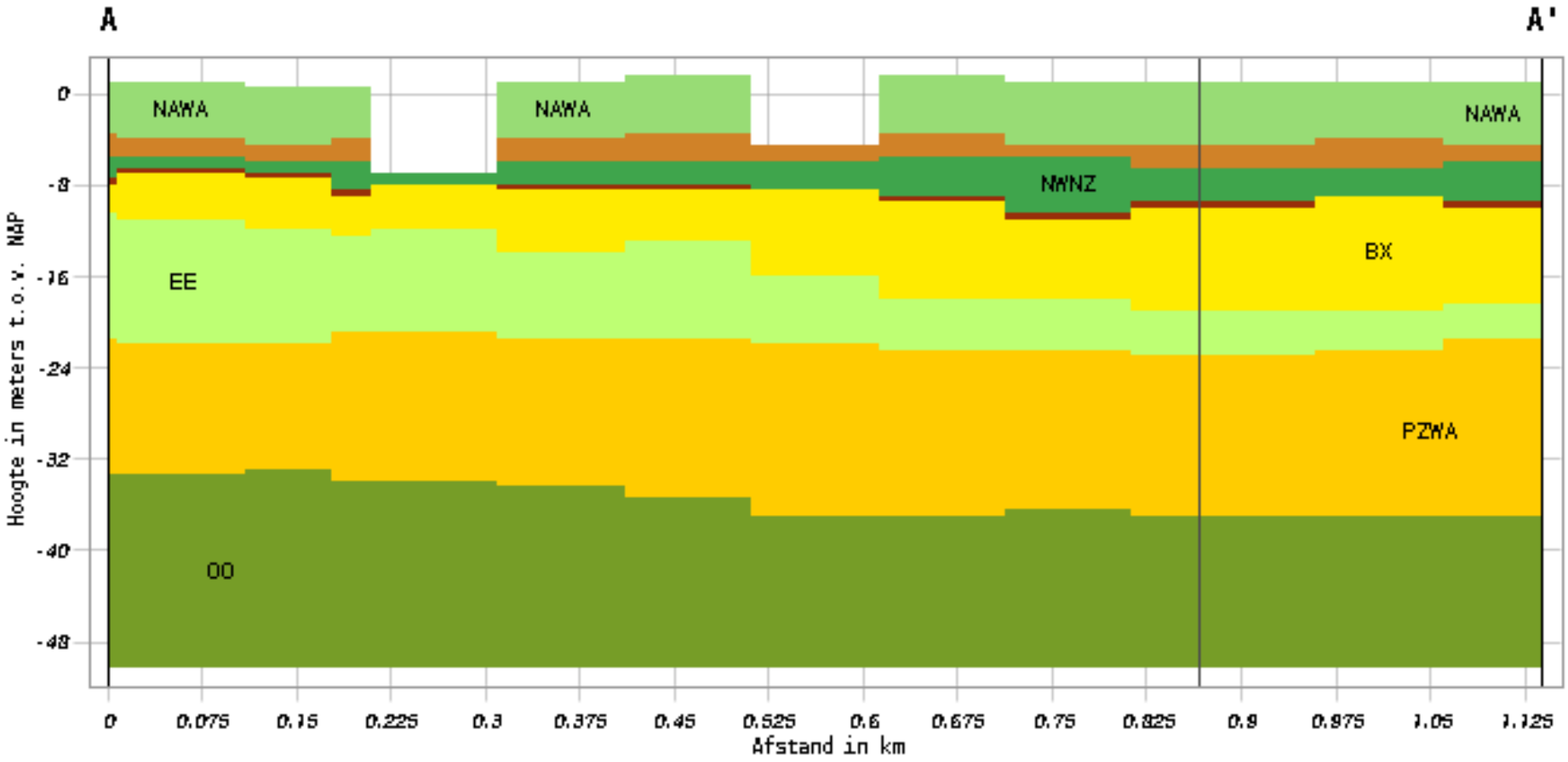

1106.S03
1106.S04
107.S02
107.S01
1108.S02
1108.S01
1108.S05
1108.S06
1108.S07
qc [MPa] -->
0 5 10 15 20 25 30
depth in m NAP
2 1 0 −1 −2 −3 −4 −5 −6 −7 −8 −9 −10 −11 −12 −13 −14 −15 −16 −17 −18 −19 −20 −21 −22 −23 −24 −25 −26 −27 −28 −29 −30 −31
<-- Rf [%]
10 8 6 4 2 0


B49D0171 (47.7 m)
B49D0030 (67.3 m)
B49D2224 (57.3 m)
B49D0335 (60.3 m)
B49D2233 (59.5 m)
10
5
0
−5
−10
−15
−20
−25
Level [m + NAP]
200
300
400
500
600
700
800
Distance along section [m]



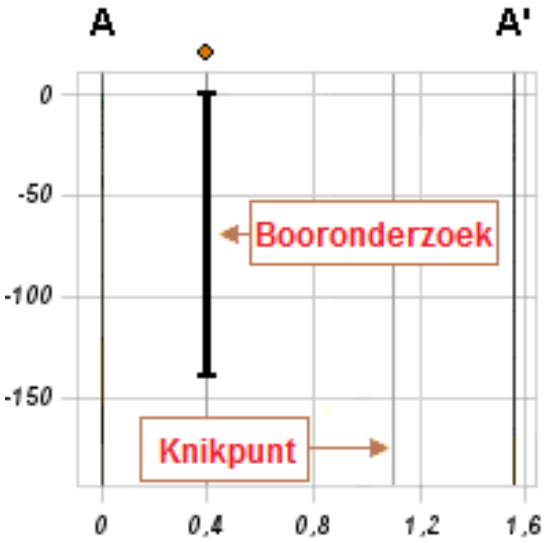
borehole not shown on sectionplot section

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Geologische eenheid

- NWNZ
- NAWA
- NIHO
- NIBA
- BX
- EE
- PZWA
- OO



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report:	28-4-2022
Time of report:	17:12:23
Report with version:	20.1.2.31161
Calculated with version:	20.1.1.30040
File name:	HDD berekening 28042022

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Messages 4
2.1 Calculation Warnings 4
3 Input Data 5
3.1 Model Used 5
3.2 Layer Boundaries 5
3.3 Pl-lines 5
3.4 Phreatic Line 6
3.5 Soil Profiles 6
3.6 Selected Boundaries 6
3.7 Soil Material Data 6
3.8 Geometry 7
3.8.1 Geometry Section, Detailed 7
3.8.2 Geometry Top View 7
3.9 Calculation Verticals 8
3.10 Configuration of the Pipeline 9
3.11 Product Pipe Material Data 9
3.12 Pipe Engineering Data 10
3.13 Drilling Fluid Data 10
3.14 Factors 11
3.15 Calculation Options 11
4 Drilling Fluid Pressures 12
4.1 Drilling Fluid Data 12
4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure 15
4.3 Drilling Fluid Pressure Plots 17
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot 17
4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming 17
4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation 18
5 Soil Mechanical Data 19
5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1 19
5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2 21
5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3 24
5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4 26
5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical 29
6 Data for Stress Analysis 33
6.1 General Data 33
6.2 Buoyancy Control 33
6.3 Calculation Pulling Force 33
7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1 35
7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1 35
7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1 35
7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 35
7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 36
7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 36
7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 36
7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 36
7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1 37
7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1 37
8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2 38
8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2 38
8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2 38
8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 38
8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 39
8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 39
8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 39
8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 39
8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2 40
8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2 40
9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3 42
9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3 42
9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3 42
9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 42
9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 43
9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 43

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 43
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 43
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3 44
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3 44
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4 45
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4 45
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4 45
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 45
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 46
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 46
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 46
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 46
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4 47
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4 47

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a Su-value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
5 - L -	0,000	6,000	18,660	31,990	42,870
5 - Z -	1,000	1,000	1,120	1,110	1,220
5 - L -	51,960	60,560	68,160	79,243	79,865
5 - Z -	0,850	1,160	1,670	4,516	4,676
5 - L -	79,920	83,640	84,026	85,420	88,307
5 - Z -	4,690	4,720	4,574	4,540	2,954
5 - L -	89,382	98,140	102,830	106,350	111,980
5 - Z -	2,769	1,260	1,240	0,970	0,500
5 - L -	115,240	125,210	135,180	198,630	210,180
5 - Z -	-0,500	-3,800	-7,000	-7,000	-3,800
5 - L -	221,730	232,510	235,540	238,470	240,960
5 - Z -	-0,500	1,130	1,240	1,300	0,940
5 - L -	243,130	253,470	262,690	274,150	285,700
5 - Z -	1,260	1,240	1,290	1,320	1,410
5 - L -	293,930	300,530	309,410	319,890	327,490
5 - Z -	1,510	1,570	1,590	1,970	2,390
5 - L -	332,740	336,950	342,730	350,430	364,500
5 - Z -	4,020	3,960	3,800	2,850	-1,500
5 - L -	366,630	377,860	491,000	504,135	517,270
5 - Z -	-3,000	-6,500	-6,300	-2,185	0,500
5 - L -	521,570	531,490	535,740	538,250	547,790
5 - Z -	2,840	3,660	3,710	4,270	2,000
5 - L -	556,090	560,370	566,130	570,090	582,360
5 - Z -	1,520	-0,800	-0,810	1,280	1,270
5 - L -	596,040	699,000			
5 - Z -	1,330	1,350			
4 - L -	0,000	115,240	125,210	135,180	198,630
4 - Z -	-0,500	-0,500	-3,800	-7,000	-7,000
4 - L -	210,180	221,730	364,500	366,630	377,860
4 - Z -	-3,800	-0,500	-1,500	-3,000	-6,500
4 - L -	491,000	504,135	517,270	560,370	566,130
4 - Z -	-6,300	-2,185	0,500	-0,800	-0,810
4 - L -	699,000				
4 - Z -	-2,000				
3 - L -	0,000	125,210	135,180	198,630	210,180
3 - Z -	-3,800	-3,800	-7,000	-7,000	-3,800
3 - L -	366,630	377,860	491,000	504,135	699,000
3 - Z -	-3,000	-6,500	-6,300	-2,185	-4,500
2 - L -	0,000	135,180	198,630	377,860	491,000
2 - Z -	-6,000	-7,000	-7,000	-6,500	-7,300
2 - L -	699,000				
2 - Z -	-9,000				
1 - L -	0,000	491,000	699,000		
1 - Z -	-13,500	-11,500	-10,500		
0 - L -	0,000	699,000			
0 - Z -	-29,000	-28,650			

3.3 Pl-lines

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	116,000	221,000	358,000	510,000
1 - Z -	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1 - L -	558,000	568,000	699,000		
1 - Z -	0,000	0,000	0,000		

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
5	Zand, schoon, los 1	1	1
4	Klei, organisch, slap	1	1
3	Veen, slap	1	1
2	Zand, schoon, los 2	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlaying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, los 2
The boundary between compressible top layers and underlaying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, los 2

3.7 Soil Material Data

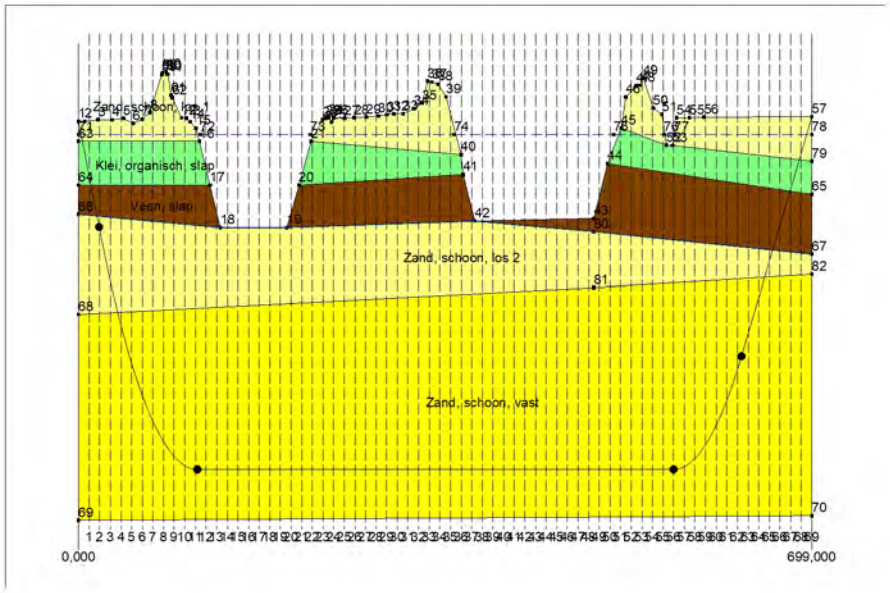
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
Zand, schoon, los 1	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, organisch, slap	13,00	13,00	0,00	15,00	35,00	35,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,00	15,00	35,00	35,00
Zand, schoon, los 2	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
Zand, schoon, los 1	Sand	7500,00	-	-
Klei, organisch, slap	Clay	500,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, los 2	Sand	15000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	45000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, schoon, los 1	-	-	0,30
Klei, organisch, slap	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,40
Zand, schoon, los 2	-	-	0,30
Zand, schoon, vast	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View

3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	10,130	-3,093
2	20,260	-7,185
3	30,390	-10,998
4	40,520	-14,321
5	50,650	-17,175
6	60,780	-19,576
7	70,910	-21,538
8	81,040	-23,071
9	91,170	-24,183
10	101,300	-24,879
11	111,430	-25,162
12	121,560	-25,170
13	131,690	-25,170
14	141,820	-25,170
15	151,950	-25,170
16	162,080	-25,170
17	172,210	-25,170
18	182,340	-25,170
19	192,470	-25,170
20	202,600	-25,170
21	212,730	-25,170
22	222,860	-25,170
23	232,990	-25,170
24	243,120	-25,170
25	253,250	-25,170
26	263,380	-25,170
27	273,510	-25,170
28	283,640	-25,170
29	293,770	-25,170
30	303,900	-25,170
31	314,030	-25,170
32	324,160	-25,170
33	334,290	-25,170
34	344,420	-25,170
35	354,550	-25,170
36	364,680	-25,170
37	374,810	-25,170
38	384,940	-25,170
39	395,070	-25,170
40	405,200	-25,170
41	415,330	-25,170
42	425,460	-25,170
43	435,590	-25,170
44	445,720	-25,170
45	455,850	-25,170
46	465,980	-25,170
47	476,110	-25,170
48	486,240	-25,170
49	496,370	-25,170
50	506,500	-25,170
51	516,630	-25,170
52	526,760	-25,170
53	536,890	-25,170
54	547,020	-25,170
55	557,150	-25,170
56	567,280	-25,170
57	577,410	-24,958
58	587,540	-24,334
59	597,670	-23,295
60	607,800	-21,837
61	617,930	-19,951
62	628,060	-17,627

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	638,190	-14,944
64	648,320	-12,230
65	658,450	-9,515
66	668,580	-6,801
67	678,710	-4,087
68	688,840	-1,372
69	698,970	1,342

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,000	[m]
X co-ordinate right point	699,000	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	1,350	[m]
Angle left	22,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-25,170	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

3.11 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.12 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.13 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,350	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,5	[kN/m³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m²]

3.14 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3.15 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	94	94	51	290
2	157	157	102	334
3	284	422	149	374
4	511	858	191	408
5	621	1104	228	437
6	722	1290	259	461
7	846	1527	285	480
8	1001	1833	306	495
9	939	1692	322	504
10	907	1617	334	508
11	883	1564	341	508
12	826	1446	344	505
13	808	1408	348	501
14	804	1400	351	498
15	804	1400	355	494
16	804	1400	358	491
17	804	1400	362	487
18	804	1400	365	484
19	804	1400	369	480
20	807	1407	372	477
21	820	1434	375	473
22	847	1489	379	470
23	910	1620	382	466
24	916	1634	386	463
25	917	1635	389	459
26	921	1643	393	456
27	924	1649	396	452
28	929	1659	400	449
29	935	1673	403	445
30	940	1683	407	442
31	949	1703	410	438
32	971	1748	414	435
33	1052	1915	417	432
34	1035	1881	421	428
35	947	1698	424	425
36	837	1469	428	421
37	818	1430	431	418
38	815	1422	435	414
39	813	1419	438	411
40	811	1416	442	407
41	810	1412	445	404
42	808	1409	449	400
43	806	1405	452	397
44	805	1402	456	393
45	803	1398	459	390
46	801	1394	463	386
47	799	1391	466	383
48	798	1387	470	379
49	801	1394	473	376
50	810	1414	477	372
51	838	1471	480	369
52	974	1753	484	365
53	1008	1824	487	362
54	931	1664	490	358
55	877	1552	494	355
56	827	1447	497	351
57	886	1574	499	345

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	866	1539	495	335
59	832	1480	486	319
60	782	1391	473	299
61	716	1273	455	274
62	632	1117	432	244
63	532	853	405	209
64	422	532	377	174
65	188	188	349	139
66	132	132	322	105
67	124	124	294	70
68	0	14	267	35
69	0	0	239	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	96	96	49	51
2	139	139	98	102
3	284	387	144	149
4	501	768	184	191
5	619	1044	219	228
6	721	1282	248	259
7	846	1525	273	285
8	1000	1830	292	306
9	939	1690	307	322
10	906	1616	317	334
11	882	1563	322	341
12	825	1444	324	344
13	807	1407	326	348
14	804	1399	328	351
15	804	1399	329	355
16	803	1399	331	358
17	803	1399	333	362
18	803	1399	335	365
19	803	1399	337	369
20	807	1406	339	372
21	820	1432	340	375
22	846	1488	342	379
23	909	1619	344	382
24	916	1633	346	386
25	917	1634	348	387
26	921	1642	350	385
27	923	1648	352	383
28	928	1658	353	381
29	935	1672	355	379
30	939	1682	357	378
31	949	1702	359	376
32	971	1747	361	374
33	1051	1914	363	372
34	1035	1880	364	370
35	947	1697	366	368
36	837	1468	368	366
37	818	1429	370	365
38	814	1422	372	363
39	813	1418	374	361
40	811	1415	376	359
41	809	1411	377	357
42	808	1408	379	355
43	806	1404	381	354
44	804	1401	383	352
45	803	1397	385	350
46	801	1394	386	348
47	799	1390	383	346
48	797	1387	379	344

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
49	801	1393	376	342
50	810	1413	372	341
51	838	1470	369	339
52	973	1753	365	337
53	1007	1823	362	335
54	931	1663	358	333
55	877	1551	355	331
56	826	1447	351	330
57	886	1573	345	325
58	866	1538	335	316
59	832	1479	319	302
60	782	1390	299	284
61	716	1249	274	260
62	632	1036	244	232
63	531	759	209	199
64	418	454	174	166
65	169	169	139	133
66	134	134	105	99
67	126	126	70	66
68	0	14	35	33
69	0	0	0	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	100	100	49	49
2	139	139	98	98
3	283	309	143	144
4	465	568	183	184
5	612	833	218	219
6	717	1074	247	248
7	842	1352	271	273
8	998	1687	290	292
9	937	1582	305	307
10	905	1526	314	317
11	881	1481	319	322
12	824	1366	321	324
13	806	1330	322	326
14	802	1322	324	328
15	802	1323	326	329
16	802	1323	327	331
17	802	1323	329	333
18	802	1323	330	335
19	802	1323	332	337
20	805	1330	334	339
21	818	1356	335	340
22	845	1409	337	342
23	908	1536	338	344
24	914	1550	340	346
25	915	1552	342	348
26	919	1561	343	350
27	922	1567	345	352
28	927	1577	346	353
29	933	1592	348	355
30	938	1602	350	357
31	948	1622	351	359
32	969	1666	353	361
33	1049	1832	354	363
34	1033	1799	356	361
35	945	1620	358	360
36	835	1400	359	358
37	817	1364	361	357
38	813	1356	362	355
39	811	1352	361	353

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
40	810	1348	359	352
41	808	1344	357	350
42	807	1340	355	349
43	805	1336	354	347
44	803	1332	352	345
45	802	1327	350	344
46	800	1323	348	342
47	798	1319	346	341
48	796	1315	344	339
49	800	1320	342	337
50	809	1338	341	336
51	837	1390	339	334
52	972	1657	337	333
53	1006	1724	335	331
54	930	1569	333	329
55	876	1461	331	328
56	826	1362	330	326
57	885	1473	325	322
58	865	1422	316	313
59	831	1336	302	300
60	781	1207	284	282
61	714	1034	260	258
62	630	816	232	230
63	528	566	199	197
64	331	331	166	164
65	176	176	133	132
66	140	140	99	99
67	129	129	66	66
68	0	14	33	33
69	0	0	0	0

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

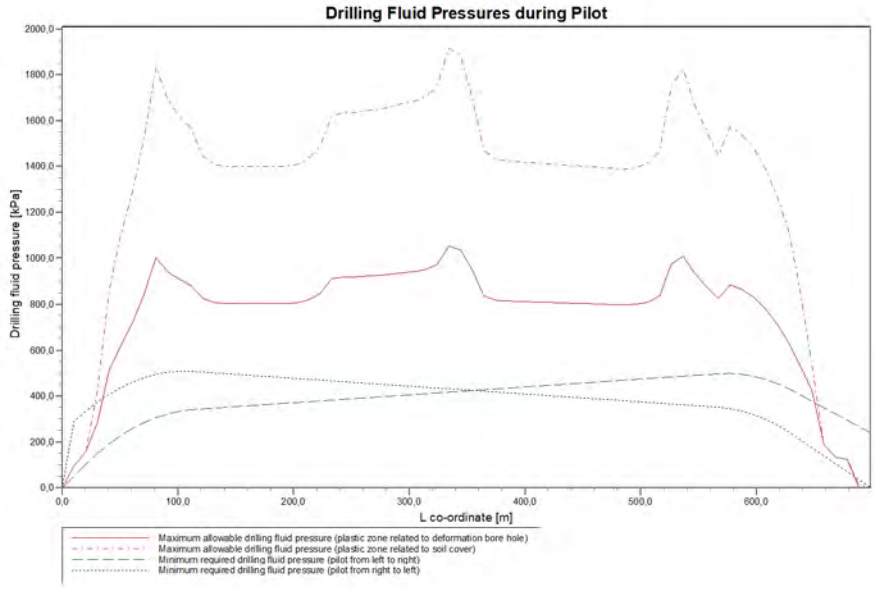
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
1	47	31	1,52	sufficient
2	94	72	1,31	sufficient
3	138	110	1,26	sufficient
4	176	143	1,23	sufficient
5	209	172	1,22	sufficient
6	237	196	1,21	sufficient
7	260	215	1,20	sufficient
8	277	231	1,20	sufficient
9	290	242	1,20	sufficient
10	298	249	1,20	sufficient
11	301	252	1,20	sufficient
12	302	252	1,20	sufficient
13	302	252	1,20	sufficient
14	302	252	1,20	sufficient
15	302	252	1,20	sufficient
16	302	252	1,20	sufficient
17	302	252	1,20	sufficient
18	302	252	1,20	sufficient
19	302	252	1,20	sufficient
20	302	252	1,20	sufficient
21	302	252	1,20	sufficient
22	302	252	1,20	sufficient
23	302	252	1,20	sufficient
24	302	252	1,20	sufficient
25	302	252	1,20	sufficient
26	303	252	1,20	sufficient
27	303	252	1,20	sufficient
28	303	252	1,20	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
29	303	252	1,20	sufficient
30	303	252	1,20	sufficient
31	303	252	1,20	sufficient
32	303	252	1,20	sufficient
33	303	252	1,20	sufficient
34	303	252	1,20	sufficient
35	303	252	1,20	sufficient
36	303	252	1,20	sufficient
37	303	252	1,20	sufficient
38	303	252	1,21	sufficient
39	303	252	1,21	sufficient
40	303	252	1,21	sufficient
41	304	252	1,21	sufficient
42	304	252	1,21	sufficient
43	304	252	1,21	sufficient
44	304	252	1,21	sufficient
45	304	252	1,21	sufficient
46	304	252	1,21	sufficient
47	304	252	1,21	sufficient
48	304	252	1,21	sufficient
49	304	252	1,21	sufficient
50	304	252	1,21	sufficient
51	304	252	1,21	sufficient
52	304	252	1,21	sufficient
53	304	252	1,21	sufficient
54	304	252	1,21	sufficient
55	304	252	1,21	sufficient
56	305	252	1,21	sufficient
57	302	250	1,21	sufficient
58	295	243	1,21	sufficient
59	283	233	1,22	sufficient
60	266	218	1,22	sufficient
61	245	200	1,23	sufficient
62	218	176	1,24	sufficient
63	187	149	1,25	sufficient
64	156	122	1,28	sufficient
65	125	95	1,31	sufficient
66	94	68	1,38	sufficient
67	63	41	1,53	sufficient
68	31	14	2,28	sufficient
69	0	0	-	sufficient

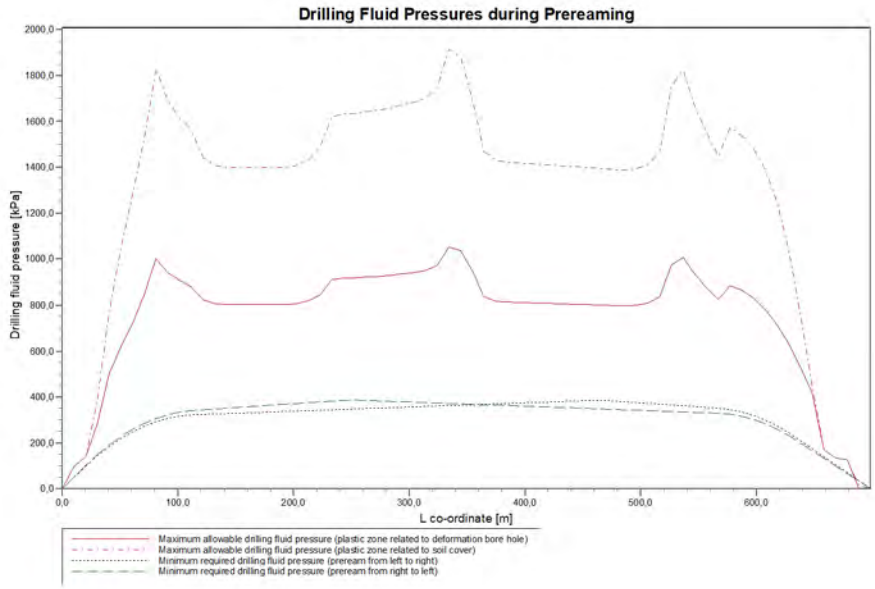
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safey factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

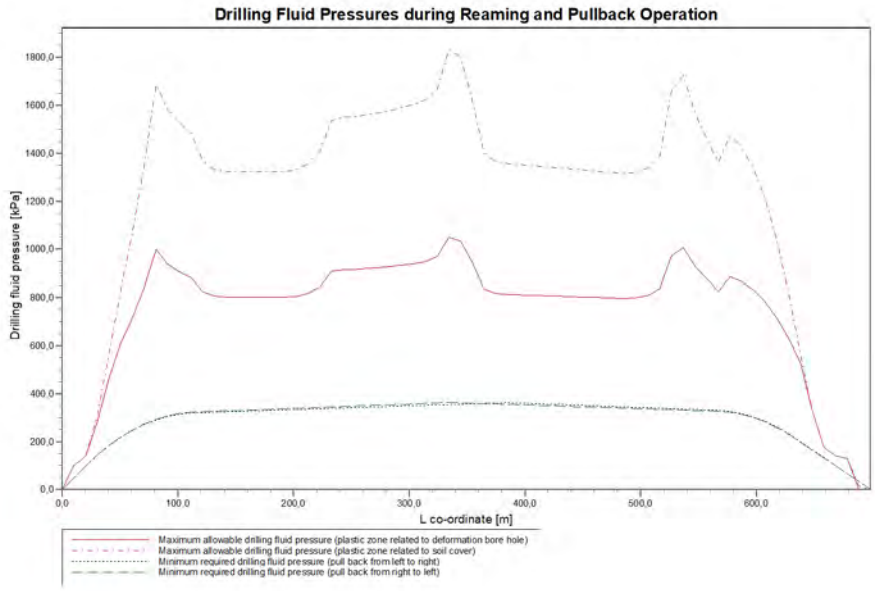
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
5	Zand, schoon, los 1	Calculated with E100
4	Klei, organisch, slap	Calculated with E100
3	Veen, slap	Calculated with E100
2	Zand, schoon, los 2	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=10,13 m)		Vertical 2 (L=20,26 m)		Vertical 3 (L=30,39 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,531	0,000	3,637	0,000	3,627
4	0,150	0,201	0,157	0,208	0,156	0,207
3	0,081	0,085	0,083	0,088	0,083	0,088
2	8,790	15,059	8,971	15,088	8,964	15,006
1	45,178	74,174	45,264	74,281	45,018	74,185

Layer number	Vertical 4 (L=40,52 m)		Vertical 5 (L=50,65 m)		Vertical 6 (L=60,78 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,738	0,000	3,342	0,000	3,710
4	0,164	0,215	0,137	0,190	0,162	0,213
3	0,086	0,091	0,076	0,081	0,085	0,090
2	9,153	15,041	8,529	14,590	9,127	14,868
1	45,124	74,304	43,769	73,543	44,604	74,098

Layer number	Vertical 7 (L=70,91 m)		Vertical 8 (L=81,04 m)		Vertical 9 (L=91,17 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,025	0,000	6,890	0,000	5,105
4	0,263	0,309	0,436	0,477	0,270	0,315
3	0,124	0,128	0,191	0,195	0,126	0,131
2	11,376	16,273	14,780	18,748	11,532	16,239
1	48,820	76,762	56,244	81,734	48,716	76,801

Layer number	Vertical 10 (L=101,3 m)		Vertical 11 (L=111,43 m)		Vertical 12 (L=121,56 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,801	0,000	2,784	n.a.	n.a.
4	0,169	0,219	0,102	0,158	0,000	0,035
3	0,088	0,093	0,063	0,070	0,014	0,023
2	9,312	14,665	7,752	13,641	3,889	11,780
1	43,995	73,951	40,923	72,222	35,340	69,269

Layer number	Vertical 13 (L=131,69 m)		Vertical 14 (L=141,82 m)		Vertical 15 (L=151,95 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	1,569	11,124	0,000	10,951	0,000	10,913
1	33,373	68,346	32,853	68,153	32,739	68,157

Layer number	Vertical 16 (L=162,08 m)		Vertical 17 (L=172,21 m)		Vertical 18 (L=182,34 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	0,000	10,875	0,000	10,836	0,000	10,797
1	32,624	68,161	32,508	68,165	32,392	68,169

Layer number	Vertical 19 (L=192,47 m)		Vertical 20 (L=202,6 m)		Vertical 21 (L=212,73 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000	0,023
3	n.a.	n.a.	0,000	0,005	0,009	0,019
2	0,000	10,759	1,565	10,844	3,460	11,263
1	32,276	68,173	32,531	68,353	33,788	69,018

Layer number	Vertical 22 (L=222,86 m)		Vertical 23 (L=232,99 m)		Vertical 24 (L=243,12 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,951	0,000	3,729	0,000	3,915
4	0,018	0,087	0,163	0,211	0,177	0,222
3	0,035	0,043	0,084	0,091	0,089	0,095
2	5,709	12,133	9,155	14,077	9,419	14,241
1	36,399	70,391	42,231	73,631	42,723	73,969

Layer number	Vertical 25 (L=253,25 m)		Vertical 26 (L=263,38 m)		Vertical 27 (L=273,51 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,938	0,000	4,045	0,000	4,120
4	0,178	0,222	0,186	0,227	0,192	0,231
3	0,089	0,095	0,091	0,097	0,092	0,099
2	9,418	14,231	9,556	14,314	9,643	14,363
1	42,692	74,005	42,941	74,203	43,088	74,343

Layer number	Vertical 28 (L=283,64 m)		Vertical 29 (L=293,77 m)		Vertical 30 (L=303,9 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,249	0,000	4,417	0,000	4,531
4	0,201	0,238	0,214	0,249	0,223	0,256
3	0,095	0,102	0,100	0,106	0,102	0,109
2	9,826	14,477	10,078	14,640	10,242	14,744
1	43,431	74,596	43,921	74,937	44,233	75,174

Layer number	Vertical 31 (L=314,03 m)		Vertical 32 (L=324,16 m)		Vertical 33 (L=334,29 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,755	0,000	5,221	0,000	6,690
4	0,241	0,271	0,280	0,307	0,416	0,440
3	0,109	0,115	0,123	0,129	0,176	0,182
2	10,604	14,989	11,413	15,564	14,123	17,640
1	44,968	75,661	46,691	76,751	52,920	80,742

Layer number	Vertical 34 (L=344,42 m)		Vertical 35 (L=354,55 m)		Vertical 36 (L=364,68 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,421	0,000	4,724	n.a.	n.a.
4	0,390	0,412	0,239	0,262	0,000	0,039
3	0,165	0,171	0,105	0,111	0,016	0,026
2	13,586	17,205	10,399	14,810	4,156	11,322
1	51,616	79,943	44,430	75,557	33,967	69,976

Layer number	Vertical 37 (L=374,81 m)		Vertical 38 (L=384,94 m)		Vertical 39 (L=395,07 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,001
2	1,469	10,622	0,375	10,446	0,585	10,346
1	31,865	69,038	31,339	68,856	31,038	68,778

Layer number	Vertical 40 (L=405,2 m)		Vertical 41 (L=415,33 m)		Vertical 42 (L=425,46 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,003
2	0,737	10,245	0,863	10,143	0,973	10,039
1	30,734	68,700	30,428	68,622	30,118	68,544

Layer number	Vertical 43 (L=435,59 m)		Vertical 44 (L=445,72 m)		Vertical 45 (L=455,85 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,004
2	1,071	9,935	1,162	9,829	1,245	9,723
1	29,805	68,466	29,488	68,388	29,168	68,310

Layer number	Vertical 46 (L=465,98 m)		Vertical 47 (L=476,11 m)		Vertical 48 (L=486,24 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,004	0,000	0,004	0,000	0,005
2	1,324	9,615	1,398	9,506	1,468	9,396
1	28,845	68,231	28,518	68,153	28,187	68,074

Layer number	Vertical 49 (L=496,37 m)		Vertical 50 (L=506,5 m)		Vertical 51 (L=516,63 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	0,000	0,018	0,000	0,090
3	0,000	0,011	0,007	0,023	0,036	0,048
2	2,477	9,475	3,897	9,806	6,180	10,794
1	28,424	68,238	29,418	68,729	32,382	70,118

Layer number	Vertical 52 (L=526,76 m)		Vertical 53 (L=536,89 m)		Vertical 54 (L=547,02 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,405	0,000	6,196	0,000	4,784
4	0,296	0,341	0,368	0,400	0,244	0,276
3	0,137	0,146	0,160	0,169	0,110	0,120
2	12,298	15,063	13,484	15,962	10,884	13,740
1	45,189	76,939	47,887	78,617	41,219	74,807

Layer number	Vertical 55 (L=557,15 m)		Vertical 56 (L=567,28 m)		Vertical 57 (L=577,41 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,549	0,000	1,768	0,000	4,098
4	0,151	0,184	0,050	0,091	0,190	0,222
3	0,074	0,084	0,036	0,048	0,089	0,098
2	8,715	11,984	6,164	10,149	9,633	12,455
1	35,953	72,107	30,446	69,595	37,365	72,955

Layer number	Vertical 58 (L=587,54 m)		Vertical 59 (L=597,67 m)		Vertical 60 (L=607,8 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,175	0,000	4,272	0,000	4,328
4	0,196	0,228	0,203	0,236	0,207	0,240
3	0,091	0,101	0,094	0,104	0,096	0,105
2	9,770	12,455	9,942	12,485	10,044	12,459
1	37,366	73,022	37,454	73,133	37,377	73,161

Layer number	Vertical 61 (L=617,93 m)		Vertical 62 (L=628,06 m)		Vertical 63 (L=638,19 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,383	0,000	4,437	0,000	4,490
4	0,212	0,245	0,216	0,249	0,220	0,254
3	0,098	0,107	0,100	0,109	0,101	0,110
2	10,144	12,434	10,244	12,408	10,342	12,382
1	37,301	73,188	37,224	73,215	37,147	73,243

Layer number	Vertical 64 (L=648,32 m)		Vertical 65 (L=658,45 m)		Vertical 66 (L=668,58 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,543	0,000	4,596	0,000	4,647
4	0,224	0,258	0,228	0,263	0,232	0,267
3	0,103	0,112	0,105	0,114	0,107	0,115
2	10,440	12,357	10,537	12,331	10,632	12,305
1	37,070	73,270	36,993	73,297	36,916	73,325

Layer number	Vertical 67 (L=678,71 m)		Vertical 68 (L=688,84 m)		Vertical 69 (L=698,97 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,699	0,000	4,749	0,000	4,799
4	0,237	0,271	0,241	0,276	0,245	0,280
3	0,109	0,117	0,110	0,119	0,112	0,120
2	10,727	12,279	10,821	12,254	10,915	12,228
1	36,838	73,352	36,761	73,379	36,683	73,406

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 92570 kN/m³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,50 kN/m³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	365	[kg/m]	
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]	

Result	:	265	[kg/m]	(Pipeline moves upwards)

6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	70
T2	21	81
T3	117	149

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	571	400
T5	636	463
T6	706	502

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²
Tangential stress:			
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	
Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))			
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

F.1 002.678.22 0998324 Memo amoveren HS-masten Z

NOTITIE

AAN

CLASSIFICATIE C2 - Interne Informatie
DATUM 14 februari 2022
REFERENTIE
VAN [redacted]

ONDERWERP Memo amoveren geleiders, masten en fundatie.

TER INFORMATIE ☐
TER BESLUITVORMING ☐

Deze memo dient ter ondersteuning van vergunningsaanvragen voor het amoveren van hoogspanningsmasten, inclusief geleider, randcomponenten en funderingen t.b.v. het project Zuid-West 380kV Oost. Merk op dat de werkmethode zoals hieronder omschreven indicatief is, en gedurende het aanbestedingstraject pas vastgesteld zal worden, omdat deze afhankelijk is van (de beschikbaarheid van) het machinepark van de aannemer en de situatie ter plaatse van de te amoveren assets.
Werkzaamheden zullen voldoen aan gestelde technische en contractuele eisen.

Amoveren geleiders
De werkwijze voor het amoveren van geleiders is zoals gezegd sterk afhankelijk van de omgeving en het beschikbare machinepark . Doorgaans komt het neer op het uitlieren van de geleiders:

1. Hoogspanningsmasten worden van wielen voorzien, de draad wordt losgehaald van de aanwezige klemmen en over de wielen gelegd.
2. Eventueel aanwezige bundelafstandhouders, vogelmarkeringen en/of vliegtuigmarkeringen worden verwijderd (d.m.v. een hoogwerker of met een kar die over de lijn rijdt).
3. De geleider wordt voorzien van een (stalen) trekdraad, welke aan de ene kant op een liermachine is gerold, en aan de andere zijde op de rem staat.
4. De geleiders worden fase voor fase uitgelierd, waarbij er een trekdraad achterblijft.
5. Deze trekdraad wordt vervolgens ook uitgelierd, waarbij er een dunnere trekdraad achterblijft. Zo kan deze trekdraad stap voor stap kleiner worden, waardoor er uiteindelijk een dunne (nylon) draad overblijft. Tot slot laat men de laatste draad op de grond zakken.
6. Het vrijgekomen materiaal wordt vervolgens als “oud ijzer”, of aluminium in dit geval, afgevoerd.

Amoveren masten
Ook het amoveren van de masten is sterk afhankelijk van de situatie ter plaatse. Maar doorgaans omvat het:

1. Kettingmaterialen en ander materiaal, zoals isolatoren, klemmen, wielen, eventueel telecomapparatuur, wordt door middel van een hoogwerker, lier en/of hijskraan uit de mast verwijderd.
2. Afhankelijk van het gewicht van de mast wordt de mast in één- of meerdere delen opgetild door een kraan. De mast wordt hiervoor bij de voeten en/of hogere delen losgeknipt.
3. Boven een container wordt de mast in kleine stukken geknipt, waarna het schroot afgevoerd wordt.
4. Bij het amoveren van masten wordt vastgesteld of men te maken heeft met de aanwezigheid van zware metalen (zoals Chroom-6), de werkmethode wordt hierop aangepast.

5. Vrijgekomen materiaal (staal, glas (van isolatoren) en ander materiaal) wordt afgevoerd. Er wordt rekening gehouden met eventuele verontreiniging.

Amoveren funderingen

Bij de te slopen masten horen voornamelijk paalfunderingen. Deze worden volgens afspraak (doorgaans tot een diepte van 2 meter onder maaiveld) geamoveerd. Grofweg worden de volgende stappen gevolgd:

1. Blootleggen van de fundering tot een diepte van 2 meter.
2. Indien noodzakelijk, toepassen van bemaling.
3. Weghakken van de bestaande betonpoer (indien aanwezig)
4. Lossnijden en verwijderen van de funderingspalen.
5. Uitgraven en verwijderen van een aardenet (indien aanwezig).
6. Afvoeren van vrijgekomen materialen.
7. Dichtzetten van het achtergebleven gat en opleveren volgens het CST (cultuurtechnisch herstel).

002.678.20 1178328 Reactietabel geotechnische analyse mast 1003 en 1004

C2 - Internal Information

Opmerking	Locatie	Reactie Antea Group
Ik denk dat de huidige / primaire functies bedoeld worden.	1.2	De rapportage is geschreven vanuit het oogpunt van Tennet. Tennet heeft als primair doel het aanleggen van een tweetal masten. Vanuit dit oogpunt is de waterkerende functie een andere functie.
Legger van 33-1 is niet opgenomen maar er wordt weel naar de waterwet verwezen. Deze legger is wel besproken en gestuurd.	2.1	De vigerende legger is opgenomen bij deze rapportage.
Dit moet zijn mast 1004. De locatie is volgens mij meer richting de bestaande 150kv mast, indien ik dit vergelijk met figuur 2-1. Maar is	Figuur 2-3	Mastnummer aangepast. Het figuur is een indicatieve locatie, om een beeld te geven van het omliggende landschap.
Bijlage-3 ontbreekt	2.2	De leggerkaarten zijn terug te vinden in bijlage 2. Hier was sprake van een foutieve verwijzing. Verwijzing is
Dit is hier niet juist verwoord. 33-1 is een primaire waterkering en dient als zodanig benoemd te worden. "Voor deze rapportage is dit als zodanig behandeld" doet hier niets aan af.	2.2	De combinatie Spuikanaal Bath - Schelde Rijn kanaal heeft twee grondlichamen die als primaire waterkering zin gedefineerd. Het grondlichaam ten westen van het spuikanaal en het grondlichaam ten oosten van het Schelde-Rijn kanaal (zie ook http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/legger/legger_primk/ZL-6%20Kreekrakpolder_tcm318-292417.zip, relevante kaarten bijgevoegd in bijlage 2). Het grondlichaam tussen de beide kanalen heeft geen formele status. Echter, omdat RWS heeft aangegeven dat dit grondlichaam mogelijk in de toekomst een status krijgt, wordt hierop vooruit gelopen en dit grondlichaam als zodanig beschouwd.
Geen verwijzing opgenomen. Rapport is essentieel en helaas niet toegevoegd.	2.3	Rapportage als bijlage toegevoegd.
Graag uitleg hoe de mast zonder ontgravingen worden geplaatst. Wordt de fundering zonder ontgraving gerealiseerd? Hoe wordt dan de afwerking volgens document "C.2 002.678.00 0928596 Fundatietek Tweepaal" gerealiseerd?	2.3	Tekstuele toelichting gegeven.
Foutieve verwijzing	2.3.1	Verwijzing verwijderd.
Ik denk dat de afmetingen en exacte ligging worden bedoeld.	2.3.3	Tekstueel aangepast

Werkterrein aan de oostzijde te ruim ingetekend. Zie afspraken in eerdere overleggen met TenneT. Ondanks dat figuur indicatief is, deze wel aanpassen cf. gemaakte afspraken.	2.3.3	Tekstueel aangepast.
Ik mis onderzoek naar en beschrijving van bodemopbouw bij mast 1003	3.2	Toegevoegd.
Graag gegevens / figuur van bodemoverzicht toevoegen. Toon aan dat er geen kortsluiting tussen grondlagen kan ontstaan.	3.2	In het kader van deze rapportage is genoemde beschrijving afdoende. Kortsluiting ir.t. piping is behandeld in hoofdstuk 4.
Stabiliteitsberekening met toegepaste parameters en waarden toevoegen.	4.1.2	Betreffende berekening is bijgevoegd in bijlage 3.
Is bij de berekening rekening gehouden met waterberging VZM, waarbij gehele gebied onder water kan komen te staan en gronden kunnen verweken?	4.1.2	Betreffende berekening is bijgevoegd in bijlage 3.
Figuur 4-1 svp. ook vergroot weergeven. Nu wel heel klein weergegeven.	4.1.2	Betreffende berekening is bijgevoegd in bijlage 3.
Max. belasting werkwegen afstemmen met Jacco / Christian. Voor deze berekening is aanname van 50ton voldoende	4.1.2	Uitgangspunt van deze rapportage is dat er geen zwaardere lasten op de werkwegen komen dan op het Nederlandse wegennet wordt toegestaan. Dit komt
Trillingsarm	4.1.2	Het voorgenomen systeem wordt borend aangebracht.
Juridisch vastgestelde legger nog niet beschikbaar. Functie als prim.waterkering is opgenomen in waterwet en meest recente zonering is met TenneT gedeeld.	4.1.3	Zie regel 7.
..... die geheel in de zonering van de primaire kering liggen	5	Conform de huidige ligging van de legger bevindt mast 1003 zich niet in een primaire kering.
en aan werkwegen en groen	5	Uitgangspunt is dat werkwegen voor dit project worden aangelegd en voldoende groot zijn gedimensioneerd om de belasting te kunnen dragen.

A.6A 002.678.20 1215229 Kruising Schelde Rijnkanaal

Zuid • West 380 kV Oost

Kruising Schelde Rijnkanaal

Legenda

VKA2.0.1

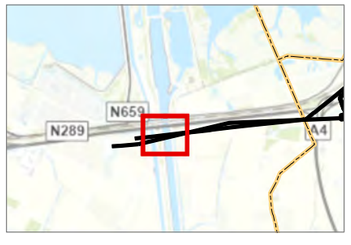
- Solo 380 kV
- Te amoveren verbinding
- Fundaties
- Ontgravingsvlak
- Stations
- boring
- open ontgraving
- moflocatie
- Gemeentegrenzen

Waterkeringen

- Kernzone
- Buitenbeschermingszone
- Beschermingszone

Bestaande verbinding

- 380 kV bovengronds
- 150 kV bovengronds
- 150 kV ondergronds
- Indicatieve mastpunten
- Te amoveren masten
- Traversen - symbool



Versie	VKA 2.0.1	Datum	16/08/2023
Schaal	1:3,500	Formaat	A3
Kenmerk			

0 25 50 75 m

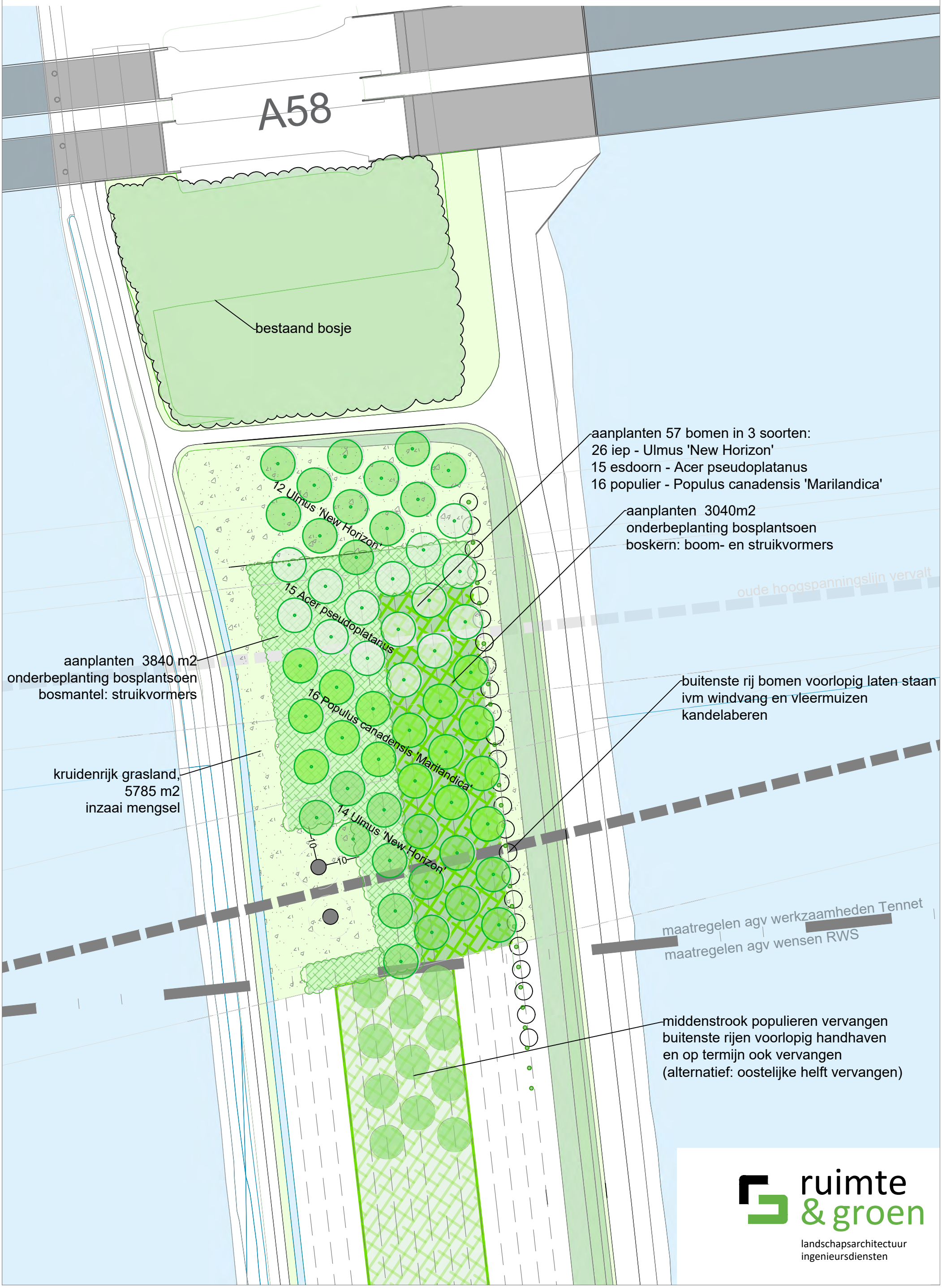
N

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

A.7 002.678.20 1175090 beplantingsplan middeneiland Spuikanaal

BEPLANTINGSVOORSTEL MIDDENEILAND SPUIKANAAL TENNET-RWS

schaal 1:1000 - 26-05-2023



ruimte & groen

landschapsarchitectuur
ingenieursdiensten

TOELICHTING BEPLANTINGSPLAN TENNET RWS
MIDDENEILAND SPUIKANAAL

Aanleiding
Netbeheerder TenneT legt momenteel de nieuwe hoogspanningsverbinding Zuid-West 380 kV aan. Het oostelijke deel Rilland-Tilburg (Zuid-West 380 kV Oost) kruist ten oosten van Rilland zowel het Schelde-Rijnkanaal als het Spuikanaal. Op het middeneiland tussen deze kanalen verrijst één van de noodzakelijke wintrackmasten. Om dit mogelijk te maken moet bestaande (boom)beplanting wijken, niet alleen om plek te maken voor de masten maar ook om plaatsing hiervan mogelijk te maken. Rijkswaterstaat is eigenaar van deze beplantingen en wil graag dat beplanting hersteld wordt. De bomen heeft immers een belangrijke functie.

functies
Landschappelijk zijn de bomen van groot belang: de zwaar aangezette en parallel aan de kanalen gelegen beplantingsstructuur van populieren vormt ruimtelijk een sterk structurerend element wat nog versterkt wordt door de bundeling met de parallel gelegen kanalen, dijken, windturbines en hoogspanningsmasten. Ook ecologisch hebben de beplantingen een waarde als schuil- en broedgelegenheid voor vogels, leefgebied voor onder andere kleine zoogdieren, insecten en vleermuizen. Ook heeft de beplanting een wind afvangende functie voor de scheepvaart en een recreatieve waarde voor wandelaars en fietsers vanaf de belendende (vrij toegankelijke) onderhoudswegen. Met het opnieuw aanbrengen van beplanting moeten deze functies hersteld worden.

Uitgangspunten
Voor de nieuwe beplanting zijn een aantal uitgangspunten opgesteld:

- De beplanting moet weer voldoen aan de hierboven genoemde functies: ruimtelijk structurerend landschapselement, ecologisch waardevol bos, windkerend en recreatieve waarde toevoegend;
- Streven naar een gevarieerd, toekomstbestendig gemengd loofbos (in tegenstelling tot oude situatie: monocultuur Grauwe abeel);
- Standplaatsfactoren als bodem: (verdichte) zandondergrond en windcondities: harde (zee)wind zijn bepalend voor opbouw en sortiment;
- Klimaatadaptief: bestand tegen droogte, ziekten en plagen, soort- en genetische variatie;
- Beplanting die direct een bepaalde maat heeft en/of een relatief grote groeisnelheid heeft ten aanzien van het herstel van cruciale functies als windvang en landschappelijk element;
- Toepassing van zoveel mogelijk streekeigen, inheemse soorten vanwege groei, biodiversiteitswaarde en passendheid in het landschap;
- Rondom de nieuwe masten dient een vrije onderhoudsruimte aanwezig te zijn van 10m rondom de mast.

Hoofdopzet
De landschappelijke waarde van de beplanting als sterk ruimtelijk structurerend element is een belangrijk uitgangpunt. Daarom worden meerdere doorgaande bomenrijen aangeplant die vergezeld gaan van een gevarieerde boom- en struikaanplant in de rest van het dwarsprofiel. De bomenrijen benadrukken het doorgaande karakter van het kanaal en geven de benodigde windvang voor de scheepvaart. De boom en struikaanplant (bosplantsoen) doet meer recht aan het duurzame karakter, ecologische waarde, biodiversiteit, risicospreiding in geval van ziektes en belevingswaarde. Gestreefd is naar een gelaagde beplanting, zowel in hoogte (bomen-, struiken-, kruidenlaag) als in breedte (kern-mantel-zoom opbouw) wat niet alleen ecologisch waardevol, maar ook visueel aantrekkelijk is. De zuidwestzijde leent zich qua oriëntatie het best voor het ontwikkelen van een geleidelijke overgang van bos via struweel naar kruidenrijk gras.
Dit sluit aan bij de toegepaste methode van de boomvervanging op het zuidelijk deel van het middeneiland die enkele jaren geleden is uitgevoerd waarbij een soortgelijke opbouw is gehanteerd.

Bomenrijen
De bomenrijen worden vanuit het oogpunt van risicospreiding in (3) verschillende soorten, groepsgewijs in rijen (15x10m) aangebracht. De 3 gekozen soorten esdoorn (Acer pseudoplatanus) iep (Ulmus ‘New Horizon’) en populier (Populus ‘Marilandica’) hebben een vrijwel gelijke groei/concurrentiekracht en habitus en zijn zeer goed bestand tegen de heersende omstandigheden en inheems met uitzondering van de laatstgenoemde populier. Deze wordt wel van oudsher in het Zeeuwse aangeplant (bv Damse vaart tussen Sluis en Damme, waar de bomen meer dan honderd jaar oud zijn). De bomenrijen worden als laanboom aangebracht in een

grotere plantmaat zodat snel resultaat ontstaat en de beplanting als structurerend en windkerend element weer een functie kan vervullen. Vanuit het landschap gezien is over een aantal jaren weer sprake van een gesloten beeld waarbij enige variatie te zien is door de verschillende toegepaste boomsoorten.
Aan de oostzijde blijft één bestaande bomenrij gehandhaafd. Deze wordt gekandelaberd (ontdaan van zijtakken) i.v.m. eventuele windschade en kan dienen als tijdelijke oriëntatie voor vleermuizen. Over een jaar of vijf kunnen deze bomen alsnog verwijderd worden, de nieuwe beplanting kan de oriëntatiefunctie dan overnemen.

Bosplantsoen
Onder de bomenrijen wordt bosplantsoen aangebracht in een plantverband van 1,5x1,5m, groepsgewijs gemengd, bestaande uit struik- en boomvormers in een divers, streekeigen sortiment. Dit bestaat uit de boomvormers: veldesdoorn, gewone esdoorn, zwarte els (voor snelle sluiting), ruwe berk, haagbeuk, ratelpopulier, zomereik, lijsterbes en iep en de struikvormers: hazelaar, meidoorn, kardinaalsmuts, vuilboom, liguster, sleedoorn, hondsroos en vlier.
Aan de westzijde wordt een strook van ca 10m breed alleen met struikvormers ingeplant waardoor een overgang kan ontstaan van boskern (bomen en struiken) via bosmantel (struiken) naar boszoom (kruiden) wat ecologisch waardevol is. Aansluitend wordt een kruidenrijke zoomvegetatie ontwikkeld door inzaai van een kruidenmengsel wat 1x/jaar gemaaid wordt. Ontwikkeling van een smalle zoomvegetatie is ook mogelijk aan de oostzijde. Voorgesteld wordt dit pas te doen na verwijding van de laatste rij gekandelaberde bomen. Het is in de huidige situatie niet goed mogelijk om hier een strook geschikt te maken voor inzaai.

Bodem
Ontwikkeling van een gevarieerde beplanting waarbij aan de bovengenoemde uitgangspunten moet worden voldaan is onmogelijk zonder een goede grondverbetering en –bewerking.
De overwegend zandige ondergrond is redelijk humeus en voedsel- en calciumrijk maar plaatselijk wel sterk verdicht. Het is noodzakelijk de bodem te verbeteren. Ingezet wordt op een diepe grondbewerking en –verbetering door middel van diepwoelen tot 80cm benende maaiveld, het inzaaien en onderwerken van een groenbemester, het aanbrengen en doorfrezen van een laag compost en het inzaaien van witte/rode klaver als ondergroei bosplantsoen waarmee tevens ongewenste gras- en onkruidengroei wordt tegengegaan.
Voorafgaand is wortelfrezen nodig gezien de resterende boomwortels onder het maaiveld.

Boomvervanging RWS
De bomen in de zuidelijk gelegen strook hebben een verminderde vitaliteit en zijn, zeker in de kern van de beplantingsstrook ronduit slecht. Rijkswaterstaat streeft ernaar om deze in de nabije toekomst ook (gefaseerd) te vervangen. Daarbij zou een strook in het midden of juist een strook aan de oostzijde in een eerste fase vervangen kunnen worden en over een aantal jaar het overige deel. Daarbij kan bovengenoemde beplantingsopbouw en sortiment ook in deze zone doorgezet worden zodat er een eenheid in beeld ontstaat langs het gehele kanaal.

Borssele, 26 mei 2023

D.1A 002.678.20 1178327 Geotechnische analyse Mast 1003 en 1004

Geotechnische analyse

Mast 1003 en 1004

projectnummer 0474419.100
definitief revisie 2.0
31 mei 2023

Meridian nummer TenneT:
002.678.00 0999034

Understanding today.
Improving tomorrow.

Geotechnische analyse

Mast 1003 en 1004

projectnummer 0474419.100
documentnummer 002.678.00.0999034 (Meridian)
definitief revisie 2.0
31 mei 2023

Auteurs

[redacted]

Opdrachtgever

TenneT TSO B.V.
Utrechtseweg 310
6812 AR ARNHEM

Gecontroleerd:

[redacted]

datum	beschrijving	vrijgave
31 mei 2023	definitief	

Inhoudsopgave

		Blz.
1	**Inleiding**	**1**
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	2
1.3	Leeswijzer	2
1.4	Revisieoverzicht	2
2	**Projectomschrijving**	**3**
2.1	Locatie omschrijving	3
2.2	Aanwezige bestaande functies	4
2.3	Voorgenomen werkzaamheden	5
2.3.1	Type fundering	6
2.3.2	Projectfasering	6
2.3.3	Terreininrichting	6
2.4	Te beschouwen fasen	7
3	**Situatiebeschrijving**	**8**
3.1	Maaiveldhoogte en locatie masten	8
3.2	Bodemopbouw	9
3.2.1	Mast 1003	9
3.2.2	Mast 1004	9
4	**Beoordeling effecten op functies**	**10**
4.1	Invloed van de voorgenomen werkzaamheden op de waterkering	10
4.1.1	Algemeen	10
4.1.2	Bouwfase	10
4.1.3	Gebruiksfase	11
5	**Conclusie**	**13**
6	**Bibliografie**	**14**

Bijlage 1 Overzichtskaart locatie masten

Bijlage 2 Leggerkaarten

Bijlage 3 380kV Hoogspanningsmasten Rilland-Zandvliet

Bijlage 4 Glijcirkel stabiliteitsberekening

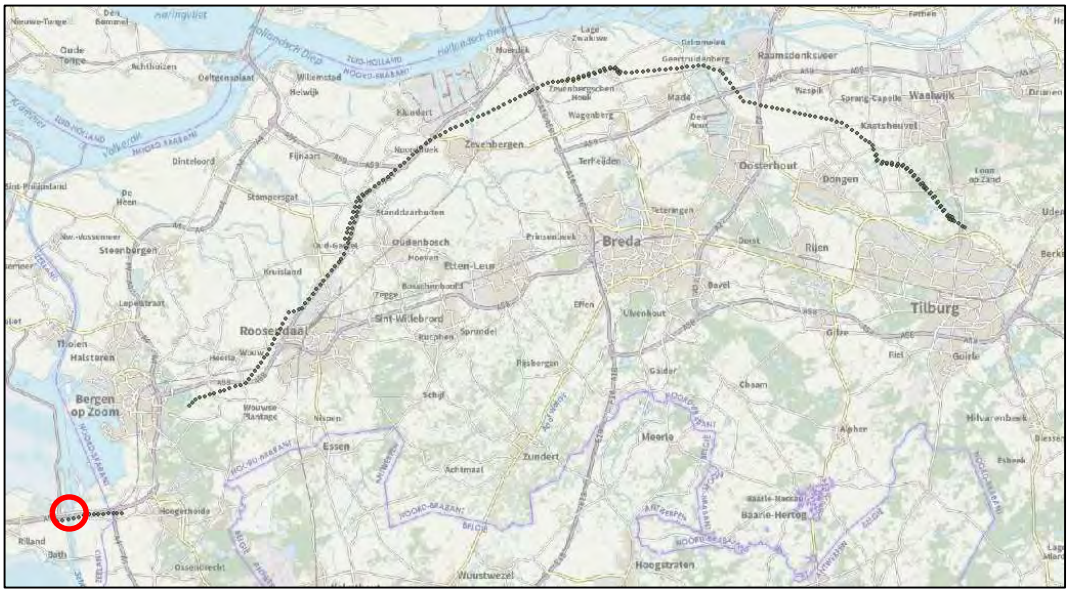
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In opdracht van Tennet heeft Antea Group dit analysedocument opgesteld. Dit betreft de analyse van het aanbrengen hoogspanningsmasten nabij waterkeringen voor het project Zuid-West 380KV Oost verbindingen.

TenneT is bezig met het project Zuid-West 380KV Oost verbindingen (ZWO). Binnen dit project dienen delen van bestaande 380 kV lijnen verlegd te worden en/of masten van bestaande 380 kV lijnen aangepast te worden om ruimte te maken voor de nieuw te realiseren verbinding Zuid-West Oost (zie Figuur 1-1). Daarbij zijn diverse hoogspanningsmasten voorgenomen op locaties of nabij locaties die ook andere functies hebben. Voorbeelden hiervan zijn primaire keringen, regionale keringen, snelwegen, zandwinningen en/of percelen van derden. De aanleg van de hoogspanningsmasten kan invloed hebben op deze objecten en vice versa.

Binnen het tracéontwerp is getracht de locaties van de masten op dusdanige wijze te positioneren dat deze zo min mogelijk raakvlakken hebben met de waterkeringen. Een van de overwegingen is de aanwezigheid van bestaande masten. Op de geplande locaties zijn in de nabijheid reeds hoogspanningsmasten aanwezig, de nieuwe hoogspanningsmasten zijn vergelijkbaar ingepast als de bestaande masten.



Figuur 1-1: Locaties van de masten voor het project Zuid-West 380KV Oost (ZWO) en de scope van deze rapportage.

1.2 Doel

Het doel van deze rapportage is aan te tonen dat de voorgenomen ontwikkelingen van TenneT geen negatieve invloed hebben op de andere (waterkerende) functies op deze locatie.

Deze rapportage betreft de volgende objecten:

- Mast 1003.
  X-coördinaat (RD): 74.690
  Y-coördinaat (RD): 382.450
- Mast 1004.
  X-coördinaat (RD): 75.012
  Y-coördinaat (RD): 382.527

Deze rapportage betreft de invloed op de volgende functies:

- Primaire kering: Dijktraject 33-1
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Scheiding Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Spuikanaal Bath.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de omschrijving van het project, hoofdstuk 3 beschrijft de situatie van de masten i.r.t. de omgeving, hoofdstuk 4 geeft de beoordeling van de effecten op de functie van de kering, gevolgd door de conclusie.

1.4 Revisieoverzicht

Tabel 2-1: Revisieoverzicht

Revisienummer	Datum	Wijzigingen
1A	11-02-2022	Concept.
1.0	25-02-2022	Definitief
2.0	31-05-2023	Definitief V2.0

2 Projectomschrijving

2.1 Locatie omschrijving

De locatie betreft de masten 1003 en 1004. De locatie hiervan is weergegeven in Figuur 2-1. Foto's van de locatie zijn in Figuur 2-2 en Figuur 2-3 weergegeven. In bijlage 1 is de locatie in detail weergegeven. De leggerkaarten met hierop beschermingszones zijn in bijlage 2 toegevoegd[1]. Nabij de geplande masten is een bestaand hoogspanningstracé aanwezig (roze lijn in Figuur 2-1). Deze masten zijn ook te zien in de locatiefoto's (Figuur 2-2 en Figuur 2-3).

Figuur 2-1: Locaties van de masten 1003 en 1004 (mastafmetingen op schaal) i.r.t.de primaire waterkering (blauwe lijn).

[1] Merk op dat de legger vastgesteld is in 2008. Hier wordt op de website nog steeds naar verwezen (bron: https://open.rws.nl/overige-publicaties/2018/legger-waterstaatswerken-rijkswaterstaat/). Echter is er ook een online legger beschikbaar. Een uitsnede daarvan is ook opgenomen. De bron hiervan is de onderstaande link. https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/Index.html?configBase=https://maps.rijkswaterstaat.nl/Geocortex/Essentials/GWproj55/REST/sites/Legger_Primaire_Keringen_RWS/viewers/Webviewer/virtualdirectory/Resources/Config/Default Aanvullend is een digitale uitsnede van de legger van waterschap Scheldestromen opgenomen, deze beheerd de kering aan de oostzijde van het Bathse spuikanaal.

Figuur 2-2: Foto van de locatie van mast 1003. De mast is gesitueerd net ten zuiden van de weergegeven hoogspanningsmast (bron: cyclomedia).

Figuur 2-3: Foto van de locatie van mast 1004. De mast is gesitueerd net ten zuiden van de weergegeven hoogspanningsmast (bron: cyclomedia).

2.2 Aanwezige bestaande functies

De locatie heeft de volgende functies:

- Primaire kering: Dijktraject 33-1
  Beheerder: Rijkswaterstaat.

- Scheiding Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Schelde-Rijnverbinding.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.
- Kanaal: Spuikanaal Bath.
  Beheerder: Rijkswaterstaat.

De eigenschappen van deze functies zijn vastgelegd in de legger. De legger is geraadpleegd van de volgende bronnen:

- Leggerkaart Kreekrakpolder – 2009 (Rijkswaterstaat.nl, 2022).
- Legger Rijkswaterstaatswerken Waterwet – 2014, kaartblad 15 en 21 (Rijkswaterstaat, 2022).
- Legger Rijkswaterstaatswerken, RWS legger 2.0 (Rijkswaterstaat.nl, 2021)

De relevante legger documenten zijn opgenomen in bijlage 2.

Uit deze gegevens komen de volgende conclusies naar voren:

- Leggerkaart Kreekrakpolder – 2009
  Mast 1004 ligt binnen de beschermingszone van de primaire kering.
- Legger Rijkswaterstaatswerken Waterwet – 2014, kaartblad 15 en 21
  Geen van de masten ligt binnen de aangemerkte beschermingszones.
- Legger Rijkswaterstaatswerken, RWS legger 2.0.
  Geen van de masten ligt binnen de aangemerkte beschermingszones.

Het grondlichaam dat de scheiding is tussen Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding komt in geen van de geraadpleegde leggers naar voren. Deze scheiding heeft daarmee dan ook niet een beschermde status. Mast 1003 staat op dit grondlichaam, dit grondlichaam is eigendom van Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat heeft aangegeven dat dit grondlichaam in de toekomst mogelijk onderdeel wordt van de waterkering en dus een dergelijke status toegewezen krijgt. Voor deze rapportage is dit dan ook als zodanig beschouwd.

Antea Group heeft in een eerder onderzoek expliciete aandacht gegeven aan de bouw van masten op het grondlichaam tussen Spuikanaal Bath en Schelde-Rijnverbinding. Dit is gerapporteerd in (Antea Group, 2021). Het betreffende rapport is tevens opgenomen in bijlage 3. Daaruit kwam naar voren dat er geen geotechnische risico’s gelden. Er is verder gebouwd op dit eerdere onderzoek.

2.3 Voorgenomen werkzaamheden

Tussen het verdeelstation nabij Rilland en Tilburg is een nieuwe hoogspanningsverbinding voorzien. Ter hoogte van het Antwerps pand van het Schelde-Rijnkanaal en het Spuikanaal Bath kruist deze nieuwe verbinding net ten zuiden van de huidige verbinding.

Figuur 2-4 Geplande nieuwe verbinding i.r.t. de bestaande verbinding.

De werkzaamheden t.b.v. de installatie van de nieuwe masten wordt grotendeels vanaf maaiveld uitgevoerd, waarbij minimale ontgravingen plaatsvinden. Beperkte open ontgravingen vinden enkel plaats rondom de poeren van de mast. De ontgravingen zullen minimaal blijven in de richting van de bestaande functies op de locatie. De palen van de fundering worden vanaf maaiveld aangebracht, zonder enige ontgraving. Bij tijdelijke werkzaamheden, zoals een bouwweg en de werkstrook, worden eventuele schades hersteld. Daarbij valt te denken aan schade aan derden in verband met gederfde inkomsten, of schade aan de grasmat of het opnieuw planten van gekapte bomen.

2.3.1 Type fundering

Op 26 januari 2022 is contact geweest tussen TenneT en Rijkswaterstaat. Daarbij is gesproken over het type fundering. Rijkswaterstaat heeft aangegeven dat schroefpalen niet akkoord is. Een grondverdringende techniek is wel akkoord.

TenneT hanteert als funderingswijze schroefinjectiepalen. Een schroefinjectiepaal is een stalen buispaal, die omhuld is met verhard cementgrout.De belangrijkste eigenschappen zijn als volgt:

- De methodiek ik trillingsarm.
- De methodiek is grondverdringend.
- De palen kunnen vanaf maaiveld aangebracht worden, zonder verdere ontgraving.
- Er is geen risico op kwel door het gebruik van overdruk.
- Na verharding beschermt het cementgrout de stalen buis tegen corrosie.

Een grondverdringende paal voegt materiaal in de grond toe, wat versterkt wordt door de toevoeging van grout. Hierdoor zal de dichtheid van de grond toenemen, waardoor er geen kwelwegen kunnen ontstaan. Meer technische achtergrond is te vinden in het “Handboek funderingen” (SBRCUR, 1995).

2.3.2 Projectfasering

In hoofdlijnen bestaat het project uit de volgende fasen:

- Inrichting van het bouwterrein. Doorlooptijd 1-2 weken.
- Opbouwen mast. Doorlooptijd 1 maand.
- Overige masten in het tracé plaatsen. Doorlooptijd 1-12 maanden.
  (Geen werkzaamheden nabij de waterkering.)
- Aanbrengen geleiders over het tracé. Doorlooptijd 1 maand.
- Verwijderen bouwterrein, herstellen bekleding. Doorlooptijd 2 weken.

Bovengenoemde planning is indicatief en hangt van de beschikbaarheid van materieel, weersomstandigheden en dergelijke.

2.3.3 Terreininrichting

Voor de bouw van beide masten wordt een werkterrein ingericht, bestaande uit een korte werkweg die aansluit op de bestaande infrastructuur en een werkterrein waar een kraan zich kan opstellen en de bouwmaterialen kortstondig gestald worden. Het bovenaanzicht van de werkterreinen is gepresenteerd in Figuur 2-5. Bij mast 1003 zijn de exacte afmetingen en ligging van het werkterrein nog niet bekend. Tennet treedt in overleg met Rijkswaterstaat om de exacte afmetingen en ligging te bepalen.

Figuur 2-5: Locaties van het werkterrein in oranje en masten.

2.4 Te beschouwen fasen

In de beoordeling van de effecten van de mast en de bijbehorende werkzaamheden op de functionaliteit van de waterkering worden de volgende fasen onderscheiden:

- *Bouwfase*
  Deze fase betreft de realisatie van alle onderdelen. Waaronder het aanbrengen van de palen bij de fundering, maken van werkweg en bouwterrein. Deze fase bestaat uit twee delen. Eerst wordt de mast gedurende enkele weken opgebouwd, waarna in een later stadium de geleiders gemonteerd worden.

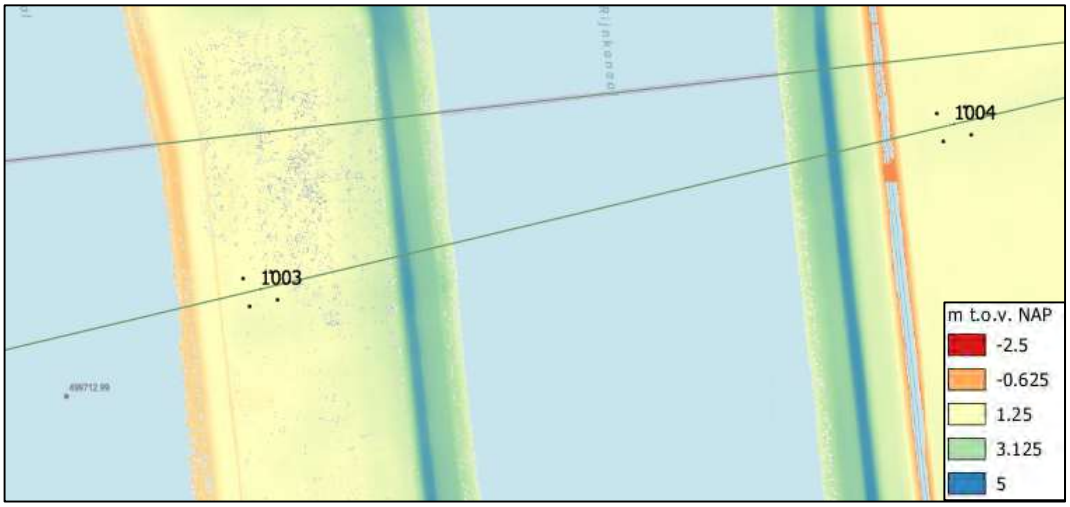
- *Gebruiksfase*
  In deze fase is de mast operationeel.

3 Situatiebeschrijving

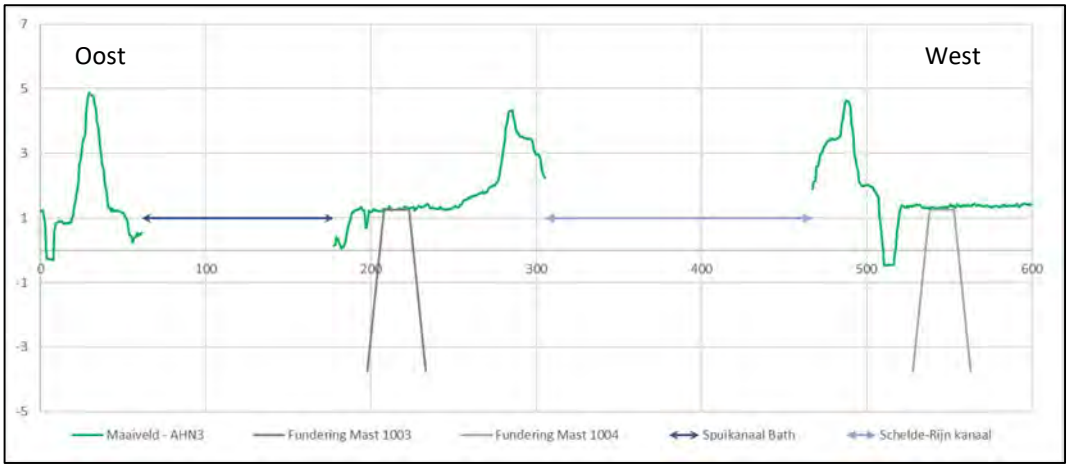
3.1 Maaiveldhoogte en locatie masten

In Figuur 3-1 is een uitsnede van AHN3 ter hoogte van mast 1003 en 1004 gepresenteerd, gevolgd door een dwarsdoorsnede in Figuur 3-2. De uitvergrootte versie is gepresenteerd in bijlage 1.

Het maaiveld bij hoogspanningsmast 1003 bevindt zich op NAP +1,25 m, waarbij de afstand tussen de paalpunt van de fundatie en de teen van het grondlichaam 50 meter is. Het maaiveld bij mast 1004 bevindt zich ook op NAP +1,25m, waarbij de fundering zich achter de teensloot bevind.



Figuur 3-1: Uitsnede uit AHN3, ter hoogte van mast 1003 en 1004.



Figuur 3-2: Dwarsdoorsnede dijklichaam i.r.t. de positie van de masten.

3.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw ter plekke van mast 1003 en 1004 is bepaald op basis van twee bronnen:

- Bodemkaart.
- Dinoloket.

3.2.1 Mast 1003

Bodemkaart
De bodemkaart geeft een beeld van de bovenste 1,2 m van de bodem. Deze geeft aan dat ter plaatse van mast 1003 de bodem bestaat uit de volgende grondsoorten:

- Zeeklei (Mn35A).

Dinoloket
In dinoloket is grondonderzoek opgenomen. Dit grondonderzoek omvat een grotere diepte dan de bodemkaart. De volgende onderzoekspunten zijn geraadpleegd:

- S49D00647.
- S49D00648.
- B49D1094.
- B49D2216.

Deze onderzoekspunten liggen op een afstand van minder dan 150 m vanaf mast 1003. Deze onderzoekspunten geven de volgende bodemopbouw:

- Klei vanaf maaiveld tot ca. NAP -6,5 m.
- Holoceen zand van NAP -6,5 tot -12 m.
- Pleistoceen zand vanaf NAP -12 m tot de verkende diepte (NAP -20 m).

3.2.2 Mast 1004

Bodemkaart
De bodemkaart geeft een beeld van de bovenste 1,2 m van de bodem. Deze geeft aan dat ter plaatse van mast 1004 de bodem bestaat uit de volgende grondsoorten:

- Zeeklei (Mn35A).

Dinoloket
In dinoloket is grondonderzoek opgenomen. Dit grondonderzoek omvat een grotere diepte dan de bodemkaart. De volgende onderzoekspunten zijn geraadpleegd:

- S49D00692.
- S49D00714.
- BHR000000198222.

Deze onderzoekspunten liggen op een afstand van minder dan 100 m vanaf mast 1004. Deze onderzoekspunten geven de volgende bodemopbouw:

- Klei vanaf maaiveld tot ca. NAP -8 m.
- Holoceen zand van NAP -8 tot -12 m.
- Pleistoceen zand vanaf NAP -12 m tot de verkende diepte (NAP -20 m).

4 Beoordeling effecten op functies

4.1 Invloed van de voorgenomen werkzaamheden op de waterkering

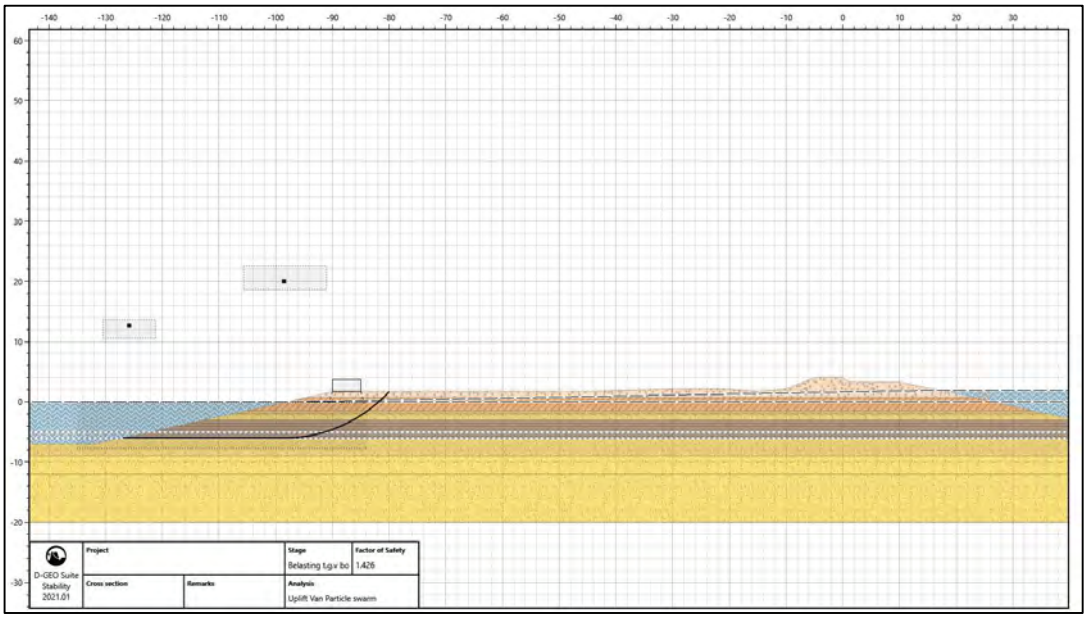
4.1.1 Algemeen

Bij waterkeringen gaat aandacht uit naar effecten op geotechnische faalmechanismen, zoals taludstabiliteit of piping. Aandacht is gegeven aan deze faalmechanismen.

4.1.2 Bouwfase

Mast 1003
In de bouwfase worden werkzaamheden uitgevoerd. Daarbij wordt gebruik gemaakt van werkverkeer. Dit werkverkeer verplaatst zich over het werkterrein. De locatie van dit werkterrein is weergegeven in paragraaf 2.3.3. Te zien is dat de werkweg op het terrein van Rijkswaterstaat ligt. Derhalve is een analyse gemaakt van de geotechnische stabiliteit van het grondlichaam wanneer het verkeer over deze weg rijdt. Deze analyse is gebaseerd op de eerdere analyse van het traject Rilland-Zandvliet (Antea Group, 2021a). De betreffende analyse met de bijbehorende berekeningen is opgenomen in bijlage 3. In deze bijlage zijn tevens de sterkteparameters die in deze geotechnische analyse zijn gebruikt terug te vinden (zie bijlage 3 – Hoofdstuk 4).

De stabiliteitsberekening is uitgevoerd op het maatgevende gedeelte van het grondlichaam tussen het Spuikanaal en het Schelde Rijnkanaal (zie Figuur 4-1). Ter hoogte van de Oostelijke spuikanaalweg is een verkeersbelasting van 13,3 kN/m² opgenomen. Dit komt overeen met een 50 tons vrachtwagen van 12 meter lang (Kennisplatform Risicobenadering, 2016). De stabiliteitsfactor is 1,42 en dusruim voldoende voor een veilige werkomgeving.



Figuur 4-1: Glijcirkel met een verkeersbelasting van 13,3 kN/m². De stabiliteitsfactor is 1,42. Zie bijlage 4 voor een vergrote versie.

Tijdelijke werkzaamheden betreffen percelen van Rijkswaterstaat. TenneT treedt met deze derden in gesprek en maakt afspraken over de werkzaamheden en oplevering van het terrein na de werkzaamheden. Uitgangspunt is dat eventuele schades, zoals herstel ter plaatse van de werkweg worden hersteld.

De voorgenomen uitvoeringswijze betreft trillingsarm. Er worden in de uitvoeringsfase minimale ontgravingen en geen bemalingen gedaan. Er worden derhalve geen effecten als gevolg van de uitvoeringswijze verwacht.

Mast 1004
De werkwijze nabij mast 1004 is vergelijkbaar met mast 1003. Verschil is dat het perceel geen eigendom is van Rijkswaterstaat, maar van een derde. TenneT treedt met deze derden in gesprek en maakt afspraken over de werkzaamheden en oplevering van het terrein na de werkzaamheden. Uitgangspunt is dat eventuele schades, zoals herstel ter plaatse van de werkweg worden hersteld.

Het voorgenomen werkverkeer betreft vrachtwagens van maximaal 50 ton. Voor de huidige wegen, anders dan de werkweg, geldt geen verkeersbeperking. Er worden derhalve geen effecten als gevolg van verkeersbewegingen verwacht.

De voorgenomen uitvoeringswijze betreft trillingsarm. Er worden in de uitvoeringsfase minimale ontgravingen en geen bemalingen gedaan. Er worden derhalve geen effecten als gevolg van de uitvoeringswijze verwacht.

4.1.3 Gebruiksfase

Mast 1003
Op dit moment is het grondlichaam ter hoogte van mast 1003 in de legger nog niet aangewezen als waterkering. Rijkswaterstaat is voornemens dit grondlichaam op termijn wel aan te merken in de legger als waterkering. De exacte locaties van beschermingszones zijn nog niet bekend, waardoor het uitgangspunt is dat dit in het toekomst wel het geval is. In de gebruiksfase worden geen ontgrondingen of verhogingen aangebracht en de masten worden op palen gefundeerd. Het dwarsprofiel van de kering blijft gelijk. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op de geotechnische stabiliteit.

Het faalmechanisme piping is afhankelijk van het risico op verticale kwel langs de funderingspalen. De voorgenomen palen betreffen schroefinjectiepalen. Deze grondverdringende uitvoeringswijze leidt door de groutomhulling niet tot pipingrisico’s langs de palen. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op het faalmechanisme piping.

Mast 1004
Deze mast ligt binnen de beschermingszone van de primaire kering 33-1. In de gebruiksfase worden geen ontgrondingen of verhogingen aangebracht. Het dwarsprofiel van de kering blijft gelijk. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op de geotechnische stabiliteit.

Het faalmechanisme piping is afhankelijk van het risico op verticale kwel langs de funderingspalen. De voorgenomen palen betreffen schroefinjectiepalen. Deze grondverdringende uitvoeringswijze leidt door de groutomhulling niet tot pipingrisico’s langs de palen. Er is in de gebruiksfase derhalve geen invloed op het faalmechanisme piping.

5 Conclusie

Voor het project Zuid-West 380KV Oost verbindingen (ZWO) dienen delen van bestaande 380 kV lijnen verlegd te worden en/of masten van bestaande 380 kV lijnen aangepast te worden om ruimte te maken voor de nieuw te realiseren verbinding Zuid-West Oost. In voorliggend rapport heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO een analyse gedaan van de voorgenomen werkzaamheden op de waterveiligheid van mast 1003 en 1004 die geheel of gedeeltelijk in de beschermingszone liggen van de primaire waterkering t.h.v. het Schelde-Rijnkanaal.

Voor deze werkzaamheden is een beschouwing gemaakt van de werkzaamheden in de realisatiefase en in de gebruiksfase. De realisatiefase omvat onder andere het bouwproces met verkeer. De gebruiksfase omvat de permanente constructie.

Op basis van de analyse van de mogelijke effecten op de waterkering is gesteld dat in de realisatiefase de effecten nihil voor de waterveiligheid zijn. Ook voor de gebruiksfase is gesteld dat de effecten nihil zijn. Dit komt onder andere door de gekozen uitvoeringswijze. Deze omvat namelijk minimale ontgravingen of grondverzet. Daarnaast wordt de fundering trillingsarm en grondverdringend aangebracht.

Het is aannemelijk dat in de bouwfase kleine schades ontstaan, bijvoorbeeld schade aan de grasmat, werkwegen of groenvoorziening door de aanleg/gebruik van de werkweg. Tennet treedt in overleg met de eigenaren van de betreffende percelen en zorgt dat eventuele schade wordt hersteld.

6 Bibliografie

Antea Group. (2021). *Verkennend- en aanvullend (water)bodemonderzoek opwaardering 380 KV masten 004N-016A Rilland - Zandvliet.*

Antea Group. (2021a). *Rilland-Zandvliet - beoordeling waterveiligheid Definitief.*

Kennisplatform Risicobenadering. (2016). *Factsheet verkeersbelasting en macrostabiliteit.*

Rijkswaterstaat. (2022, 01 21). *Leggerkaarten Rijkswaterstaat1*. Opgehaald van Legger Rijkswaterstaatswerken Waterwet: https://www.rijkswaterstaat.nl/rws/legger/handleidingen/Legger%20bladen%20index.html

Rijkswaterstaat.nl. (2021, 01 22). *Legger Rijkswaterstaatswerken2*. Opgehaald van Legger Rijkswaterstaatswerken, RWS legger 2.0: https://maps.rijkswaterstaat.nl/geoweb55/index.html?viewer=LeggerRijkswaterstaatswerken

Rijkswaterstaat.nl. (2022, 01 21). *Legger Rijkswaterstaatwerken*. Opgehaald van Legger Kreekrakpolder: http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/legger/legger_primk/ZL-6 Kreekrakpolder_tcm318-292417.zip

SBRCUR. (1995). *Handboek funderingen.*

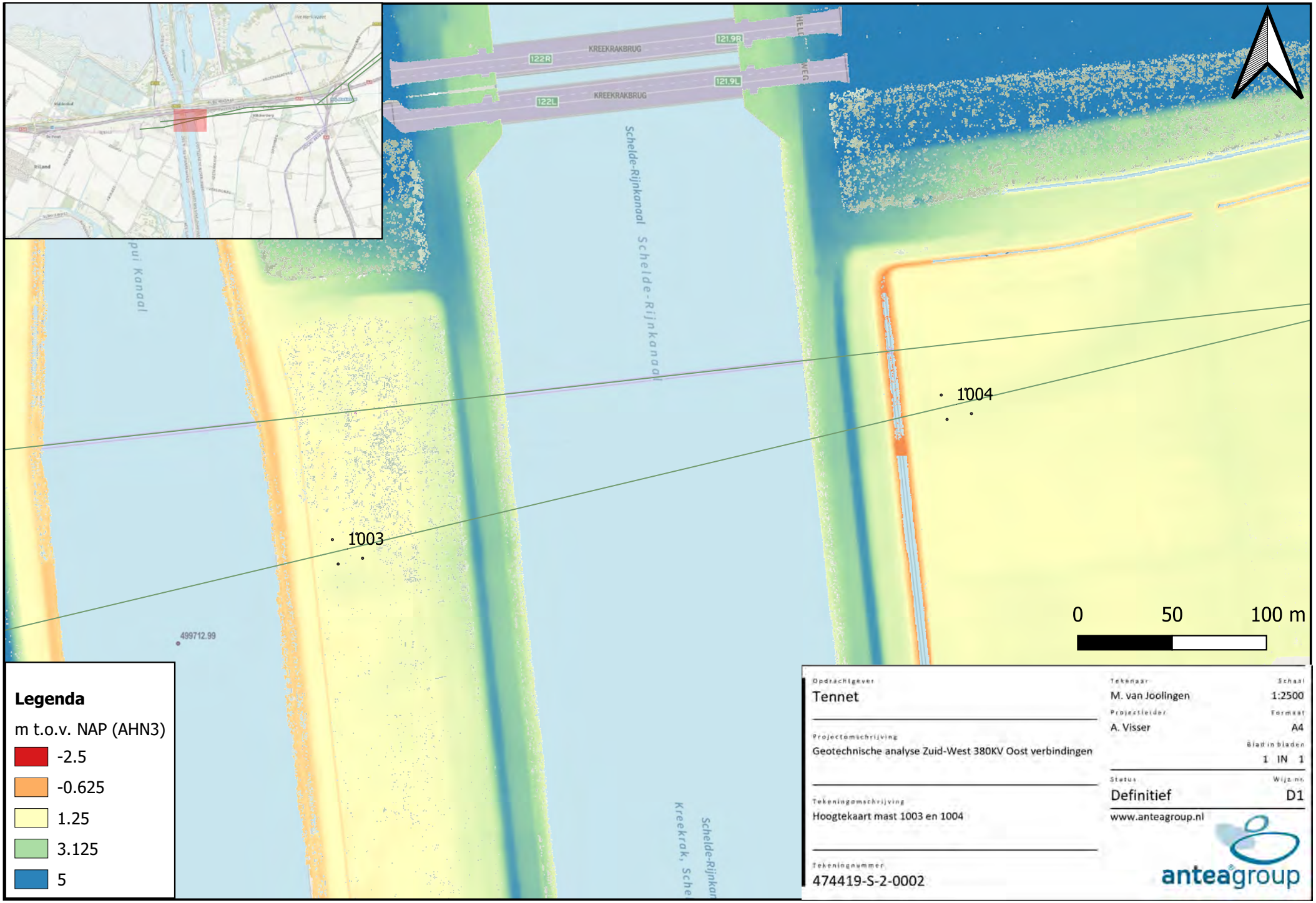
Bijlage 1 Overzichtkaart locatie masten

Bijlage 1 Overzichtskaart locatie masten

Opdrachtgever	Tennet
Projectomschrijving	Geotechnische analyse Zuid-West 380KV Oost verbindingen
Tekeningomschrijving	Overzichtstekening mast 1003 en 1004
Tekeningnummer	474419-S-2-0001
Tekenaar	M. van Joolingen
Schaal	1:2500
Projectleider	A. Visser
Formaat	A4
Blad in bladen	1 IN 1
Status	Definitief
Wijz. nr.	D1

www.anteagroup.nl

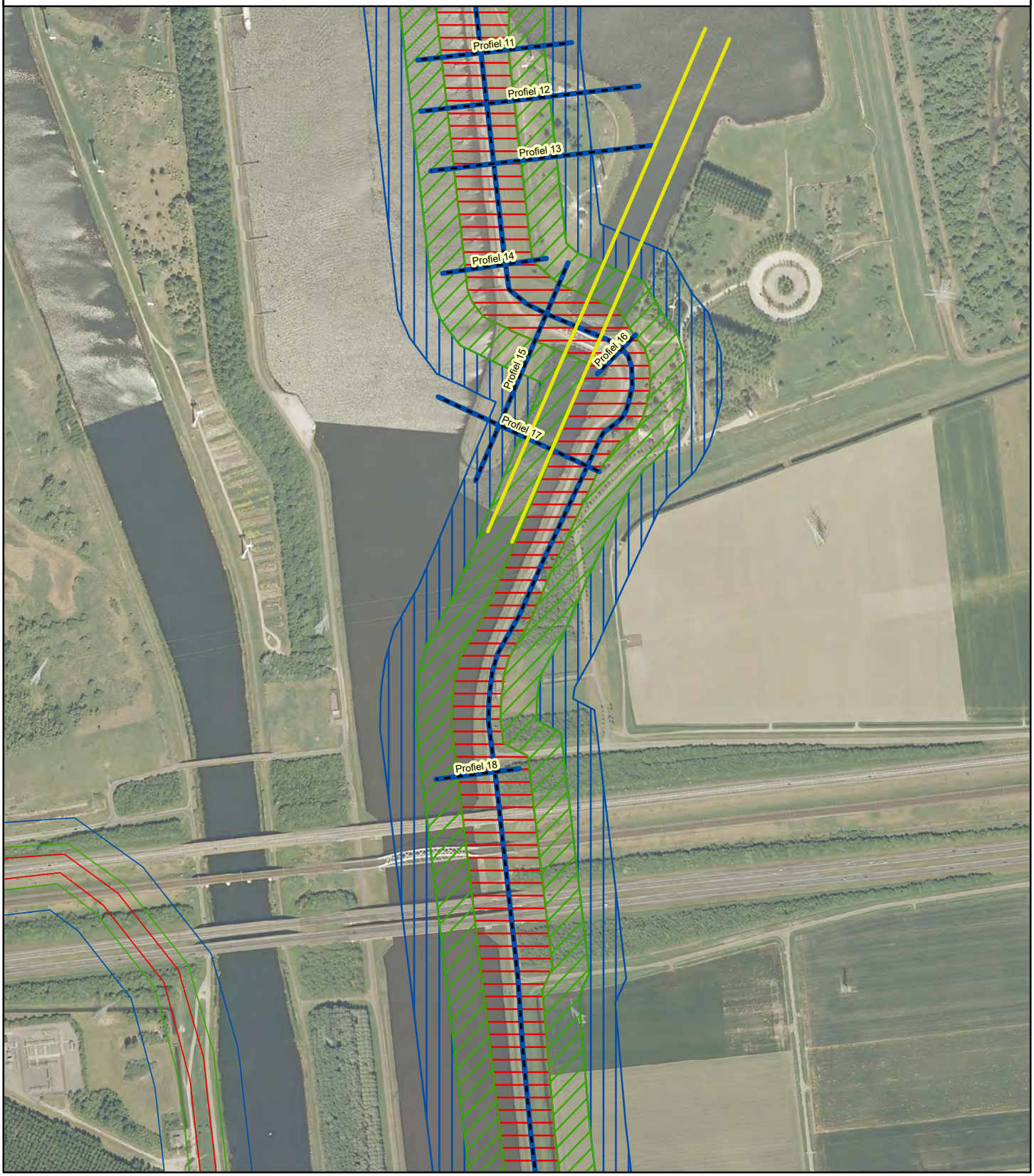
anteagroup


KREEKRAKBRUG
122R
121.9R
KREEKRAKBRUG
122L
121.9L
Schelde-Rijnkanaal
1003
1004
499712.99
0
50
100 m
Legenda
m t.o.v. NAP (AHN3)
-2.5
-0.625
1.25
3.125
5
Opdrachtgever
Tennet
Tekenaar
M. van Joolingen
Schaal
1:2500
Projectleider
A. Visser
Formaat
A4
Blad in bladen
1 IN 1
Projectomschrijving
Geotechnische analyse Zuid-West 380KV Oost verbindingen
Status
Definitief
Wijz.nr.
D1
Tekeningomschrijving
Hoogtekaart mast 1003 en 1004
www.anteagroup.nl
Tekeningnummer
474419-S-2-0002
anteagroup

Bijlage 2 Leggerkaarten

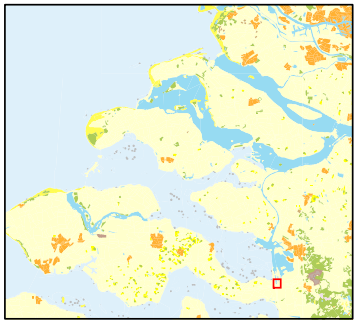
Bijlage 2 Leggerkaarten

Leggerkaart Kreekrakpolder



Legenda

- Sectiegrens
- Profielen
- Constructieve elementen
- Kernzone
- Beschermingszone
- Buitenbeschermingszone
- Kernzone waterschap
- Beschermingszone waterschap
- Buitenbeschermingszone waterschap



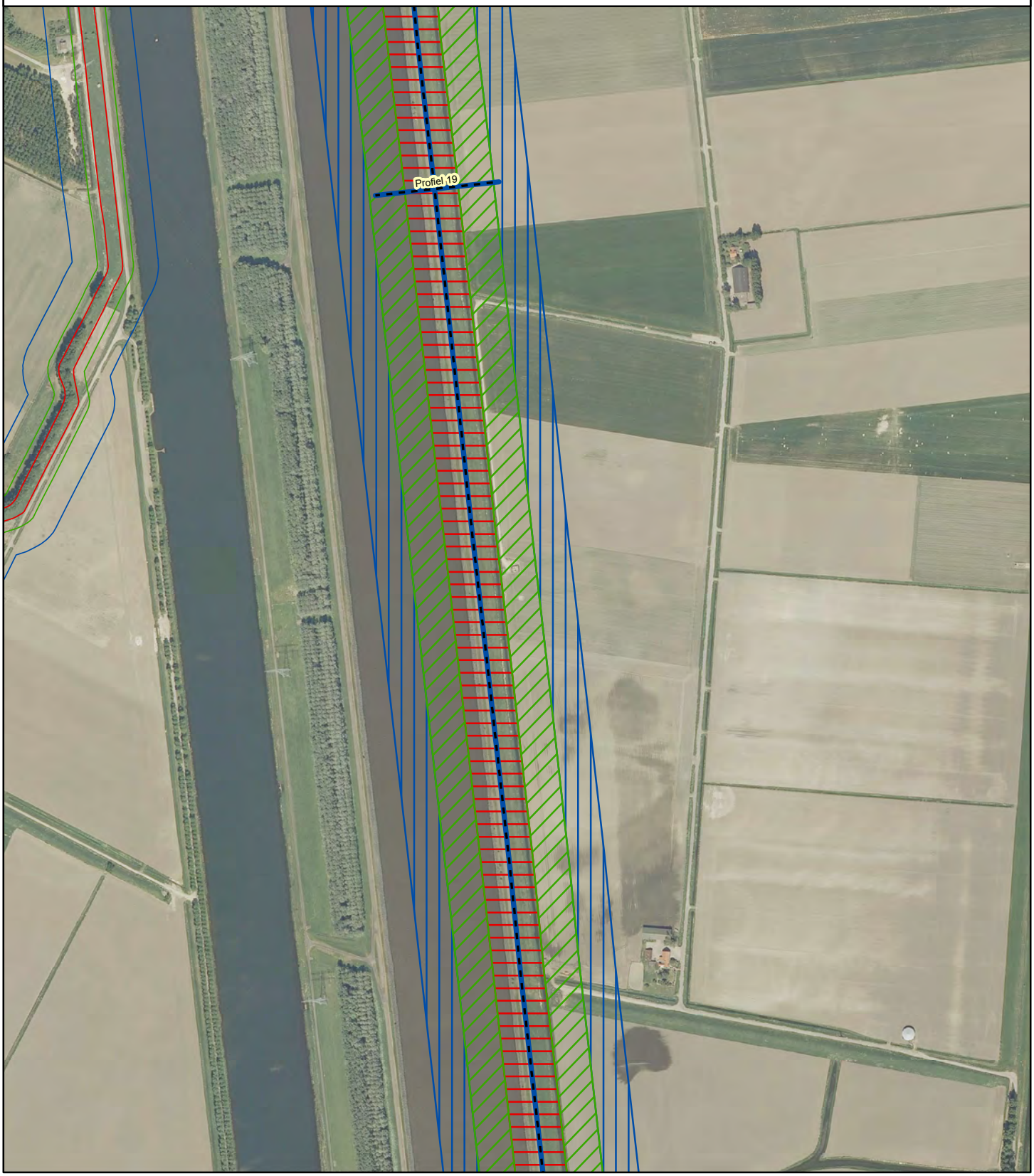
N

Datum: 18-03-2009
Bladnr.: 2 van 7
Versienr.: 1.0
Schaal: 1:5000

0 50 100 150 200 m

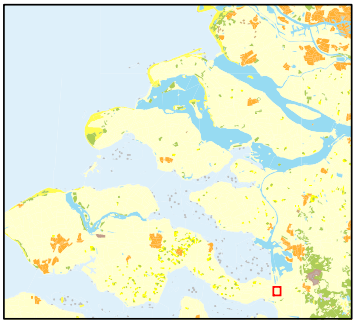
Rijkswaterstaat

Leggerkaart Kreekrakpolder



Legenda

- Sectiegrens
- Profielen
- Constructieve elementen
- Kernzone
- Beschermingszone
- Buitenbeschermingszone
- Kernzone waterschap
- Beschermingszone waterschap
- Buitenbeschermingszone waterschap



N

Datum: 18-03-2009
Bladnr.: 3 van 7
Versienr.: 1.0
Schaal: 1:5000

0 50 100 150 200 m

Rijkswaterstaat

Subtitel

Legenda

Waterstaatswerken Prim

- Waterstaatswerk, Primaire
- Beschermingszone, Primai

MAPTIP INFO Dwarspro waterkering

MAPTIP INFO Lengtepr waterkering

MAPTIP INFO Primaire_

MAPTIP INFO Primaire_

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

2.824 0 1.412 2.824
Kilometers

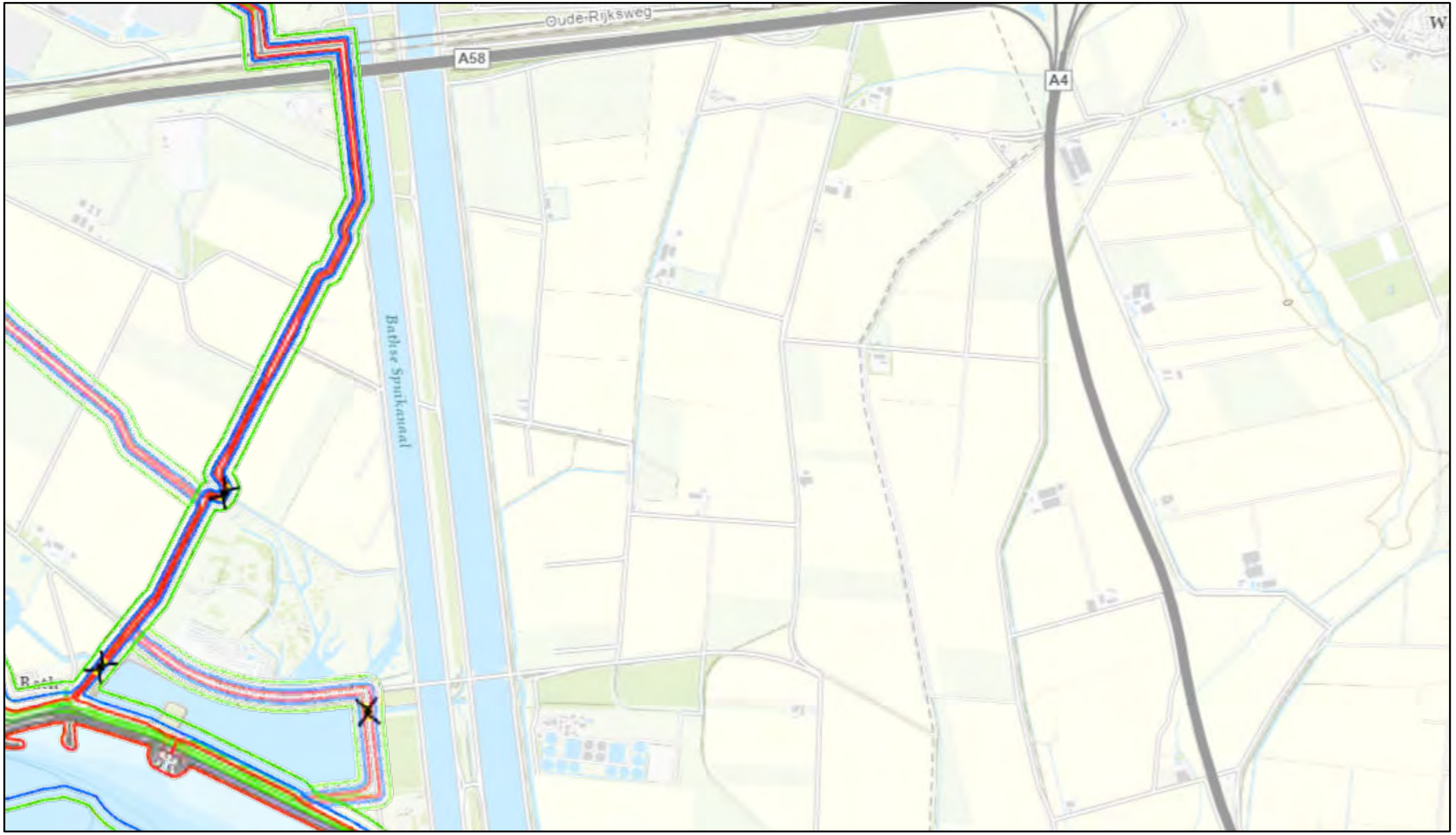
Gebruik van de kaart: Deze kaart geeft een indicatie van de werkelijkheid weer.
Deze kaart is niet bedoeld voor gedetailleerd gebruik of voor ontlenen van informatie voor operationele besluiten ter plaatse.

Auteur: -Auteur-

Datum: 02-06-2023

Schaal: 1:70,594

Legger Waterschap Scheldestromen



2-6-2023 13:28:39

1:24,000

0 0.2 0.4 0.8 mi

0 0.33 0.65 1.3 km

Esri Nederland, Community Map Contributors

- Diversen
- Coupure
- Duiker
- Gemaal
- Sluis

Primair
- Waterstaatswerk
- Beschermingszone A
- Beschermingszone B

Regionaal
- Waterstaatswerk
- Beschermingszone A
- Beschermingszone B

- Asfalt
- Breuksteen
- Gras
- Steenzetting
- Beton
- Overige vastgoedelementen

Waterschap Scheldestromen

Esri Nederland, Community Map Contributors | Esri Nederland, beeldmateriaal.nl | Het Kadaster |

Bijlage 3 380kV Hoogspanningsmasten Rilland-Zandvliet

Beoordeling effecten op waterveiligheid

Bijlage 3 380kV Hoogspanningsmasten Rilland-Zandvliet

380kV Hoogspanningsmasten Rilland-Zandvliet

Beoordeling effecten op waterveiligheid

projectnummer 0457232.100
definitief revisie 02
28 mei 2021

Understanding today.
Improving tomorrow.

380kV Hoogspanningsmasten Rilland-Zandvliet

Beoordeling effecten op waterveiligheid

projectnummer 0457232.100
documentnummer 457232-WV
definitief revisie 02
28 mei 2021

Auteurs
B. van Meekeren
J. Kruse
M. van Joolingen

Opdrachtgever
TenneT TSO B.V.
Utrechtseweg 310
6812 AR ARNHEM

datum vrijgave	beschrijving revisie 02	gecontroleerd	vrijgave
26-05-2021	definitief	M. Elings	R.S. Raap

Inhoudsopgave

		Blz.
1	**Inleiding**	**1**
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel	2
1.3	Leeswijzer	2
2	**Projectomschrijving**	**3**
2.1	Projectlocatie	3
2.2	Waterkering	3
2.3	Projectonderdelen	4
2.4	Projectfasering	6
3	**Ontwerpeisen en randvoorwaarden**	**7**
3.1	Algemene ontwerpeisen	7
3.2	Belastingen	8
3.2.1	Kruinbelasting	8
3.2.2	Belasting door trillingen tijdens de bouwfase	8
3.2.3	Belasting door trillingen ten gevolge van wind	8
3.3	Hydraulische randvoorwaarden	8
3.3.1	Ontwerppeil	8
3.3.2	Gemiddelde hoogwaterstand	9
3.3.3	Waterpeil binnendijkse zijde	9
3.3.4	Ontwerpwaterstanden	10
4	**Inventarisatie terrein- en bodemgesteldheid**	**11**
4.1	Geometrie	11
4.2	Beschikbare onderzoeken	11
4.3	Aanvullend geotechnisch onderzoek	11
4.4	Geotechnische bodemopbouw en parameters	11
4.4.1	Gedraineerde schuifsterkte	13
4.4.2	Ongedraineerde schuifsterkte	13
4.5	Verloop freatische waterstand en stijghoogte	14
4.5.1	Stijghoogte	14
4.6	Verloop freatische lijn in de waterkering	14
5	**Beoordeling effecten op primaire waterkering**	**15**
5.1	Faalmechanismen	15
5.2	Beoordeling hoogte (GEKB)	15
5.2.1	Huidige veiligheid	15
5.2.2	Mogelijke effecten op de functionaliteit	16
5.2.3	Beoordeling van effecten	16
5.2.4	Conclusie beoordeling op hoogte	16
5.3	Beoordeling piping en heave (STPH)	17

5.3.1 Huidige veiligheid 17
5.3.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit 18
5.3.3 Beoordeling van effecten 18
5.3.4 Conclusie beoordeling op piping en heave 21
5.4 Beoordeling binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) 22
5.4.1 Huidige veiligheid 22
5.4.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit 22
5.4.3 Beoordeling van effecten 23
5.4.4 Conclusie beoordeling op binnenwaartse macrostabiliteit 23
5.5 Beoordeling buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) 23
5.5.1 Huidige veiligheid 23
5.5.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit 24
5.5.3 Beoordeling van effecten 25
5.5.4 Conclusie beoordeling op buitenwaartse macrostabiliteit 27
5.6 Beoordeling microstabiliteit (STMI) 28
5.6.1 Huidige veiligheid 28
5.6.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit 28
5.6.3 Beoordeling van effecten 28
5.6.4 Conclusie beoordeling op microstabiliteit 28
5.7 Beoordeling bekleding (STBK) 29
5.7.1 Huidige veiligheid 29
5.7.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit 29
5.7.3 Beoordeling van effecten 29
5.7.4 Conclusie beoordeling op bekleding 29

6 Conclusies 30

7 Verwijzingen 31

1 Inleiding

1.1 Algemeen

TenneT TSO is voornemens om de bestaande hoogspanningsverbinding tussen Rilland en Zandvliet aan te passen. Dit om in de toekomst meer elektriciteit te kunnen transporteren, zodat er een grotere transportcapaciteit mogelijk wordt gemaakt.

De aanpassingen betreffen de bestaande hoogspanningsmasten 004 tot en met 016. De locatie van deze masten is weergegeven in Figuur 1-1. De masten 004 tot en met 011 zijn gesitueerd in de kernzone van de primaire waterkering Oostelijke Spuikanaaldijk van Rijkswaterstaat.

In opdracht van TenneT TSO heeft Antea Group een analyse gedaan van de voorgenomen werkzaamheden op de waterveiligheid.

De aanpassingen betreffen de mast (bovengronds) en de fundering (ondergronds). Bij mast 004 tot en met 011 zijn aanpassingen voorzien aan de mast. Bij mast 005 tot en met 010 zijn tevens aanpassingen voorzien aan de fundering. De impact van deze werkzaamheden op de waterveiligheid is onderzocht van de 6 laatstgenoemde masten (005-010) aangezien deze gesitueerd zijn in de kernzone van de primaire waterkering.

Figuur 1-1: Locatie hoogspanningsmasten tussen Rilland en Zandvliet.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek bestaat uit het onderzoeken van:

- De impact van de voorgenomen werkzaamheden op de waterveiligheid.
- Met specifieke aandacht voor de stabiliteit van de waterkering.
- Met specifieke aandacht voor eventuele impact op waterdoorlatend en mogelijk gerelateerde risico's die kunnen ontstaan in de vorm van piping en kwel.
- Met specifieke aandacht voor de invloed van bemalingen tijdens de activiteiten en de mogelijke risico's op zettingsschade.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert de omschrijving van het project, zoals locatie, de onderdelen van het project en de relatie tot de waterkering. Dit wordt gevolgd door hoofdstuk 3, waar de algemene ontwerpeisen zoals belastingen en hydraulische randvoorwaarden zijn gepresenteerd. Hoofdstuk 4 behandelt de terrein- en bodemgesteldheid, inclusief freatische lijnen en stijghoogte. In hoofdstuk 5 zijn de gevolgen van de werkzaamheden op de waterveiligheid inzichtelijk gemaakt. Het onderzoek sluit af met de conclusies in hoofdstuk 6.

1.4 Revisieoverzicht

Revisie 01 betreft de eerste versie, deze is op 11 februari 2021 opgeleverd.
Revisie 02 betreft de voorliggende versie van mei 2021. Hierin is toetscommentaar van Rijkswaterstaat verwerkt.

2 Projectomschrijving

2.1 Projectlocatie

De voorgenomen werkzaamheden betreffen de locatie van de bestaande masten 005 tot en met 010. Deze liggen in de beschermingszone/kernzone van de primaire waterkering Oostelijke Spuikanaaldijk van Rijkswaterstaat. De waterkering maakt deel uit van het dijktraject 33-1.

De masten maken onderdeel uit van de hoogspanningsverbinding tussen Rilland en Zandvliet.

Figuur 2-1: Locatie hoogspanningsmasten tussen Rilland en Zandvliet.

2.2 Waterkering

Dijktraject 33-1 wordt begrensd door de Westerschelde aan de zuidzijde en de Kreekrak-sluizen aan de noordzijde. Het dijktraject keert het water vanuit Spuikanaal Bath. Deze staat in vrije verbinding met het Volkerak-Zoommeer. Het streefpeil volgens het peilbesluit is tussen NAP -0,1 m en NAP +0,15 m exclusief op- en afwaaiing.

Aan de binnendijkse zijde ligt het Schelde-Rijnkanaal. Dit wordt ook wel het “Antwerpskanaalpand” genoemd. Dit kanaal heeft een peil van NAP +1,85 m.

Onder dagelijkse situaties heeft de “binnenzijde” het Antwerpskanaalpand een hoger peil dan de “buitenzijde” (Spuikanaal Bath). Onder extreme omstandigheden hebben beide waterpartijen een vergelijkbaar peil. Onder zeer extreme omstandigheden is het peil van Spuikanaal Bath hoger

dan dat van het Schelde-Rijnkanaal. De definitie van hoogwaterzijde kan dus veranderen met de situatie.

De waterkering is circa 130 meter breed (gemeten van waterlijn tot waterlijn). Er zijn geen waterkerende constructies aanwezig zoals damwanden.

De gestelde signaleringswaarde van de waterkering is 1:300.

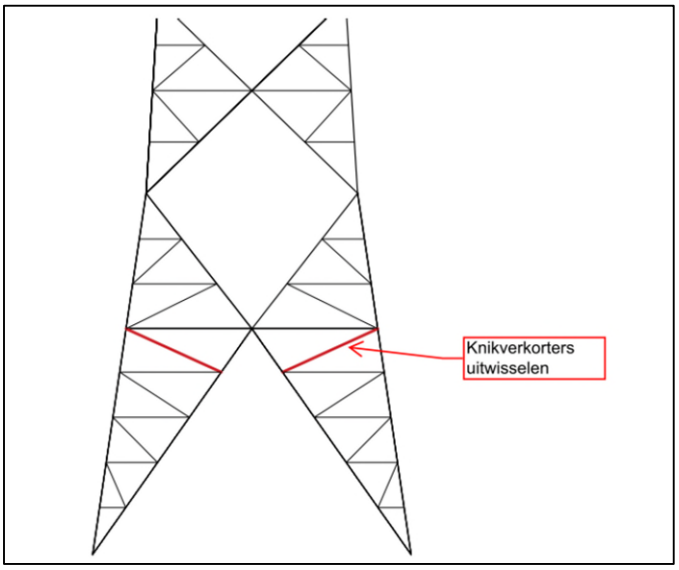
2.3 Projectonderdelen

De bestaande masten zijn getoetst op sterkte en functionaliteit. Op basis daarvan is een versterking ontworpen. Dit is uitgewerkt in de onderstaande twee door TenneT aangeleverde rapporten:

- DNV-GL (2020) Toetsing en herontwerp masten en fundaties BBB380, RLL-ZVL380-Rapportage fundaties; kenmerk 20-0171; revisie 3.
- DNV-GL (2020) Toetsing en herontwerp masten en fundaties BBB380, RLL-ZVL380-Rapportage mast S+6/K; kenmerk 20-0103; revisie 4.

De voorgenomen werkzaamheden bestaan uit twee delen. Deze zijn hieronder toegelicht.

Aanpassingen mast
Er zijn aanpassingen aan de mast voorzien. Dit betreft het aanpassen/uitwisselen van de knikverkorters bovengronds. Deze zijn weergegeven in Figuur 2-2.



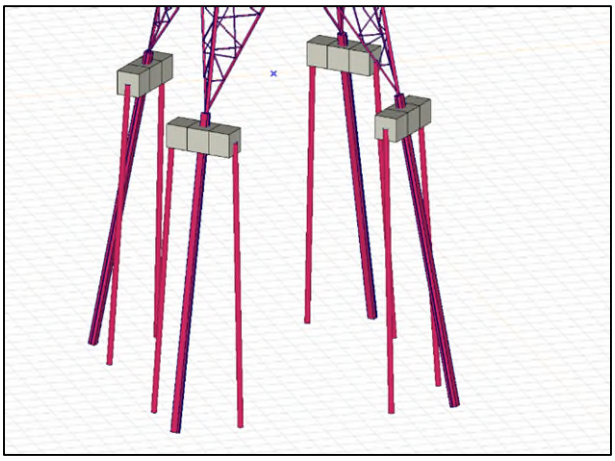
Figuur 2-2: Bovengrondse maatregelen, uitwisselen knikverkorters.

Aanpassingen fundering.
In dit project wordt de fundering versterkt met extra palen nabij de poeren. Er zijn per mast 4 poeren, iedere poer wordt versterkt met 2 extra palen. De configuratie is weergegeven in Figuur

2-3. Er wordt gewerkt met een geschroefde stalen buispaal met groutinjectie (SI-paal 273/400). Deze hebben de volgende eigenschappen:

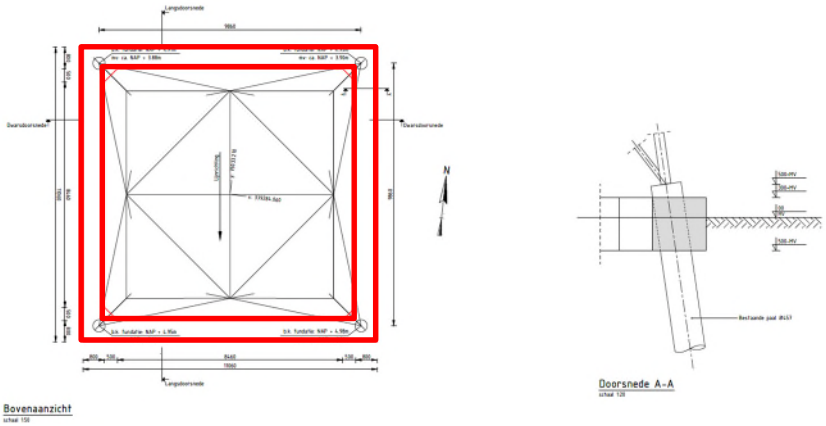
- Paaltype: in de grond gevormde geschroefde paal met groutinjectie.
- Inbrengwijze: schroeven (trillingsvrij).
- Diameter stalen mantelbuis: 0,273 m.
- Diameter grout: 0,400 m.
- Lengte: 12,45 tot 17 m.
- Bovenzijde wordt afgewerkt in een poer.

Voor de werkzaamheden rondom de poer wordt gewerkt met een open ontgraving. De poer ligt deels boven maaiveld. Het deel onder maaiveld is ca. 0,8 m diep. De ontgravingen vinden plaats tot een diepte van 0,9 m. Deze vinden plaats per poer (4 stuks per mast) over een oppervlak gelijk aan de poer met enige werkruimte er omheen. De ontgravingen per poer zijn daarmee 6 m lang en 3,2 m breed.



Figuur 2-3: Versterkte fundering, ieder hoekpunt wordt voorzien van twee extra palen.

Uitzondering op bovenstaande fundering betreft mast 10. Hier zijn geen extra palen en poeruitbreiding voorzien. Ter plaatse van deze mast wordt een balkenrooster toegepast. Ten behoeve van de uitvoering wordt tot 0,5 m-mv ontgraven, zie figuur 2-4



Figuur 2-4: Toe te passen balkenrooster bij mast 010.

2.4 Projectfasering

In de beoordeling van de effecten van de mast en de bijbehorende werkzaamheden op de functionaliteit van de waterkering worden de volgende fasen onderscheiden:

- Bouwfase
  Deze fase betreft de realisatie van alle onderdelen. Waaronder het aanbrengen van de extra palen bij de fundering, maken van een ontgraving voor de werkzaamheden en eventuele bemaling voor het drooghouden van de werkput.
- Gebruiksfase
  In deze fase is de mast operationeel.

3 Ontwerpeisen en randvoorwaarden

3.1 Algemene ontwerpeisen

Eisen ten aanzien van veiligheid
Het keren van (hoog)water is de primaire functie van de waterkering. Voor het vervullen van deze functie zijn de volgende veiligheidseisen van belang:

- Het niveau van de kruin moet voldoende hoog zijn.
- Het dijklichaam moet voldoende waterdicht zijn.
- De standzekerheid moet gewaarborgd blijven.
- De weerstand tegen belastingen moet voldoende zijn.
- De kering dient erosie bestendig te zijn.

De veiligheid dient gewaarborgd te zijn bij een maatgevende situatie die hoort bij een waterkering met een 1:300 veiligheidsnorm, dit is de singaleringswaarde. Daarnaast kan het Volkerak-Zoommeer ingezet worden als waterberging. Voor deze situatie gelden specifieke normen. Deze zijn beschreven in de memo “Beoordeling van pimaire waterkingen op basis van voorwaardelijke overstromingskansen” [1].

Normen en richtlijnen
Voor deze beoordeling is uitgegaan van het wettelijk beoordelingsinstrumentarium en de bijbehorende schematiseringshandleidingen. Voor eventuele interactie van de waterkering met de fundering van de mast is gebruikt gemaakt van de eurocodes. Aanvullend hierop is gebruik gemaakt van enkele technische rapporten. De volgende normen en richtlijnen zijn toegepast:

- NEN 9997-1: Geotechnisch ontwerp van constructies [2]
- WBI2017 [3]
- Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit [4]
- Technisch rapport: Actuele sterkte van dijken [5]
- Technisch rapport waterspanningen bij dijken Waterkeringen [6]
- Beoordeling van pimaire waterkingen op basis van voorwaardelijke overstromingskansen” [1]

Ontwerplevensduur
Analoog aan de rapportages van DNV-GL is een ontwerplevensduur van 50 jaar voor de mast aangehouden. Dit betekent dat de veiligheid van de waterkering voor minimaal 50 jaar gewaarborgd dient te worden.

Veiligheidsklasse
De primaire waterkering heeft een normfrequentie van 1:100 jaar. Geverifieerd dient te worden dat de kering gedurende de gehele periode van 50 jaar minimaal de bij deze normfrequentie behorende veiligheid biedt. Er is beoordeeld of de situatie tot 2075 voldoet.

Veiligheidsfactoren
Conform de WBI-filosofie zijn er geen veiligheidsfactoren op de ondergrond toegepast. Eventuele onzekerheden zijn verdisconteerd in de modelfactoren, waterstanden en te toetsen stabiliteitsfactor.

3.2 Belastingen

3.2.1 Kruinbelasting

De hoogspanningsmast is op palen gefundeerd. Fundering op palen dragen geen belasting af op het dijklichaam, waardoor er niet met deze is gerekend. Uitgangspunt is dat er tijdens maatgevende omstandigheden géén werkzaamheden m.b.t. het installeren van funderingspalen plaatsvinden.

De toetspeilen zoals gepresenteerd in Tabel 3-1 zijn berekend met een overslagdebiet van 5 l/m/s. Bij een dergelijk overslagdebiet kan geen verkeersbelasting op het dijklichaam optreden.

3.2.2 Belasting door trillingen tijdens de bouwfase

De uitvoeringsmethode van de palen is trillingsvrij, waardoor dit geen effecten heeft op de dijkveiligheid. Uitgangspunt is dat eventuele trillingen van aanwezig materieel slechts zeer oppervlakkig zijn, met lokale verdichting van de toplaag tot gevolg (vergelijkbaar met een trilplaat).

3.2.3 Belasting door trillingen ten gevolge van wind

Er zijn geen (meet)gegevens bekend van wateroverspanningen en versnellingen (door trillingen) van hoogspanningsmasten als gevolg van cyclische windbelastingen tijdens de gebruiksfase. Echter, in vergelijking met windturbines zal een hoogspanningsmast veel minder onderhevig zijn aan cyclische windbelastingen. Uit monitoringsgegevens voor 3 megawatt windturbines zijn horizontale versnellingen aan het funderingsblok gemeten van ca. 10-40 mm/s² en verticale versnellingen van 15-80 mm/s² [7]. Voor een hoogspanningsmast is de verwachting dat deze vele malen kleiner zijn[1]. Als belasting in de stabiliteitsberekening wordt een horizontale en verticale versnelling van 10 mm/s² toegepast. Dit komt overeen met de ondergrens van een windturbine.

3.3 Hydraulische randvoorwaarden

3.3.1 Ontwerppeil

De ontwerppeilen van het Spuikanaal Bath zijn bepaald met Hydra-NL. Deze geeft waterpeilen voor de zichtjaren 2050 en 2100. Deze zijn weergegeven in Tabel 3-1. Er is gewerkt met zichtjaar 2075. Rekening houdend met de mogelijke waterberging in het Volkerak-Zoommeer, dient er op basis van de memo “Beoordeling van pimaire waterkingen op basis van voorwaardelijke overstromingskansen” [1] gerekend te worden met de waterstand met een terugkeertijd van 1/14000 jaar. Deze waterstand is weergegeven in aanvulling op de waterstand bij de signaleringswaarde van 1/300 jaar.

[1] Argumenten hiervoor zijn dat een hoogspanningsmast een lagere hoogte heeft ten opzichte van een windturbine (55 m vs. 100 à 130 m). Daarnaast zijn de bewegende onderdelen minder zwaar (geleiders bij hoogspanningsmast betreffen: 4x ACCCZ-Warsaw en 4x OPGW 226 allen een lengte van 400 à 500 m, totaalgewicht 4 à 5 ton per mast. Bij windturbines: 3x een blad van 50 à 60 m, totaalgewicht 30 à 40 ton per mast).

Tabel 3-1: Ontwerpwaterstanden conform Hydra-NL

Terugkeer tijd	Waterstand (m+NAP)		
(jaren)	2050W+	2100 W+	2075W+
10	1,268	1,808	
30	1,390	1,988	
100	1,533	2,336	
300	1,773	2,636	2,21
1000	2,271	2,896	
3000	2,631	3,093	
10000	2,915	3,279	
14000	2,956	3,310	3,13
30000	3,122	3,432	
100000	3,318	3,594	

De waarde in 2075 betreft een gemiddelde tussen 2050 en 2100.

Dit geeft een waterstand bij de signaleringswaarde van NAP +2,21 m. Conform de leidraad rivierdijken [8] dient rekening gehouden te worden met een robuustheidstoeslag van 0,30 m op de maatgevende hoogwaterstand. De rekenwaarde betreft NAP +2,51 m.

Bij het Volkerak-Zoommeer, dient gerekend te worden met de waterstand met een terugkeertijd van 1/14000 jaar. Dit geeft een waarde van NAP +3,13 m. Conform de leidraad rivierdijken [8] dient rekening gehouden te worden met een robuustheidstoeslag van 0,30 m op de maatgevende hoogwaterstand. De rekenwaarde betreft NAP +3,43 m.

Technische uitgangspunten berekening ontwerppeil:

- Invoerdatabase= WBI2017_VolkerakZoommeer_33-1_v01.sqlite;
- Locatie: VZ_3_00022;
- X-coördinaat: 74706 (m);
- Y-coördinaat: 381240 (m).

3.3.2 Gemiddelde hoogwaterstand

De gemiddelde hoogwaterstand is aangenomen op NAP +1,0 m. Dit is gebaseerd op de rekenresultaten van Hydra-NL van 2050 en zijn geëxtrapoleerd naar de gemiddelde hoogwaterstand.

3.3.3 Waterpeil binnendijkse zijde

Aan de binnendijkse zijde ligt het Schelde-Rijnkanaal. Dit wordt ook wel het “Antwerps kanaalpand” genoemd. Dit kanaal heeft een peil van NAP +1,85 m.

3.3.4 Ontwerpwaterstanden

Indien er ontwerpberekening noodzakelijk zijn, zijn er twee belastingsituaties:

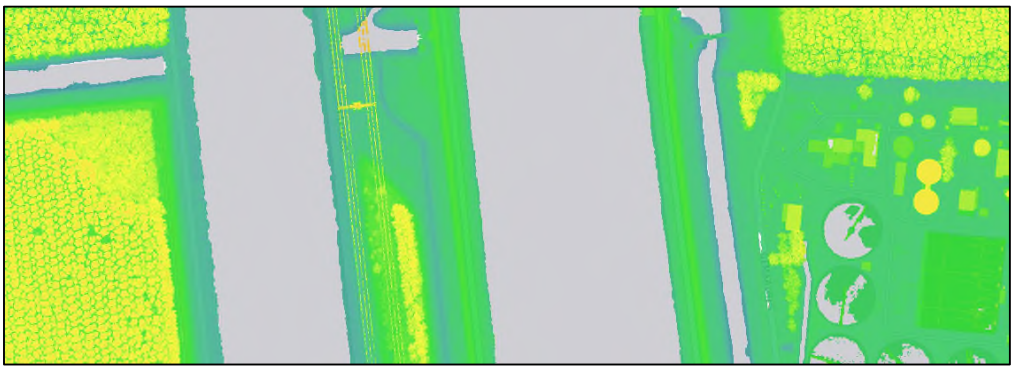
- Een dagelijkse situatie, waar het Schelde-Rijnkanaal een waterstand heeft van NAP +1,85 m en het spuikanaal een waterstand van NAP +0,0 m.
- Maatgevende omstandigheden waar het waterpeil in het Schelde-Rijnkanaal een waterstand heeft van NAP +1,85 m en het spuikanaal een waterstand van NAP +1,94 m. Hierover is een robustheidstoeslag van 0,30 m geplaatst. Dit resulteert in een ontwerpwaterstand in het spuikanaal van NAP +2,24 m.

4 Inventarisatie terrein- en bodemgesteldheid

4.1 Geometrie

Het spuikanaal (linkerzijde op Figuur 4-1) is het buitenwater, het Antwerps kanaalpand is het binnenwater. De hoogspanningsmasten zijn geleden op het voorland.

Uit AHN3 (zie Figuur 4-1) blijkt een uniforme geometrie, met een kruin net onder +4,0 m NAP aan de noordzijde, en een kruinhoogte van +3,5 m richting het zuiden. De hoogspanningsmasten bevinden zich op va. 80 m uit het hart van de kruin.



Figuur 4-1: Uitsnede uit AHN3, net ten zuiden van de Brug Bathseweg.

4.2 Beschikbare onderzoeken

Voor dit project zijn op 27-07-2020 milieukundige boringen uitgevoerd en er zijn sonderingen uitgevoerd. De resultaten van de boringen geven een redelijk uniform beeld qua bodemopbouw, met een cohesieve laag van ca. 3,0 m, gevolgd door zand.

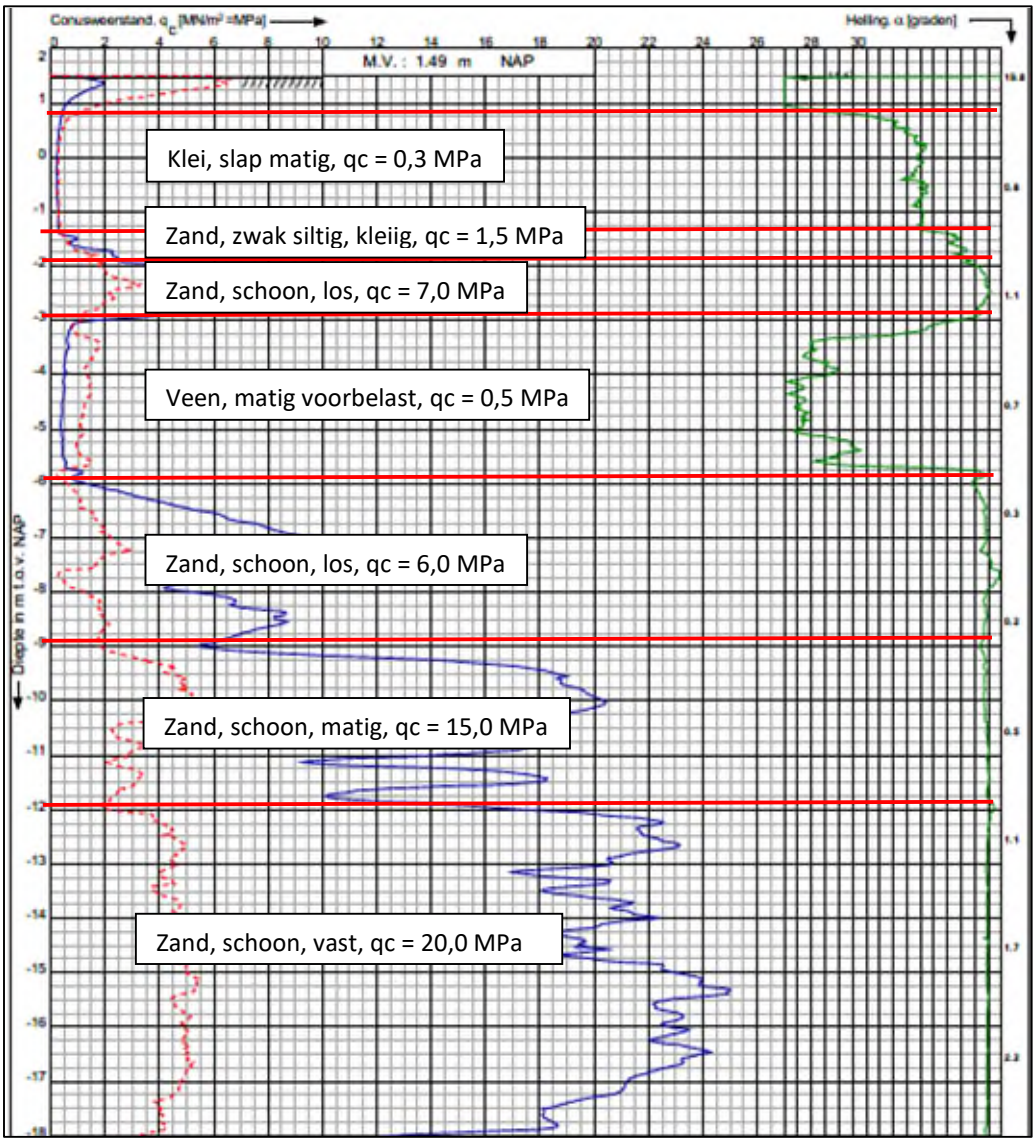
4.3 Aanvullend geotechnisch onderzoek

In het Dino loket zijn ook enkele sonderingen en boringen beschikbaar. Deze boringen bevinden zich niet allemaal direct in de kruinlijn, maar geven een goed beeld van de grondopbouw over de lengte van de dijk. Ter hoogte van mast 4 is er een deklaag van ca. 3 meter aanwezig, die langzaam dunner wordt richting het zuiden.

4.4 Geotechnische bodemopbouw en parameters

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat de maatgevende grondopbouw voor het bezwijkmechanisme macrostabiliteit aanwezig is rondom mast 5 en 6. De maatgevende sondering is 006-DKM-001. Hier is een cohesief pakket aanwezig tot een diepte van -6,5 m NAP, met lokaal een zandflens tussen -1,5 m NAP en -3,0 m NAP. De maatgevende grondopbouw is gepresenteerd in Tabel 4-1.

Tabel 4-1: Overzicht bodemopbouw rondom de masten waar graafwerkzaamheden zijn voorgenomen					
Grondsoort	**Bovenzijde grondlaag [m NAP]**	**Volume gewicht (unsat) [kN/m³]**	**Volume gewicht (sat) [kN/m³]**	**Gemiddelde qc [MPa]**	**Wrijvingsgetal [%]**
Deklaag	Maaiveld	16	18	1,5	-
Klei, slap matig	+0,75	15	15	0,3	3,0
Zand, zwak siltig, kleiig	-1,50	18	19	1,5	1,5
Zand, schoon, los	-2,0	17	19	7,0	0,5
Veen, matig voorbelast	-3,0	11	11	0,5	7,0
Zand, schoon, los	-6,0	17	19	6,0	0,5
Zand, schoon, matig	-9,0	18	20	15,0	0,5
Zand, schoon, vast	-12,0	19	21	20,0	0,5



Figuur 4-2: Sondering 006-DKM-001.

4.4.1 Gedraineerde schuifsterkte

Voor de gedraineerde waarden zijn de hoeken van inwendige wrijving bepaald conform tabel 2.b van de NEN-EN9997-1 [2]. In Tabel 4-2 zijn de parameters gepresenteerd.

Tabel 4-2: Overzicht gedraineerde parameters.

Grondsoort	Cohesie [kPa]	Φ [°]	ψ [°]
Deklaag	0	27,5	0
Zand, zwak siltig, kleiig	0	27,0	0
Zand, schoon, los	0	30,0	0
Zand, schoon, matig	0	32,5	0
Zand, schoon, vast	-0	35,0	0

Waarin:
Φ: Hoek van inwendige wrijving in graden.
Ψ: Dilatantie hoek in graden.

4.4.2 Ongedraineerde schuifsterkte

De klei- en veenlagen zijn ongedraineerd berekend. De ongedraineerde schuifsterkte en de S-ratio is bepaald aan de hand van de formules in bijlage E van de schematiseringshandleiding macrostabiliteit [4].

Conform de schematiseringshandleiding is voor de grondlagen die normaal onverzadigd zijn een N_{kt} van 60 toegepast. Voor de verzadigde grondsoorten is een N_{kt} van 25 toegepast omdat er geen waterspanning is gemeten. De karakteristieke waarde van de schuifsterkte is bepaald conform bijlage E van deze schematiseringshandleiding. Voor de vertaling van de verwachtingswaarde van de schuifsterkte naar de karakteristieke waarde is de eerste vermenigvuldigd met 0,64. De POP-waarde correspondeert met de karakteristieke schuifsterkte onder dagelijkse omstandigheden.

Voor de sterktetoename-exponent *m* is de waarde 0,80 toegepast, conform de schematiseringshandleiding [4].

Dit resulteert in de sterkteparameters zoals gepresenteerd in tabel 4-3.

Tabel 4-3: Overzicht ongedraineerde parameters

Grondsoort	M-waarde [-]	S-waarde [-]	POP [kPa]
Klei, slap matig	0,8	0,20	37
Veen, matig voorbelast	0,8	0,35	15*

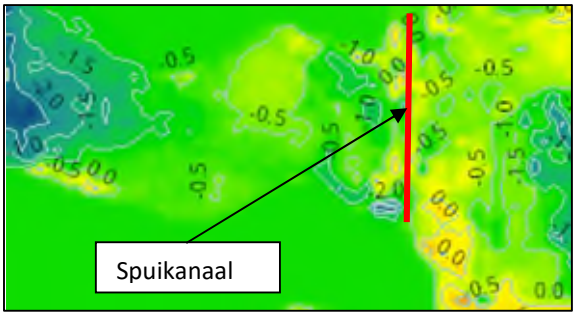
* Default POP-waarde voor Basisveen.

Waarin:
M: Sterkte toename exponent [-].
S: Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio [-].
POP: Pre-overburden pressure.

4.5 Verloop freatische waterstand en stijghoogte

4.5.1 Stijghoogte

Op basis van de registraties van grondwatertools [9] is vastgesteld dat de gemiddelde stijghoogte ter hoogte van de hoogspanningsmaten varieert tussen -0,5 m NAP en +0,0 m NAP. Op conservatieve wijze is uitgegaan van een stijghoogte van +0,0 m NAP. Hierbij is op conservatieve respons van 100% aangehouden (een waterstandstijging van 1 m in het spuikanaal resulteert in een stijghoogtestijging van 1,0 m). Conform de schematiseringshandleiding macrostabiliteit [4] is rekening gehouden met een indringingslengte van 1 m.



Figuur 4-3: Uitsnede uit grondwatertools.

4.6 Verloop freatische lijn in de waterkering

De gemiddelde waterstand van het spuikanaal bevindt zich rond NAP, met een kleine natuurlijke variatie. Omdat deze situatie stationair beschouwd kan worden, is het uitgangspunt dat de freatische lijn rechtlijnig verloopt van intredepunt naar het uittredepunt in de kering. De waterstand bevindt zich t.h.v. de hoogspanningsmasten op ca. +0,50 m NAP.

Tijdens toetsomstandigheden loopt het voorland onder water. Het verloop van de freatische lijn onder toetsomstandigheden is bepaald conform het technisch rapport waterspanningen bij dijken, waarbij is uitgegaan van een zanddijk op een slecht doorlatende ondergrond.

5 Beoordeling effecten op primaire waterkering

5.1 Faalmechanismen

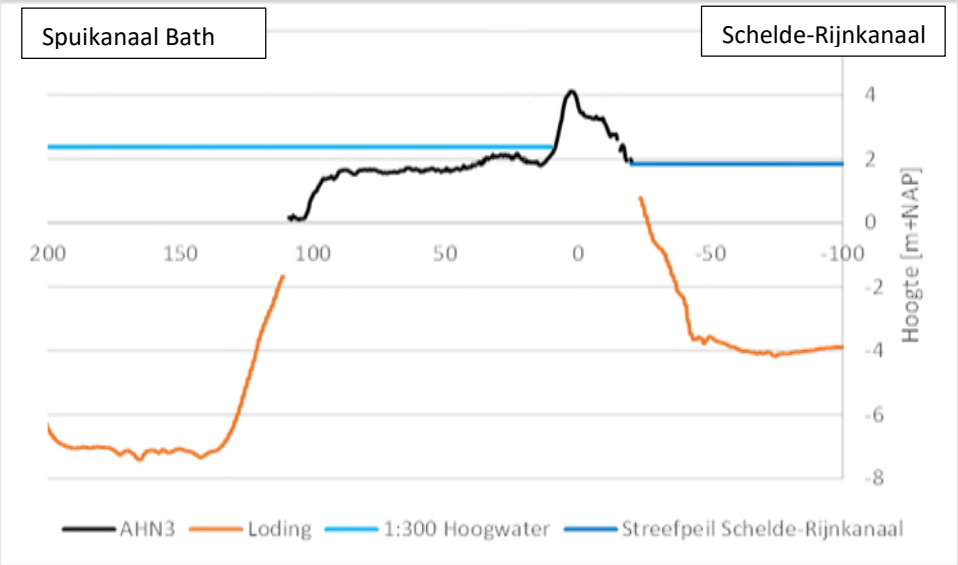
Een dijk kan falen d.m.v. diverse faalmechanismen. Binnen het WBI is er een faalkansverdeling voorgeschreven, waaruit de benodigde B-factor per faalmechanisme bepaald kan worden. Als de stabiliteit van de kering bij alle faalmechanismen voldoende blijkt te zijn, is de dijk veilig. In onderstaand hoofdstuk wordt ingegaan op de invloed van het aanbrengen van palen op de faalmechanismen.

5.2 Beoordeling hoogte (GEKB)

5.2.1 Huidige veiligheid

Van dijktraject 33-1 is nog geen beoordeling gereed met het WBI2017. Eerdere beoordelingen worden als niet passend gezien, aangezien de normstelling met het WBI2017 en voor dit dijktraject beiden sterk zijn veranderd.

In Figuur 5-1 is een dwarsprofiel weergegeven van de situatie bij een 1x per 300 jaar waterstand. Te zien is dat de kruin van de dijk op ca. NAP +4 m ligt. Voor de kruin van de dijk ligt een zone van 50 – 80 m waarin een geringe waterdiepte geldt. Daardoor is de golfaanval op de waterkering onder deze omstandigheden gering. Bij een terugkeertijd van 1x per 14000 jaar is er een grotere waterdiepte aanwezig, echter omdat de masten zich op verre afstand van de kruin bevinden hebben deze geen effect op dit faalmechanisme.



Figuur 5-1: Dwarsprofiel dijktraject 33-1 met waterstanden conform 1x per 300 jaar situatie.

Voor een formeel oordeel van de dijk op het onderdeel hoogte (GEKB) wordt de wettelijke beoordeling afgewacht. Onderhavig onderzoek gaat ervan uit dat er geen directe aanleiding is om aan te nemen dat de kering onvoldoende scoort op dit onderdeel.

5.2.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit

De functionaliteit van de primaire waterkering kan nadelig worden beïnvloed indien het overslagdebiet toeneemt als gevolg van zetting van het dijklichaam of verandering van het buitentalud (versteiling). De volgende effecten worden relevant geacht:

Bouwfase:

- Door bemaling kunnen zettingen optreden ter plaatse van de kruin. Deze leiden tot kruinverlaging.

Gebruiksfase:

- Er worden geen effecten verwacht in de gebruiksfase.

5.2.3 Beoordeling van effecten

Bouwfase
In het kader van de bouwwerkzaamheden is door Antea Group een bemalingsadvies/ inventarisatie grondwaterstanden opgesteld. Deze heeft het onderstaande kenmerk:

- Antea Group, Geohydrologisch rapport TenneT, 380 kV verbinding Rilland Zandvliet, rapportnummer 257232-GHR januari 2021.

In bovengenoemd rapport is ingegaan op de benodigde verlaging van de grondwaterstand. Dit briefrapport concludeert dat er sprake is van een geringe ontgravingsdiepte (0,9 m) en daarmee ook een geringe ontwateringsdiepte (1,2 m). Tijdens de veldwerkzaamheden is de grondwaterstand bepaald. Deze ligt aanzienlijk dieper dan de ontgravingsdiepte of de ontwateringsdiepte, zeker in het droge seizoen. De grondwaterstand wordt dan ook niet verlaagd beneden de dagelijkse grondwaterstand in het droge seizoen. Zettingen als gevolg van de bemaling kunnen dan ook op voorhand worden uitgesloten.

Gebruiksfase
Er worden geen effecten verwacht in de gebruiksfase

5.2.4 Conclusie beoordeling op hoogte

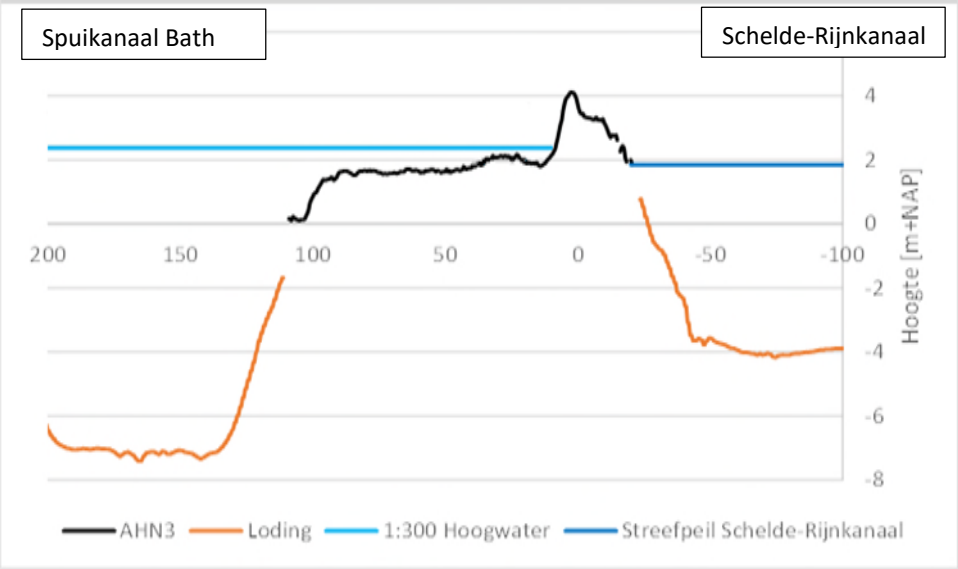
Op basis van de bovengenoemde beoordeling van de mogelijke effecten kan worden geconcludeerd dat de hoogte van de waterkering niet negatief wordt beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden.

5.3 Beoordeling piping en heave (STPH)

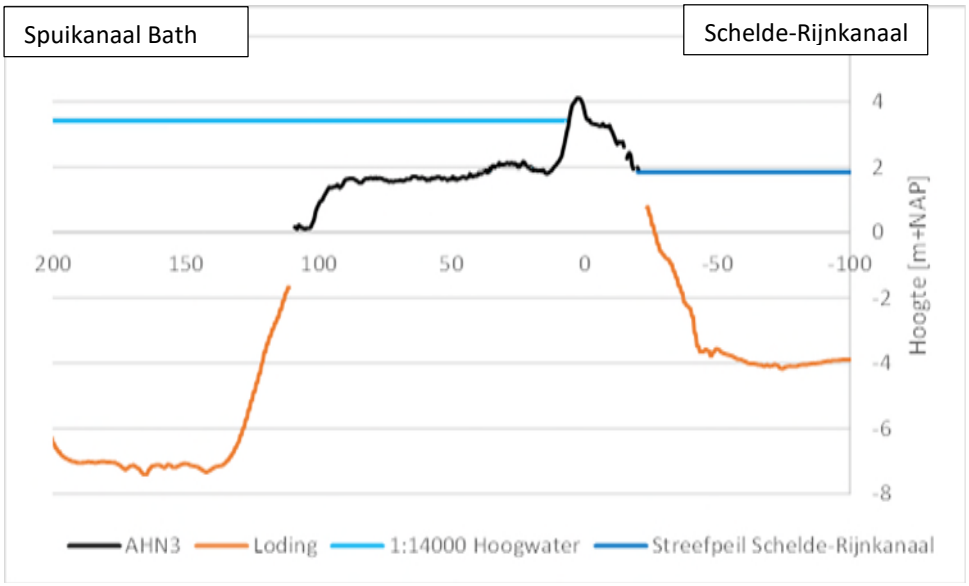
5.3.1 Huidige veiligheid

Van dijktraject 33-1 is nog geen beoordeling gereed met het WBI2017. Eerdere beoordelingen worden als niet passend gezien aangezien de normstelling met het WBI2017 en voor dit dijktraject sterk zijn veranderd.

In Figuur 5-1 is een dwarsprofiel weergegeven van de situatie bij een 1x per 300 jaar en 1x per 14000 jaar waterstand. Te zien is dat het verval over de waterkering gering is (maximaal 1,60 m).



Figuur 5-2: Dwarsprofiel dijktrakject 33-1 met waterstanden conform 1x per 300 jaar situatie.



Figuur 5-3: Dwarsprofiel dijktrakject 33-1 met waterstanden conform 1x per 14000 jaar situatie

Voor een formeel oordeel van de dijk op het onderdeel piping en heave (STPH) wordt de wettelijke beoordeling afgewacht. Onderhavig onderzoek gaat ervan uit dat er geen directe aanleiding is om aan te nemen dat de kering onvoldoende scoort op dit onderdeel.

5.3.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit

Het mechanisme piping en heave kan nadelig worden beïnvloed door de volgende effecten:

Bouwfase

- In de bouwfase worden bouwputten gegraven. Mogelijk wordt de kwelweglengte verkort door doorbreken slechtdoorlatende grondlagen.

Gebruiksfase

- De fundering wordt versterkt met extra palen. De invloed hiervan op het mechanisme piping is verkend.

5.3.3 Beoordeling van effecten

Bouwfase

Er is geïnventariseerd welke grondlagen aanwezig zijn rondom de masten waar een bouwput is voorgenomen. De bodem is verkend op basis van de boringen uit het milieukundig onderzoek en sonderingen. Een overzicht is gegeven in

Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Overzicht bodemopbouw rondom de masten waar graafwerkzaamheden zijn voorgenomen.

Mast	Zijn graaf-werkzaamheden voorgenomen?	Bodemopbouw	Conclusie
4	Nee	n.v.t.	
5	Ja	Klei tot 3 m-mv	Onder bouwput resteren voldoende afsluitende lagen
6	Ja	Klei tot 3,5 m-mv	
7	Ja	Klei tot 1,2 m-mv	Expliciete aandacht is nog voor herstel van bestaande bodemlagen.
8	Ja	Klei tot 1,2 m-mv	
9	Ja	Klei tot 0,7 m-mv	
10	Ja (tot 0,5 m-mv)	Klei tot 3 m-mv	Onder bouwput resteren voldoende afsluitende lagen
11	Nee	n.v.t.	

Te zien is dat nabij mast 4 en 11 geen graafwerkzaamheden zijn voorgenomen. Op deze locatie is een negatieve invloed op de eventueel aanwezige (slecht doorlatende) grondlagen op voorhand uit te sluiten.

Te zien is dat nabij mast 5, 6 en 10 wel graafwerkzaamheden zijn voorgenomen. Deze hebben een diepte tot de onderzijde van de poer, dus ca. 0,9 m-mv bij mast 5 en 5 en tot 0,5 m-mv bij mast 10. Onder dit niveau resteert nog een dikke laag slecht doorlatende bodem. Op deze locaties zijn negatieve invloeden op de aanwezige slecht doorlatende grondlagen op voorhand uit te sluiten.

Te zien is dat nabij mast 7, 8 en 9 wel graafwerkzaamheden zijn voorgenomen. Deze hebben een diepte tot de onderzijde van de poer, dus ca. 0,9 m-mv. Op deze locaties is een kleilaag aangetroffen met een wisselende dikte, maar vaak tot slechts 1,2 m. Er kan dus niet met zekerheid gesteld worden dat er na de graafwerkzaamheden voldoende slecht doorlatend materiaal resteert. Negatieve invloed op de slecht doorlatende lagen van de bodem is uit te sluiten mits aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- Bouwputten worden gedicht met de ontgraven klei.
- Deze klei wordt verdicht in lagen van 0,4 m ter voorkoming van openingen in het aangebrachte materiaal.

Gebruiksfase
De fundering wordt versterkt met extra palen. Er bestaan meerdere soorten palen. In het verleden zijn negatieve ervaringen opgedaan met palen met een verbrede voet in relatie tot kwel. De voorgenomen palen betreffen schroefinjectiepalen, daarbij zijn dergelijke ervaringen op voorhand uitgesloten.

Schroefinjectieankers worden aangebracht middels een borend-proces waarbij bestaande grond wordt verwijderd. Deze wordt vervangen door of de buispaal of de groutinjectie. Daardoor zijn holle ruimtes in de bodem op voorhand uitgesloten.

De stalenbuispalen worden gevuld met beton. Dit wordt gedaan om constructieve doeleinden (verhogen stijfheid van de paal). Daardoor kunnen waterstromen door de paal op voorhand worden uitgesloten.

Er worden geen effecten verwacht in de gebruiksfase

5.3.4 Conclusie beoordeling op piping en heave

Op basis van de bovengenoemde beoordeling van de mogelijke effecten kan worden geconcludeerd dat het faalmechanisme piping en heave van de waterkering niet negatief wordt beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden.

Uitzondering zijn bouwputten bij mast 7, 8 en 9. Daar is negatieve invloed op de slechtdoorlatende lagen van de bodem uit te sluiten mits aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- Bouwputten worden gedicht met de ontgraven klei met een dikte van tenminste 2 meter, tenzij de ontgraving minder dan twee meter is. Dan geldt de ontgravingsdiepte.
- Deze klei wordt verdicht in lagen van 0,4 m ter voorkoming van openingen in het aangebrachte materiaal.

5.4 Beoordeling binnenwaartse macrostabiliteit (STBI)

5.4.1 Huidige veiligheid

De huidige kering heeft nog geen WBI-beoordeling. Gezien de gewijzigde berekeningsmethode zijn eerdere beoordelingen niet representatief. Uitgangspunt is dat de huidige veiligheid niet slechter mag worden als gevolg van de geplande activiteiten.

5.4.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit

Het mechanisme binnenwaartse macrostabiliteit kan nadelig worden beïnvloed door de volgende effecten:

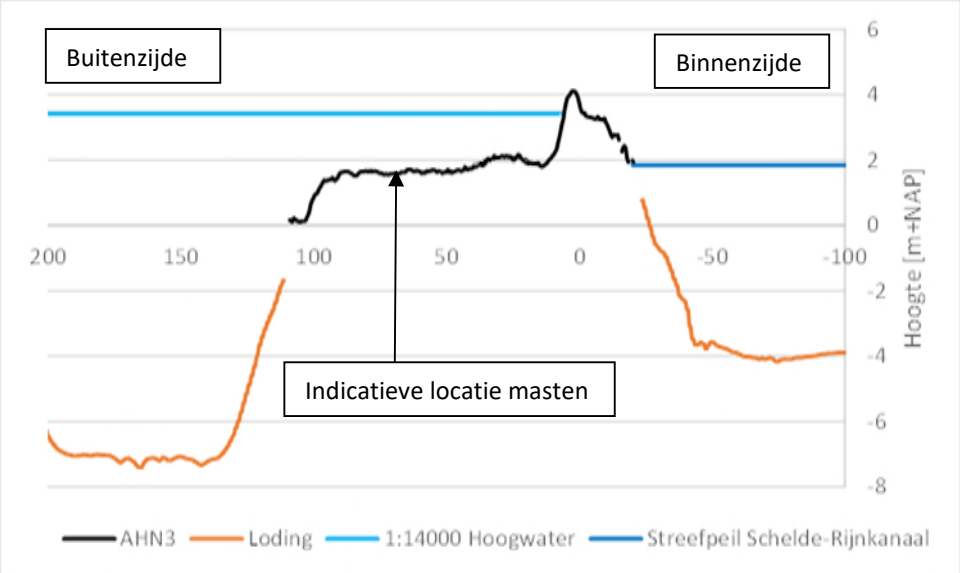
Bouwfase

- In de bouwfase worden bouwputten gegraven. Mogelijk bestaat er daardoor een risico op afschuiven waardoor de waterveiligheid in het geding komt.

Gebruiksfase

- In de permanente situatie zijn de hoogspanningsmasten aanwezig. Bij harde wind kunnen trillingen ontstaan in de hoogspanningsmasten en tussenliggende kabels. Deze worden overgebracht naar de ondergrond. Dit heeft mogelijk stabiliteitsrisico's.

In Figuur 5-4 is een dwarsdoornede gepresenteerd. Te zien is dat de elektriciteitsmasten aan de buitenzijden van het talud aanwezig zijn, op een afstand van ca. 100 m van het binnentalud. Er is geen invloed op het faalmechanisme macrostabiliteit binnentalud.



Figuur 5-4: Dwarsprofiel met de locatie van de elektriciteitsmasten gepresenteerd.

5.4.3 Beoordeling van effecten

Gezien de afstand tot het binnentalud (ca. 100 m) zijn alle effecten op voorhand uit te sluiten.

Mogelijk zijn er wel lokale aandachtspunten. Deze worden behandeld bij macrostabiliteit buitenwaarts (paragraaf 5.5).

5.4.4 Conclusie beoordeling op binnenwaartse macrostabiliteit

Op basis van de bovengenoemde beoordeling van de mogelijke effecten kan worden geconcludeerd dat de binnenwaartse macrostabiliteit van de waterkering niet negatief wordt beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden.

5.5 Beoordeling buitenwaartse macrostabiliteit (STBU)

5.5.1 Huidige veiligheid

De huidige kering heeft nog geen WBI beoordeling. Om een compleet beeld van de veiligheid te geven, is als eerste de benodigde stabiliteitsfactor afgeleid.

Normstelling macrostabiliteit
In de Waterwet en het WBI zijn alleen eisen geformuleerd voor de *Uiterste Grenstoestand* (UGT). Overstroming is daarbij de ongewenste topgebeurtenis. De doelbetrouwbaarheid is per dijktraject geformuleerd als de ondergrenswaarde voor een maximaal toelaatbare overstromingskans per jaar $P_{\mathrm{f;toel;traject}}$. Deze eis is vertaald naar een doorsnede-eis $P_{\mathrm{f,toel;dsn}}$ voor elk afzonderlijk faalmechanisme dat overstroming inleidt, waaronder binnenwaartse macrostabiliteit.

$$P_{\mathrm{f,toel;dsn}} = \frac{P_{\mathrm{f;toel;traject}} \cdot \omega_{\mathrm{macro}}}{N}$$

De factor ω_{macro} definieert de faalkansruimtefactor voor binnenwaartse macrostabiliteit (de verhouding tussen de maximaal toelaatbare faalkans voor macrostabiliteit en de maximaal toelaatbare faalkans voor een dijktraject). De factor volgt uit een faalkansverdeling. Per traject mag onderbouwd worden afgeweken van de door WBI gegeven basisverdeling. De factor N is de verhouding tussen de faalkans voor een traject en de faalkans in een doorsnede. De factor N is voor macrostabiliteit afhankelijk van de trajectlengte, vanwege het zogenaamde ”lengte-effect”. Beide factoren zijn dimensieloos.

$$N = 1 + \frac{a \cdot L_{\mathrm{traject}}}{b}$$

waarin:

a	Fractie van de lengte gevoelig voor faalmechanisme [-]. Voor macrostabiliteit geldt: $a = 0{,}033$.

b	Lengte van onafhankelijke, equivalente vakken [m]. Voor macrostabiliteit geldt: $b = 50$ m.
L_{traject}	Lengte van het dijktraject waarop de norm van toepassing is [m]. Voor traject $33 - 1 = 7000$ m.

Invullen levert:

$$N = 1 + \frac{a \cdot L_{\text{traject}}}{b} = 1 + \frac{0{,}033 \cdot 7000}{50} = 5{,}67$$

Voor het faalmechanisme macrostabiliteit buitenwaarts is de normstelling een factor 10 lichter dan de faalkans van macrostabiliteit binnenwaarts (1/30e ipv. 1/300e).

$$P_{\text{f,toel;dsn}} = \frac{P_{\text{f;toel;traject}} \cdot \omega_{\text{macro}}}{N} = \frac{\frac{1}{30} * 0{,}04}{5{,}67} = 2{,}35 * 10^{-4}$$

Hieruit volgt een ß$_{eis}$ van 3,50.

De ß$_{eis}$ betreft de faalkanseis van de kering.

De minimale schadefactor wordt bepaald conform de volgende formule:

$$\gamma_n = 0{,}15 \cdot ß_{eis} + 0{,}41 = 0{,}15 \cdot 3{,}50 + 0{,}41 = 0{,}93$$

Modelfactor
De modelfactor bij CSSM berekeningen is als volgt:
LiftVan 1,06

Materiaalfactor
De materiaalfactor bij CSSM berekeningen is 1,0.

Schematiseringsfacor
De schematiseringsfactor dient om modelonzekerheden af te dekken rondom de schematisatie. Binnen het WBI2017 is deze vervangen door SOS-schematisaties, binnen het OI2014v4 is deze behouden. Er is aangesloten bij deze laatste met een conservatieve waarde van 1,30 voor de schematiseringsfactor.

Toetsfactor
Bij een LiftVan glijcirkel is de te toetsen waarde 0,93 * 1,06 * 1,0 * 1,3 = 1,29.

5.5.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit

Het mechanisme buitenwaartse macrostabiliteit kan nadelig worden beïnvloed door de volgende effecten:

Bouwfase

- In de bouwfase worden bouwputten gegraven. Mogelijk bestaat er daardoor een risico op afschuiven waardoor de waterveiligheid in het geding komt.

Gebruiksfase

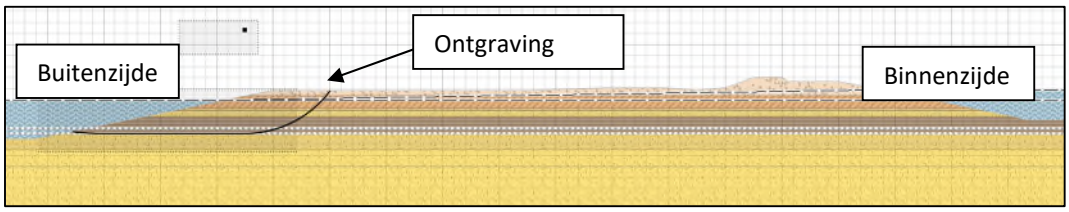
- In de permanente situatie zijn de hoogspanningsmasten aanwezig. Bij harde wind kunnen trillingen ontstaan in de hoogspanningsmasten en tussenliggende kabels. Deze worden overgebracht naar de ondergrond. Dit heeft mogelijk stabiliteitsrisico's.

5.5.3 Beoordeling van effecten

Een algemeen aandachtpunt, zowel voor de beoordeling van de veiligheid tijdens de bouwfase, als tijdens de gebruiksfase, is dat het een zeer breed dijklichaam betreft. De berekende glijcirkels zijn op een dusdanige afstand van de dijk dat deze strikt genomen aan een lage stabiliteitsfactor getoetst kunnen worden. Echter, op conservatieve wijze zijn deze getoetst aan de normen van het WBI/OI.

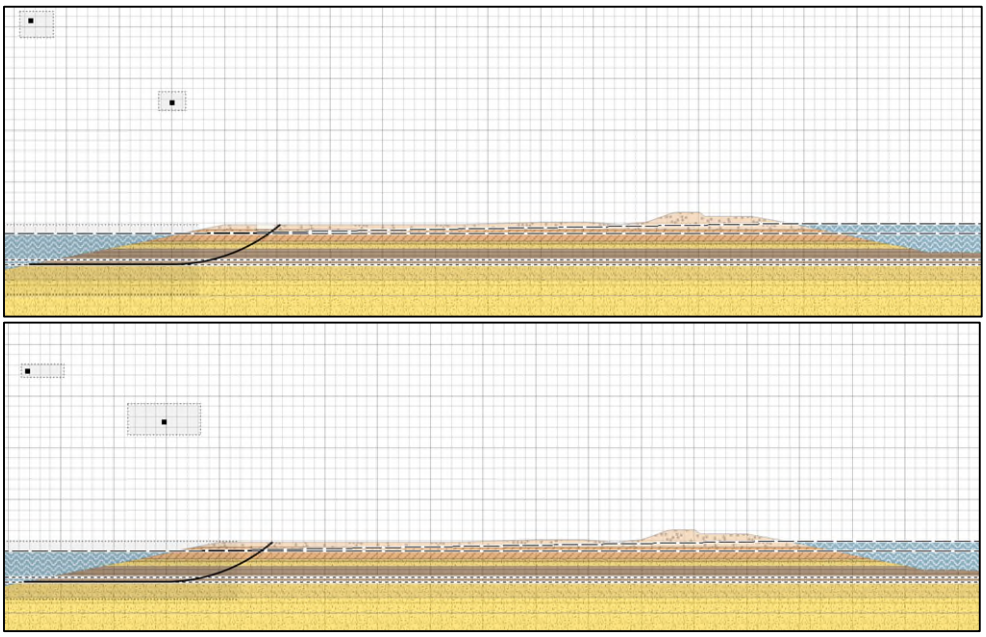
Bouwfase

Tijdens de bouwfase wordt grond verwijderd ter plaatse van de masten. De locatie hiervan is weergegeven in Figuur 5-5. Het faalmechanisme buitenwaartse macrostabiliteit kan nadelig worden beïnvloed door deze werkzaamheden. Zo kan een ontgraving leiden tot een afschuiving en daarmee een lagere dijk. De ontgraving is qua diepte gering (1,5 m) en de afstand tot de kruin is groot (ca. 100 m). Daarmee is het gemiddelde talud zeer flauw (< 1:50). In de regel geldt een 1:5 talud als evident veilig. Aangezien tussen de ontgraving en de kruin van de dijk gemiddeld een 10x flauwer talud ligt, is dit onderdeel op voorhand uit te sluiten.



Figuur 5-5: Dwarsprofiel met de locatie van de ontgraving (elektriciteitsmasten) gepresenteerd.

De ontgraving kan mogelijk ook zorgen voor instabiliteit. Daarom is de stabiliteit berekend. In Figuur 5-6 zijn de glijcirkels zonder en met een ontgraving gepresenteerd. Er is een ontgraving van ca. 1 meter diep en 4 meter breed geprojecteerd. Uit de berekeningen blijkt dat door de ontgraving stabiliteitsfactor toeneemt van neemt toe met ca. 0,2 (SF = 1,7 naar SF = 1,9). Het effect van een ontgraving is positief.



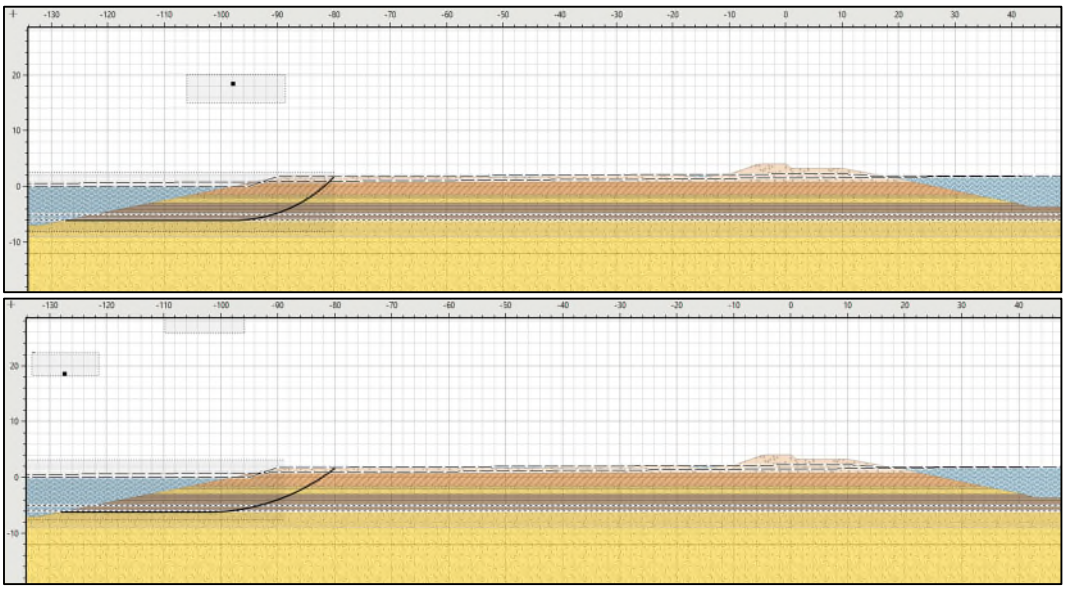
Figuur 5-6: Dwarsprofiel onder dagelijkse omstandigheden zonder en met ontgraving

Gebruiksfase
Tijdens de gebruiksfase treedt er windbelasting op bij de hoogspanningsmasten. De belasting wordt afgedragen naar de diepe ondergrond middels de palenfundering. Daardoor worden er geen directe belastingen op de grond afgedragen. Wel kan dit leiden tot mogelijke trillingen . Het is plausibel dat de maatgevende waterstand tegelijkertijd optreedt met de maatgevende windbelasting. De rekenresultaten zijn weergegeven in Tabel 5-2. In Figuur 5-7 zijn de glijvlakken na val van hoog water weergegeven met en zonder trillingen als gevolg van wind.

Uit de berekeningen blijkt dat de bezwijkvlakken geen impact hebben op de waterveiligheid. Deze berekende bezwijkvlakken voldoen aan de gestelde veiligheidseisen.

Tabel 5-2: Rekenresultaten berekeningen STBU bij val na hoogwater.

Situatie	Norm	Berekende stabiliteit	Oordeel
Val na hoogwater	SF > 1,29	1,34	Bezwijkvlak raakt niet aan kruin van de kering. Glijvlak voldoet.
Val na hoogwater en windtrillingen	SF > 1,29	1,31	Bezwijkvlak raakt niet aan kruin van de kering. Glijvlak voldoet.



Figuur 5-7: Dwarsprofiel onder maatgevende windbelasting, met en zonder trillingsbelasting.

5.5.4 Conclusie beoordeling op buitenwaartse macrostabiliteit

Op basis van de bovengenoemde beoordeling van de mogelijke effecten kan worden geconcludeerd dat de buitenwaartse macrostabiliteit heel beperkt negatief wordt beïnvloed. Echter, gezien de stabiliteitsfactor van het bestaande talud, zijn er geen knelpunten voor de waterveiligheid voorzien.

5.6 Beoordeling microstabiliteit (STMI)

5.6.1 Huidige veiligheid

Van dijktraject 33-1 is nog geen beoordeling gereed met het WBI2017. Eerdere beoordelingen worden als niet passend gezien, aangezien de normstelling met het WBI2017 en voor dit dijktraject sterk zijn veranderd.

5.6.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit

Onder micro-instabiliteit wordt verstaan het uitspoelen van zand uit het binnentalud van de kering door uittredend grondwater. Hierdoor wordt het profiel van de kering aangetast. Bij microstabiliteit komt de bedreiging voor de stabiliteit van binnenuit, veroorzaakt door een hoge freatische lijn in het grondlichaam.

5.6.3 Beoordeling van effecten

Door de werkzaamheden verandert de geometrie van het dijklichaam niet. Aandachtspunt betreft het creëren van mogelijke intredepunten in het dijklichaam. Dit is behandeld in het hoofdstuk piping (5.3). De hier genoemde adviezen gelden ook voor microstabiliteit.

5.6.4 Conclusie beoordeling op microstabiliteit

Op basis van de bovengenoemde beoordeling van de mogelijke effecten kan worden geconcludeerd dat de microstabiliteit van de waterkering niet negatief wordt beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden, mits eventuele intredepunten tijdens de bouwwerkzaamheden afgedicht worden.

5.7 Beoordeling bekleding (STBK)

5.7.1 Huidige veiligheid

Van dijktraject 33-1 is nog geen beoordeling gereed met het WBI2017. Eerdere beoordelingen worden als niet passend gezien aangezien de normstelling met het WBI2017 en voor dit dijktraject beide sterk zijn veranderd.

5.7.2 Mogelijke effecten op de functionaliteit

Binnen het WBI2017 wordt veel sterkte toegekend aan bekleding. Het faalmechanisme stabiliteit bekleding kan nadelig worden beïnvloed door de werkzaamheden:

Bouwfase

- Bouwverkeer kan de bestaande grasmat beschadigen.

Gebruiksfase

- De fundering wordt versterkt met extra palen. De aansluiting tussen de grasmat-constructie is gevoelig voor erosie.

5.7.3 Beoordeling van effecten

Bouwfase
Aandachtspunt betreft het niet/zo min mogelijk beschadigen van de grasmat. Een optie is het plaatsen van draglineschotten en/of rijplaten. Indien de grasmat toch beschadigd, dient deze hersteld te worden.

Gebruiksfase
Op dit moment zijn er nog geen toetsinstrumenten beschikbaar om de aansluiting van grasbekleding op harde objecten te toetsen. Het advies is deze te monitoren en waar nodig onderhoud uit te voeren.

5.7.4 Conclusie beoordeling op bekleding

Op basis van de bovengenoemde beoordeling van de mogelijke effecten kan worden geconcludeerd dat de stabiliteit van de bekleding niet negatief wordt beïnvloed door de voorgenomen werkzaamheden, mits eventuele beschadigde bekleding hersteld wordt én de aansluitingen met harde objecten voldoende dicht zijn.

6 Conclusies

In voorliggend rapport heeft Antea Group in opdracht van TenneT TSO een analyse gedaan van de voorgenomen werkzaamheden op de waterveiligheid. TenneT TSO is voornemens om de bestaande hoogspanningsverbinding tussen Rilland en Zandvliet aan te passen. Dit om in de toekomst een grotere transportcapaciteit mogelijk te maken.

Op basis van de uitgevoerde beoordeling van de mogelijke effecten van de hoogspanningsmast op de waterkering kan worden gesteld dat tijdens het realiseren en gebruik de effecten zeer beperkt zijn, de stabiliteit van de waterkering blijft voldoen en de waterveiligheid gewaarborgd blijft.

Hierbij is een analyse gemaakt voor de diverse faalmechanismen. Voor het grootste gedeelte van de faalmechanismen hebben de werkzaamheden, mits enkele voorzorgsmaatregelen getroffen worden, geen effect op de bestaande kering. De grootste effecten die verwacht worden betreffen:

- Piping en heave. Door het ontgraven van de afsluitende laag t.p.v. mast 7,8 en 9 kan een intredepunt ontstaan.
- De macrostabiliteit buitenwaarts. Tijdens de bouwfase wordt grond ontgraven. Dit werkt positief op het faalmechanisme. Echter, de trillingen in de gebruiksfase t.g.v. de windbelasting werken negatief. De stabiliteit inclusief trillingen is getoetst aan de vigerende normen. De situatie voldoet (ruim).
- Stabiliteit bekleding. Bouwverkeer kan de grasmat, en daarmee de bekleding beschadigen.

Om effecten aan de bekleding en de grasmat ten gevolge van verzakking te compenseren of te herstellen, worden de volgende voorwaarden gesteld aan het ontwerp en de uitvoering:

- Bouwputten worden gedicht met de ontgraven klei met een dikte van tenminste 2 meter, tenzij de ontgraving minder dan twee meter is. Dan geldt de ontgravingsdiepte.
- Deze klei wordt verdicht in lagen van 0,4 m ter voorkoming van openingen in het aangebrachte materiaal.
- T.b.v. de bouwfase geldt het advies om met rijplaten te werken zodat zo min mogelijk bekleding beschadigt. Eventueel beschadigde bekleding t.g.v. bouwverkeer dient hersteld te worden waarbij expliciete aandacht voor de aansluitingen op de poeren geadviseerd wordt.

7 Verwijzingen

[1] R. Jongejan, „Beoordeling van primaire waterkeringen op basis van voorwaardelijke overstromingskansen," Delft, 2020.

[2] NEN, „NEN 9997-1+C2, Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels," 2019.

[3] Rijksoverheid, „Waterwet, bijlage II," Rijksoverheid, 29 01 2009. [Online]. Available: https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2020-01-01#BijlageII. [Geopend 13 02 2020].

[4] Rijkswaterstaat, „Schematiseringshandleiding macrostabiliteit," 2019.

[5] ENW, expertisenetwerk waterveiligheid, „Technisch rapport actuele sterkte van dijken," 2009.

[6] Technische Adviescomissie voor de Waterkeringen (TAW), „Technisch rapport Waterspanningen bij dijken," 2004.

[7] Artikel Geotechniek, nummer 4, oktober 2012, pp 30-34, „Invloed van windturbines op primaire waterkeringen, kansen en belemeringen," 2012.

[8] ENW, „Leidraad Rivieren," 2007.

[9] Grondwatertools, „https://www.grondwatertools.nl/," [Online]. Available: https://www.grondwatertools.nl/. [Geopend 12 10 2020].

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensoring en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 70 jaar.

Contactgegevens

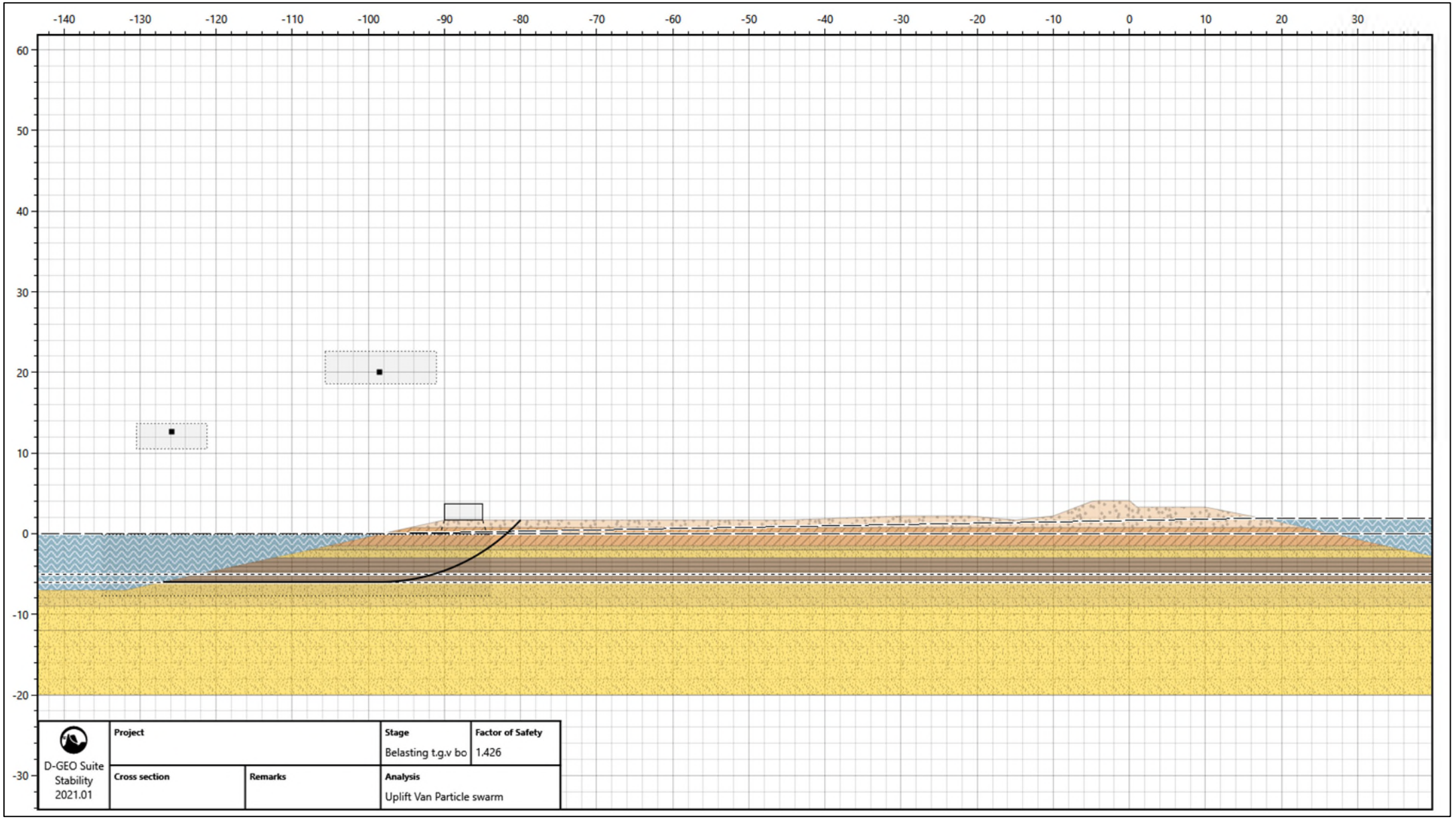
Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

www.anteagroup.nl

Copyright © 2020
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Bijlage 4 Glijcirkel stabiliteitsberekening

Bijlage 4 Glijcirkel stabiliteitsberekening


-140
-130
-120
-110
-100
-90
-80
-70
-60
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
D-GEO Suite Stability 2021.01
Project
Stage
Belasting t.g.v bo
Factor of Safety
1.426
Cross section
Remarks
Analysis
Uplift Van Particle swarm

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlenen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensoring en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

www.anteagroup.nl

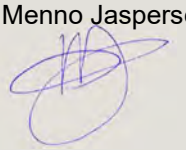
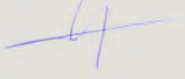
Copyright © 2022
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Kruising 2 HDD’s onderdoor het Bathse Spuikanaal en het Schelde-Rijnkanaal

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen

SWECO

Verantwoording

Titel:	HDD onderdoor het Bathse Spuikanaal en het Schelde-Rijnkanaal
Onderwerp:	Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen
Projectnummer:	51001237
Klant:	TenneT
Referentienummer:	NL23-648800269-50580
Versie:	D4
Datum:	16-05-2023
Auteurs:	Rebecca Geurts & Vita Vollaers
E-mailadres:	rebecca.geurts@sweco.nl & vita.vollaers@sweco.nl
Gecontroleerd door:	Menno Jasperse
Paraaf gecontroleerd:	
Vrijgegeven door:	John Driessen
Paraaf vrijgegeven:	

Inhoudsopgave

1. Inleiding 5
1.1 Situatie 5
1.2 Leeswijzer 6

2. Uitgangspunten 7
2.1 Gebruikte documenten 7
2.2 Vigerende normen en richtlijnen 7
2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen 8
2.4 Diepteligging 8
2.5 Inwendige overdruk 9
2.6 Grondwaterstand 9
2.7 Belasting- en ondersteuningshoek 9
2.8 Importantiefactor 9
2.9 Geotechnische parameters 10
2.10 Boortechnische gegevens 11
2.11 Verkeersbelasting 11
2.12 Boogstralen 11

3. Ontwerp 13
3.1 Gegevens HDD 13
3.2 Boorparameters 14
3.3 Intredepunt 14
3.4 Uittredepunt en uitlegstrook 14

4. Berekeningsresultaten 16
4.1 Trekkrachtberekening 17
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase 17
4.3 Muddrukberekening 17
4.4 Implosie 17
4.5 Kwelweg 18
4.5.1 Zoute ondergrond 18
4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket 18
4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden 19
4.5.4 Kwelmaatregelen 21

5. Risico’s en aandachtspunten 22

6. Conclusie 24
6.1 Algemeen 24
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening 24

Bijlage 1 – Ontwerptekening.....25
Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek.....26
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline.....27

1. Inleiding

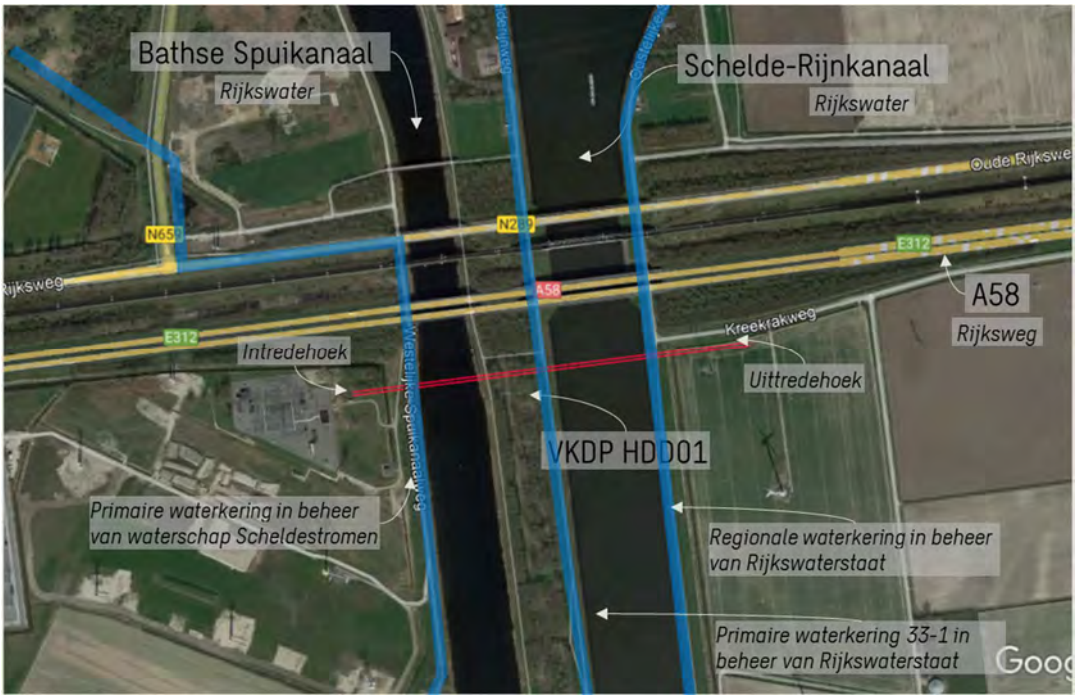
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met het Bathse spuikanaal, het Schelde-Rijnkanaal (Kreekrak), een tweetal primaire waterkeringen en een regionale waterkering. De kruising (met codering VKDP HDD01) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten zuidwesten van de brug over het Schelde-Rijnkanaal bij het 150kV-hoogspanningstation Rilland en eindigt in het bouwland aan de oostzijde van het Schelde-Rijnkanaal (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van circa 699 m en een maximale diepte van NAP -25,2 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van west naar oost: de primaire waterkering in het beheer van waterschap Scheldestromen, het Bathse spuikanaal, de primaire waterkering 33-1 in het beheer van Rijkswaterstaat, het Schelde-Rijnkanaal (Kreekrak) en een regionale waterkering in het beheer van Rijkswaterstaat Zeeuwse Delta. Het tracé ligt gedeeltelijk parallel aan een bestaande HDD-bundel van DNWG Infra B.V.



Figuur 1 Overzicht situatie VKDP HDD01

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen, is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van VKDP HDD1, tekeningnummer VKDP-HDD01 versie E, d.d. 28-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1).
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2).
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3).
- KLIC-levering 21O094476 en 21O094477 opgevraagd d.d. 21-09-2021.
- Schelde Rijnkanaal en Bathse Spuikanaal, Rijkswaterstaat, september 2016, website: file:///C:/Users/nlvitv/Downloads/2017-11-01_Schelde-Rijnkanaal_en_Bathse_Spuikanaal_klein.pdf%20(1).pdf.
- Zout-zout verdeling Zeeuwse ondergrond, geraadpleegd d.d. 15-03-2022, website: https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem#.
- Peilbesluiten waterschap Scheldestromen, geraadpleegd d.d. 14-03-2022, website: https://repository.officiele-overheidspublicaties.nl/CVDR/CVDR333586/1/xml/i241828.pdf.
- Vaarwegenoverzicht Rijkswaterstaat, geraadpleegd op d.d. 14-03-2022, website: https://www.rijkswaterstaat.nl/water/vaarwegenoverzicht/.
- Leggerkaart Kreekrakpolder, Rijkswaterstaat d.d. 18-03-2009;

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van Waterschap Scheldestromen;
- Leggers van Rijkswaterstaat;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50);
- Vergunningenbeleid waterkeringen 2017 van Rijkswaterstaat.

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.
- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
  - De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag.
  - De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter.
  - De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter.
  - Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningsaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifieker dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan. De eerste 8 m -mv bestaat uit klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 90% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen de kruin van de primaire waterkeringen te passeren met een dekking van minimaal 10 m en de teen met een dekking van minimaal 3,0 m (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
  - De kruinhoogte van de primaire watering in het beheer van waterschap Scheldestromen is circa NAP +4,9 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van NAP -25,17 m en hebben een dekking van 30,0 m. Dit voldoet aan de eis.
  - De kruinhoogte van de primaire watering 33-1 ter plaatse van de Westelijke Schelderijnweg in het beheer van Rijkswaterstaat is circa NAP +4,0 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van NAP -25,17 m en hebben een dekking van 29,2 m. Dit voldoet aan de eis.
  - De kruinhoogte van de regionale waterkering ter plaatse van de Oostelijke Schelderijnweg in het beheer van Rijkswaterstaat is circa NAP +3,7 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van NAP -25,17 m en hebben een dekking van 28,9 m. Dit voldoet aan de eis.

- De HDD’s dienen 10 meter onder de waterbodem van beide kanalen te liggen (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
  - De bodemdieptes zijn ontleend aan het vaarwegenoverzicht van Rijkswaterstaat. Het Schelde-Rijnkanaal heeft een diepte van NAP -7 m. Het Bathse Spuikanaal heeft een diepte van -7,00 NAP (Rijkswaterstaat, 2017). De HDD’s liggen hier op een diepte van NAP -25,17 m en voldoen hiermee aan de eis.
- De HDD’s dienen een dagmaat van 5 meter afstand te hebben bij parallelligging tot of kruising met een bestaande HDD-boring (op basis van de Richtlijn Boortechnieken, zie paragraaf 2.3)
  - De hartlijn van de DNWG Infra B.V. HDD ligt op een diepte van NAP -19,43 m. De hartlijn van de TenneT HDD’s ligt op een diepte van NAP -25,17 m. De HDD’s houden een dagmaat afstand van (verschil tussen diepte onderkant boring DNWG NAP -19,51 m en diepte bovenkant boring TenneT -24,67 m NAP, zie tabel Tabel 2-1) van 5,16 m. Het ontwerp voldoet aan de eisen voor de diepteligging.

Tabel 2-1 Diepte boringen DNWG Infra B.V. en TenneT om dagmaat boringen te berekenen

	Diameter (mm)	**Uitwendige diameter (mm)**	**Diepte hartlijn boring (mNAP)**	**Diepte onderkant boring (mNAP)**	**Diepte bovenkant boring (mNAP)**
HDD DNWG Infra B.V.	160	160	-19,43	-19,51	-19,35
Nieuwe HDD TenneT	4x 315	1000	-25,17	-25,67	-24,67

2.5 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.6 Grondwaterstand

De grondwaterstand is ontleend uit de data van DINO-loket (meetpunt B49D0399). De grondwaterstand fluctueert gedurende het jaar en bedraagt gemiddeld circa NAP +0,3 m.

2.7 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.8 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.9 Geotechnische parameters

De geotechnische gegevens en parameters gebruikt zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en aanvullend uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.

ID-nummer	Bron	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortrace [m]	Jaartal
B49D0171	Dinoloket	Boring	-13	50	1978
B49D0030		Boring	-25	70	1964
B49D2224		Boring	-11	60	1965
B49D0335		Boring	-25	60	1966
B49D2233		Boring	-13	60	1965
1106.S03	Sweco-database	Sondering	-18	130	2014
1106.S04		Sondering	-18	130	2014
107.S02		Sondering	-5	130	2013
107.S01		Sondering	-15	130	2013
1108.S02		Sondering	-34	130	2013
1108.S01		Sondering	-34	130	2013
1108.S05		Sondering	-38	80	2013
1108.S06		Sondering	-37	80	2013
1108.S07		Sondering	-19	80	2013

De bovenkant van de vaste zandlaag bevindt zich tussen de -6 en -9 m NAP van het geplande boortracé. Met behulp van de aanzienlijke hoeveelheid sonderingen en boringen kon het verloop van de bovenkant van deze zandlaag vrij nauwkeurigheid vastgesteld worden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat aanvullend grondonderzoek niet noodzakelijk is. Uit het grondonderzoek blijkt dat boven de zandlaag de grond bestaat uit klei en veenlagen. Ook het verloop van de diepte van deze klei en veenlagen kon met behulp van de beschikbare boringen en sonderingen vrij nauwkeurig vastgesteld worden. Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs het profiel zien. Hierbij dient echter wel benadrukt te worden dat de niveaus van de lithologieën langs het profiel variëren en niet overal op exact dezelfde dieptes liggen zoals weergegeven in tabel 2-2.

Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening. Dieptes van de lithologieën zijn gebaseerd op het grondonderzoek langs de westzijde van het profiel (1106.S03, 1106.S04 en B49D171).

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m^3]	γ_n [kN/m^3]	c' [kPa]	φ' [°]	Su top/bottom [kN/m^2]	E [kN/m^2]
1,2	-0,5	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	7500
-0,5	-3,8	Klei, organisch, slap	13	13	0,0	15,0	35,0	500
-3,8	-6,0	Veen, slap	11	11	1,0	15,0	35,0	200
-6,0	-13,5	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	15000
-13,5	-29,0	Zand, schoon, vast	19	21	0,0	35,0	0,0	45000

2.10 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberekeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waardes zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberekeningen in bijlage 3.

2.11 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de Westelijke Spuikanaalweg is verkeersklasse II gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020.

2.12 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van verticale bochten van 250 m. De boogstralen voldoen hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken.

De maximale afwijkingen in de lengte- en breedterichting en de diepteligging van de hartlijn van de leiding bedragen conform tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken:

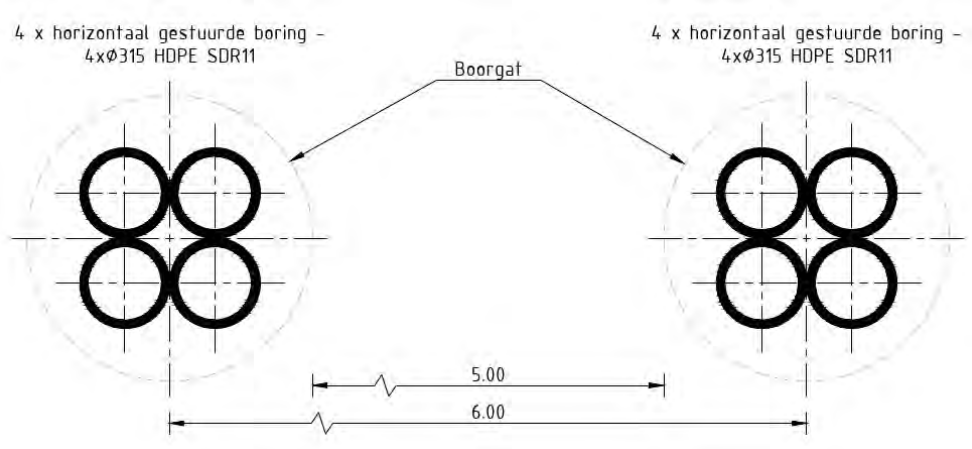
RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGSAFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal: - in lengterichting; t.p.v. uittredepunt - in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt - in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	 +5/-2 m +1/-1 m +5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: PE 100 4xØ315 mm SDR 11;
- lengte: 699 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -25,17 m;
- intredehoek: 22°;
- uittredehoek: 15°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: n.v.t.



Figuur 2 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechniek is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD's dienen een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen.
- De HDD's dienen buiten de kernzone van de primaire waterkeringen van waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat in of uit te treden.
- De sterkte van de leidingen dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

3.2 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : max-rig 80 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m^3;
- diameter pilothole : Ø350 mm;
- ruimgat : Ø500 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt aan de westzijde van het tracé bij het 150 kV-station Rilland (zie Figuur 3). De locatie is bereikbaar vanaf de Westelijke Spuikanaalweg, deze doet tevens dienst als primaire waterkering. Het intredepunt ligt buiten de beschermingszone B van de waterkering. Indien het werkverkeer de locatie vanuit het noorden benadert, dient rekening te worden gehouden met de doorrijhoogte onderdoor de brug over het kanaal.

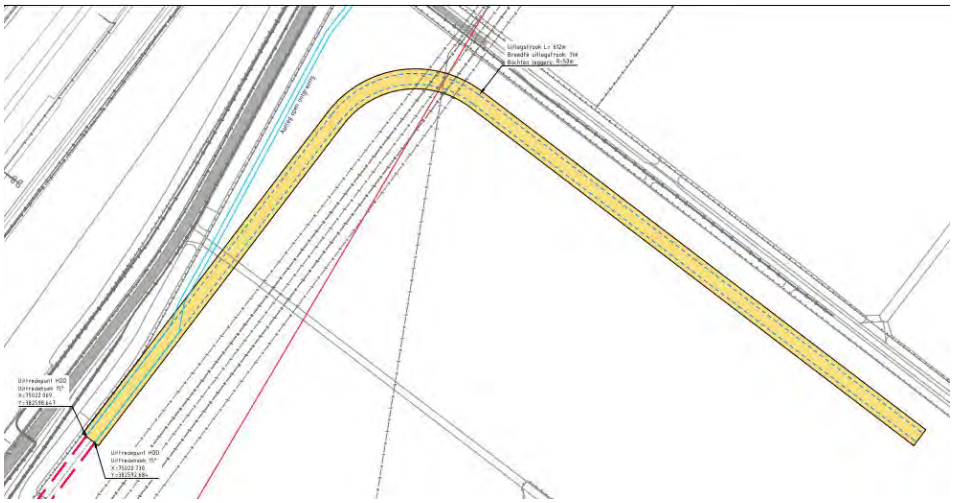
Figuur 3 Intredepunt VKDP HDD01

3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in bouwland aan de oostzijde van het boortracé (zie Figuur 4). De locatie is bereikbaar via de Kreekrakweg. Indien het werkverkeer de locatie vanuit het noorden benadert, dient rekening te worden gehouden met de doorrijhoogte onderdoor de brug over het kanaal.

De uitlegstrook ligt in het bouwland en maakt voor de Kreekrakweg een haakse bocht naar het zuiden, zodat de weg niet afgezet hoeft te worden (zie Figuur 5). Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.

Figuur 4 Uittredepunt VKDP HDD01



Figuur 5 Uitlegstrook VKDP HDD01

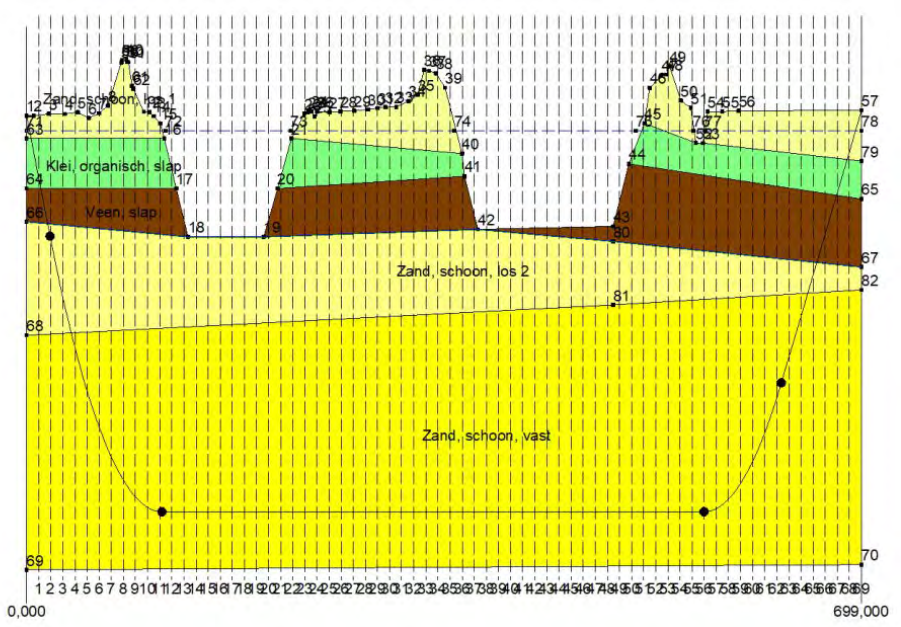
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 6 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt 502*1,8 = 904 kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van 9,31 N/mm^2 aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm^2.

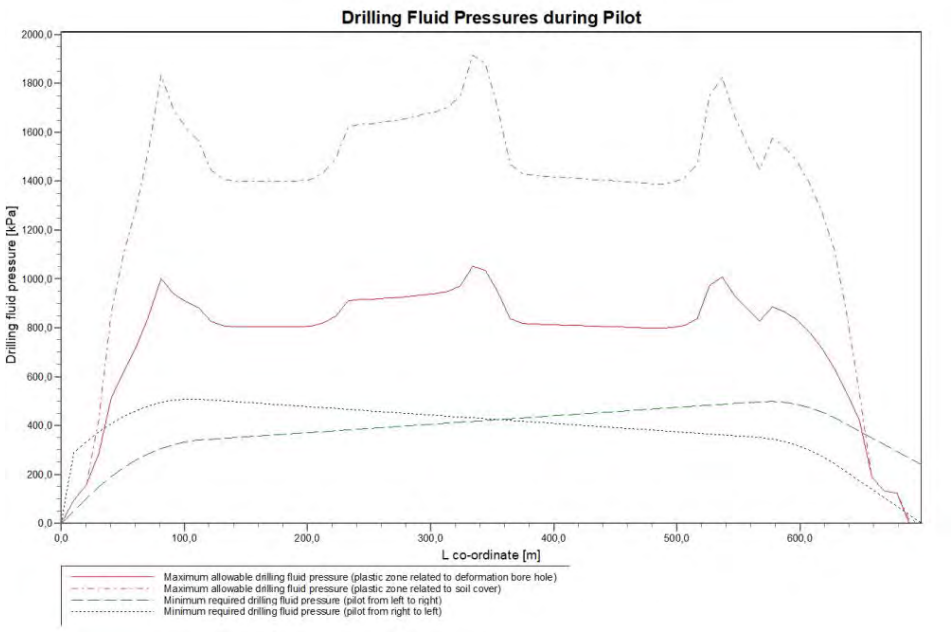
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van 3,09 N/mm^2. Toelaatbaar is 8 N/mm2 waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van 6,3 mm (1,99% x D_0) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van 25,2 mm (8% x D_0).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 20 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 7 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op een lege leiding bedraagt 252 kN/m^2, terwijl 280 kN/m^2 toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Zoute ondergrond

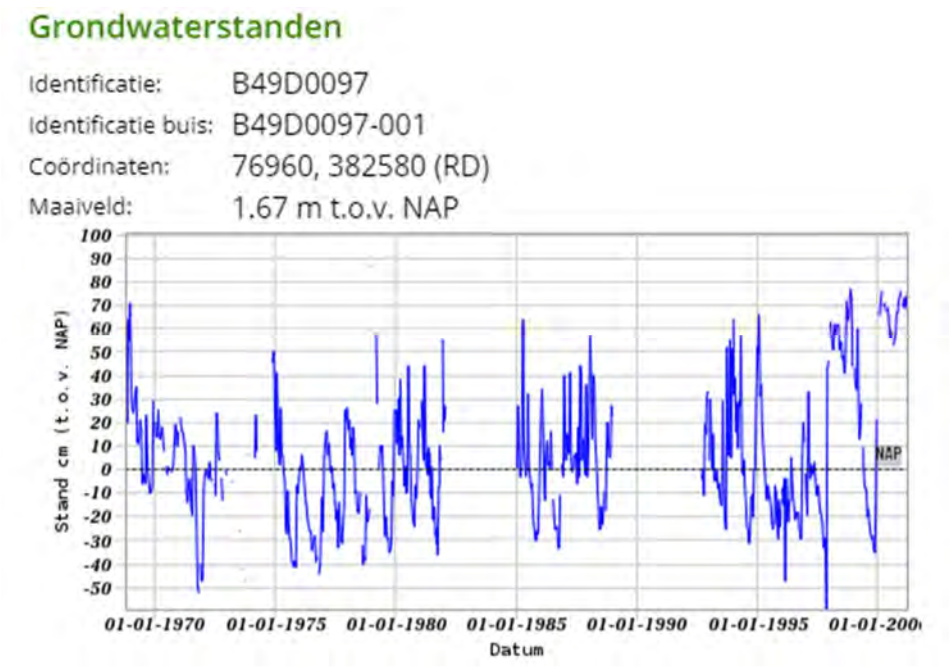
Door de nabijheid van de Westerschelde is de ondergrond op veel plekken verzadigd met zout water. Er treedt infiltratie op van zoet regenwater. Het regenwater zorgt voor een zoete bovenlaag van de bodem, maar veel dieper komt de zoete invloed niet. Het grensvlak met het chloride gehalte (zout water) is weergegeven in *Figuur 8*. Het grensvlak ligt tussen NAP 0 – 5 m. In de omgeving van de HDD komt in diepere grondlagen een hoog chloridegehalte voor (zie *Figuur 8*). De kans op brak grondwater is aannemelijk.

Figuur 8 *Grensvlak met chloridegehalte nabij HDD-kruising*

4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

De HDD's liggen in het deelgebied Zuid-Beveland-Oost waar Waterschap Scheldestromen het peilbeheer voert.

Ter illustratie zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B49D0097 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B49D0097-001 in periodes lager ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B49D0097-002. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.



Figuur 9 *Freatische grondwaterstand B30H0125-001 uit Dinoloket, filter op NAP -6,5 m*

Figuur 10 *Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B30H0125-002 uit Dinoloket, filter op NAP -11,9 tot -13,96 m*

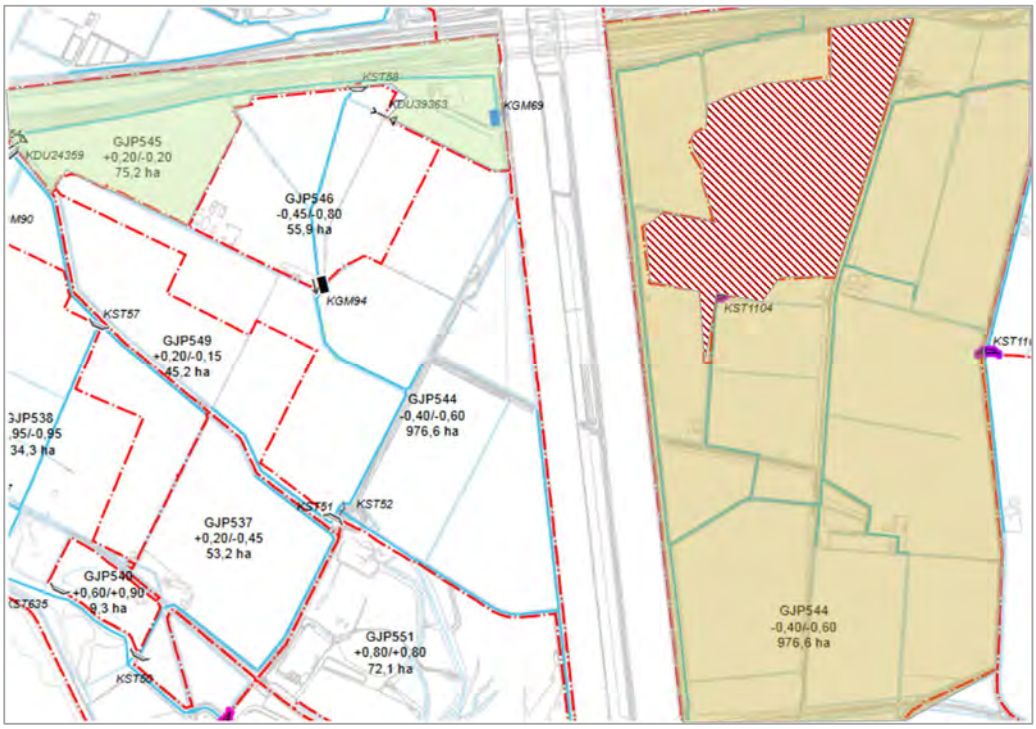
4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden

Uit de peilbesluitenkaart van waterschap Scheldestromen blijkt dat oost- en westzijde van het Schelde-Rijnkanaal niet tot dezelfde peilgebieden behoren. Links van de kanalen behoort tot gebied GJP545 en rechts van de kanalen behoort tot gebied GJP544 (zie *Figuur 11*).

Gezien de waterstandsverschillen tussen de peilgebieden is het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD.

Tabel 4-1 Peilbesluiten Waterschap Scheldestromen

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
GJP545	+ 0,20	- 0,20
Spui Bathkanaal	+ 0,00	+ 0,00
Schelde-Rijnkanaal	+ 1,80	+ 1,80
GJP544	- 0,40	- 0,60



Figuur 11 Peilgebieden Waterschap Scheldestromen

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

$$Natuurlijke\ kwelweg < kwelweg\ via\ HDD$$

$$L_0 \times {}^1/_3 < L_{vert} + L_{hor} \times {}^1/_6$$

Waarin:

L_0: kortste natuurlijke kwelweg

L_{vert}: kwelweg in verticale richting

L_{hor}: kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat kwel tussen de peilgebieden via de HDD's op kan treden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
GJP545	GJP544	504/3= 168	23,5+500/6+10,2=117,1
GJP545	Spui Bathkanaal	77/3 = 25,7	18,2+77/6 +18,2 = 49,3
Spui Bathkanaal	GJP544	344/3=114,7	18,2+344/6 +18,2 = 99,7
Schelde Rijnkanaal	GJP544	44,8/3=14,9	18,9+44,8/6 +18,9 = 45,3
Schelde Rijnkanaal	GJP545	303/3=101	18,9+303/6 +18,9 = 88,3
Schelde Rijnkanaal	Spui Bathkanaal	140,4/3=46,8	18,9+140,4/6 +18,9 = 61,2

4.5.4 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie hoger dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

5. Risico’s en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico’s en aandachtspunten rekening te houden:

- Veilig werken in de nabijheid van hoogspanningmasten. Deze lijn is in bedrijf ten tijde van de werkzaamheden. Hier kan ook een hoogte-beperking gelden. De afstand tot de fundering van hoogspanningsmast 88 bedraagt circa 18 meter. De afstand tot de fundering van hoogspanningsmast 87 bedraagt circa 24 meter. Voor beide masten geldt dat deze aan de zuidkant van de HDD’s liggen. Het heeft de voorkeur om de HDD die het meest dichtbij de masten ligt als eerste uit te voeren, zodat deze in ieder geval voldoende afstand heeft tot de fundering van de mast.
- Afstemming met DNWG over het kruisen van de HDD-bundel in het tracé.
- Bij de geplande diepteligging van de HDD’s bestaat tijdens de pilotboring de kans op muduitbraak in de laatste 20 m van het tracé gezien de berekeningsresultaten. Voorafgaand aan de uitvoering dient de aannemer de werkwijze om een blow-out te voorkomen af te stemmen met Rijkswaterstaat.
- Het nemen van de in paragraaf 4.5.4 benoemde kwelmaatregelen. Voorafgaand aan de uitvoering dienen de plannen hiervoor goedgekeurd te worden door Waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat.
- De aanwezigheid van brak grondwater in de ondergrond. De aannemer dient hier bij de samenstelling van het bentoniet rekening mee te houden.
- De boor-rig en het materieel worden opgesteld aan de westzijde van de boring bij het 150 kV-station Rilland.
- Uitlegstrook: de mantelbuizen worden uitgelegd aan de oostzijde van de HDD in bouwland. De uitlegstrook ligt parallel en kruist de 150 kV mastenroute.
- Om de werkterreinen te betreden, zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken.
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200.
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden.
- Na het boren en na het invoeren van de kabels dienen de uiteinden van de mantelbuizen afgesloten te worden.

- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalings-systeem tijdens de pilotboring voor.
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals hoogspanningsmasten.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

De rapportage betreft de kruising met het Bathse Spuikanaal, het Schelde-Rijnkanaal (Kreekrak), een tweetal primaire waterkeringen en een regionale waterkering. Dit document betreft de vergunningsrapportage voor Rijkswaterstaat en waterschap Scheldestromen met het ontwerp en berekeningen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, de Richtlijn Boortechnieken (2019) en de beleidsregels van waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat.

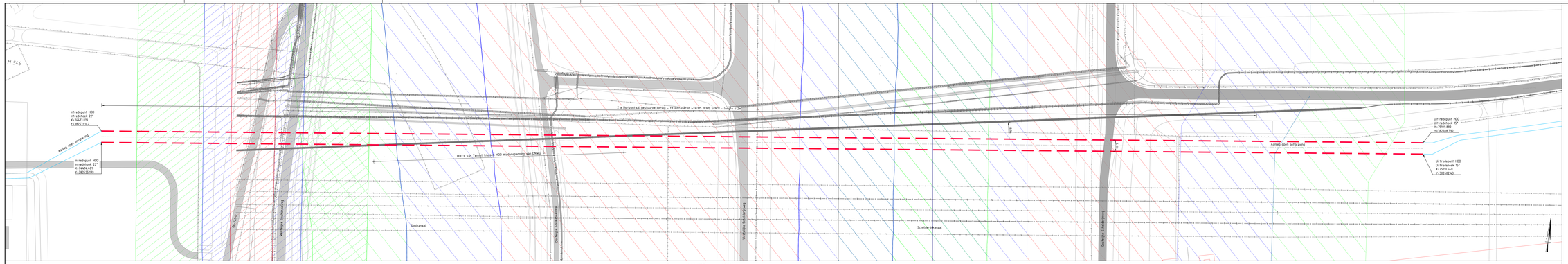
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

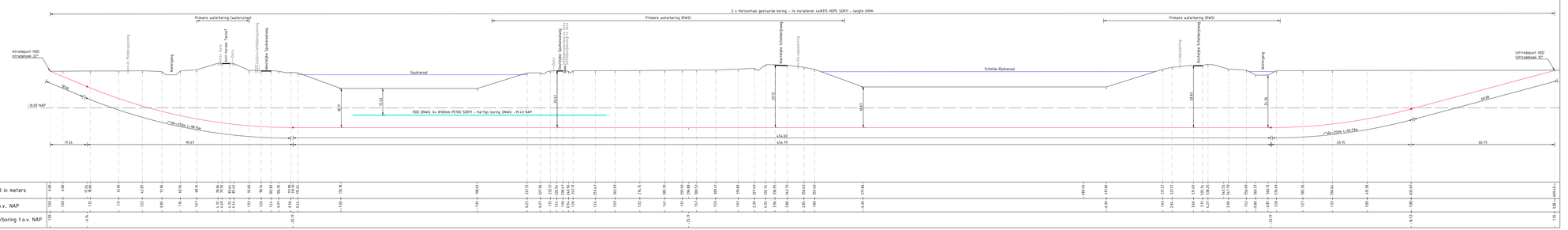
Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE 100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

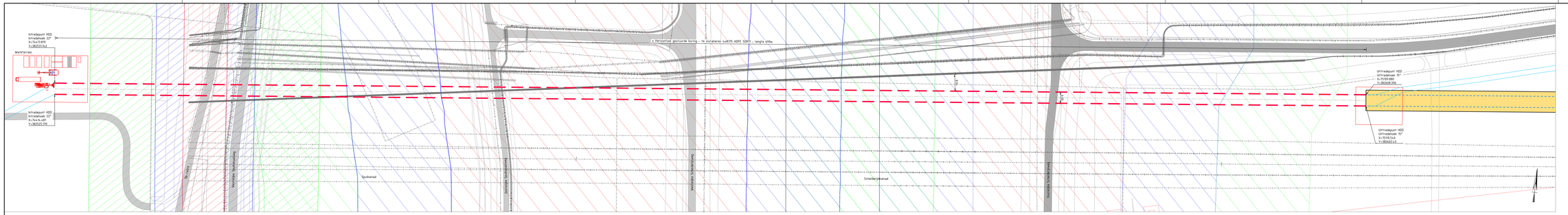
Het is noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen. Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

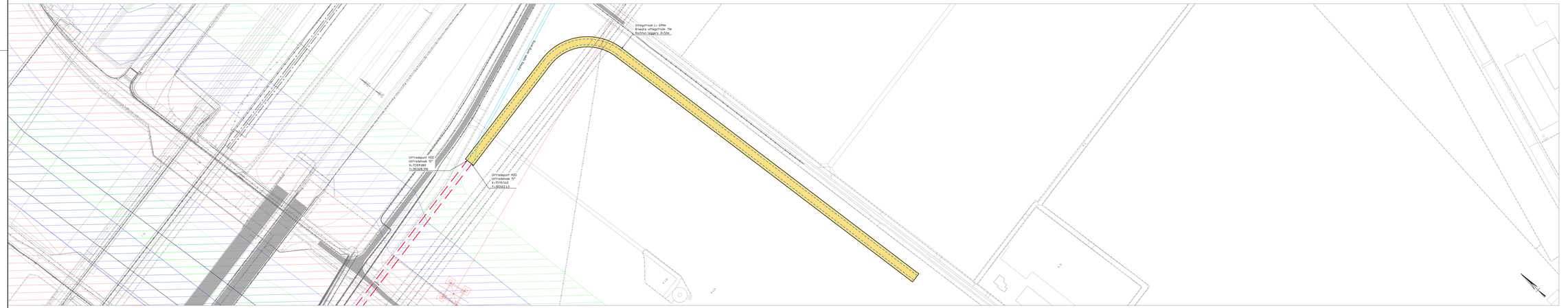
Bijlage 1 – Ontwerptekening

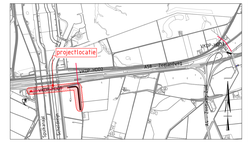


Bovenaanzicht HDD schaal 1500


2 x Horizontaal gestuurde boring - te installeren 4x40/35 HDPE SDR11 - lengte 699m
Primaire waterkering (waterschap)
Primaire waterkering (RWS)
Primaire waterkering (RWS)
Intredepunt HDD
Intredehoek 22°
Uittredepunt HDD
Uittredehoek 15°
Spuikanaal
Scheldekanaal
Scheldestraatweg
Kanaal door Walcheren
Kanaal door Walcheren
Kanaal door Walcheren
Scheldestraatweg
Scheldestraatweg
Scheldestraatweg







Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Verharding (asfalt)
- Bestaande teen
- Bebouwing
- Primaire waterkering
- Leidingstrook
- Uitlegstrook
- Verharding/wegen
- Locatie sondering met nummer

Waterkeringen: Waterschap
- Beschermingszone B
- Beschermingszone A
- Primaire waterkering

Waterkeringen: Rijkswaterstaat
- Beschermingszone B
- Beschermingszone A
- Primaire waterkering

Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Materialen in millimeters
Hoogtewaarden in meters t.o.v. N.A.P.

Vergunningstekening

2	t.v.v. vergunningaanvraag	19-05-2022	JPH	PMJ	JD
1	Zichtstel ontwerp	19-04-2022	JPH	PMJ	JD
0	Zichtstel	01-03-2022	RB	PMJ	JD
A	Voorlopig ontwerp	02-02-2022	MH	PMJ	JD
Rev.	Omschrijving	Datum rev.	Gez.	Ber.	Goedkj.

Opdrachtgever
TenneT TSO B.V.

Project
HDD's 150 kV ZWO

Titel
VKDP-HDD1, Rilland-Volkerdorp-Markiezaat
Uitlegstrook

Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Uitvoer van afdruk	Uitvoerdatum	Leeftijdsklasse
364722	VKDP-HDD1-U	E	28-04-2022	Definitief	

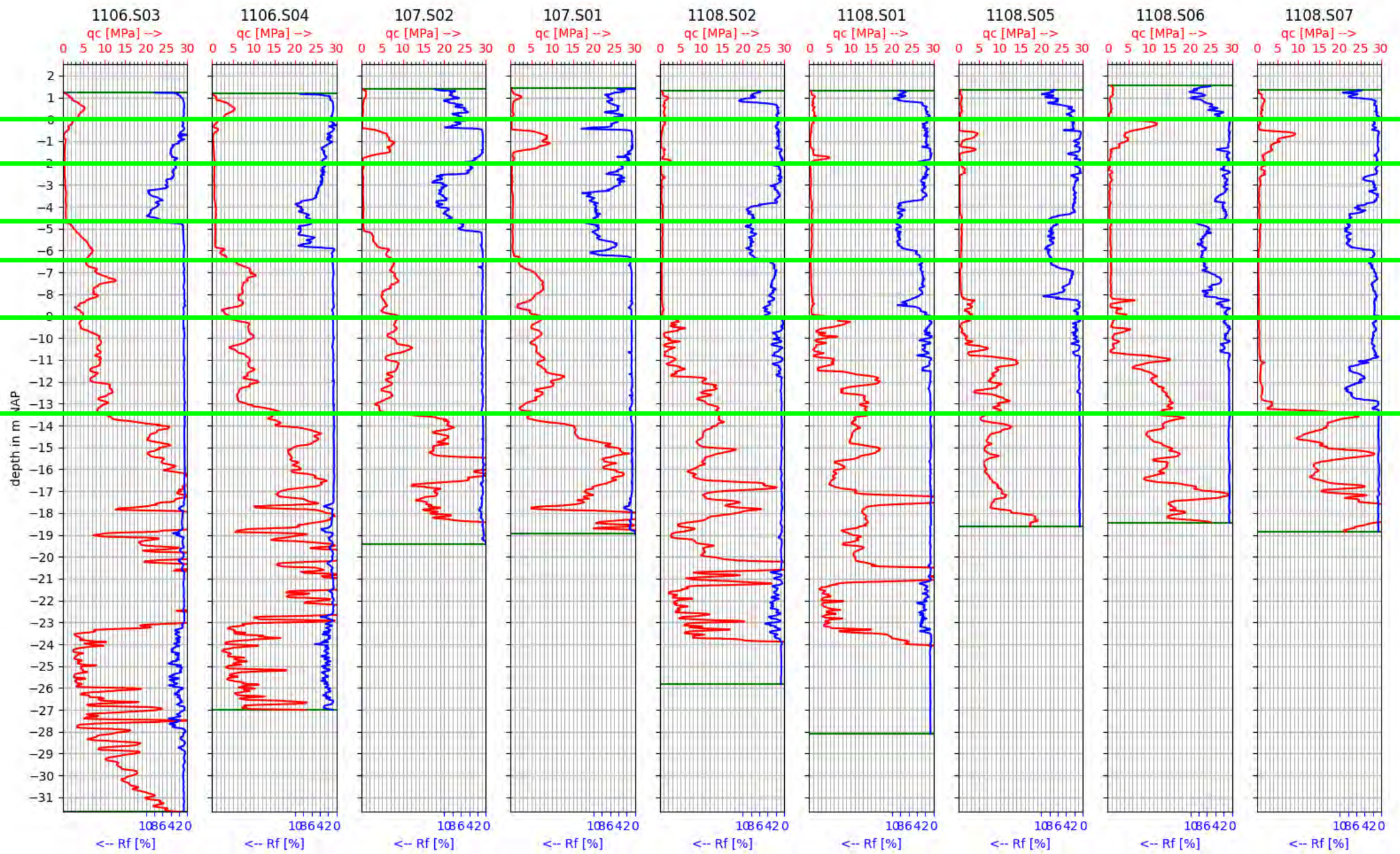
Blad	Van	Schaal	Formaat	Opsteller	Ver	Ont	Goedkj.
2	2	1500/11000	A1 L (1500x594)	De Bilt	JH	PMJ	JD

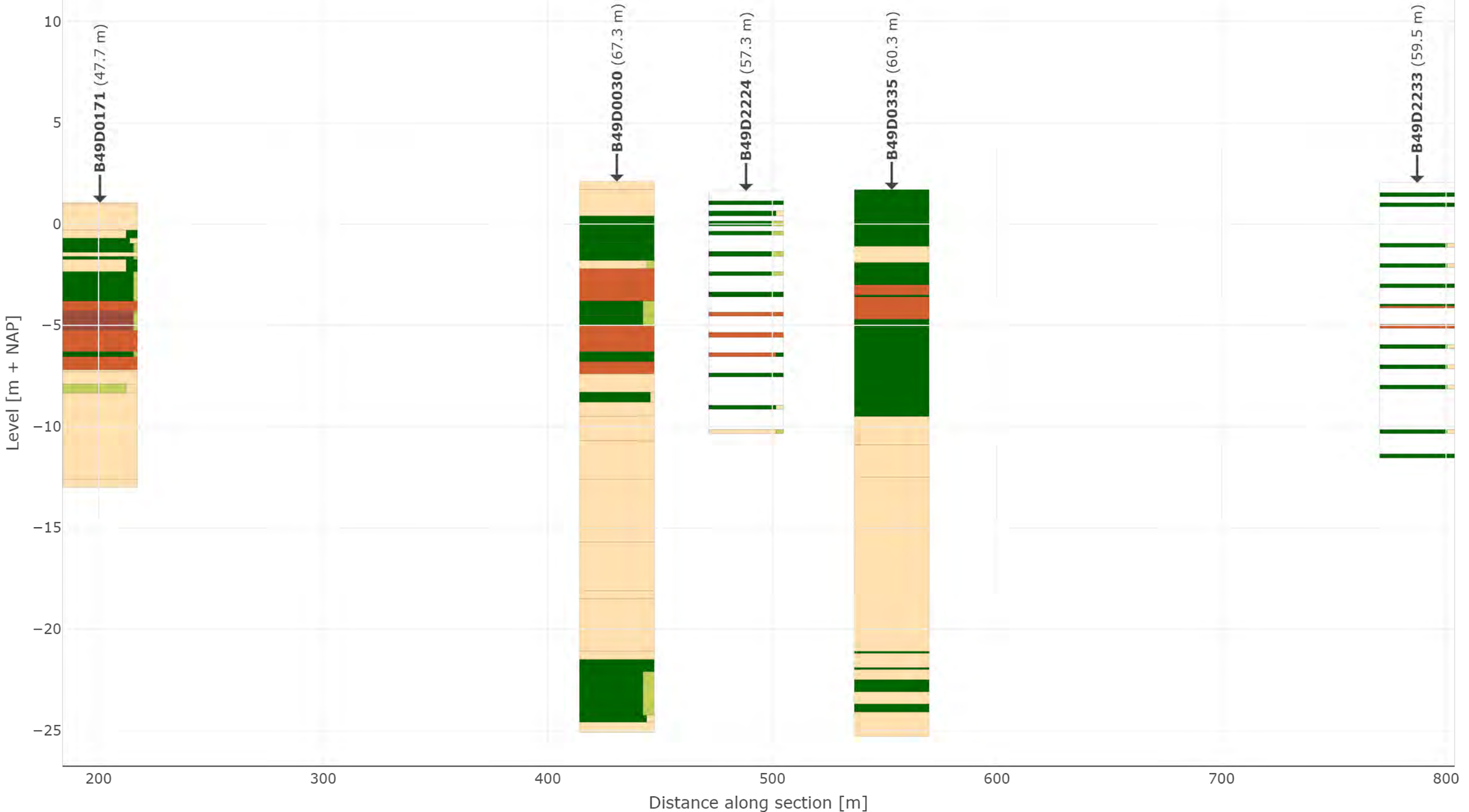
www.sweco.nl
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

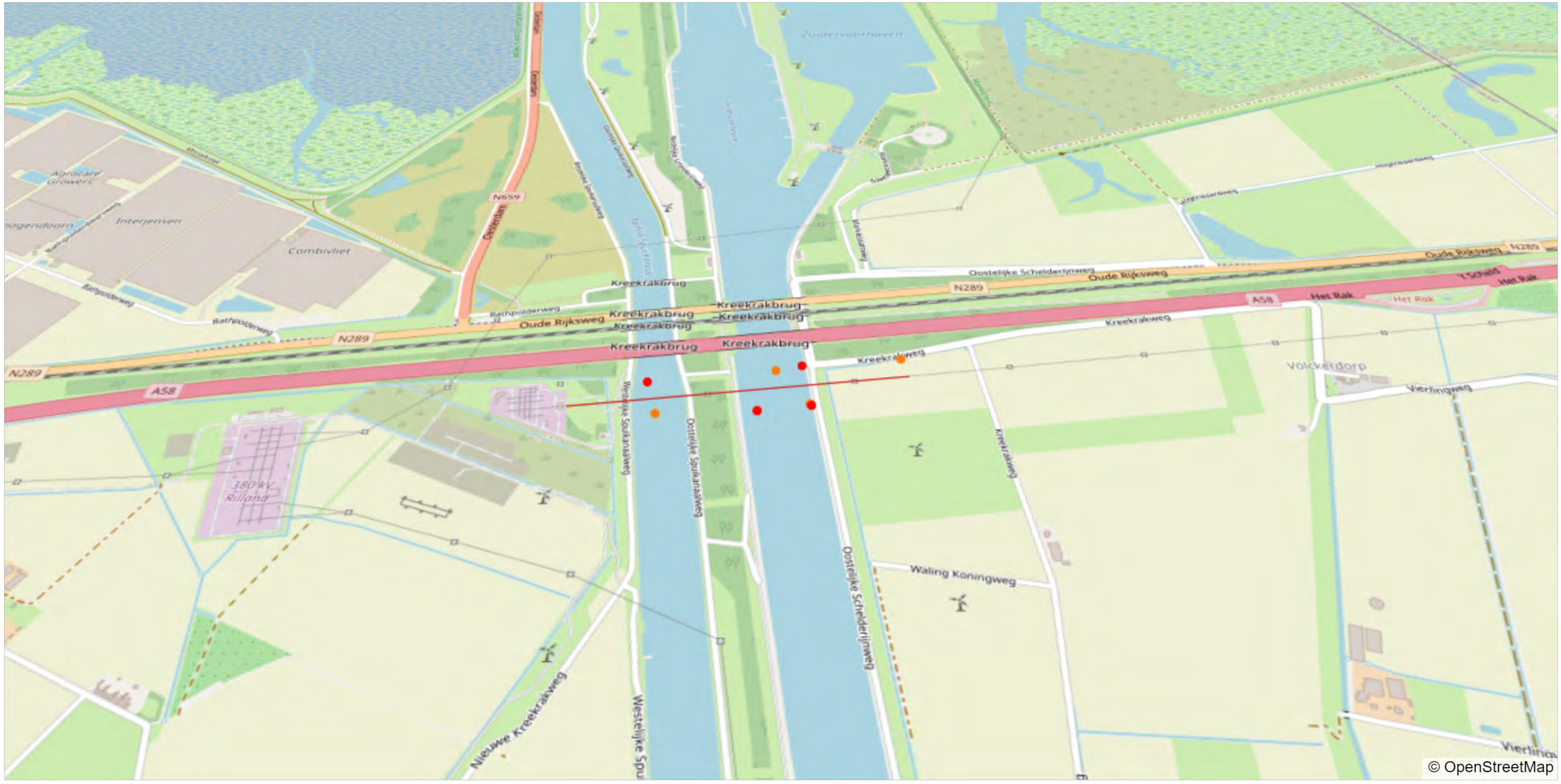
SWECO

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

VKDP HDD1

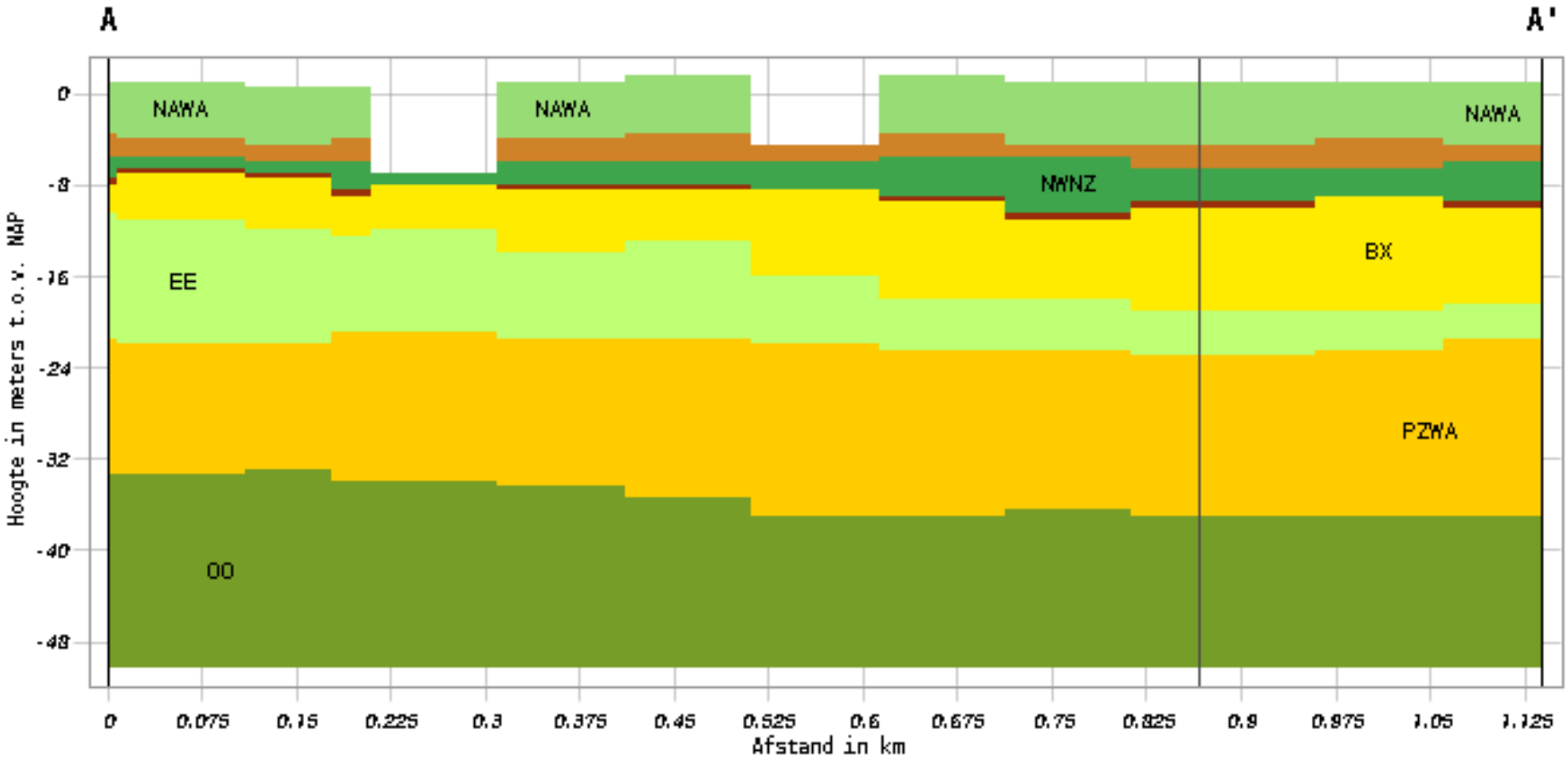

1106.S03
1106.S04
107.S02
107.S01
1108.S02
1108.S01
1108.S05
1108.S06
1108.S07
qc [MPa] -->
0 5 10 15 20 25 30
depth in m NAP
2 1 0 −1 −2 −3 −4 −5 −6 −7 −8 −9 −10 −11 −12 −13 −14 −15 −16 −17 −18 −19 −20 −21 −22 −23 −24 −25 −26 −27 −28 −29 −30 −31
<-- Rf [%]
10 8 6 4 2 0


B49D0171 (47.7 m)
B49D0030 (67.3 m)
B49D2224 (57.3 m)
B49D0335 (60.3 m)
B49D2233 (59.5 m)
10
5
0
−5
−10
−15
−20
−25
Level [m + NAP]
200
300
400
500
600
700
800
Distance along section [m]



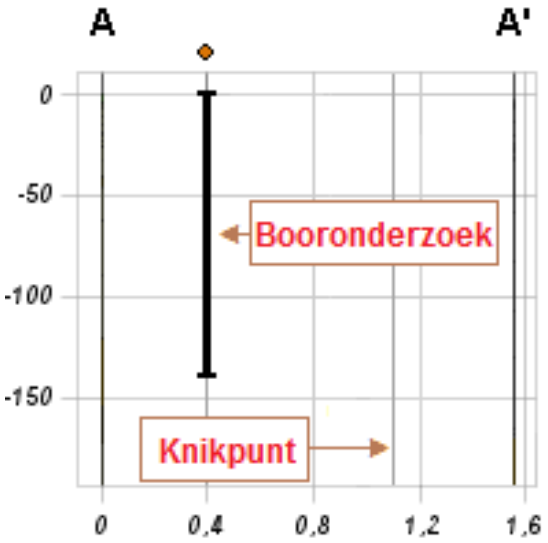
borehole not shown on sectionplot section

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Geologische eenheid

- NWNZ
- NAWA
- NIHO
- NIBA
- BX
- EE
- PZWA
- OO



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report:	28-4-2022
Time of report:	17:12:23
Report with version:	20.1.2.31161
Calculated with version:	20.1.1.30040
File name:	HDD berekening 28042022

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Messages 4
2.1 Calculation Warnings 4
3 Input Data 5
3.1 Model Used 5
3.2 Layer Boundaries 5
3.3 Pl-lines 5
3.4 Phreatic Line 6
3.5 Soil Profiles 6
3.6 Selected Boundaries 6
3.7 Soil Material Data 6
3.8 Geometry 7
3.8.1 Geometry Section, Detailed 7
3.8.2 Geometry Top View 7
3.9 Calculation Verticals 8
3.10 Configuration of the Pipeline 9
3.11 Product Pipe Material Data 9
3.12 Pipe Engineering Data 10
3.13 Drilling Fluid Data 10
3.14 Factors 11
3.15 Calculation Options 11
4 Drilling Fluid Pressures 12
4.1 Drilling Fluid Data 12
4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure 15
4.3 Drilling Fluid Pressure Plots 17
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot 17
4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming 17
4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation 18
5 Soil Mechanical Data 19
5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1 19
5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2 21
5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3 24
5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4 26
5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical 29
6 Data for Stress Analysis 33
6.1 General Data 33
6.2 Buoyancy Control 33
6.3 Calculation Pulling Force 33
7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1 35
7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1 35
7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1 35
7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 35
7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 36
7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 36
7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 36
7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 36
7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1 37
7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1 37
8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2 38
8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2 38
8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2 38
8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 38
8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 39
8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 39
8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 39
8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 39
8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2 40
8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2 40
9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3 42
9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3 42
9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3 42
9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 42
9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 43
9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 43

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 43
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 43
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3 44
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3 44
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4 45
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4 45
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4 45
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation 45
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation 46
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure 46
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure) 46
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure) 46
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4 47
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4 47

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a Su-value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
5 - L -	0,000	6,000	18,660	31,990	42,870
5 - Z -	1,000	1,000	1,120	1,110	1,220
5 - L -	51,960	60,560	68,160	79,243	79,865
5 - Z -	0,850	1,160	1,670	4,516	4,676
5 - L -	79,920	83,640	84,026	85,420	88,307
5 - Z -	4,690	4,720	4,574	4,540	2,954
5 - L -	89,382	98,140	102,830	106,350	111,980
5 - Z -	2,769	1,260	1,240	0,970	0,500
5 - L -	115,240	125,210	135,180	198,630	210,180
5 - Z -	-0,500	-3,800	-7,000	-7,000	-3,800
5 - L -	221,730	232,510	235,540	238,470	240,960
5 - Z -	-0,500	1,130	1,240	1,300	0,940
5 - L -	243,130	253,470	262,690	274,150	285,700
5 - Z -	1,260	1,240	1,290	1,320	1,410
5 - L -	293,930	300,530	309,410	319,890	327,490
5 - Z -	1,510	1,570	1,590	1,970	2,390
5 - L -	332,740	336,950	342,730	350,430	364,500
5 - Z -	4,020	3,960	3,800	2,850	-1,500
5 - L -	366,630	377,860	491,000	504,135	517,270
5 - Z -	-3,000	-6,500	-6,300	-2,185	0,500
5 - L -	521,570	531,490	535,740	538,250	547,790
5 - Z -	2,840	3,660	3,710	4,270	2,000
5 - L -	556,090	560,370	566,130	570,090	582,360
5 - Z -	1,520	-0,800	-0,810	1,280	1,270
5 - L -	596,040	699,000			
5 - Z -	1,330	1,350			
4 - L -	0,000	115,240	125,210	135,180	198,630
4 - Z -	-0,500	-0,500	-3,800	-7,000	-7,000
4 - L -	210,180	221,730	364,500	366,630	377,860
4 - Z -	-3,800	-0,500	-1,500	-3,000	-6,500
4 - L -	491,000	504,135	517,270	560,370	566,130
4 - Z -	-6,300	-2,185	0,500	-0,800	-0,810
4 - L -	699,000				
4 - Z -	-2,000				
3 - L -	0,000	125,210	135,180	198,630	210,180
3 - Z -	-3,800	-3,800	-7,000	-7,000	-3,800
3 - L -	366,630	377,860	491,000	504,135	699,000
3 - Z -	-3,000	-6,500	-6,300	-2,185	-4,500
2 - L -	0,000	135,180	198,630	377,860	491,000
2 - Z -	-6,000	-7,000	-7,000	-6,500	-7,300
2 - L -	699,000				
2 - Z -	-9,000				
1 - L -	0,000	491,000	699,000		
1 - Z -	-13,500	-11,500	-10,500		
0 - L -	0,000	699,000			
0 - Z -	-29,000	-28,650			

3.3 Pl-lines

Pl-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	116,000	221,000	358,000	510,000
1 - Z -	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1 - L -	558,000	568,000	699,000		
1 - Z -	0,000	0,000	0,000		

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
5	Zand, schoon, los 1	1	1
4	Klei, organisch, slap	1	1
3	Veen, slap	1	1
2	Zand, schoon, los 2	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlaying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, los 2
The boundary between compressible top layers and underlaying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, los 2

3.7 Soil Material Data

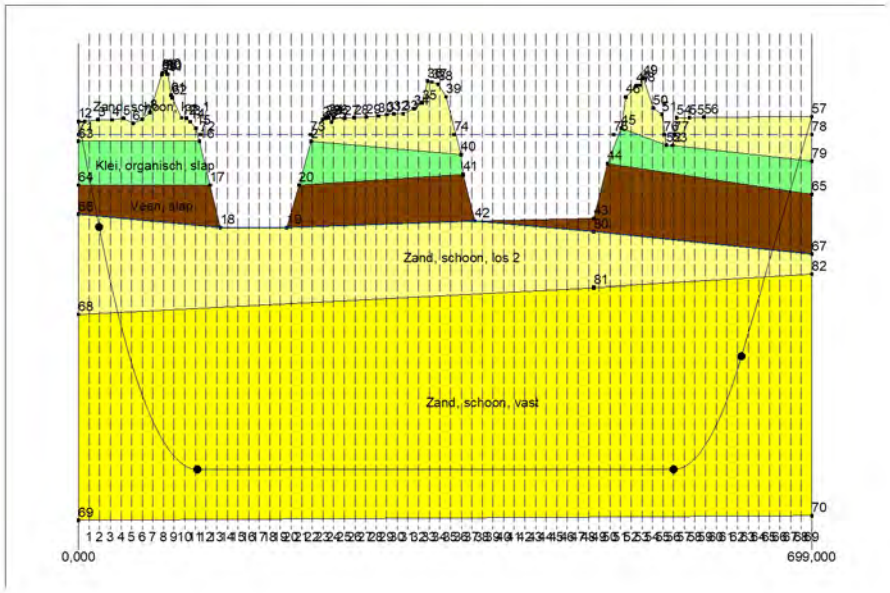
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
Zand, schoon, los 1	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, organisch, slap	13,00	13,00	0,00	15,00	35,00	35,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,00	15,00	35,00	35,00
Zand, schoon, los 2	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
Zand, schoon, los 1	Sand	7500,00	-	-
Klei, organisch, slap	Clay	500,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, los 2	Sand	15000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	45000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, schoon, los 1	-	-	0,30
Klei, organisch, slap	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,40
Zand, schoon, los 2	-	-	0,30
Zand, schoon, vast	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View

3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	10,130	-3,093
2	20,260	-7,185
3	30,390	-10,998
4	40,520	-14,321
5	50,650	-17,175
6	60,780	-19,576
7	70,910	-21,538
8	81,040	-23,071
9	91,170	-24,183
10	101,300	-24,879
11	111,430	-25,162
12	121,560	-25,170
13	131,690	-25,170
14	141,820	-25,170
15	151,950	-25,170
16	162,080	-25,170
17	172,210	-25,170
18	182,340	-25,170
19	192,470	-25,170
20	202,600	-25,170
21	212,730	-25,170
22	222,860	-25,170
23	232,990	-25,170
24	243,120	-25,170
25	253,250	-25,170
26	263,380	-25,170
27	273,510	-25,170
28	283,640	-25,170
29	293,770	-25,170
30	303,900	-25,170
31	314,030	-25,170
32	324,160	-25,170
33	334,290	-25,170
34	344,420	-25,170
35	354,550	-25,170
36	364,680	-25,170
37	374,810	-25,170
38	384,940	-25,170
39	395,070	-25,170
40	405,200	-25,170
41	415,330	-25,170
42	425,460	-25,170
43	435,590	-25,170
44	445,720	-25,170
45	455,850	-25,170
46	465,980	-25,170
47	476,110	-25,170
48	486,240	-25,170
49	496,370	-25,170
50	506,500	-25,170
51	516,630	-25,170
52	526,760	-25,170
53	536,890	-25,170
54	547,020	-25,170
55	557,150	-25,170
56	567,280	-25,170
57	577,410	-24,958
58	587,540	-24,334
59	597,670	-23,295
60	607,800	-21,837
61	617,930	-19,951
62	628,060	-17,627

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	638,190	-14,944
64	648,320	-12,230
65	658,450	-9,515
66	668,580	-6,801
67	678,710	-4,087
68	688,840	-1,372
69	698,970	1,342

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,000	[m]
X co-ordinate right point	699,000	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	1,350	[m]
Angle left	22,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-25,170	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

3.11 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.12 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.13 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,350	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,5	[kN/m³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m²]

3.14 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3.15 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	94	94	51	290
2	157	157	102	334
3	284	422	149	374
4	511	858	191	408
5	621	1104	228	437
6	722	1290	259	461
7	846	1527	285	480
8	1001	1833	306	495
9	939	1692	322	504
10	907	1617	334	508
11	883	1564	341	508
12	826	1446	344	505
13	808	1408	348	501
14	804	1400	351	498
15	804	1400	355	494
16	804	1400	358	491
17	804	1400	362	487
18	804	1400	365	484
19	804	1400	369	480
20	807	1407	372	477
21	820	1434	375	473
22	847	1489	379	470
23	910	1620	382	466
24	916	1634	386	463
25	917	1635	389	459
26	921	1643	393	456
27	924	1649	396	452
28	929	1659	400	449
29	935	1673	403	445
30	940	1683	407	442
31	949	1703	410	438
32	971	1748	414	435
33	1052	1915	417	432
34	1035	1881	421	428
35	947	1698	424	425
36	837	1469	428	421
37	818	1430	431	418
38	815	1422	435	414
39	813	1419	438	411
40	811	1416	442	407
41	810	1412	445	404
42	808	1409	449	400
43	806	1405	452	397
44	805	1402	456	393
45	803	1398	459	390
46	801	1394	463	386
47	799	1391	466	383
48	798	1387	470	379
49	801	1394	473	376
50	810	1414	477	372
51	838	1471	480	369
52	974	1753	484	365
53	1008	1824	487	362
54	931	1664	490	358
55	877	1552	494	355
56	827	1447	497	351
57	886	1574	499	345

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	866	1539	495	335
59	832	1480	486	319
60	782	1391	473	299
61	716	1273	455	274
62	632	1117	432	244
63	532	853	405	209
64	422	532	377	174
65	188	188	349	139
66	132	132	322	105
67	124	124	294	70
68	0	14	267	35
69	0	0	239	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	96	96	49	51
2	139	139	98	102
3	284	387	144	149
4	501	768	184	191
5	619	1044	219	228
6	721	1282	248	259
7	846	1525	273	285
8	1000	1830	292	306
9	939	1690	307	322
10	906	1616	317	334
11	882	1563	322	341
12	825	1444	324	344
13	807	1407	326	348
14	804	1399	328	351
15	804	1399	329	355
16	803	1399	331	358
17	803	1399	333	362
18	803	1399	335	365
19	803	1399	337	369
20	807	1406	339	372
21	820	1432	340	375
22	846	1488	342	379
23	909	1619	344	382
24	916	1633	346	386
25	917	1634	348	387
26	921	1642	350	385
27	923	1648	352	383
28	928	1658	353	381
29	935	1672	355	379
30	939	1682	357	378
31	949	1702	359	376
32	971	1747	361	374
33	1051	1914	363	372
34	1035	1880	364	370
35	947	1697	366	368
36	837	1468	368	366
37	818	1429	370	365
38	814	1422	372	363
39	813	1418	374	361
40	811	1415	376	359
41	809	1411	377	357
42	808	1408	379	355
43	806	1404	381	354
44	804	1401	383	352
45	803	1397	385	350
46	801	1394	386	348
47	799	1390	383	346
48	797	1387	379	344

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
49	801	1393	376	342
50	810	1413	372	341
51	838	1470	369	339
52	973	1753	365	337
53	1007	1823	362	335
54	931	1663	358	333
55	877	1551	355	331
56	826	1447	351	330
57	886	1573	345	325
58	866	1538	335	316
59	832	1479	319	302
60	782	1390	299	284
61	716	1249	274	260
62	632	1036	244	232
63	531	759	209	199
64	418	454	174	166
65	169	169	139	133
66	134	134	105	99
67	126	126	70	66
68	0	14	35	33
69	0	0	0	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	100	100	49	49
2	139	139	98	98
3	283	309	143	144
4	465	568	183	184
5	612	833	218	219
6	717	1074	247	248
7	842	1352	271	273
8	998	1687	290	292
9	937	1582	305	307
10	905	1526	314	317
11	881	1481	319	322
12	824	1366	321	324
13	806	1330	322	326
14	802	1322	324	328
15	802	1323	326	329
16	802	1323	327	331
17	802	1323	329	333
18	802	1323	330	335
19	802	1323	332	337
20	805	1330	334	339
21	818	1356	335	340
22	845	1409	337	342
23	908	1536	338	344
24	914	1550	340	346
25	915	1552	342	348
26	919	1561	343	350
27	922	1567	345	352
28	927	1577	346	353
29	933	1592	348	355
30	938	1602	350	357
31	948	1622	351	359
32	969	1666	353	361
33	1049	1832	354	363
34	1033	1799	356	361
35	945	1620	358	360
36	835	1400	359	358
37	817	1364	361	357
38	813	1356	362	355
39	811	1352	361	353

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
40	810	1348	359	352
41	808	1344	357	350
42	807	1340	355	349
43	805	1336	354	347
44	803	1332	352	345
45	802	1327	350	344
46	800	1323	348	342
47	798	1319	346	341
48	796	1315	344	339
49	800	1320	342	337
50	809	1338	341	336
51	837	1390	339	334
52	972	1657	337	333
53	1006	1724	335	331
54	930	1569	333	329
55	876	1461	331	328
56	826	1362	330	326
57	885	1473	325	322
58	865	1422	316	313
59	831	1336	302	300
60	781	1207	284	282
61	714	1034	260	258
62	630	816	232	230
63	528	566	199	197
64	331	331	166	164
65	176	176	133	132
66	140	140	99	99
67	129	129	66	66
68	0	14	33	33
69	0	0	0	0

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

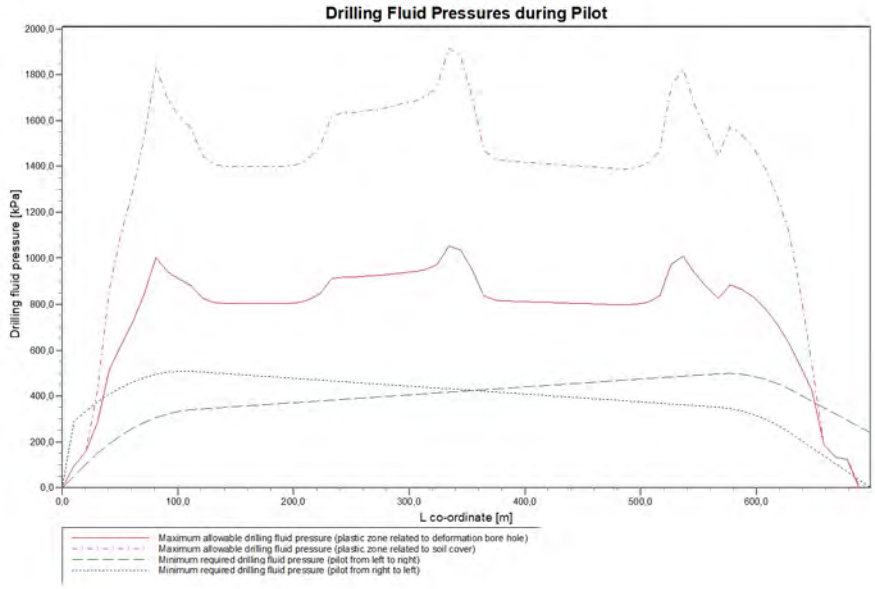
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
1	47	31	1,52	sufficient
2	94	72	1,31	sufficient
3	138	110	1,26	sufficient
4	176	143	1,23	sufficient
5	209	172	1,22	sufficient
6	237	196	1,21	sufficient
7	260	215	1,20	sufficient
8	277	231	1,20	sufficient
9	290	242	1,20	sufficient
10	298	249	1,20	sufficient
11	301	252	1,20	sufficient
12	302	252	1,20	sufficient
13	302	252	1,20	sufficient
14	302	252	1,20	sufficient
15	302	252	1,20	sufficient
16	302	252	1,20	sufficient
17	302	252	1,20	sufficient
18	302	252	1,20	sufficient
19	302	252	1,20	sufficient
20	302	252	1,20	sufficient
21	302	252	1,20	sufficient
22	302	252	1,20	sufficient
23	302	252	1,20	sufficient
24	302	252	1,20	sufficient
25	302	252	1,20	sufficient
26	303	252	1,20	sufficient
27	303	252	1,20	sufficient
28	303	252	1,20	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m²]	Water [kN/m²]	Safety [-]	Result
29	303	252	1,20	sufficient
30	303	252	1,20	sufficient
31	303	252	1,20	sufficient
32	303	252	1,20	sufficient
33	303	252	1,20	sufficient
34	303	252	1,20	sufficient
35	303	252	1,20	sufficient
36	303	252	1,20	sufficient
37	303	252	1,20	sufficient
38	303	252	1,21	sufficient
39	303	252	1,21	sufficient
40	303	252	1,21	sufficient
41	304	252	1,21	sufficient
42	304	252	1,21	sufficient
43	304	252	1,21	sufficient
44	304	252	1,21	sufficient
45	304	252	1,21	sufficient
46	304	252	1,21	sufficient
47	304	252	1,21	sufficient
48	304	252	1,21	sufficient
49	304	252	1,21	sufficient
50	304	252	1,21	sufficient
51	304	252	1,21	sufficient
52	304	252	1,21	sufficient
53	304	252	1,21	sufficient
54	304	252	1,21	sufficient
55	304	252	1,21	sufficient
56	305	252	1,21	sufficient
57	302	250	1,21	sufficient
58	295	243	1,21	sufficient
59	283	233	1,22	sufficient
60	266	218	1,22	sufficient
61	245	200	1,23	sufficient
62	218	176	1,24	sufficient
63	187	149	1,25	sufficient
64	156	122	1,28	sufficient
65	125	95	1,31	sufficient
66	94	68	1,38	sufficient
67	63	41	1,53	sufficient
68	31	14	2,28	sufficient
69	0	0	-	sufficient

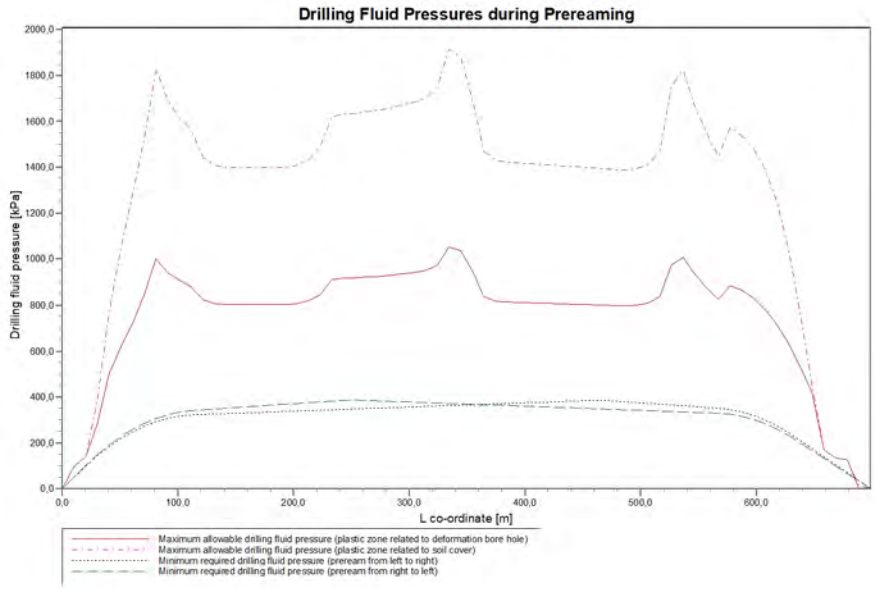
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safey factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

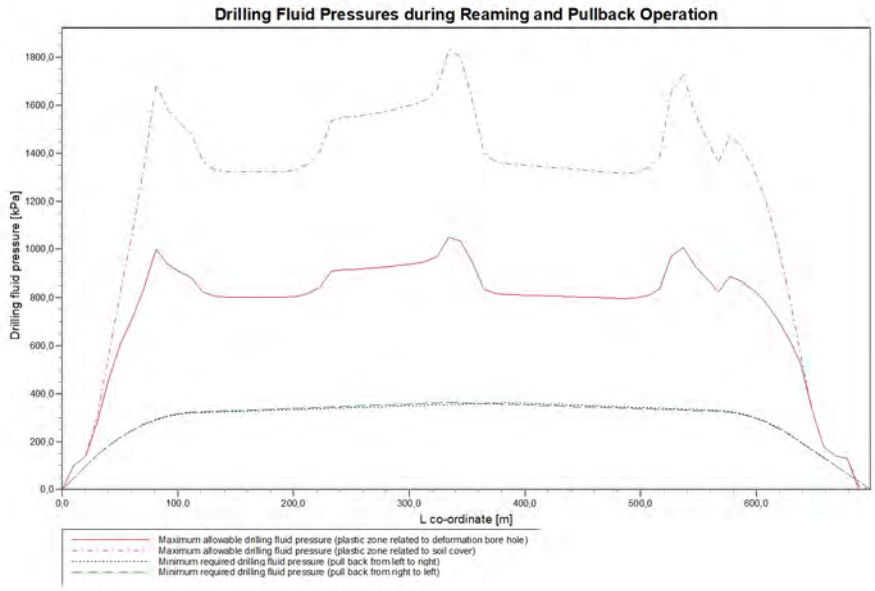
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:
Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m²
q_traffic	Traffic load	kN/m²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	54	30	22	30	0	164
2	302	44	18	25	0	1181
3	489	77	13	17	0	2076
4	1095	110	12	16	0	5184
5	1305	136	12	17	0	6396
6	1543	166	13	17	0	7824
7	1853	208	13	17	0	9766
8	2251	264	13	17	0	12378
9	2066	237	13	17	0	11147
10	1969	224	13	17	0	10516
11	1902	215	13	17	0	10081
12	1751	194	13	17	0	9120
13	1701	188	13	17	0	8826
14	1691	187	13	17	0	8766
15	1691	187	13	17	0	8770
16	1692	187	13	17	0	8774
17	1693	187	13	17	0	8778
18	1693	187	13	17	0	8782
19	1694	187	13	17	0	8786
20	1705	188	13	18	0	8847
21	1741	193	13	18	0	9063
22	1813	202	13	18	0	9510
23	1981	226	13	18	0	10590
24	1999	228	13	18	0	10708
25	2001	228	13	18	0	10723
26	2012	230	13	18	0	10794
27	2020	231	13	18	0	10844
28	2033	233	13	18	0	10934
29	2052	235	13	18	0	11054
30	2064	237	13	18	0	11139
31	2091	241	13	18	0	11311
32	2149	249	13	18	0	11697
33	2366	280	13	18	0	13152
34	2323	274	13	18	0	12858
35	2087	240	13	18	0	11285
36	1797	200	13	18	0	9411
37	1746	194	13	18	0	9108
38	1736	193	13	18	0	9052
39	1733	192	13	18	0	9030
40	1729	192	13	18	0	9007
41	1726	191	13	18	0	8985
42	1723	191	13	18	0	8963
43	1719	190	13	18	0	8941
44	1716	190	13	18	0	8919
45	1712	189	13	18	0	8897
46	1709	189	13	18	0	8875
47	1705	189	13	18	0	8853
48	1702	188	13	18	0	8831
49	1712	189	13	18	0	8888

Vertical no.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_traffic [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
50	1740	193	13	18	0	9048
51	1811	202	13	18	0	9498
52	2168	252	13	18	0	11817
53	2258	265	13	18	0	12423
54	2055	236	13	18	0	11075
55	1915	216	13	18	0	10161
56	1787	199	13	18	0	9342
57	1942	220	13	18	0	10341
58	1897	214	13	18	0	10045
59	1819	203	13	18	0	9550
60	1702	187	13	18	0	8811
61	1548	167	13	18	0	7852
62	1352	142	13	18	0	6667
63	1116	112	14	18	0	5298
64	865	83	16	22	0	3914
65	372	56	23	31	0	1500
66	70	48	25	33	0	286
67	82	46	25	34	0	270
68	117	34	25	34	0	590
69	0	0	0	0	0	37

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	54	174	236	122	0,05	7,5
2	302	21039	9883	14727	0,05	7,5
3	489	27481	24397	19237	0,05	7,5
4	1095	110406	66366	77284	0,05	7,5
5	1305	122833	112945	85983	0,05	7,5
6	1543	136282	127243	95397	0,05	7,5
7	1853	153014	144824	107110	0,05	7,5
8	2251	173449	166076	121414	0,05	7,5
9	2066	164064	156340	114845	0,05	7,5
10	1969	159081	151154	111357	0,05	7,5
11	1902	155574	147497	108902	0,05	7,5
12	1751	147616	139172	103331	0,05	7,5
13	1701	145131	136565	101592	0,05	7,5
14	1691	144630	136038	101241	0,05	7,5
15	1691	144663	136073	101264	0,05	7,5
16	1692	144696	136108	101287	0,05	7,5
17	1693	144730	136143	101311	0,05	7,5
18	1693	144763	136178	101334	0,05	7,5
19	1694	144796	136213	101357	0,05	7,5
20	1705	145307	136750	101715	0,05	7,5
21	1741	147134	138667	102994	0,05	7,5
22	1813	150877	142588	105614	0,05	7,5
23	1981	159676	151775	111773	0,05	7,5
24	1999	160613	152750	112429	0,05	7,5
25	2001	160732	152874	112513	0,05	7,5
26	2012	161289	153454	112902	0,05	7,5
27	2020	161688	153869	113182	0,05	7,5
28	2033	162394	154603	113675	0,05	7,5
29	2052	163336	155583	114335	0,05	7,5
30	2064	163998	156272	114799	0,05	7,5
31	2091	165339	157665	115737	0,05	7,5
32	2149	168307	160747	117815	0,05	7,5
33	2366	179132	171955	125393	0,05	7,5
34	2323	176990	169740	123893	0,05	7,5
35	2087	165136	157454	115595	0,05	7,5
36	1797	150058	141731	105041	0,05	7,5
37	1746	147543	139096	103280	0,05	7,5
38	1736	147070	138600	102949	0,05	7,5
39	1733	146882	138403	102818	0,05	7,5
40	1729	146694	138205	102686	0,05	7,5
41	1726	146505	138008	102554	0,05	7,5
42	1723	146317	137810	102422	0,05	7,5

Vertical no.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
43	1719	146128	137611	102289	0,05	7,5
44	1716	145939	137413	102157	0,05	7,5
45	1712	145749	137214	102024	0,05	7,5
46	1709	145560	137015	101892	0,05	7,5
47	1705	145370	136816	101759	0,05	7,5
48	1702	145180	136616	101626	0,05	7,5
49	1712	145646	137106	101952	0,05	7,5
50	1740	146995	138521	102896	0,05	7,5
51	1811	150769	142476	105538	0,05	7,5
52	2168	169215	161689	118451	0,05	7,5
53	2258	173767	166406	121637	0,05	7,5
54	2055	163496	155750	114447	0,05	7,5
55	1915	156226	148178	109358	0,05	7,5
56	1787	149467	141112	104627	0,05	7,5
57	1942	157682	149696	110377	0,05	7,5
58	1897	155288	147198	108701	0,05	7,5
59	1819	151220	142948	105854	0,05	7,5
60	1702	144971	136397	101480	0,05	7,5
61	1548	136522	127497	95566	0,05	7,5
62	1352	125468	115760	87827	0,05	7,5
63	1116	111612	100853	78128	0,05	7,5
64	865	96001	74626	67200	0,05	7,5
65	372	42841	9002	29989	0,05	7,5
66	70	171	166	120	0,05	7,5
67	82	168	351	118	0,05	7,5
68	178	2018	6507	1413	0,05	7,5
69	1	121	0	85	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_v;n;max = 280 kN/m²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_traffic;max = 34 kN/m²
Maximum reduced soil stress : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 179132 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation : k_v;max = 358265 kN/m³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
5	Zand, schoon, los 1	Calculated with E100
4	Klei, organisch, slap	Calculated with E100
3	Veen, slap	Calculated with E100
2	Zand, schoon, los 2	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=10,13 m)		Vertical 2 (L=20,26 m)		Vertical 3 (L=30,39 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,531	0,000	3,637	0,000	3,627
4	0,150	0,201	0,157	0,208	0,156	0,207
3	0,081	0,085	0,083	0,088	0,083	0,088
2	8,790	15,059	8,971	15,088	8,964	15,006
1	45,178	74,174	45,264	74,281	45,018	74,185

Layer number	Vertical 4 (L=40,52 m)		Vertical 5 (L=50,65 m)		Vertical 6 (L=60,78 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,738	0,000	3,342	0,000	3,710
4	0,164	0,215	0,137	0,190	0,162	0,213
3	0,086	0,091	0,076	0,081	0,085	0,090
2	9,153	15,041	8,529	14,590	9,127	14,868
1	45,124	74,304	43,769	73,543	44,604	74,098

Layer number	Vertical 7 (L=70,91 m)		Vertical 8 (L=81,04 m)		Vertical 9 (L=91,17 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,025	0,000	6,890	0,000	5,105
4	0,263	0,309	0,436	0,477	0,270	0,315
3	0,124	0,128	0,191	0,195	0,126	0,131
2	11,376	16,273	14,780	18,748	11,532	16,239
1	48,820	76,762	56,244	81,734	48,716	76,801

Layer number	Vertical 10 (L=101,3 m)		Vertical 11 (L=111,43 m)		Vertical 12 (L=121,56 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,801	0,000	2,784	n.a.	n.a.
4	0,169	0,219	0,102	0,158	0,000	0,035
3	0,088	0,093	0,063	0,070	0,014	0,023
2	9,312	14,665	7,752	13,641	3,889	11,780
1	43,995	73,951	40,923	72,222	35,340	69,269

Layer number	Vertical 13 (L=131,69 m)		Vertical 14 (L=141,82 m)		Vertical 15 (L=151,95 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	1,569	11,124	0,000	10,951	0,000	10,913
1	33,373	68,346	32,853	68,153	32,739	68,157

Layer number	Vertical 16 (L=162,08 m)		Vertical 17 (L=172,21 m)		Vertical 18 (L=182,34 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	0,000	10,875	0,000	10,836	0,000	10,797
1	32,624	68,161	32,508	68,165	32,392	68,169

Layer number	Vertical 19 (L=192,47 m)		Vertical 20 (L=202,6 m)		Vertical 21 (L=212,73 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000	0,023
3	n.a.	n.a.	0,000	0,005	0,009	0,019
2	0,000	10,759	1,565	10,844	3,460	11,263
1	32,276	68,173	32,531	68,353	33,788	69,018

Layer number	Vertical 22 (L=222,86 m)		Vertical 23 (L=232,99 m)		Vertical 24 (L=243,12 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,951	0,000	3,729	0,000	3,915
4	0,018	0,087	0,163	0,211	0,177	0,222
3	0,035	0,043	0,084	0,091	0,089	0,095
2	5,709	12,133	9,155	14,077	9,419	14,241
1	36,399	70,391	42,231	73,631	42,723	73,969

Layer number	Vertical 25 (L=253,25 m)		Vertical 26 (L=263,38 m)		Vertical 27 (L=273,51 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,938	0,000	4,045	0,000	4,120
4	0,178	0,222	0,186	0,227	0,192	0,231
3	0,089	0,095	0,091	0,097	0,092	0,099
2	9,418	14,231	9,556	14,314	9,643	14,363
1	42,692	74,005	42,941	74,203	43,088	74,343

Layer number	Vertical 28 (L=283,64 m)		Vertical 29 (L=293,77 m)		Vertical 30 (L=303,9 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,249	0,000	4,417	0,000	4,531
4	0,201	0,238	0,214	0,249	0,223	0,256
3	0,095	0,102	0,100	0,106	0,102	0,109
2	9,826	14,477	10,078	14,640	10,242	14,744
1	43,431	74,596	43,921	74,937	44,233	75,174

Layer number	Vertical 31 (L=314,03 m)		Vertical 32 (L=324,16 m)		Vertical 33 (L=334,29 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,755	0,000	5,221	0,000	6,690
4	0,241	0,271	0,280	0,307	0,416	0,440
3	0,109	0,115	0,123	0,129	0,176	0,182
2	10,604	14,989	11,413	15,564	14,123	17,640
1	44,968	75,661	46,691	76,751	52,920	80,742

Layer number	Vertical 34 (L=344,42 m)		Vertical 35 (L=354,55 m)		Vertical 36 (L=364,68 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,421	0,000	4,724	n.a.	n.a.
4	0,390	0,412	0,239	0,262	0,000	0,039
3	0,165	0,171	0,105	0,111	0,016	0,026
2	13,586	17,205	10,399	14,810	4,156	11,322
1	51,616	79,943	44,430	75,557	33,967	69,976

Layer number	Vertical 37 (L=374,81 m)		Vertical 38 (L=384,94 m)		Vertical 39 (L=395,07 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,001
2	1,469	10,622	0,375	10,446	0,585	10,346
1	31,865	69,038	31,339	68,856	31,038	68,778

Layer number	Vertical 40 (L=405,2 m)		Vertical 41 (L=415,33 m)		Vertical 42 (L=425,46 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,003
2	0,737	10,245	0,863	10,143	0,973	10,039
1	30,734	68,700	30,428	68,622	30,118	68,544

Layer number	Vertical 43 (L=435,59 m)		Vertical 44 (L=445,72 m)		Vertical 45 (L=455,85 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,004
2	1,071	9,935	1,162	9,829	1,245	9,723
1	29,805	68,466	29,488	68,388	29,168	68,310

Layer number	Vertical 46 (L=465,98 m)		Vertical 47 (L=476,11 m)		Vertical 48 (L=486,24 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,000	0,004	0,000	0,004	0,000	0,005
2	1,324	9,615	1,398	9,506	1,468	9,396
1	28,845	68,231	28,518	68,153	28,187	68,074

Layer number	Vertical 49 (L=496,37 m)		Vertical 50 (L=506,5 m)		Vertical 51 (L=516,63 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	0,000	0,018	0,000	0,090
3	0,000	0,011	0,007	0,023	0,036	0,048
2	2,477	9,475	3,897	9,806	6,180	10,794
1	28,424	68,238	29,418	68,729	32,382	70,118

Layer number	Vertical 52 (L=526,76 m)		Vertical 53 (L=536,89 m)		Vertical 54 (L=547,02 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,405	0,000	6,196	0,000	4,784
4	0,296	0,341	0,368	0,400	0,244	0,276
3	0,137	0,146	0,160	0,169	0,110	0,120
2	12,298	15,063	13,484	15,962	10,884	13,740
1	45,189	76,939	47,887	78,617	41,219	74,807

Layer number	Vertical 55 (L=557,15 m)		Vertical 56 (L=567,28 m)		Vertical 57 (L=577,41 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,549	0,000	1,768	0,000	4,098
4	0,151	0,184	0,050	0,091	0,190	0,222
3	0,074	0,084	0,036	0,048	0,089	0,098
2	8,715	11,984	6,164	10,149	9,633	12,455
1	35,953	72,107	30,446	69,595	37,365	72,955

Layer number	Vertical 58 (L=587,54 m)		Vertical 59 (L=597,67 m)		Vertical 60 (L=607,8 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,175	0,000	4,272	0,000	4,328
4	0,196	0,228	0,203	0,236	0,207	0,240
3	0,091	0,101	0,094	0,104	0,096	0,105
2	9,770	12,455	9,942	12,485	10,044	12,459
1	37,366	73,022	37,454	73,133	37,377	73,161

Layer number	Vertical 61 (L=617,93 m)		Vertical 62 (L=628,06 m)		Vertical 63 (L=638,19 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,383	0,000	4,437	0,000	4,490
4	0,212	0,245	0,216	0,249	0,220	0,254
3	0,098	0,107	0,100	0,109	0,101	0,110
2	10,144	12,434	10,244	12,408	10,342	12,382
1	37,301	73,188	37,224	73,215	37,147	73,243

Layer number	Vertical 64 (L=648,32 m)		Vertical 65 (L=658,45 m)		Vertical 66 (L=668,58 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,543	0,000	4,596	0,000	4,647
4	0,224	0,258	0,228	0,263	0,232	0,267
3	0,103	0,112	0,105	0,114	0,107	0,115
2	10,440	12,357	10,537	12,331	10,632	12,305
1	37,070	73,270	36,993	73,297	36,916	73,325

Layer number	Vertical 67 (L=678,71 m)		Vertical 68 (L=688,84 m)		Vertical 69 (L=698,97 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,699	0,000	4,749	0,000	4,799
4	0,237	0,271	0,241	0,276	0,245	0,280
3	0,109	0,117	0,110	0,119	0,112	0,120
2	10,727	12,279	10,821	12,254	10,915	12,228
1	36,838	73,352	36,761	73,379	36,683	73,406

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 92570 kN/m³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,50 kN/m³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	365	[kg/m]	
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]	

Result	:	265	[kg/m]	(Pipeline moves upwards)

6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	70
T2	21	81
T3	117	149

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	571	400
T5	636	463
T6	706	502

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²
Tangential stress:			
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	
Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))			
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 706 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 179132 kN/m³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k E·Ib /(Rrol·Wb)	=	0,43	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * T1/A = f * f_install (Lrol * Q * f1)/A	=	1,21	N/mm²

Maximum axial stress Sigma_a,max	=	1,49	N/mm²

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,86	N/mm²
Sigma_t = f * f_install * Tmax/A	=	8,75	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	9,31	N/mm²

Tangential stress:

Load qr on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

qr = kv *·y = (0.322·Lambda^2·E·I)/(Do.R/f_R)

Lambda = (f_kv kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	3,2E-3	1/mm
qr	=	0,0122	N/mm²
Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,72	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	0,47	N/mm²

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

Sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib /(Rmin·Wb)	=	0,31	N/mm²

Due to internal pressure :

Sigma_py = f_pd . pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

Sigma_px = 0.5·Sigma_py	=	0,00	N/mm²
Sigma_ptest = f_pt . pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
Sigma_Temp = dt * gamma_t * alpha_g * E	=	0,00	N/mm²
Maximum axial stress Sigma_a,max	=	0,20	N/mm²

Tangential stress:

Sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,43	N/mm²
Sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,32	N/mm²
Rerounding factor Frr	=	1,000	
Rerounding factor F'rr	=	1,000	

Sigma_t,max = Sigma_py + ((F'rr·. Sigma_qr) + (Frr·. Sigma_qn))

Maximum tangential stress Sigma_t,max	=	3,09	N/mm²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1
- Sigma_AxMax < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < ShortStrength * DamageFactor

Load combination 2
- Sigma_ptest < ShortStrength * DamageFactor
- Sigma_py < LongStrength * DamageFactor

Load combination 3
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

Load combination 4
- Sigma_AxMax < LongStrength * DamageFactor
- Sigma_TanMax < LongStrength * DamageFactor

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_ptest	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_py	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_axial	10,00 (short)	1,49	9,31	-	-	-
Sigma_axial	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
Sigma_tang...	10,00 (short)	-	0,47	-	-	-
Sigma_tang...	8,00 (long)	-	-	-	3,09	3,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,3 mm (1,99% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.
For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

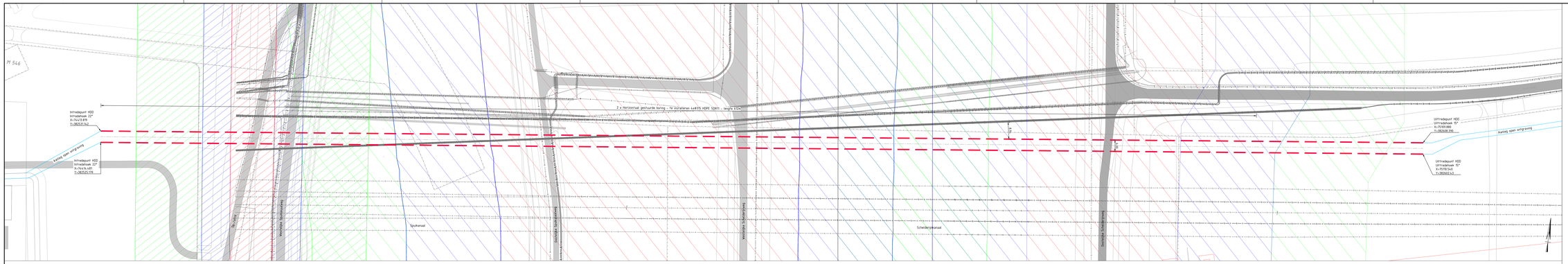
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 362 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

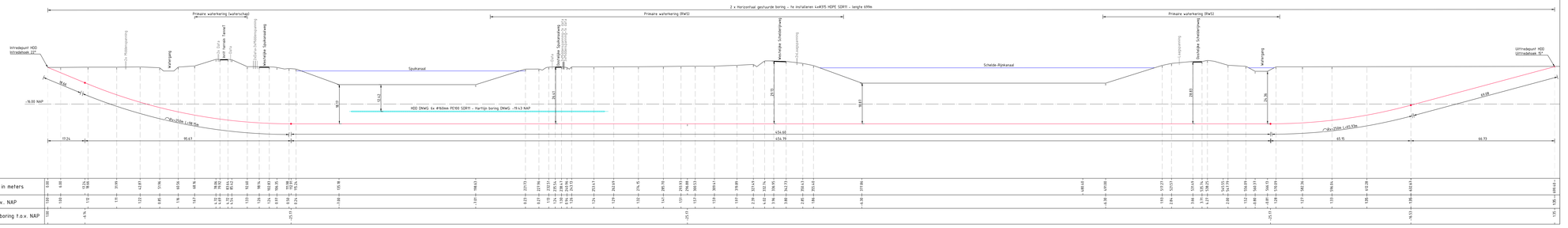
In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 252 kN/m², this is more than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

E.1aA 002.678.20 1215233 Vergunningsrapport VKDP_RWS Zee en Delta en Scheldestromen-blz 26



Bovenaanzicht HDD schaal 1500



| | | |