

D.2 Vergunningsrapportage GTB HDD3

Kruising 2 HDD's met 2 primaire waterkeringen en de Donge

Vergunningsrapport waterschap Brabantse Delta en
Rijkswaterstaat



Verantwoording

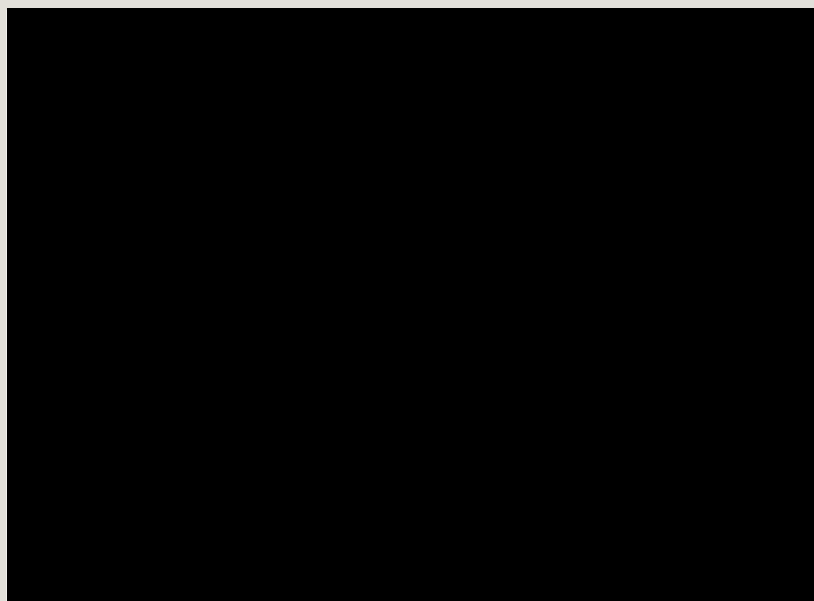
Titel: Kruising 2 HDD's met 2 primaire waterkeringen en de Donge
Onderwerp: Vergunningsrapport waterschap Brabantse Delta en Rijkswaterstaat
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22776
Versie: D1

Datum: 26-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
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.....	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	8
2.5	Diepteligging.....	9
2.6	Inwendige overdruk	9
2.7	Grondwaterstand	10
2.8	Belasting- en ondersteuningshoek	10
2.9	Importatiefactor.....	10
2.10	Geotechnische parameters	10
2.11	Boortechnische gegevens	12
2.12	Verkeersbelasting.....	12
2.13	Afwijkingstoleranties	12
3.	Ontwerp	13
3.1	Gegevens HDD	13
3.2	Boorparameters.....	14
3.3	Intredepunt	14
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	15
4.	Berekeningsresultaten.....	17
4.1	Trekkrachtberekening.....	18
4.1.1	Onderste HDD (HDD A)	18
4.1.2	Bovenste HDD (HDD B)	18
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase.....	18
4.2.1	Onderste HDD (HDD A)	18
4.2.2	Bovenste HDD (HDD A)	18
4.3	Muddrukberekening.....	18
4.3.1	Onderste HDD (HDD A)	18
4.3.2	Bovenste HDD (HDD B)	19
4.4	Implosie	20
4.4.1	Onderste HDD (HDD A)	20
4.4.2	Bovenste HDD (HDD B)	20
4.5	Kwelweg	20
4.5.1	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	20

4.5.2	Kwel tussen de peilgebieden.....	20
4.5.3	Kwelmaatregelen.....	22
5.	Risico's en aandachtspunten	23
6.	Conclusie.....	25
6.1	Algemeen	25
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening.....	25
	Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	26
	Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek.....	27
	Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	28

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.

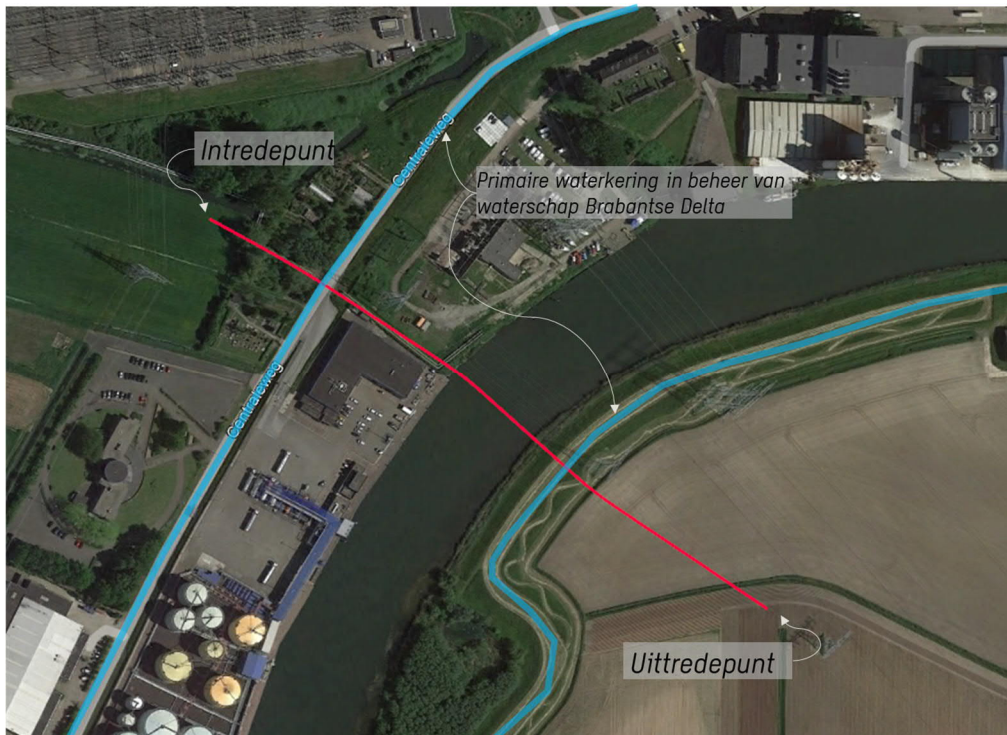
Dit rapport betreft de kruising van 2 HDD's met twee primaire waterkeringen en de Donge. De kruising (met codering GTB HDD3) is vergunningsplichtig bij waterschap Brabantse Delta en Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten zuiden van het 150 kV station Geertruidenberg-Zuid en eindigt in het bouwland aan de oostzijde van de Donge (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 vanwege de beperkte ruimte onder elkaar, met een dagmaat van 6 meter tussen de boorgaten. De ruimte is hier beperkt door de aanwezigheid van de fundering van mast 212 (verbinding GT-OTD 150 kV) aan de noordzijde en het terrein van Varo Energy Terminal aan de zuidzijde. Tussen de mast en het terrein van Varo Energy Terminal is een strook van circa 10 m beschikbaar. Daarnaast is ten noorden van het tracé onderdoor de Donge een HDD-boring van Enexis geprojecteerd, waarmee rekening is gehouden.

De meest diepe HDD, HDD A, heeft een lengte van circa 436 m en een maximale diepte van NAP -25,7 m (hart van de boring). HDD B ligt boven HDD A en heeft een lengte van circa 406 m en een maximale diepte van NAP -19,7m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van west naar oost: een watergang, diverse kabels en leidingen (waaronder een gasleiding, een waterleiding van Brabant Water en 2 rioolleidingen), de Centraleweg, primaire waterkering, diverse kabels en leidingen (waaronder twee bovengrondse warmteleidingen, een waterleiding van Brabant Water en een rioolleiding), een bestaande Tennet mast, nogmaals dezelfde twee bovengrondse warmteleidingen, de Donge, een primaire waterkering en een bestaande Tennet mast 212 (verbinding GT-OTD 150 kV).



Figuur 1 Overzicht situatie GTB HDD3

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 GTB HDD3, tekeningnummer GTB-HDD3 versie C, d.d. 15-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2);
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-levering 21O082379 opgevraagd d.d. 14-04-2022;
- Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta, geraadpleegd d.d. 20-04-2022, website: <https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6037ee85e784521be739b8ae5b38f7d>
- Vaarwegenoverzicht Rijkswaterstaat, geraadpleegd op d.d. 14-03-2022, website: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/vaarwegenoverzicht/>
- Mastgegevens:
 - Document P-115183-1 met informatie over de paallengte en -type van de masten 211 tot en met 130 van tracé GT-OTD 150 kV;
 - Tekening: GT-OTD mast 211 fundatie.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50);
- VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019.

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:

- o De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
- o De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
- o De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
- o 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 vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan. De eerste 22 m -mv bestaat uit holocene klei- en zandlagen, maar omdat de HDD's voor circa 90% in goed bestuurbare zandlagen 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 Horizontale afstand tot overige objecten

In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de minimale afstand van de HDD's tot de funderingen van bestaande hoogspanningsmasten van TenneT langs het tracé is een dagmaat van 5 meter gehanteerd.
 - o De gegevens van de funderingen van mast 212-GT-OTD-150kV zijn onbekend. Gekozen is om hier de lengte van de funderingspalen van mast 210 te hanteren (zie figuur 2). Deze hebben een lengte van 15 m. De schoorstand van de palen is ontleend aan de tekening van mast 211 en bedraagt 1:4 ten opzichte van de diagonaal. Aan maaiveld bedraagt de horizontale dagmaat tussen mast en HDD 5,26 m. De bovenste HDD ligt hier circa 22,82 m -mv. De HDD's houden hier dus een verticale dagmaat van 7,82 m ten opzichte van de paalfundering. De dagmaat tussen de palen en de bovenste HDD bedraagt daarmee circa 8,2 m. Dit voldoet aan de eisen;
 - o De dagmaat op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast 211-GT-OTD-150kV bedraagt 7,02 m. De funderingswijze is bekend: de funderingspalen hebben een lengte van 10 m en een schoorstand van 4:1 ten opzichte van de diagonaal. De HDD's liggen hier circa 19,51 m -mv. De HDD's houden hier een verticale dagmaat van 9,51 m ten opzichte van de paalfundering. De dagmaat tussen de palen en de bovenste HDD bedraagt daarmee circa 10,9 m. Dit voldoet aan de eisen.
- Voor de horizontale afstand van de HDD's tot de toekomstige mastenroute van TenneT is aan maaiveld een afstand van minimaal 10 meter uit de teen van de mast aangehouden. Rekening houdend met de schoring van de funderingspalen 1:3 bedraagt de minimale afstand op het niveau van de boorlijn 5 m.
- De HDD's dienen een horizontale dagmaat van 5 meter te hebben bij parallelligging tot of kruising met een HDD-boring (op basis van de Richtlijn Boortechnieken, zie paragraaf 2.3)

- De horizontale dagmaat aan maaiveld tussen de TenneT HDD's en de geprojecteerde HDD van Enexis bedraagt 6,27 m en voldoet daarmee aan de eisen.
- Aan de westzijde van de waterkering bevindt zich, als onderdeel van de waterkering, een verticale verdediging. Deze heeft de vorm van een betonrand die aan maaiveld zichtbaar is. Onbekend is hoe deze verticale verdediging gefundeerd is. De horizontale dagmaat aan maaiveld bedraagt circa 2 m. De bovenste HDD bevindt zich hier op circa 20 m -mv.
- De minimale horizontale dagmaat tot de gevel van het bedrijfsgebouw van Varo Energy Terminal bedraagt aan maaiveld 9,93 m.

MAST N ^o	TYPE	LENGTE
211	B	10,00 m.
210	A	15,00 m.
209	C	8,50 m.
208	C	8,50 m.
207	C	9,00 m.
206	C	9,00 m.
205	C	9,50 m.
204	C	9,50 m.
203	C	10,00 m.
202	C	10,00 m.
201	C	10,50 m.
200	C	9,50 m.

Figuur 2 lengtes van funderingspalen van masten in het tracé GT-OTD 150 kV

2.5 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 beide primaire wateringen is minimaal circa NAP + 3,0 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van respectievelijk NAP -23,00 m en voldoen daarmee aan de eis.
- De HDD's dienen 10 meter onder de waterbodembodem van de Donge te liggen (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
 - De bodemdieptes zijn ontleend aan het vaarwegenoverzicht van Rijkswaterstaat. De Donge heeft een diepte van NAP -3,00 m. De bovenste HDD ligt hier op een diepte van respectievelijk NAP -19,70 m en voldoet hiermee aan de eis.
- Het intredepunt van de HDD B ligt nabij een watergang. Deze HDD kruist de watergang op circa 10 m van het intredepunt. Om een blow-out te voorkomen moet de watergang tijdelijk gedempt worden.
- Voor kruising met overige kabels en leidingen waaronder de datakabels, waterleidingen en gasleiding wordt een dagmaat van 5 meter aangehouden.

2.6 Inwendige overdruk

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

2.7 Grondwaterstand

Het intredepunt ligt in een ander peilbesluit dan het uittredepunt. Het intredepunt ligt in het peilbesluit van Gat van de Ham en het uittredepunt ligt in het peilbesluit van Oosterhout-Waalwijk. Bij het intredepunt is het zomerpeil -0,65 m NAP en het winterpeil -0,95 m NAP. Bij het uittredepunt is het zomerpeil -0,65 m NAP en het winterpeil -0,9 m NAP. We hanteren in de berekeningen een gemiddelde grondwaterstand van -0,9 mNAP.

2.8 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°.

2.9 Importantiefactor

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

2.10 Geotechnische parameters

De gebruikte geotechnische gegevens en parameters zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en 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	Afstand tot boortrace
		[m NAP]	[m]
1277.S01	Sondering	-29	40
1277.S02	Sondering	-32	10
1277.S03	Sondering	-32	40
1277.S04	Sondering	-31	40
S21	Sondering	-37	20
CPT112907	Sondering	-7	150
B44D0954	Boring	-3	140
CPT111985	Sondering	-12	40
B44D0955	Boring	-3	40

Uit het grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa NAP -22,0 m van het geplande boortracé. Boven de zandlaag bestaat de grond uit zand, maar ook slappe klei- en veenlagen, zoals geobserveerd in het grondonderzoek. Gezien het kleine aantal boringen en sonderingen kan niet met zekerheid vastgesteld worden of de relatief slappe klei- en veenlagen over het gehele tracé voorkomen. Hieruit concluderen we dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Om veiligheidsmarge in de berekening in te bouwen, zijn de slappe klei- en veenlagen over het gehele boortracé aangehouden. Daarnaast laat het grondonderzoek zien dat de dieptes van de gevonden grondlagen enigszins variëren, met name tussen de westkant en de oostkant van het profiel. Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de noordkant van het profiel zien. Tabel 2-3 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de zuidkant van het profiel zien. De grondparameters zijn opgesteld op basis van kennis en ervaring van de Nederlandse ondergrond en tabel 2b van NEN 9997-1+C2-2017. De stijfheidsmodulus E en ongedraineerde schuifsterkte S_u zijn gecorreleerd met de conusweerstand conform CUR2003-7 (2003) en CUR162 (1992).

Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de noordzijde van het profiel gebaseerd op sondering CPT111985 en boringen B44D0955 en B44D0954.

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' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
0,3	-2,5	Veen; slap	11	11	1,5	15,0	15,0	200
-2,5	-18,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000
-18,0	-22,0	Klei; zwak zandig; matig	18	18	5,0	22,5	80,0	3000
-22,0	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	90000

Tabel 2-3 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de zuidzijde van het profiel gebaseerd op sonderingen CPT112907, 1277.S01, 1277.S02, 1277.S03, 1277.S04 en S21.

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' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
0,7	-1,7	Klei; schoon; matig	17	17	5,0	17,5	50,0	2000
-1,7	-2,5	Veen; slap	11	11	1,5	15,0	15,0	200

-2,5	-18,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000
-18,0	-22,0	Klei; zwak zandig; matig	18	18	5,0	22,5	80,0	3000
-22,0	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	90000

2.11 Boortechnische gegevens

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

2.12 Verkeersbelasting

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

2.13 Afwijkingstoleranties

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 dezelfde horizontale bochten voor HDD A en B: 800 m, 250 m en 250 m. HDD A en B hebben verticale bochten van 250 m en gecombineerde bochten met een boogstraal van 239 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 de Richtlijn Boortechnieken.

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

Figuur 3, afwijkingstoleranties HDD's (Bron: tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken)

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

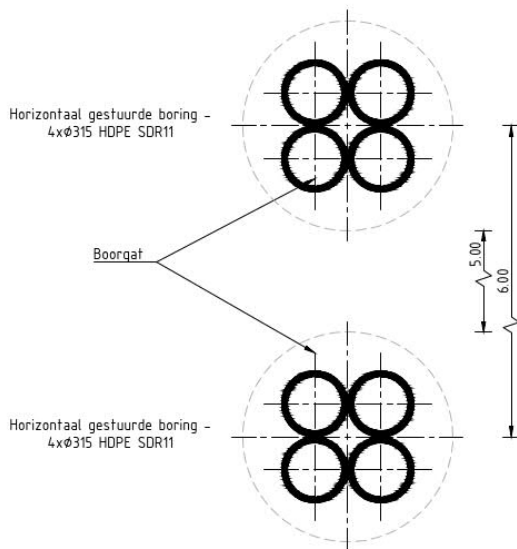
Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

Onderste HDD (HDD A):

- materiaal: PE 100 4xØ315 mm SDR 11;
- lengte: 436 m;
- maximale diepte hart boring: NAP -25,7 m;
- intredehoek: 22,5°;
- uittredehoek: 22,5°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: 800 m, 250 m en 250 m.
- gecombineerde boogstralen: 239 m.

Bovenste HDD (HDD B):

- materiaal: PE 100 4xØ315 mm SDR 11;
- lengte: 406 m;
- maximale diepte hart boring: NAP -19,7 m;
- intredehoek: 20°;
- uittredehoek: 20°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: 800 m, 250 m en 250 m.
- gecombineerde boogstralen: 239 m.



Figuur 4 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, naast de afstandseisen uit hoofdstuk 2, zijn:

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen;
- De HDD dient buiten de kernzone van de primaire waterkering van waterschap Brabantse Delta in of uit te treden;
- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

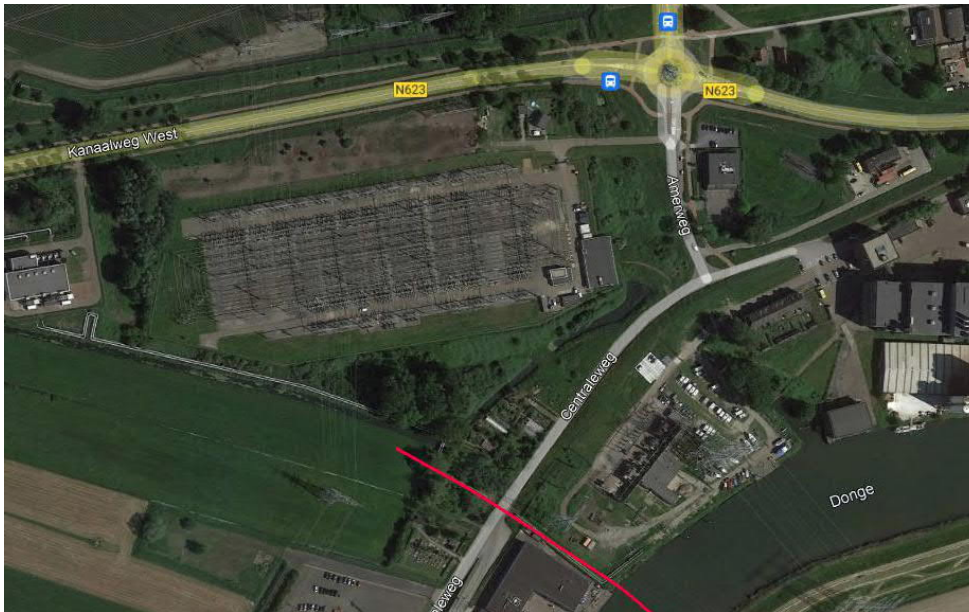
3.2 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : max-rig 80 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø700 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt in het bouwland aan de westzijde van de Donge ten zuiden van hoogspanningsstation Geertruidenberg-Zuid (zie figuur 5). Het intredepunt is bereikbaar via de Centraleweg. Bij het intredepunt dient de aannemer rekening te houden met het werken nabij hoogspanningsmasten. Ook ligt op circa 3,5 m afstand van het intredepunt van HDD A een middenspanningskabel. Wij adviseren om deze kabel voorafgaand aan de werkzaamheden te lokaliseren en in te meten. De watergang achter het intredepunt dient tijdelijk gedempt te worden om muduitbraak te voorkomen, met name bij HDD B.



Figuur 5 Intredepunt GTB HDD3

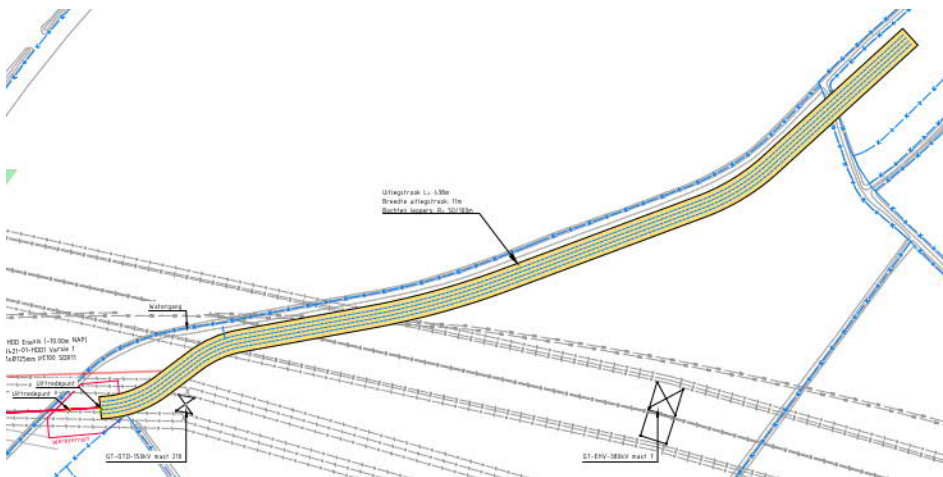
3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in bouwland aan de oostzijde van de Donge (zie figuur 6). De locatie is bereikbaar via de Gasthuiswaard. De watergang bij het uittredepunt van de HDD's dient tijdelijk gedempt te worden in verband met muduitbraak.

De uitlegstrook buigt direct af om mast 210 GT-OTD 150 kV te passeren en ligt daarna in het bouwland parallel aan een watergang (zie figuur 7). Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.



Figuur 6 *Uittredepunt GTB HDD3*



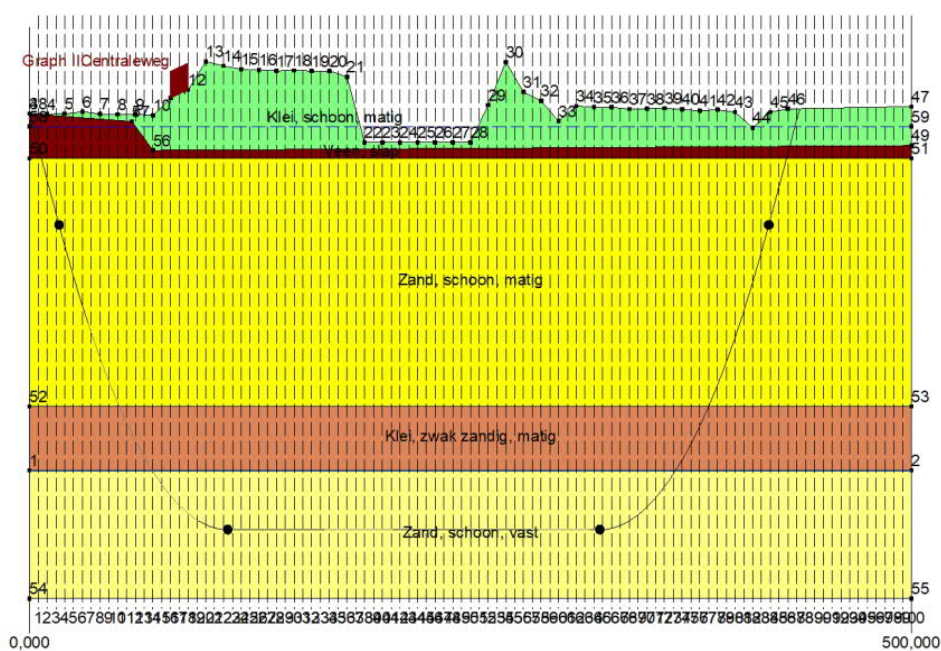
Figuur 7 *Uitlegstrook GTB HDD3*

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.

Voor HDD A en HDD B zijn aparte berekeningen opgesteld, aangezien ze op verschillende dieptes liggen. 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 8 D-Geo Pipeline-model van HDD A

4.1 Trekkkrachtberekening

4.1.1 Onderste HDD (HDD A)

De berekende maximale trekkracht bedraagt $352 \cdot 1,8 = 637$ kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $6,72$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

4.1.2 Bovenste HDD (HDD B)

De berekende maximale trekkracht bedraagt $317 \cdot 1,8 = 571$ kN bij niet-gevulde gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $6,12$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

4.2.1 Onderste HDD (HDD A)

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $7,44$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $15,1$ mm ($4,78\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $15,80$ mm (5%).

4.2.2 Bovenste HDD (HDD A)

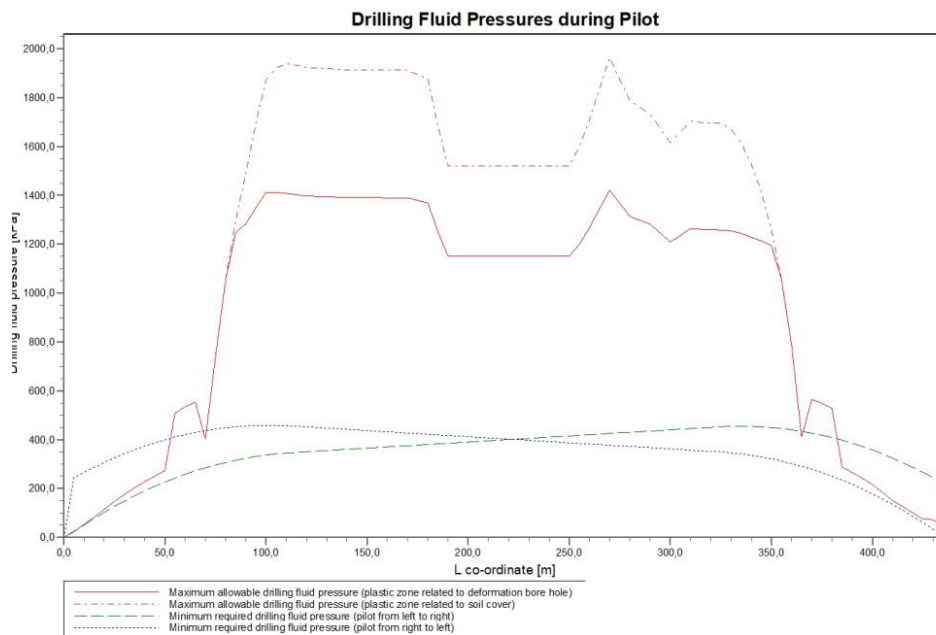
Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $7,69$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $15,4$ mm ($4,89\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $15,80$ mm (5%).

4.3 Muddrukberekening

4.3.1 Onderste HDD (HDD A)

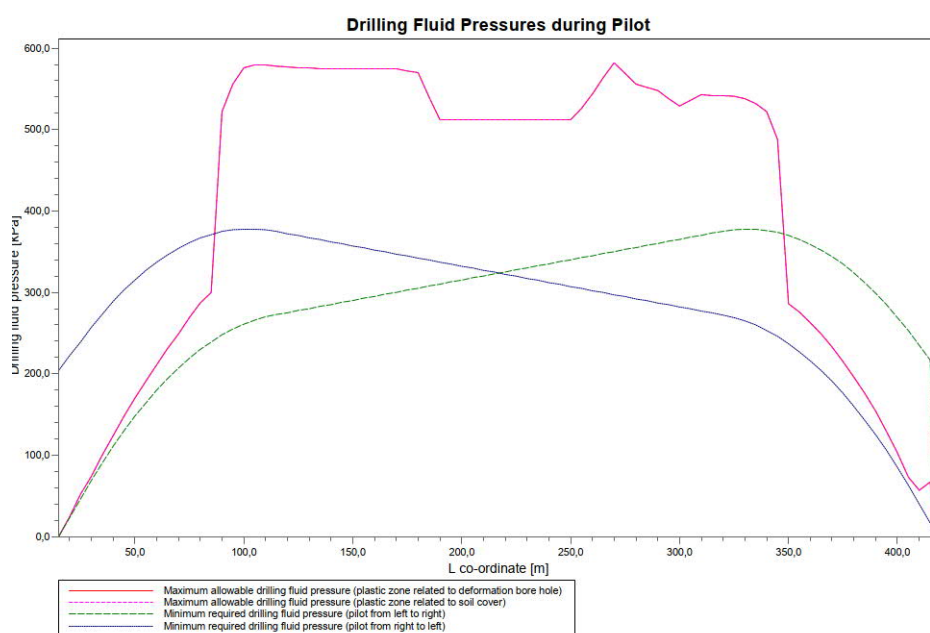
Bij de geplande diepteligging van de HDD bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 60 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 9 Muddeberekening HDD A tijdens de pilot fase

4.3.2 Bovenste HDD (HDD B)

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 60 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 10 Muddeberekening HDD B tijdens de pilot fase

4.4 Implosie

4.4.1 Onderste HDD (HDD A)

Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 248 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.4.2 Bovenste HDD (HDD B)

Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 188 kN/m², terwijl 280 kN/m² 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 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

In het gebied zijn in DINOloket geen representatieve peilbuisgegevens te vinden van de diepere grondlagen. Op basis van het geotechnisch profiel, is kwel uit de diepere grondlagen niet uit te sluiten. Om te bepalen of kwelmaatregelen nodig zijn, adviseren wij om nabij het tracé een peilbuis te plaatsen in het eerste watervoerende en freatische pakket en te bemeten.

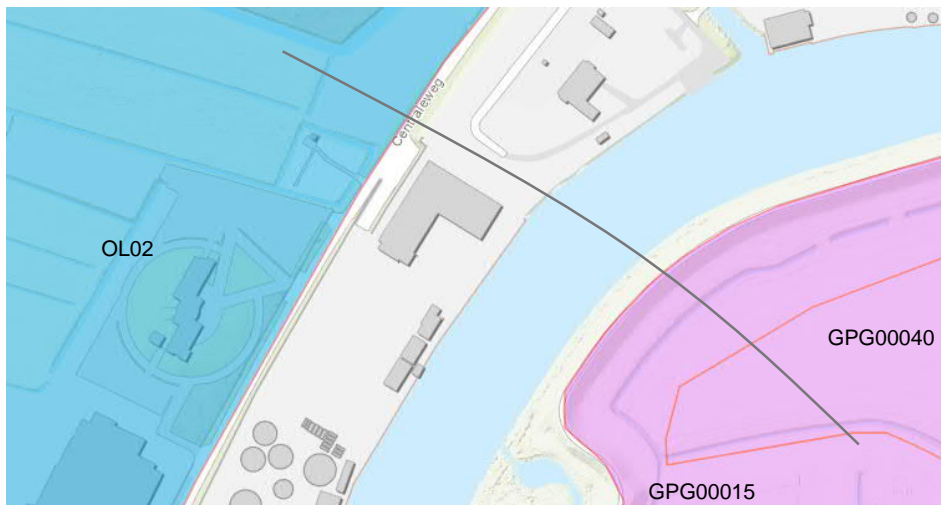
4.5.2 Kwel tussen de peilgebieden

Het intredepunt ligt in een ander peilbesluit dan het uittredepunt. Het intredepunt ligt in het peilbesluit van Gat van de Ham en het uittredepunt ligt in het peilbesluit van Oosterhout-Waalwijk. Het peil van de Donge fluctueert rond +0,50 m NAP en staat onder invloed van getij.

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 Peilgebieden en peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
Donge	+ 0,50	+ 0,50
GPG00015 – Karthuizer Polder	- 0,65	- 0,90
GPG00040 – Gasthuizenwaard	- 0,85	-1,1
OL02 – Middelschans	- 0,65	- 0,95



Figuur 11 Peilgebieden bij GTB-HDD3

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

Natuurlijke kwelweg < kwelweg via HDD

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{vert} + L_{hor} \times \frac{1}{6}$$

Waarin:

- L₀: 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]
De Donge	OL02	155/3= 51,7	2,3 + 155/6 + 16,8= 44,9
De Donge	GPG00040	50/3 = 16,7	16,7 + 185/6= 47,5
De Donge	GPG00015	160/3 = 53,3	16,7 + 160/6 +2,1 = 45,5

4.5.3 Kwelmaatregelen

De HDD's kunnen in dit geval tot verkorting van de natuurlijke kwelweg leiden. Daarnaast is niet uit te sluiten dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket op deze locatie hoger ligt dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. Mogelijk sluiten de bovenliggende kleilagen 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.

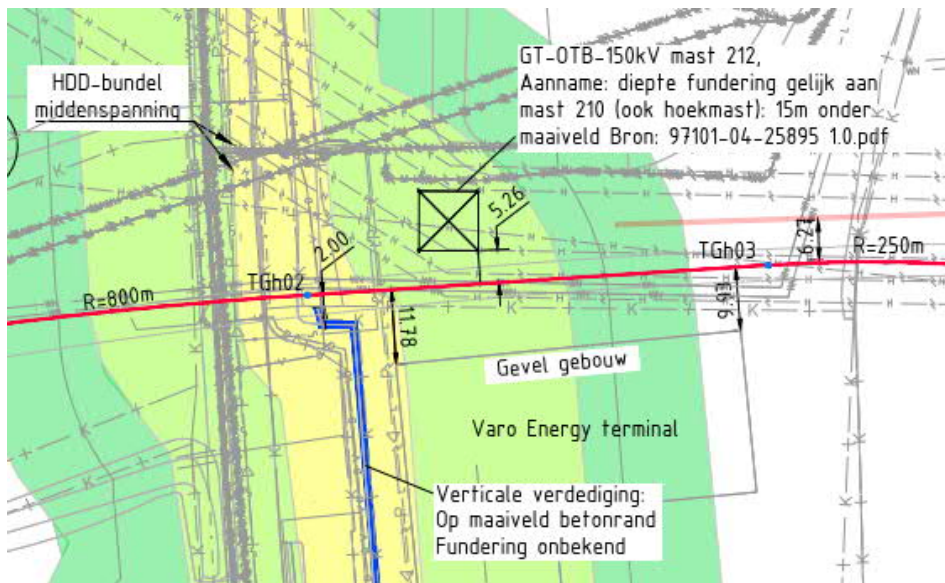
Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve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

- De HDD's liggen onder elkaar, niet naast elkaar, door de geringe beschikbare ruimte. Hierdoor zijn er ook twee berekeningen uitgevoerd (zie bijlage 3);
- Werken nabij hoogspanningsmasten van TenneT nabij de intrede- en uittredepunten en de uitlegstrook;
- Werken in de beschermingszones van de waterkeringen van waterschap Brabantse Delta;
- Bij het intredepunt ligt een middenspanningskabel op korte afstand. Deze dient voorafgaand aan de werkzaamheden gelokaliseerd en ingemeten te worden. In overleg met de beheerder dienen eventueel maatregelen genomen te worden;
- Bij het in- en uittredepunt van HDD B dienen de watergangen gedempt te worden om muduitbraak te voorkomen;
- Enexis is voornemens om parallel aan het tracé ook een HDD-bundel uit te voeren. Bij de uitvoering dient nadere afstemming met Enexis plaats te vinden over deze parallellegging;
- Het boortracé passeert mast 212 GT-OTD 150kV. De exacte funderingsgegevens van deze mast zijn niet bekend en zijn daarom afgeleid van de omliggende masten in hetzelfde tracé;
- Bij het passeren van de bestaande hoogspanningsmasten dient de stabiliteit van de masten gewaarborgd blijven. Dit kan gemitigeerd worden met geotechnische berekeningen van de plastische straal van de HDD's;
- Het boortracé ligt langs een verticale verdediging in de vorm van een betonrand op het maaiveld. De fundering is onbekend. Bij waterschap Brabantse Delta dient nadere informatie opgevraagd te worden;
- Het boortracé passeert het terrein van Varo Energy Terminal, waar een betonrand aanwezig is. De fundering is onbekend. Bij de eigenaar dient nadere informatie opgevraagd te worden;
- Het nemen van de in paragraaf 4.5.3 benoemde kwelmaatregelen. Voorafgaand aan de uitvoering dienen de plannen hiervoor goedgekeurd te worden door Waterschap Brabantse Delta;
- 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;

- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor;
- Het tracé bevat één gecombineerde bocht, drie horizontale bochten en twee verticale bochten. 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.



Figuur 12 *Situatie met de beperkte beschikbare ruimte bij mast 212, Varo Energy terminal, de verticale verdediging en de toekomstige HDD van Enexis (lichtrood)*

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.

Dit rapport betreft de kruising van 2 HDD's met twee primaire waterkeringen en de Donge. De kruising (met codering GTB HDD3) is vergunningsplichtig bij waterschap Brabantse Delta en Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

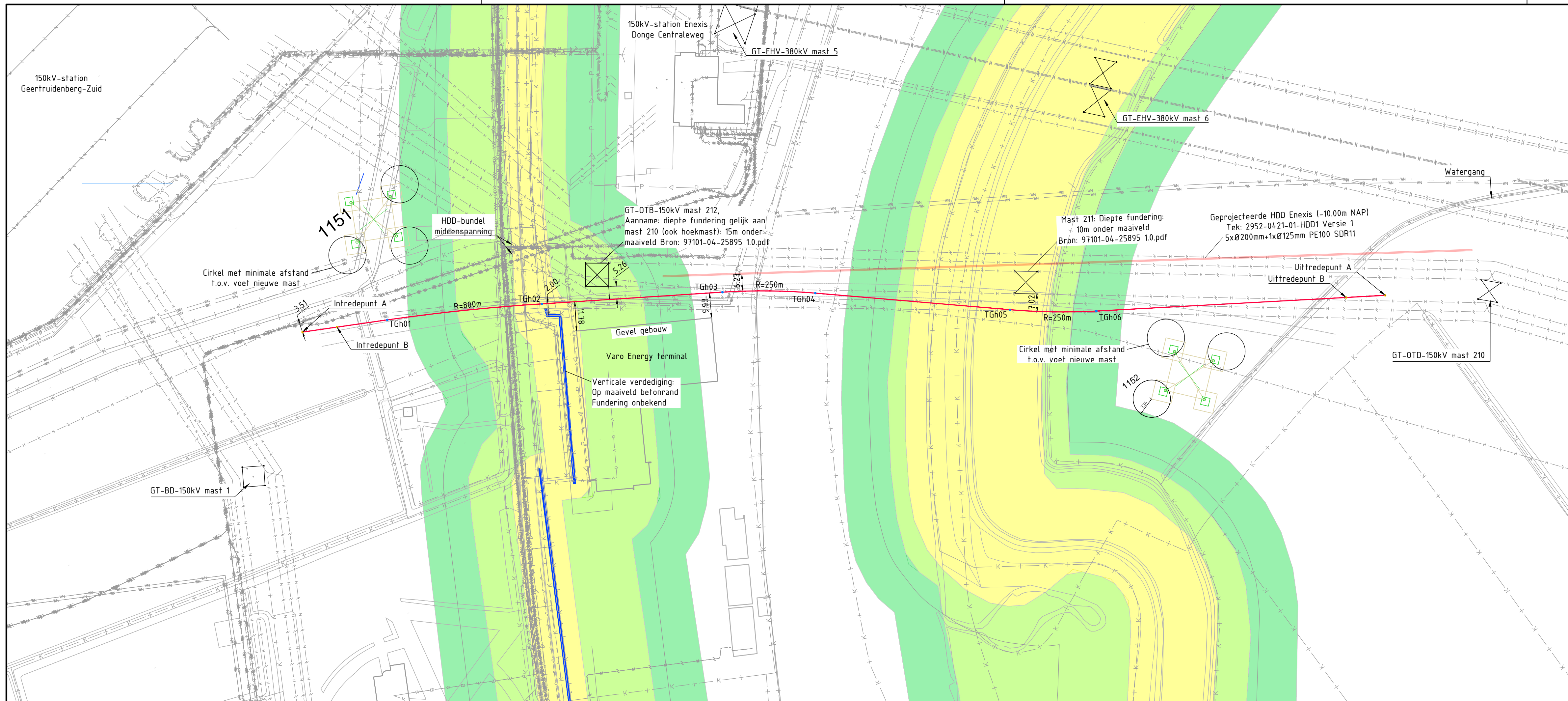
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

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

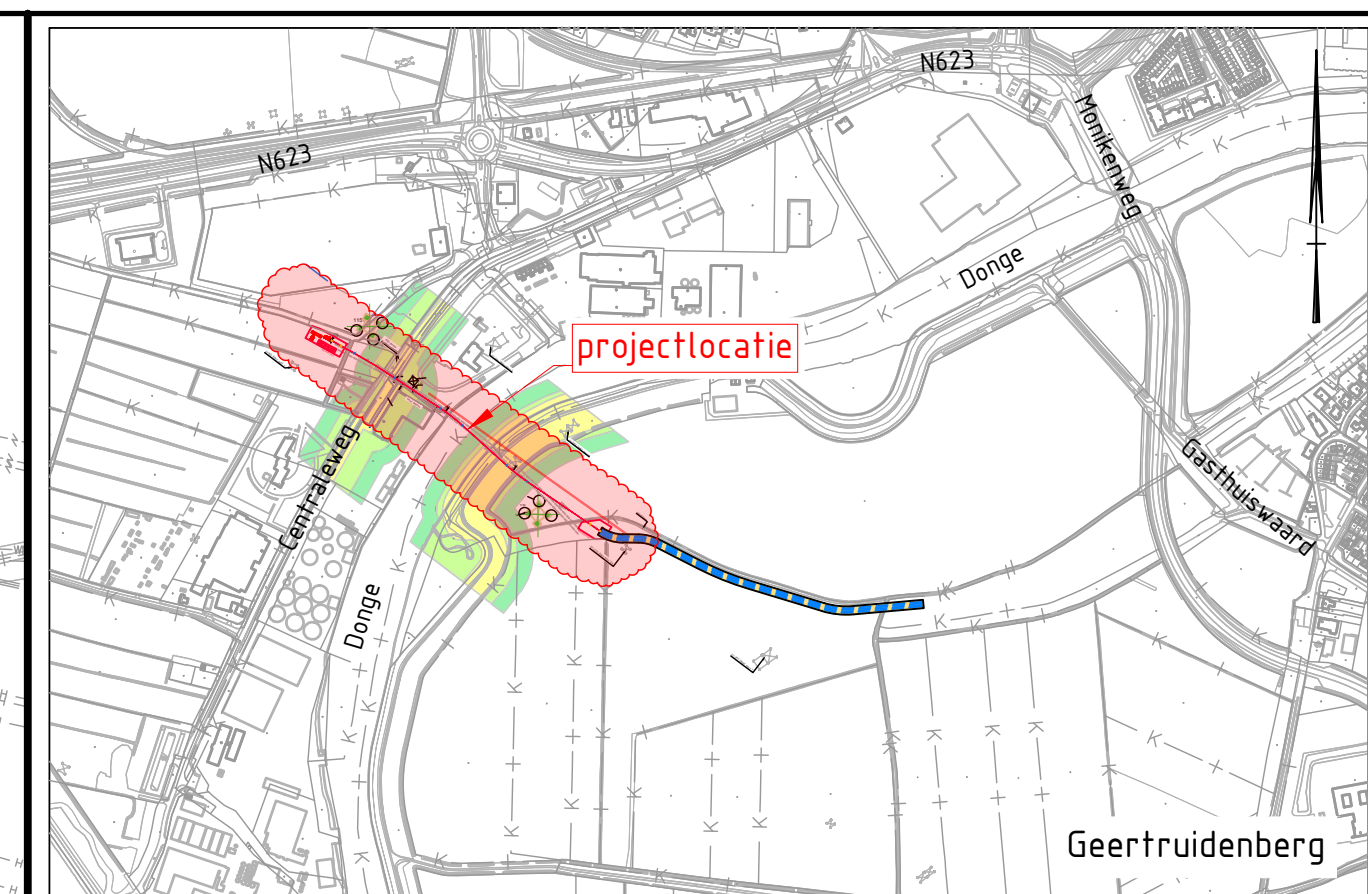
Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee onder elkaar gelegen HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen. Wel zijn kwelmaatregelen nodig.

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.

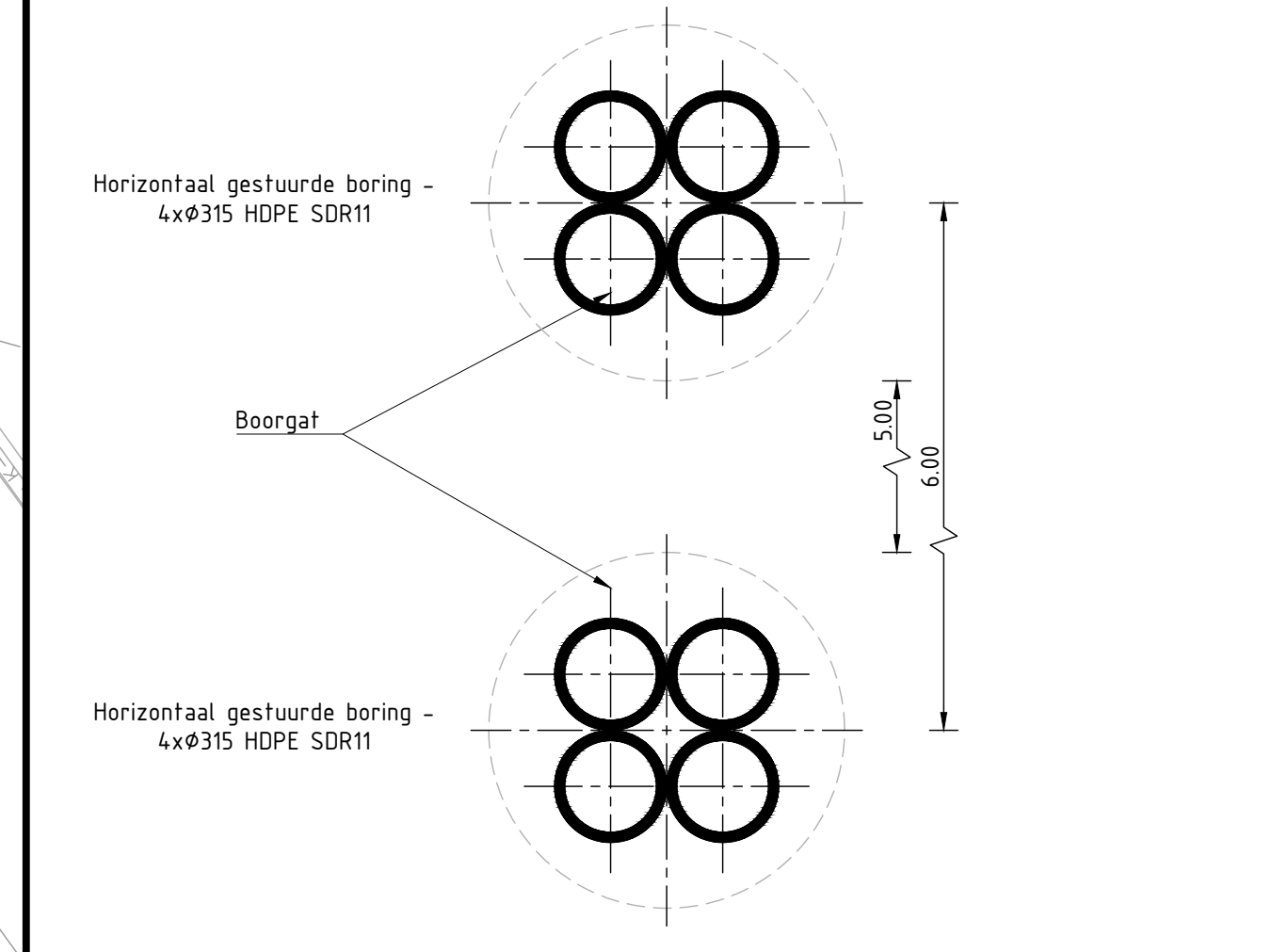
Bijlage 1 – Ontwerptekening



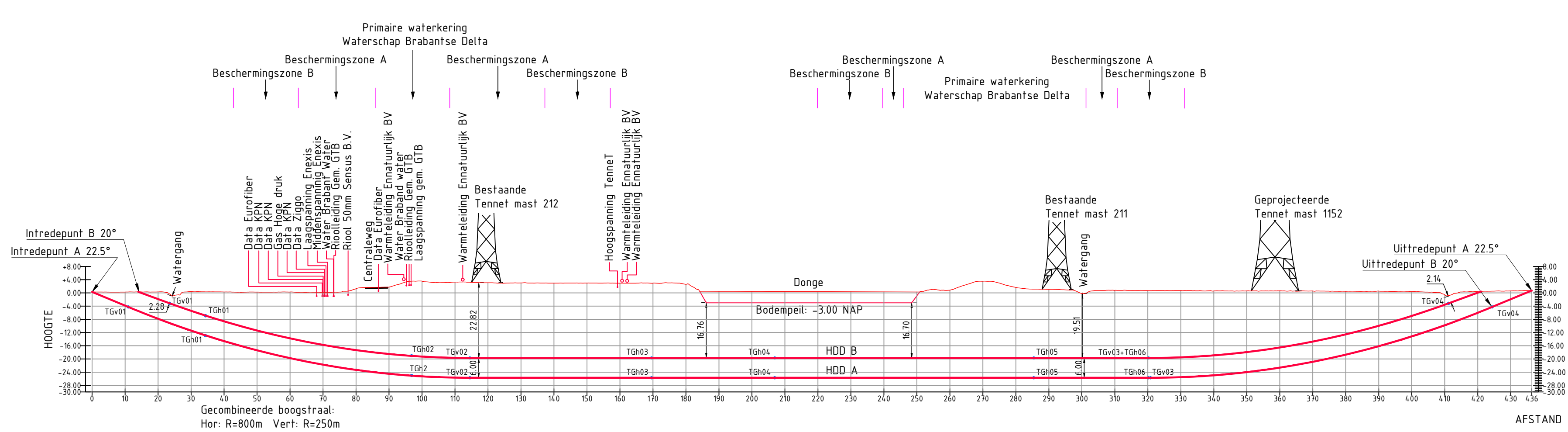
Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.



Principe doorsnede
Schaal 1:20



Schaal 1:1000
DOORSNEDEN VAN AL-BB1101

Metreering	0,000	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000	200,000	210,000	220,000	230,000	240,000	250,000	260,000	270,000	280,000	290,000	300,000	310,000	320,000	330,000	340,000	350,000	360,000	370,000	380,000	390,000	400,000	410,000	420,000	430,000	440,000	450,000					
Hoogte bestaand terrein in NAP	+0,292	+0,286	+0,291	+0,280	+0,436	+0,278	+0,248	+0,268	+0,266	+0,291	+0,278	+0,272	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274	+0,274			
Horizontaal ontwerp	L=14,00	L=20,41	Rh=800,00m L=62,33	L=72,83	Rh=250,00m L=37,34	L=78,52	Rh=250,00m L=34,74	L=100,51	L=15,70																																										
Verticaal ontwerp HDD A	L=71,89	Rv=250,00m L=103,55		L=206,26																																															
Hoogte verticaal ontwerp in NAP	+0,292	-4,257	-20,342		-25,704																																														
Verticaal ontwerp HDD B	L=70,11	Rv=250,00m L=90,99		L=206,69																																															
Hoogte verticaal ontwerp in NAP	+0,195	-3,144	-15,564		-19,704																																														

Lengteprofiel Schaal 1:1000

Legenda

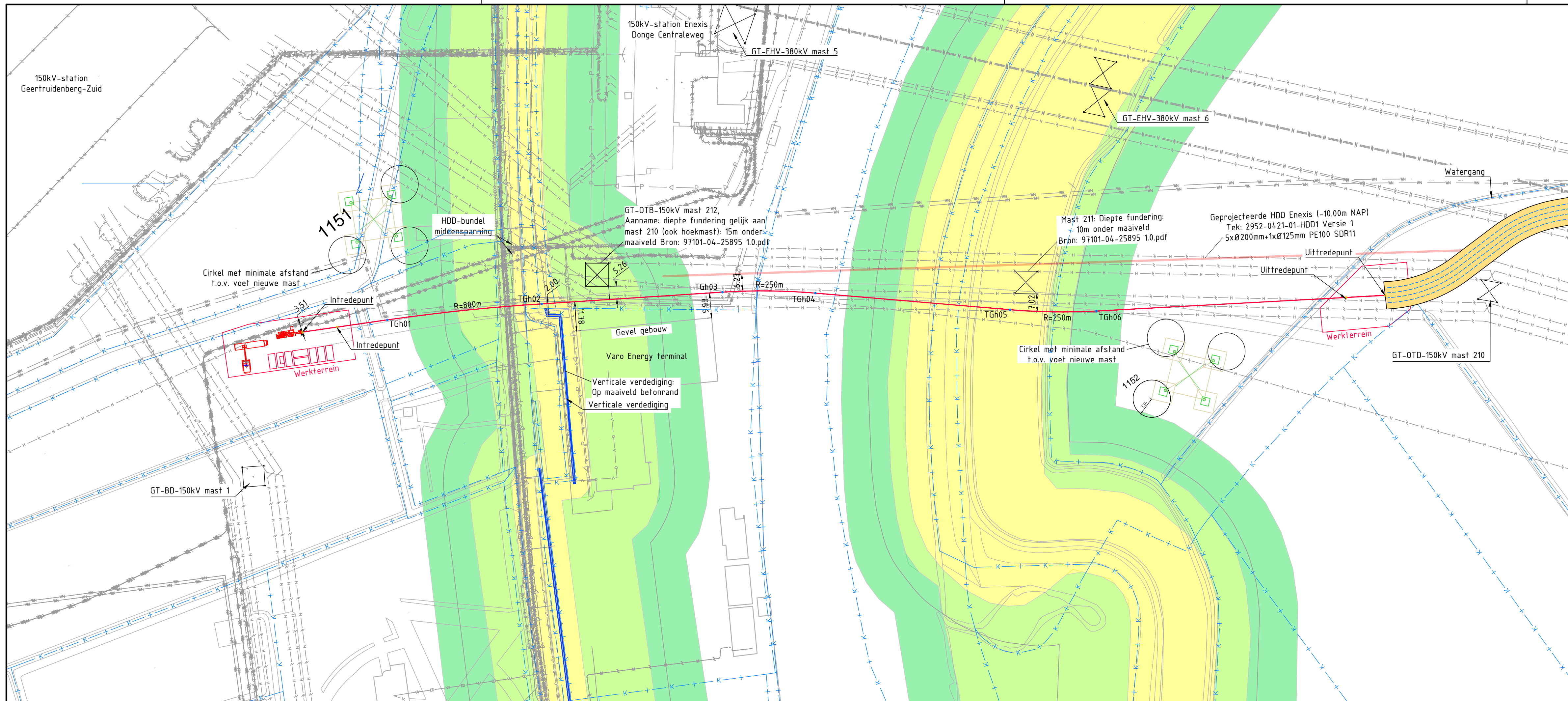
- K — K — K — K — Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Data transport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- PE Open ontgraving
- PVC Open ontgraving
- Verticale verdediging
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- 16 Locatie sondering met nummer
- TGH01 Tangent horizontaal
- TGV01 Tangent verticaal
- Uitgestrook
- Verharding/wegen
- Primaire waterkering Waterschap Brabantse Delta
- Beschermingszone A
- Beschermingszone B

Vergunningstekening

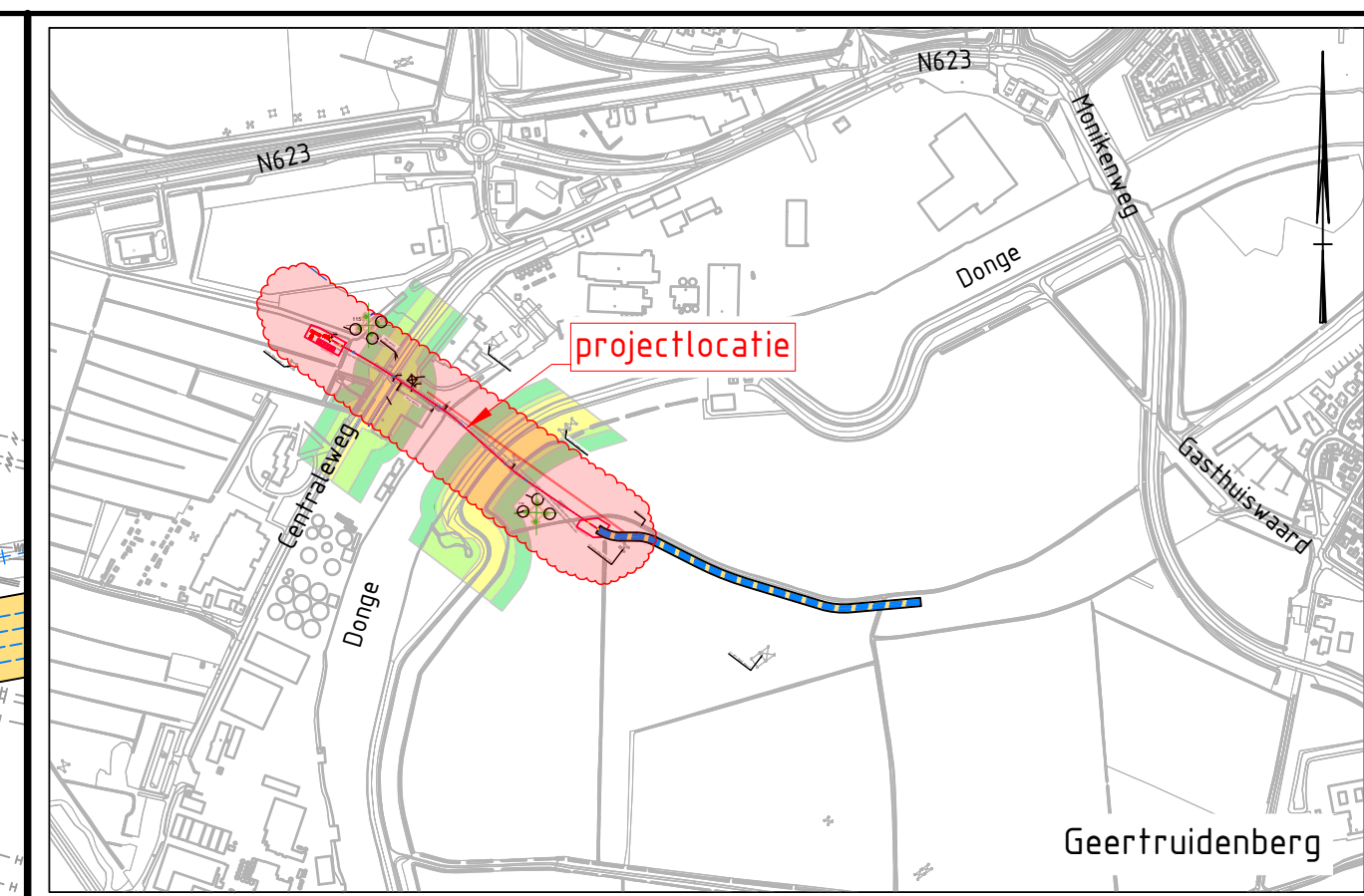
D	T.b.v. vergunningaanvraag	15-04-2022	JPR	MJ	JD
C	Nieuw ontwerp	30-08-2021	BB	MJ	JD
B	Eerste uitgave	25-08-2021	BB	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Ge.	Goedg.

Onderschrijver
TenneT TSO B.V.
Project:
HDD's 150 kv ZWO
Onderdeel:
GTB-HDD3
Kruising Donge

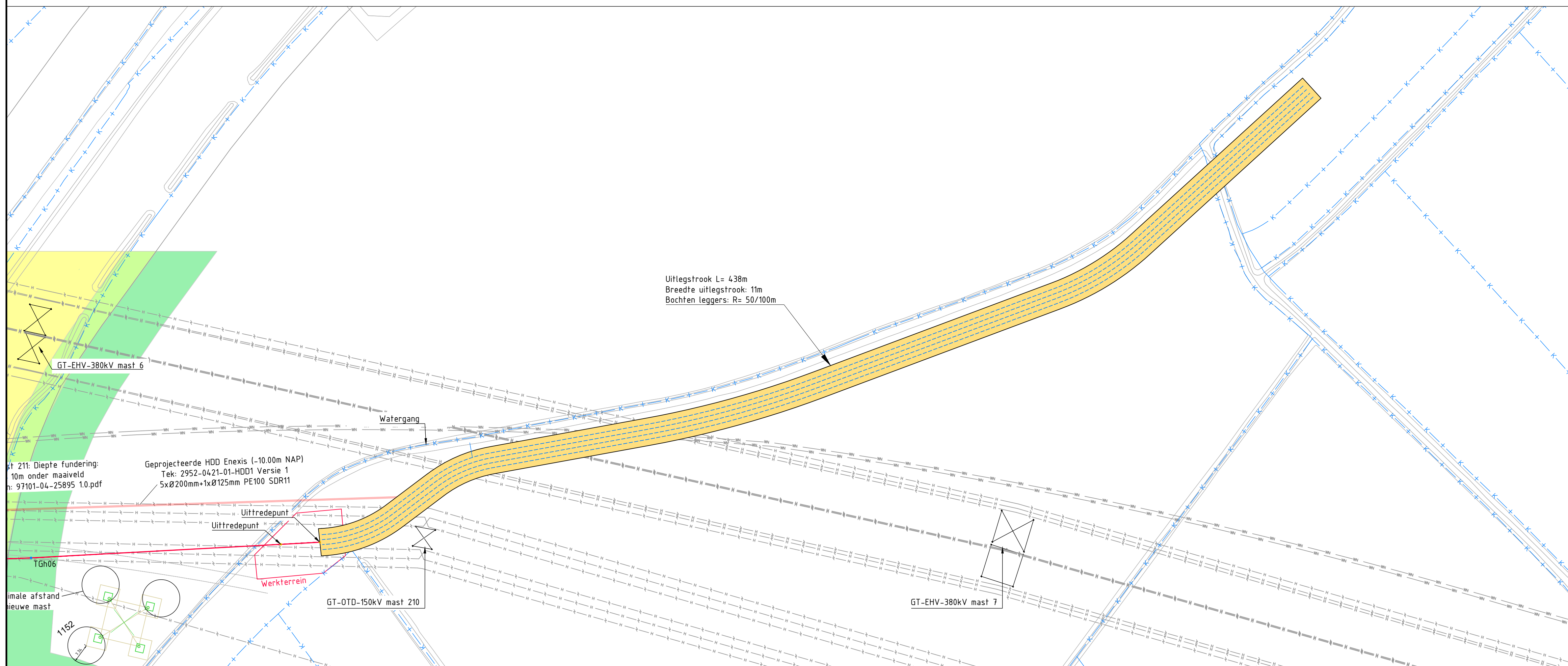
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer		
368722	GTB-HDD3	C	15-04-2022	Definitief ontwerp			
Bld	Van	Schaal	Format	Kantoor	Get.	Ge.	Goedg.
1	2	Zie Tekening	A1	De Bilt	BB	MJ	JD



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.



Lengteprofiel Schaal 1:1000

Legenda

— K — K — K —	Kadastrale grens	—	Verharding (asfalt)
—	Leiding gevaarlijke inhoud	—	Bestaande topo
—	Datatransport	—	Bebouwing
—	Landelijk hoogspanningsnet	●	Locatie sondering met nummer
—	Laagspanning	TGH01	Tangent horizontaal
—	Middenspanning	TGV01	Tangent verticaal
—	Gasleiding hoge druk	—	Uitlegstrook
—	Gasleiding lage druk	—	Verharding/wegen
—	Waterleiding	—	Primaire waterkering
—	Drukriolering	—	Waterschap Brabantse Delta
—	Riolering vrijverval	—	Beschermingszone A
—	Horizontaal gestuurde boring (HDD)	—	Beschermingszone B
—	PE Open ontgraving	—	
—	PVC Open ontgraving	—	
—	Verticale verdediging	—	

Vergunningstekening

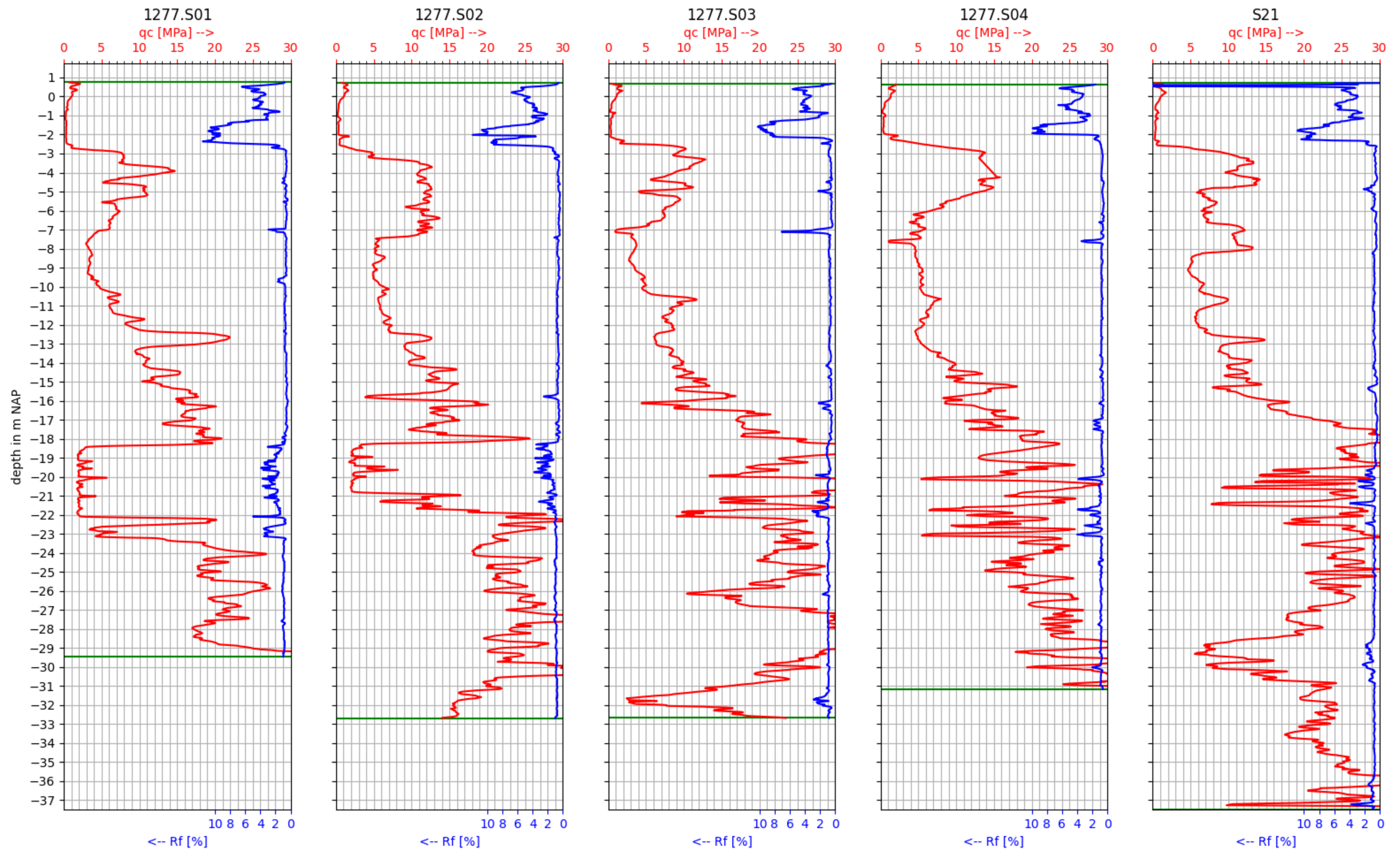
D	T.b.v. vergunningaanvraag	15-04-2022	JPR	MJ	JD
C	Nieuw ontwerp	30-08-2021	BB	MJ	JD
B	Eerste uitgave	25-08-2021	BB	MJ	JD
A	Revisie	Datum rev.	Get.	Gecc.	Goedg.

Ondraagster
TenneT TSO B.V.
Project
HDD's 150 kV ZWO
Onderdeel
GTB-HDD3
Kruising Donge Uitlegstrook

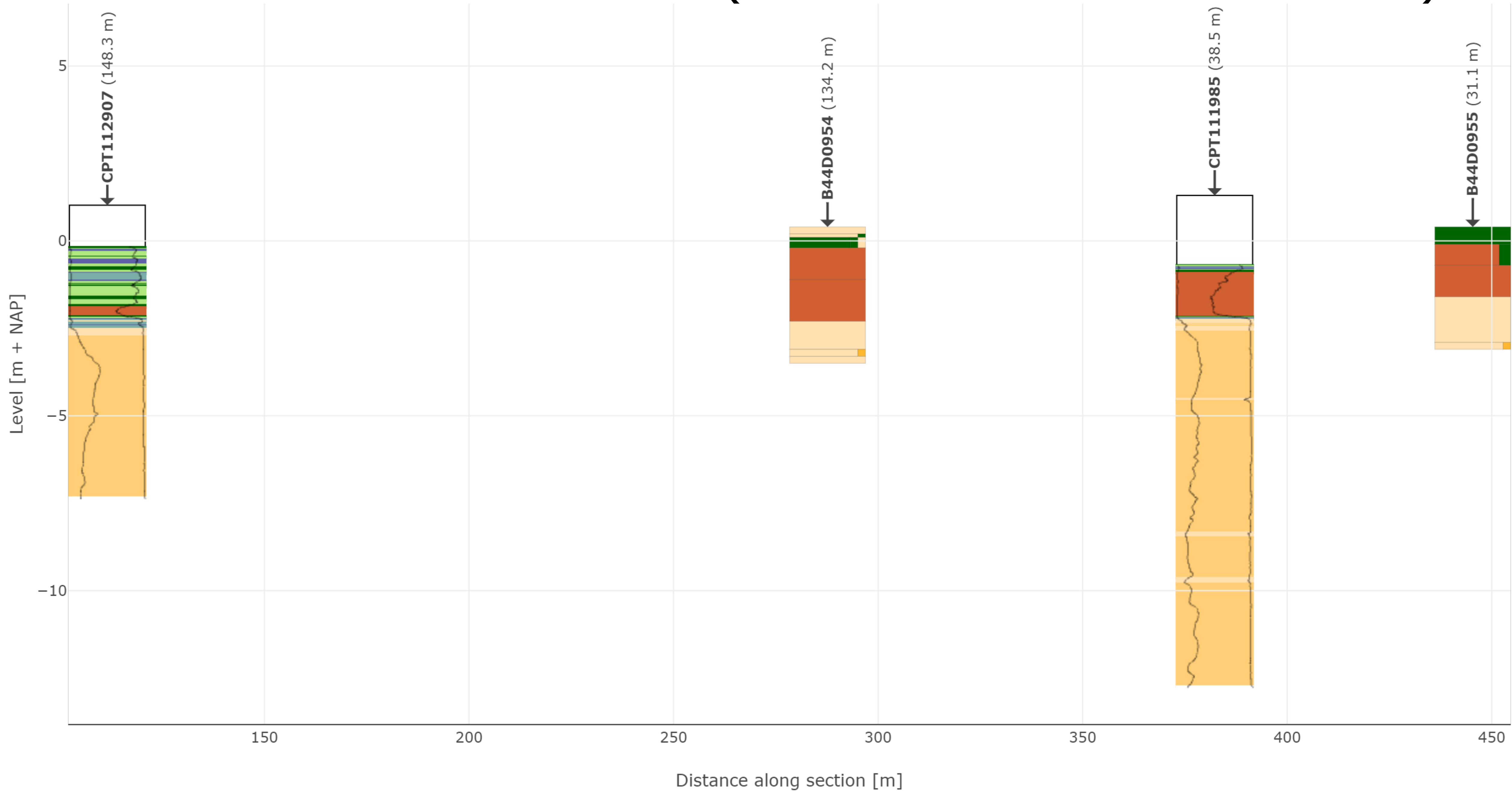
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer		
368722	GTB-HDD3	C	15-04-2022	Definitief ontwerp			
Bld	Van	Schaal	Format	Kantoor	Get.	Gecc.	Goedg.
2	2	1:1000	A1	De Bilt	BB	MJ	JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

GTB HDD3



Grondonderzoek BRO (tot 200 m afstand van trace)

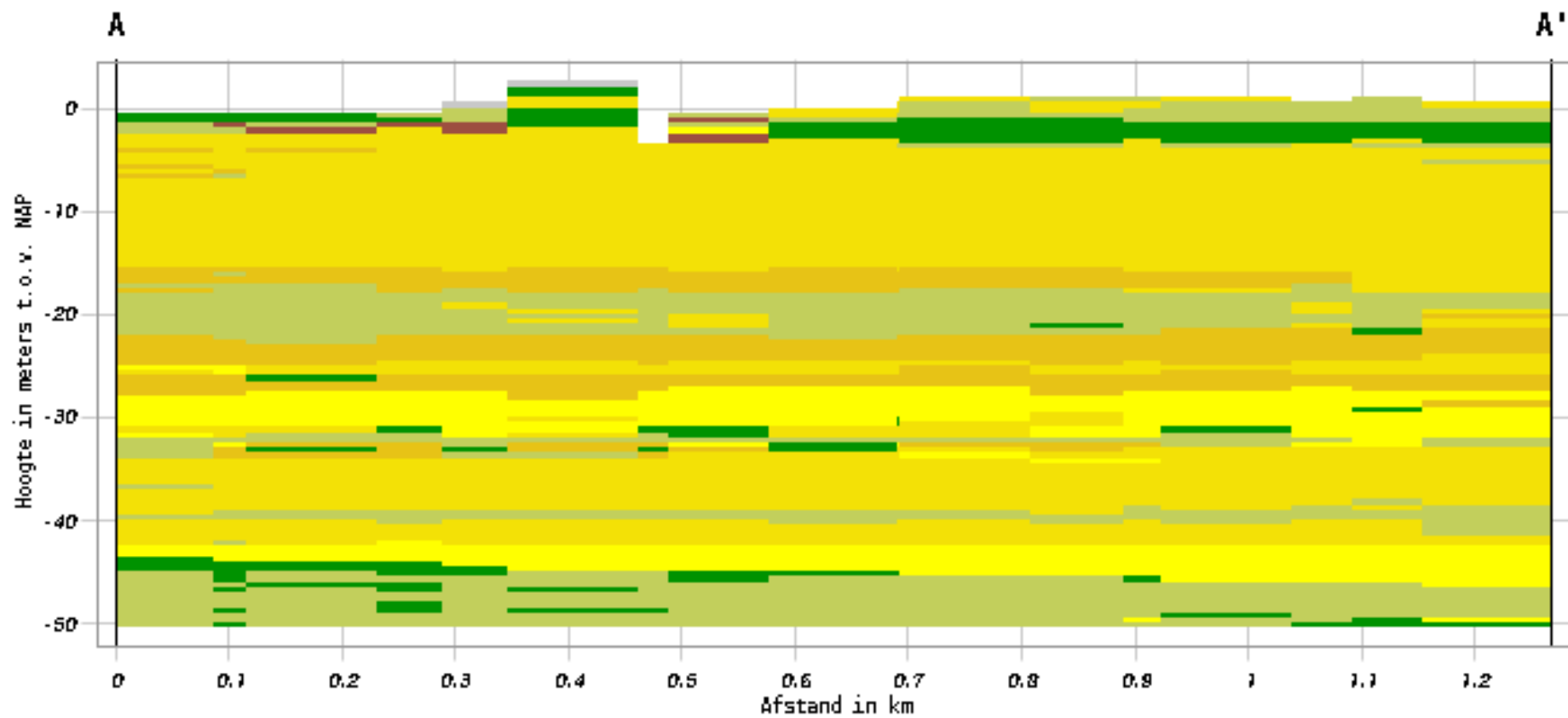


■ Sands
 ■ Sand mixtures
 ■ Silt mixtures
 ■ Clay
 ■ Clay (org. mat) [3<N<15]
 ■ Organic clay [15<N<30]
 ■ Peat [N>30]
 Unknown

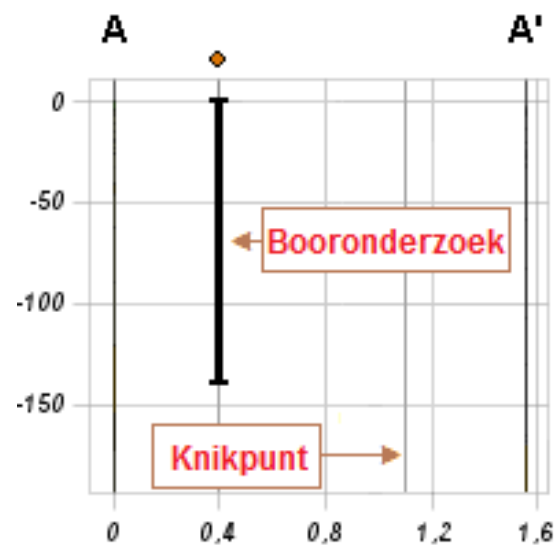
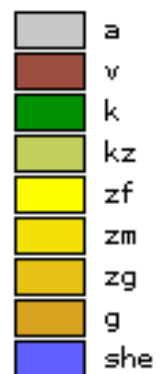


● cpt
 ● borehole
 ● not shown on sectionplot
 — section

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4.1



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 20-4-2022
Time of report: 08:24:16
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: GTB HDD3 berekening ONDIEP

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	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	5
3.6	Selected Boundaries	5
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	6
3.8.1	Geometry Section, Detailed	6
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	7
3.10	Traffic Load	9
3.11	Configuration of the Pipeline	9
3.12	Product Pipe Material Data	9
3.13	Pipe Engineering Data	10
3.14	Drilling Fluid Data	11
3.15	Factors	11
3.16	Calculation Options	11
4	Drilling Fluid Pressures	12
4.1	Drilling Fluid Data	12
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	16
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	18
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	18
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	18
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	19
5	Soil Mechanical Data	20
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	20
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	23
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	26
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	29
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	32
6	Data for Stress Analysis	36
6.1	General Data	36
6.2	Buoyancy Control	36
6.3	Calculation Pulling Force	36
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	38
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	38
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	38
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	38
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	39
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	39
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	39
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	39
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	40
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	40
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	41
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	41
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	41
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	41
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	42
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	42
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	42
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	42
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	43
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	43
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	45
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	45
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	45
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	45
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	46

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	46
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	46
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	46
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	47
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	47
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	48
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	48
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	48
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	48
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	49
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	49
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	49
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	49
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	50
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	50

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a S_u -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	10,000	20,000	30,000	40,000
5 - Z -	0,292	0,260	0,291	0,406	0,278
5 - L -	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
5 - Z -	0,248	0,266	0,191	1,272	1,774
5 - L -	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000
5 - Z -	3,553	3,267	3,065	3,019	2,958
5 - L -	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000
5 - Z -	2,984	2,958	2,956	2,587	-1,500
5 - L -	200,000	210,000	220,000	230,000	240,000
5 - Z -	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500
5 - L -	250,000	260,000	270,000	280,000	290,000
5 - Z -	-1,500	0,824	3,528	1,650	1,096
5 - L -	300,000	310,000	320,000	330,000	340,000
5 - Z -	-0,167	0,776	0,691	0,696	0,586
5 - L -	350,000	360,000	370,000	380,000	390,000
5 - Z -	0,607	0,628	0,566	0,469	0,542
5 - L -	400,000	410,000	420,000	430,000	500,000
5 - Z -	0,382	-0,589	0,399	0,595	0,724
4 - L -	0,000	58,008	70,010	500,000	
4 - Z -	0,290	-0,200	-2,000	-1,700	
3 - L -	0,000	500,000			
3 - Z -	-2,500	-2,500			
2 - L -	0,000	500,000			
2 - Z -	-18,000	-18,000			
1 - L -	0,000	500,000			
1 - Z -	-22,000	-22,000			
0 - L -	0,000	500,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	500,000			
1 - Z -	-0,900	-0,900			

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	Klei, schoon, matig	1	1
4	Veen, slap	1	1
3	Zand, schoon, matig	1	1
2	Klei, zwak zandig, m...	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

3.7 Soil Material Data

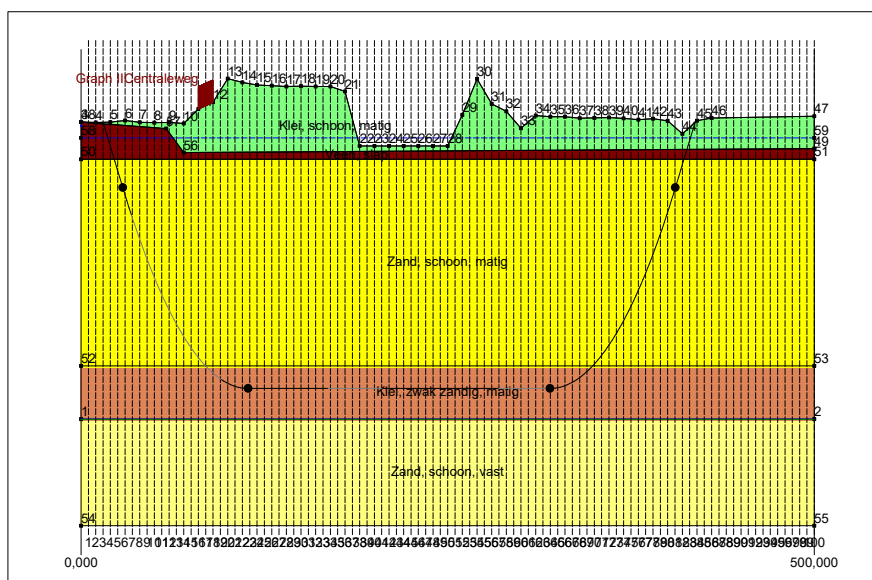
Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, sterk zandig	18,00	18,00	0,50	27,50	10,00	10,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,50	15,00	15,00	15,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Klei, zwak zandig, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	80,00	80,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
Klei, schoon, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	50,00	50,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	Sand	10000,00	-	-
Klei, sterk zandig	Clay	2000,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, matig	Sand	30000,00	-	-
Klei, zwak zandig, matig	Clay	3000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	90000,00	-	-
Klei, schoon, matig	Clay	2000,00	-	-

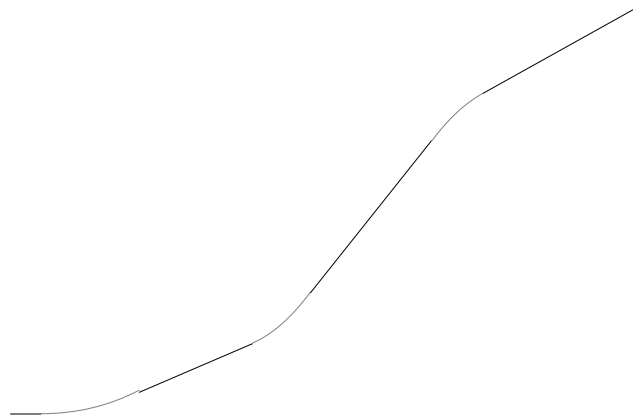
Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Klei, sterk zandig	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,20
Zand, schoon, matig	-	-	0,20
Klei, zwak zandig, matig	-	-	0,20
Zand, schoon, vast	-	-	0,30
Klei, schoon, matig	-	-	0,20

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	5,000	n.a.
2	10,000	n.a.
3	15,000	0,275
4	20,000	-1,545
5	25,000	-3,365
6	30,000	-5,179
7	35,000	-6,902
8	40,000	-8,509
9	45,000	-10,000
10	50,000	-11,379
11	55,000	-12,647
12	60,000	-13,807
13	65,000	-14,858
14	70,000	-15,804
15	75,000	-16,645
16	80,000	-17,382
17	85,000	-18,017
18	90,000	-18,549
19	95,000	-18,980
20	100,000	-19,310
21	105,000	-19,539
22	110,000	-19,669
23	115,000	-19,700
24	120,000	-19,700
25	125,000	-19,700
26	130,000	-19,700
27	135,000	-19,700
28	140,000	-19,700
29	145,000	-19,700
30	150,000	-19,700
31	155,000	-19,700

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
32	160,000	-19,700
33	165,000	-19,700
34	170,000	-19,700
35	175,000	-19,700
36	180,000	-19,700
37	185,000	-19,700
38	190,000	-19,700
39	195,000	-19,700
40	200,000	-19,700
41	205,000	-19,700
42	210,000	-19,700
43	215,000	-19,700
44	220,000	-19,700
45	225,000	-19,700
46	230,000	-19,700
47	235,000	-19,700
48	240,000	-19,700
49	245,000	-19,700
50	250,000	-19,700
51	255,000	-19,700
52	260,000	-19,700
53	265,000	-19,700
54	270,000	-19,700
55	275,000	-19,700
56	280,000	-19,700
57	285,000	-19,700
58	290,000	-19,700
59	295,000	-19,700
60	300,000	-19,700
61	305,000	-19,700
62	310,000	-19,700
63	315,000	-19,700
64	320,000	-19,700
65	325,000	-19,645
66	330,000	-19,491
67	335,000	-19,236
68	340,000	-18,880
69	345,000	-18,424
70	350,000	-17,866
71	355,000	-17,206
72	360,000	-16,443
73	365,000	-15,575
74	370,000	-14,603
75	375,000	-13,524
76	380,000	-12,337
77	385,000	-11,041
78	390,000	-9,634
79	395,000	-8,114
80	400,000	-6,478
81	405,000	-4,725
82	410,000	-2,905
83	415,000	-1,085
84	420,000	n.a.
85	425,000	n.a.
86	430,000	n.a.
87	435,000	n.a.
88	440,000	n.a.
89	445,000	n.a.
90	450,000	n.a.
91	455,000	n.a.
92	460,000	n.a.
93	465,000	n.a.
94	470,000	n.a.
95	475,000	n.a.
96	480,000	n.a.

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
97	485,000	n.a.
98	490,000	n.a.
99	495,000	n.a.
100	500,000	n.a.

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

3.10 Traffic Load

Centraleweg		
L start	80,00	[m]
L end	90,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	

3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	15,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	0,275	[m]
X co-ordinate right point	415,000	[m]
Y co-ordinate right point	47,000	[m]
Z co-ordinate right point	0,274	[m]
Angle left	20,0000	[deg]
Angle right	20,0000	[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)	-19,700	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	3	

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

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	34,400	0,000	97,000	2,500	800,000	right
2	169,000	8,100	206,000	14,000	250,000	right
3	283,000	31,500	316,000	37,000	250,000	left

3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]

Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
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/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[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 (γ)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (τ)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (μ)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.15 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 S_u	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/m ³]
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	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	204
2	24	24	23	222
3	52	52	46	239
4	74	74	69	257
5	100	100	90	273
6	124	124	111	289
7	148	148	130	303
8	170	170	148	315
9	191	191	164	327
10	211	211	180	337
11	231	231	194	346
12	249	249	207	354
13	269	269	219	361
14	287	287	230	367
15	300	300	239	371
16	522	522	248	375
17	556	556	255	377
18	576	576	261	378
19	579	579	266	378
20	579	579	270	377
21	578	578	273	375
22	577	577	275	372
23	576	576	278	370
24	576	576	280	367
25	575	575	283	365
26	575	575	285	362
27	575	575	288	360
28	575	575	290	357
29	575	575	293	355
30	575	575	295	352
31	575	575	298	350
32	575	575	300	347
33	572	572	303	345
34	570	570	305	342
35	540	540	308	340
36	512	512	310	337
37	512	512	313	335
38	512	512	315	332
39	512	512	318	330
40	512	512	320	327
41	512	512	323	325
42	512	512	325	322
43	512	512	328	320
44	512	512	330	317
45	512	512	333	315
46	512	512	335	312
47	512	512	338	310
48	512	512	340	307
49	526	526	343	305
50	544	544	345	302
51	564	564	348	300
52	582	582	350	297
53	569	569	353	295
54	556	556	355	292
55	552	552	358	290
56	548	548	360	287
57	538	538	363	285

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	529	529	365	282
59	536	536	368	280
60	543	543	370	277
61	542	542	373	275
62	542	542	375	272
63	541	541	377	269
64	538	538	378	265
65	532	532	378	260
66	522	522	376	253
67	488	488	374	246
68	286	286	370	237
69	276	276	365	227
70	263	263	359	216
71	249	249	352	204
72	233	233	344	191
73	215	215	335	176
74	196	196	324	160
75	176	176	312	143
76	154	154	299	125
77	129	129	285	106
78	103	103	269	85
79	73	73	253	63
80	57	57	235	40
81	67	67	217	17

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	24	24	21	23
3	55	55	42	46
4	76	76	63	69
5	101	101	84	90
6	125	125	102	111
7	149	149	120	130
8	171	171	136	148
9	191	191	151	164
10	211	211	165	180
11	231	231	178	194
12	250	250	189	207
13	269	269	199	219
14	287	287	208	230
15	301	301	216	239
16	487	487	223	248
17	544	544	229	255
18	570	570	233	261
19	574	574	237	266
20	575	575	239	270
21	575	575	240	273
22	573	573	241	275
23	573	573	242	276
24	572	572	243	275
25	572	572	244	274
26	572	572	245	273
27	572	572	246	272
28	572	572	247	271
29	572	572	248	270
30	572	572	249	269
31	571	571	250	268
32	571	571	250	268
33	569	569	251	267
34	566	566	252	266
35	537	537	253	265
36	509	509	254	264

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
37	509	509	255	263
38	509	509	256	262
39	509	509	257	261
40	509	509	258	260
41	509	509	259	259
42	509	509	260	258
43	509	509	260	258
44	508	508	261	257
45	508	508	262	256
46	508	508	263	255
47	508	508	264	254
48	508	508	265	253
49	523	523	266	252
50	541	541	267	251
51	560	560	268	250
52	579	579	269	249
53	566	566	270	248
54	553	553	271	247
55	549	549	271	247
56	545	545	272	246
57	535	535	273	245
58	525	525	274	244
59	533	533	275	243
60	540	540	276	242
61	539	539	275	241
62	538	538	272	240
63	537	537	269	239
64	534	534	265	236
65	525	525	260	232
66	508	508	253	227
67	435	435	246	221
68	286	286	237	214
69	276	276	227	206
70	264	264	216	197
71	250	250	204	186
72	234	234	191	174
73	216	216	176	162
74	196	196	160	147
75	176	176	143	132
76	155	155	125	116
77	131	131	106	98
78	106	106	85	79
79	76	76	63	58
80	66	66	40	37
81	51	51	17	16

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	22	22	21	21
3	61	61	42	42
4	79	79	63	63
5	103	103	83	84
6	127	127	102	102
7	150	150	119	120
8	172	172	135	136
9	192	192	150	151
10	212	212	164	165
11	232	232	176	178
12	251	251	188	189
13	270	270	198	199
14	288	288	207	208
15	302	302	214	216

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
16	351	351	221	223
17	494	494	227	229
18	539	539	231	233
19	552	552	235	237
20	557	557	237	239
21	557	557	238	240
22	555	555	239	241
23	555	555	239	242
24	555	555	240	243
25	554	554	241	244
26	554	554	242	245
27	554	554	243	246
28	554	554	243	247
29	554	554	244	248
30	554	554	245	249
31	554	554	246	250
32	554	554	247	250
33	551	551	247	251
34	549	549	248	252
35	520	520	249	253
36	492	492	250	254
37	492	492	251	255
38	492	492	251	256
39	492	492	252	256
40	492	492	253	255
41	492	492	254	254
42	492	492	254	253
43	492	492	255	253
44	492	492	256	252
45	492	492	256	251
46	492	492	255	250
47	492	492	254	250
48	492	492	253	249
49	506	506	252	248
50	524	524	251	247
51	543	543	250	246
52	561	561	249	246
53	548	548	248	245
54	535	535	247	244
55	531	531	247	243
56	527	527	246	242
57	518	518	245	242
58	509	509	244	241
59	516	516	243	240
60	523	523	242	239
61	522	522	241	238
62	522	522	240	238
63	519	519	239	236
64	511	511	236	234
65	494	494	232	230
66	449	449	227	225
67	296	296	221	220
68	287	287	214	213
69	277	277	206	204
70	265	265	197	195
71	251	251	186	185
72	235	235	174	173
73	217	217	162	160
74	198	198	147	146
75	178	178	132	131
76	158	158	116	115
77	134	134	98	97
78	111	111	79	78
79	80	80	58	58

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
80	47	47	37	37
81	0	2	16	16

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

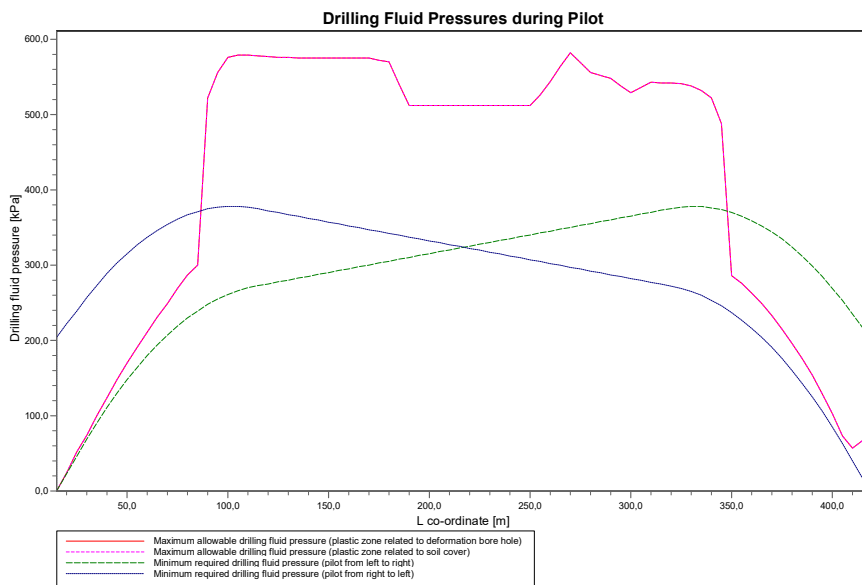
Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
1	0	0	-	sufficient
2	20	6	3,13	sufficient
3	40	25	1,64	sufficient
4	61	43	1,41	sufficient
5	80	60	1,33	sufficient
6	97	76	1,28	sufficient
7	114	91	1,25	sufficient
8	129	105	1,23	sufficient
9	143	117	1,22	sufficient
10	156	129	1,21	sufficient
11	168	140	1,20	sufficient
12	178	149	1,20	sufficient
13	188	157	1,19	sufficient
14	196	165	1,19	sufficient
15	203	171	1,19	sufficient
16	209	176	1,18	sufficient
17	214	181	1,18	sufficient
18	217	184	1,18	sufficient
19	220	186	1,18	sufficient
20	221	188	1,18	sufficient
21	222	188	1,18	sufficient
22	222	188	1,18	sufficient
23	222	188	1,18	sufficient
24	222	188	1,18	sufficient
25	222	188	1,18	sufficient
26	222	188	1,18	sufficient
27	222	188	1,18	sufficient
28	222	188	1,18	sufficient
29	222	188	1,18	sufficient
30	222	188	1,18	sufficient
31	222	188	1,18	sufficient
32	222	188	1,18	sufficient
33	222	188	1,18	sufficient
34	222	188	1,18	sufficient
35	222	188	1,18	sufficient
36	222	188	1,18	sufficient
37	222	188	1,18	sufficient
38	222	188	1,18	sufficient
39	222	188	1,18	sufficient
40	222	188	1,18	sufficient
41	222	188	1,18	sufficient
42	222	188	1,18	sufficient
43	222	188	1,18	sufficient
44	222	188	1,18	sufficient
45	222	188	1,18	sufficient
46	222	188	1,18	sufficient
47	222	188	1,18	sufficient
48	222	188	1,18	sufficient
49	222	188	1,18	sufficient
50	222	188	1,18	sufficient
51	222	188	1,18	sufficient
52	222	188	1,18	sufficient
53	222	188	1,18	sufficient
54	222	188	1,18	sufficient
55	222	188	1,18	sufficient
56	222	188	1,18	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
57	222	188	1,18	sufficient
58	222	188	1,18	sufficient
59	222	188	1,18	sufficient
60	222	188	1,18	sufficient
61	222	188	1,18	sufficient
62	222	188	1,18	sufficient
63	221	187	1,18	sufficient
64	219	186	1,18	sufficient
65	217	183	1,18	sufficient
66	213	180	1,18	sufficient
67	208	175	1,18	sufficient
68	201	170	1,19	sufficient
69	194	163	1,19	sufficient
70	186	155	1,19	sufficient
71	176	147	1,20	sufficient
72	165	137	1,21	sufficient
73	153	126	1,21	sufficient
74	140	114	1,22	sufficient
75	126	101	1,24	sufficient
76	110	87	1,26	sufficient
77	93	72	1,29	sufficient
78	75	56	1,34	sufficient
79	55	38	1,45	sufficient
80	35	20	1,76	sufficient
81	15	2	8,15	sufficient

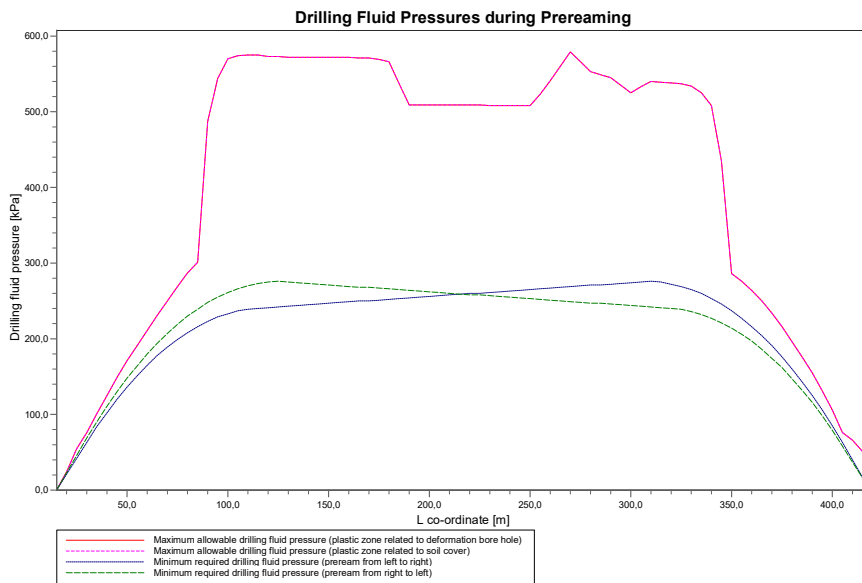
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

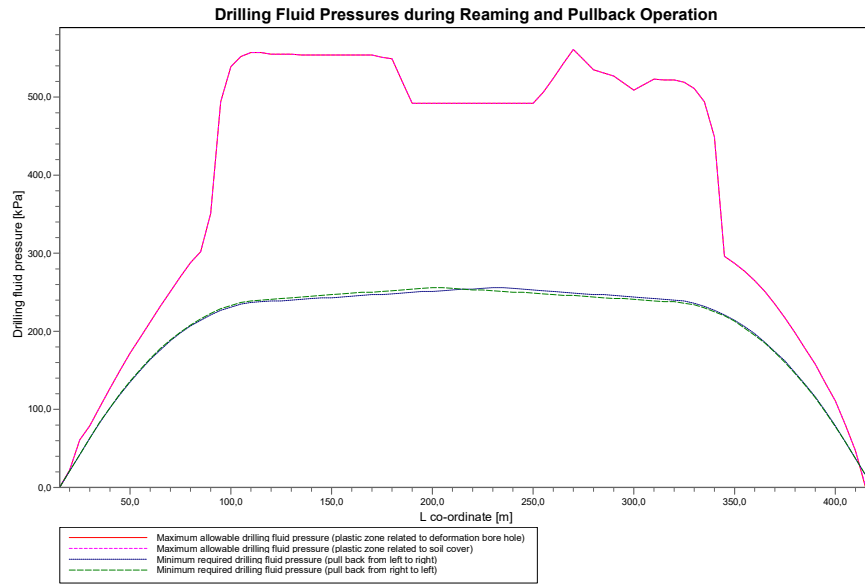
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Preaming



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/m ²
q _v ;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q _h ;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _v ;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _v ;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _v ;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	-3	0	0	0	0	18
2	25	15	11	15	0	106
3	107	25	18	25	0	882
4	271	44	25	33	0	1564
5	468	60	32	44	0	2139
6	653	76	38	52	0	2673
7	765	91	43	58	0	3198
8	865	104	47	64	0	3684
9	957	118	50	68	0	4146
10	1052	132	53	72	0	4638
11	1153	147	56	75	0	5168
12	1244	161	58	78	0	5661
13	1360	179	60	82	0	6298
14	1467	196	62	84	0	5636
15	641	207	63	85	0	2642
16	666	216	64	86	0	2751
17	720	235	66	88	0	2986
18	772	254	67	91	0	3212
19	770	253	67	90	0	3203
20	766	251	66	90	0	3184
21	761	250	66	89	0	3165
22	756	248	66	89	0	3143
23	755	248	66	89	0	3137
24	754	247	66	89	0	3132
25	752	247	66	89	0	3125
26	750	246	66	89	0	3118
27	751	246	66	89	0	3121
28	752	246	66	89	0	3123
29	751	246	66	89	0	3120
30	750	246	66	89	0	3117
31	750	246	66	89	0	3116
32	750	246	66	89	0	3116
33	741	242	65	88	0	3075
34	731	239	65	87	0	3035
35	628	202	60	80	0	2588
36	541	172	55	74	0	2215
37	541	172	55	74	0	2214
38	541	171	55	74	0	2214
39	540	171	55	74	0	2214
40	540	171	55	74	0	2214
41	540	171	55	74	0	2213
42	540	171	55	74	0	2213
43	540	171	55	74	0	2213

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	540	171	55	74	0	2212
45	540	171	55	74	0	2212
46	540	171	55	74	0	2212
47	540	171	55	74	0	2212
48	540	171	55	74	0	2211
49	582	186	57	77	0	2392
50	641	207	60	81	0	2645
51	709	231	64	86	0	2940
52	777	256	67	90	0	3235
53	730	239	65	87	0	3030
54	683	222	62	84	0	2824
55	669	217	62	83	0	2764
56	655	212	61	82	0	2703
57	622	200	59	80	0	2565
58	590	189	58	78	0	2427
59	614	197	59	79	0	2529
60	638	206	60	81	0	2632
61	636	205	60	81	0	2622
62	634	204	60	81	0	2613
63	632	204	60	81	0	2608
64	629	203	60	81	0	2593
65	620	200	60	81	0	2556
66	609	196	60	81	0	2509
67	600	192	60	82	0	2466
68	1415	187	61	82	0	2408
69	1374	181	60	81	0	6375
70	1326	174	60	81	0	6112
71	1267	164	59	79	0	5787
72	1200	154	57	78	0	5424
73	1122	142	56	75	0	5013
74	1036	130	53	72	0	4565
75	951	117	50	68	0	4131
76	856	104	47	63	0	3658
77	732	87	41	56	0	3072
78	511	69	35	47	0	2445
79	225	43	23	31	0	1522
80	49	16	12	16	0	579
81	27	15	11	15	0	300

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	6	928	0	649	0,05	7,5
2	53	1101	2	771	0,05	7,5
3	212	33549	10573	23485	0,05	7,5
4	392	42848	33853	29993	0,05	7,5
5	532	49516	41743	34661	0,05	7,5
6	653	55100	48079	38570	0,05	7,5
7	765	60167	53693	42117	0,05	7,5
8	865	64560	58483	45192	0,05	7,5
9	957	68522	62759	47965	0,05	7,5
10	1052	72555	67074	50788	0,05	7,5
11	1153	76700	71478	53690	0,05	7,5
12	1244	80397	75383	56278	0,05	7,5
13	1360	85211	80196	59648	0,05	7,5
14	1467	90502	84526	63352	0,05	7,5
15	641	9465	87183	6625	0,05	7,5
16	666	9797	88067	6858	0,05	7,5
17	720	10530	92971	7371	0,05	7,5
18	772	11225	98239	7858	0,05	7,5
19	770	11197	10208	7838	0,05	7,5
20	766	11139	10668	7797	0,05	7,5
21	761	11080	11073	7756	0,05	7,5
22	756	11011	11498	7708	0,05	7,5
23	755	10995	11980	7696	0,05	7,5
24	754	10978	11962	7685	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
25	752	10957	11938	7670	0,05	7,5
26	750	10935	11915	7655	0,05	7,5
27	751	10943	11923	7660	0,05	7,5
28	752	10951	11932	7666	0,05	7,5
29	751	10941	11921	7659	0,05	7,5
30	750	10932	11911	7652	0,05	7,5
31	750	10930	11909	7651	0,05	7,5
32	750	10929	11907	7650	0,05	7,5
33	741	10804	11770	7563	0,05	7,5
34	731	10679	11632	7475	0,05	7,5
35	628	9287	10092	6501	0,05	7,5
36	541	8099	8768	5669	0,05	7,5
37	541	8098	8766	5669	0,05	7,5
38	541	8097	8765	5668	0,05	7,5
39	540	8096	8764	5667	0,05	7,5
40	540	8095	8763	5667	0,05	7,5
41	540	8094	8762	5666	0,05	7,5
42	540	8093	8761	5665	0,05	7,5
43	540	8092	8760	5665	0,05	7,5
44	540	8091	8759	5664	0,05	7,5
45	540	8090	8758	5663	0,05	7,5
46	540	8089	8757	5663	0,05	7,5
47	540	8088	8756	5662	0,05	7,5
48	540	8087	8755	5661	0,05	7,5
49	582	8665	9400	6065	0,05	7,5
50	641	9466	10290	6626	0,05	7,5
51	709	10386	11308	7270	0,05	7,5
52	777	11294	12309	7906	0,05	7,5
53	730	10663	11614	7464	0,05	7,5
54	683	10026	10911	7018	0,05	7,5
55	669	9837	10701	6886	0,05	7,5
56	655	9646	10491	6753	0,05	7,5
57	622	9212	10009	6449	0,05	7,5
58	590	8775	9523	6143	0,05	7,5
59	614	9100	9884	6370	0,05	7,5
60	638	9424	10244	6597	0,05	7,5
61	636	9393	10210	6575	0,05	7,5
62	634	9363	10181	6554	0,05	7,5
63	632	9347	12536	6543	0,05	7,5
64	629	9301	19391	6511	0,05	7,5
65	620	9184	31003	6429	0,05	7,5
66	609	9037	47707	6326	0,05	7,5
67	600	8903	69928	6232	0,05	7,5
68	1415	8737	82406	6116	0,05	7,5
69	1374	37520	80761	26264	0,05	7,5
70	1326	74549	78819	52184	0,05	7,5
71	1267	81320	76355	56924	0,05	7,5
72	1200	78644	73534	55051	0,05	7,5
73	1122	75518	70225	52862	0,05	7,5
74	1036	71978	66459	50385	0,05	7,5
75	951	68419	62649	47893	0,05	7,5
76	856	64359	58266	45051	0,05	7,5
77	733	59012	52422	41309	0,05	7,5
78	593	52816	45510	36971	0,05	7,5
79	368	42372	33270	29660	0,05	7,5
80	119	14105	1885	9873	0,05	7,5
81	117	6701	24	4691	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 256 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 91 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 91 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)		
only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 87183 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)		
only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 174365 kN/m ³

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/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	-3	0	0	0	0	18
2	25	15	11	15	0	106
3	107	25	18	25	0	882
4	271	44	25	33	0	1564
5	468	60	32	44	0	2139
6	653	76	38	52	0	2673
7	765	91	43	58	0	3198
8	865	104	47	64	0	3684
9	957	118	50	68	0	4146
10	1052	132	53	72	0	4638
11	1153	147	56	75	0	5168
12	1244	161	58	78	0	5661
13	1360	179	60	82	0	6298
14	1467	196	62	84	0	5636
15	641	207	63	85	0	2642
16	666	216	64	86	0	2751
17	720	235	66	88	0	2986
18	772	254	67	91	0	3212
19	770	253	67	90	0	3203
20	766	251	66	90	0	3184
21	761	250	66	89	0	3165
22	756	248	66	89	0	3143
23	755	248	66	89	0	3137
24	754	247	66	89	0	3132
25	752	247	66	89	0	3125
26	750	246	66	89	0	3118
27	751	246	66	89	0	3121
28	752	246	66	89	0	3123
29	751	246	66	89	0	3120
30	750	246	66	89	0	3117
31	750	246	66	89	0	3116
32	750	246	66	89	0	3116
33	741	242	65	88	0	3075
34	731	239	65	87	0	3035
35	628	202	60	80	0	2588
36	541	172	55	74	0	2215
37	541	172	55	74	0	2214
38	541	171	55	74	0	2214
39	540	171	55	74	0	2214
40	540	171	55	74	0	2214
41	540	171	55	74	0	2213
42	540	171	55	74	0	2213
43	540	171	55	74	0	2213
44	540	171	55	74	0	2212
45	540	171	55	74	0	2212

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
46	540	171	55	74	0	2212
47	540	171	55	74	0	2212
48	540	171	55	74	0	2211
49	582	186	57	77	0	2392
50	641	207	60	81	0	2645
51	709	231	64	86	0	2940
52	777	256	67	90	0	3235
53	730	239	65	87	0	3030
54	683	222	62	84	0	2824
55	669	217	62	83	0	2764
56	655	212	61	82	0	2703
57	622	200	59	80	0	2565
58	590	189	58	78	0	2427
59	614	197	59	79	0	2529
60	638	206	60	81	0	2632
61	636	205	60	81	0	2622
62	634	204	60	81	0	2613
63	632	204	60	81	0	2608
64	629	203	60	81	0	2593
65	620	200	60	81	0	2556
66	609	196	60	81	0	2509
67	600	192	60	82	0	2466
68	1415	187	61	82	0	2408
69	1374	181	60	81	0	6375
70	1326	174	60	81	0	6112
71	1267	164	59	79	0	5787
72	1200	154	57	78	0	5424
73	1122	142	56	75	0	5013
74	1036	130	53	72	0	4565
75	951	117	50	68	0	4131
76	856	104	47	63	0	3658
77	732	87	41	56	0	3072
78	511	69	35	47	0	2445
79	225	43	23	31	0	1522
80	49	16	12	16	0	579
81	27	15	11	15	0	300

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	6	928	0	649	0,05	7,5
2	53	1101	2	771	0,05	7,5
3	212	33549	10573	23485	0,05	7,5
4	392	42848	33853	29993	0,05	7,5
5	532	49516	41743	34661	0,05	7,5
6	653	55100	48079	38570	0,05	7,5
7	765	60167	53693	42117	0,05	7,5
8	865	64560	58483	45192	0,05	7,5
9	957	68522	62759	47965	0,05	7,5
10	1052	72555	67074	50788	0,05	7,5
11	1153	76700	71478	53690	0,05	7,5
12	1244	80397	75383	56278	0,05	7,5
13	1360	85211	80196	59648	0,05	7,5
14	1467	90502	84526	62352	0,05	7,5
15	641	9465	87183	6625	0,05	7,5
16	666	9797	88067	6858	0,05	7,5
17	720	10530	92971	7371	0,05	7,5
18	772	11225	98239	7858	0,05	7,5
19	770	11197	10208	7838	0,05	7,5
20	766	11139	10668	7797	0,05	7,5
21	761	11080	11073	7756	0,05	7,5
22	756	11011	11498	7708	0,05	7,5
23	755	10995	11980	7696	0,05	7,5
24	754	10978	11962	7685	0,05	7,5
25	752	10957	11938	7670	0,05	7,5
26	750	10935	11915	7655	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
27	751	10943	11923	7660	0,05	7,5
28	752	10951	11932	7666	0,05	7,5
29	751	10941	11921	7659	0,05	7,5
30	750	10932	11911	7652	0,05	7,5
31	750	10930	11909	7651	0,05	7,5
32	750	10929	11907	7650	0,05	7,5
33	741	10804	11770	7563	0,05	7,5
34	731	10679	11632	7475	0,05	7,5
35	628	9287	10092	6501	0,05	7,5
36	541	8099	8768	5669	0,05	7,5
37	541	8098	8766	5669	0,05	7,5
38	541	8097	8765	5668	0,05	7,5
39	540	8096	8764	5667	0,05	7,5
40	540	8095	8763	5667	0,05	7,5
41	540	8094	8762	5666	0,05	7,5
42	540	8093	8761	5665	0,05	7,5
43	540	8092	8760	5665	0,05	7,5
44	540	8091	8759	5664	0,05	7,5
45	540	8090	8758	5663	0,05	7,5
46	540	8089	8757	5663	0,05	7,5
47	540	8088	8756	5662	0,05	7,5
48	540	8087	8755	5661	0,05	7,5
49	582	8665	9400	6065	0,05	7,5
50	641	9466	10290	6626	0,05	7,5
51	709	10386	11308	7270	0,05	7,5
52	777	11294	12309	7906	0,05	7,5
53	730	10663	11614	7464	0,05	7,5
54	683	10026	10911	7018	0,05	7,5
55	669	9837	10701	6886	0,05	7,5
56	655	9646	10491	6753	0,05	7,5
57	622	9212	10009	6449	0,05	7,5
58	590	8775	9523	6143	0,05	7,5
59	614	9100	9884	6370	0,05	7,5
60	638	9424	10244	6597	0,05	7,5
61	636	9393	10210	6575	0,05	7,5
62	634	9363	10181	6554	0,05	7,5
63	632	9347	12536	6543	0,05	7,5
64	629	9301	19391	6511	0,05	7,5
65	620	9184	31003	6429	0,05	7,5
66	609	9037	47707	6326	0,05	7,5
67	600	8903	69928	6232	0,05	7,5
68	1415	8737	82406	6116	0,05	7,5
69	1374	37520	80761	26264	0,05	7,5
70	1326	74549	78819	52184	0,05	7,5
71	1267	81320	76355	56924	0,05	7,5
72	1200	78644	73534	55051	0,05	7,5
73	1122	75518	70225	52862	0,05	7,5
74	1036	71978	66459	50385	0,05	7,5
75	951	68419	62649	47893	0,05	7,5
76	856	64359	58266	45051	0,05	7,5
77	733	59012	52422	41309	0,05	7,5
78	593	52816	45510	36971	0,05	7,5
79	368	42372	33270	29660	0,05	7,5
80	119	14105	1885	9873	0,05	7,5
81	117	6701	24	4691	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_{v;n};max = 256 kN/m²
 Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_{traffic};max = 91 kN/m²
 Maximum reduced soil stress : q_{v;r;n};max = 91 kN/m²
 Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_v;max = 87183 kN/m³
 Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_v;max = 174365 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/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	-3	0	0	0	0	18
2	25	15	11	15	0	106
3	107	25	18	25	0	882
4	271	44	25	33	0	1564
5	468	60	32	44	0	2139
6	653	76	38	52	0	2673
7	765	91	43	58	0	3198
8	865	104	47	64	0	3684
9	957	118	50	68	0	4146
10	1052	132	53	72	0	4638
11	1153	147	56	75	0	5168
12	1244	161	58	78	0	5661
13	1360	179	60	82	0	6298
14	1467	196	62	84	0	5636
15	641	207	63	85	0	2642
16	666	216	64	86	0	2751
17	720	235	66	88	0	2986
18	772	254	67	91	0	3212
19	770	253	67	90	0	3203
20	766	251	66	90	0	3184
21	761	250	66	89	0	3165
22	756	248	66	89	0	3143
23	755	248	66	89	0	3137
24	754	247	66	89	0	3132
25	752	247	66	89	0	3125
26	750	246	66	89	0	3118
27	751	246	66	89	0	3121
28	752	246	66	89	0	3123
29	751	246	66	89	0	3120
30	750	246	66	89	0	3117
31	750	246	66	89	0	3116
32	750	246	66	89	0	3116
33	741	242	65	88	0	3075
34	731	239	65	87	0	3035
35	628	202	60	80	0	2588
36	541	172	55	74	0	2215
37	541	172	55	74	0	2214
38	541	171	55	74	0	2214
39	540	171	55	74	0	2214
40	540	171	55	74	0	2214
41	540	171	55	74	0	2213
42	540	171	55	74	0	2213
43	540	171	55	74	0	2213
44	540	171	55	74	0	2212
45	540	171	55	74	0	2212

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
46	540	171	55	74	0	2212
47	540	171	55	74	0	2212
48	540	171	55	74	0	2211
49	582	186	57	77	0	2392
50	641	207	60	81	0	2645
51	709	231	64	86	0	2940
52	777	256	67	90	0	3235
53	730	239	65	87	0	3030
54	683	222	62	84	0	2824
55	669	217	62	83	0	2764
56	655	212	61	82	0	2703
57	622	200	59	80	0	2565
58	590	189	58	78	0	2427
59	614	197	59	79	0	2529
60	638	206	60	81	0	2632
61	636	205	60	81	0	2622
62	634	204	60	81	0	2613
63	632	204	60	81	0	2608
64	629	203	60	81	0	2593
65	620	200	60	81	0	2556
66	609	196	60	81	0	2509
67	600	192	60	82	0	2466
68	1415	187	61	82	0	2408
69	1374	181	60	81	0	6375
70	1326	174	60	81	0	6112
71	1267	164	59	79	0	5787
72	1200	154	57	78	0	5424
73	1122	142	56	75	0	5013
74	1036	130	53	72	0	4565
75	951	117	50	68	0	4131
76	856	104	47	63	0	3658
77	732	87	41	56	0	3072
78	511	69	35	47	0	2445
79	225	43	23	31	0	1522
80	49	16	12	16	0	579
81	27	15	11	15	0	300

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	6	928	0	649	0,05	7,5
2	53	1101	2	771	0,05	7,5
3	212	33549	10573	23485	0,05	7,5
4	392	42848	33853	29993	0,05	7,5
5	532	49516	41743	34661	0,05	7,5
6	653	55100	48079	38570	0,05	7,5
7	765	60167	53693	42117	0,05	7,5
8	865	64560	58483	45192	0,05	7,5
9	957	68522	62759	47965	0,05	7,5
10	1052	72555	67074	50788	0,05	7,5
11	1153	76700	71478	53690	0,05	7,5
12	1244	80397	75383	56278	0,05	7,5
13	1360	85211	80196	59648	0,05	7,5
14	1467	90502	84526	62352	0,05	7,5
15	641	9465	87183	6625	0,05	7,5
16	666	9797	88067	6858	0,05	7,5
17	720	10530	92971	7371	0,05	7,5
18	772	11225	98239	7858	0,05	7,5
19	770	11197	10208	7838	0,05	7,5
20	766	11139	10668	7797	0,05	7,5
21	761	11080	11073	7756	0,05	7,5
22	756	11011	11498	7708	0,05	7,5
23	755	10995	11980	7696	0,05	7,5
24	754	10978	11962	7685	0,05	7,5
25	752	10957	11938	7670	0,05	7,5
26	750	10935	11915	7655	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
27	751	10943	11923	7660	0,05	7,5
28	752	10951	11932	7666	0,05	7,5
29	751	10941	11921	7659	0,05	7,5
30	750	10932	11911	7652	0,05	7,5
31	750	10930	11909	7651	0,05	7,5
32	750	10929	11907	7650	0,05	7,5
33	741	10804	11770	7563	0,05	7,5
34	731	10679	11632	7475	0,05	7,5
35	628	9287	10092	6501	0,05	7,5
36	541	8099	8768	5669	0,05	7,5
37	541	8098	8766	5669	0,05	7,5
38	541	8097	8765	5668	0,05	7,5
39	540	8096	8764	5667	0,05	7,5
40	540	8095	8763	5667	0,05	7,5
41	540	8094	8762	5666	0,05	7,5
42	540	8093	8761	5665	0,05	7,5
43	540	8092	8760	5665	0,05	7,5
44	540	8091	8759	5664	0,05	7,5
45	540	8090	8758	5663	0,05	7,5
46	540	8089	8757	5663	0,05	7,5
47	540	8088	8756	5662	0,05	7,5
48	540	8087	8755	5661	0,05	7,5
49	582	8665	9400	6065	0,05	7,5
50	641	9466	10290	6626	0,05	7,5
51	709	10386	11308	7270	0,05	7,5
52	777	11294	12309	7906	0,05	7,5
53	730	10663	11614	7464	0,05	7,5
54	683	10026	10911	7018	0,05	7,5
55	669	9837	10701	6886	0,05	7,5
56	655	9646	10491	6753	0,05	7,5
57	622	9212	10009	6449	0,05	7,5
58	590	8775	9523	6143	0,05	7,5
59	614	9100	9884	6370	0,05	7,5
60	638	9424	10244	6597	0,05	7,5
61	636	9393	10210	6575	0,05	7,5
62	634	9363	10181	6554	0,05	7,5
63	632	9347	12536	6543	0,05	7,5
64	629	9301	19391	6511	0,05	7,5
65	620	9184	31003	6429	0,05	7,5
66	609	9037	47707	6326	0,05	7,5
67	600	8903	69928	6232	0,05	7,5
68	1415	8737	82406	6116	0,05	7,5
69	1374	37520	80761	26264	0,05	7,5
70	1326	74549	78819	52184	0,05	7,5
71	1267	81320	76355	56924	0,05	7,5
72	1200	78644	73534	55051	0,05	7,5
73	1122	75518	70225	52862	0,05	7,5
74	1036	71978	66459	50385	0,05	7,5
75	951	68419	62649	47893	0,05	7,5
76	856	64359	58266	45051	0,05	7,5
77	733	59012	52422	41309	0,05	7,5
78	593	52816	45510	36971	0,05	7,5
79	368	42372	33270	29660	0,05	7,5
80	119	14105	1885	9873	0,05	7,5
81	117	6701	24	4691	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_{v;n};max = 256 kN/m²
 Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_{traffic};max = 91 kN/m²
 Maximum reduced soil stress : q_{v;r;n};max = 91 kN/m²
 Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_v;max = 87183 kN/m³
 Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_v;max = 174365 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/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	-3	0	0	0	0	18
2	25	15	11	15	0	106
3	107	25	18	25	0	882
4	271	44	25	33	0	1564
5	468	60	32	44	0	2139
6	653	76	38	52	0	2673
7	765	91	43	58	0	3198
8	865	104	47	64	0	3684
9	957	118	50	68	0	4146
10	1052	132	53	72	0	4638
11	1153	147	56	75	0	5168
12	1244	161	58	78	0	5661
13	1360	179	60	82	0	6298
14	1467	196	62	84	0	5636
15	641	207	63	85	0	2642
16	666	216	64	86	0	2751
17	720	235	66	88	0	2986
18	772	254	67	91	0	3212
19	770	253	67	90	0	3203
20	766	251	66	90	0	3184
21	761	250	66	89	0	3165
22	756	248	66	89	0	3143
23	755	248	66	89	0	3137
24	754	247	66	89	0	3132
25	752	247	66	89	0	3125
26	750	246	66	89	0	3118
27	751	246	66	89	0	3121
28	752	246	66	89	0	3123
29	751	246	66	89	0	3120
30	750	246	66	89	0	3117
31	750	246	66	89	0	3116
32	750	246	66	89	0	3116
33	741	242	65	88	0	3075
34	731	239	65	87	0	3035
35	628	202	60	80	0	2588
36	541	172	55	74	0	2215
37	541	172	55	74	0	2214
38	541	171	55	74	0	2214
39	540	171	55	74	0	2214
40	540	171	55	74	0	2214
41	540	171	55	74	0	2213
42	540	171	55	74	0	2213
43	540	171	55	74	0	2213
44	540	171	55	74	0	2212
45	540	171	55	74	0	2212

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
46	540	171	55	74	0	2212
47	540	171	55	74	0	2212
48	540	171	55	74	0	2211
49	582	186	57	77	0	2392
50	641	207	60	81	0	2645
51	709	231	64	86	0	2940
52	777	256	67	90	0	3235
53	730	239	65	87	0	3030
54	683	222	62	84	0	2824
55	669	217	62	83	0	2764
56	655	212	61	82	0	2703
57	622	200	59	80	0	2565
58	590	189	58	78	0	2427
59	614	197	59	79	0	2529
60	638	206	60	81	0	2632
61	636	205	60	81	0	2622
62	634	204	60	81	0	2613
63	632	204	60	81	0	2608
64	629	203	60	81	0	2593
65	620	200	60	81	0	2556
66	609	196	60	81	0	2509
67	600	192	60	82	0	2466
68	1415	187	61	82	0	2408
69	1374	181	60	81	0	6375
70	1326	174	60	81	0	6112
71	1267	164	59	79	0	5787
72	1200	154	57	78	0	5424
73	1122	142	56	75	0	5013
74	1036	130	53	72	0	4565
75	951	117	50	68	0	4131
76	856	104	47	63	0	3658
77	732	87	41	56	0	3072
78	511	69	35	47	0	2445
79	225	43	23	31	0	1522
80	49	16	12	16	0	579
81	27	15	11	15	0	300

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	6	928	0	649	0,05	7,5
2	53	1101	2	771	0,05	7,5
3	212	33549	10573	23485	0,05	7,5
4	392	42848	33853	29993	0,05	7,5
5	532	49516	41743	34661	0,05	7,5
6	653	55100	48079	38570	0,05	7,5
7	765	60167	53693	42117	0,05	7,5
8	865	64560	58483	45192	0,05	7,5
9	957	68522	62759	47965	0,05	7,5
10	1052	72555	67074	50788	0,05	7,5
11	1153	76700	71478	53690	0,05	7,5
12	1244	80397	75383	56278	0,05	7,5
13	1360	85211	80196	59648	0,05	7,5
14	1467	90502	84526	63352	0,05	7,5
15	641	9465	87183	6625	0,05	7,5
16	666	9797	88067	6858	0,05	7,5
17	720	10530	92971	7371	0,05	7,5
18	772	11225	98239	7858	0,05	7,5
19	770	11197	10208	7838	0,05	7,5
20	766	11139	10668	7797	0,05	7,5
21	761	11080	11073	7756	0,05	7,5
22	756	11011	11498	7708	0,05	7,5
23	755	10995	11980	7696	0,05	7,5
24	754	10978	11962	7685	0,05	7,5
25	752	10957	11938	7670	0,05	7,5
26	750	10935	11915	7655	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
27	751	10943	11923	7660	0,05	7,5
28	752	10951	11932	7666	0,05	7,5
29	751	10941	11921	7659	0,05	7,5
30	750	10932	11911	7652	0,05	7,5
31	750	10930	11909	7651	0,05	7,5
32	750	10929	11907	7650	0,05	7,5
33	741	10804	11770	7563	0,05	7,5
34	731	10679	11632	7475	0,05	7,5
35	628	9287	10092	6501	0,05	7,5
36	541	8099	8768	5669	0,05	7,5
37	541	8098	8766	5669	0,05	7,5
38	541	8097	8765	5668	0,05	7,5
39	540	8096	8764	5667	0,05	7,5
40	540	8095	8763	5667	0,05	7,5
41	540	8094	8762	5666	0,05	7,5
42	540	8093	8761	5665	0,05	7,5
43	540	8092	8760	5665	0,05	7,5
44	540	8091	8759	5664	0,05	7,5
45	540	8090	8758	5663	0,05	7,5
46	540	8089	8757	5663	0,05	7,5
47	540	8088	8756	5662	0,05	7,5
48	540	8087	8755	5661	0,05	7,5
49	582	8665	9400	6065	0,05	7,5
50	641	9466	10290	6626	0,05	7,5
51	709	10386	11308	7270	0,05	7,5
52	777	11294	12309	7906	0,05	7,5
53	730	10663	11614	7464	0,05	7,5
54	683	10026	10911	7018	0,05	7,5
55	669	9837	10701	6886	0,05	7,5
56	655	9646	10491	6753	0,05	7,5
57	622	9212	10009	6449	0,05	7,5
58	590	8775	9523	6143	0,05	7,5
59	614	9100	9884	6370	0,05	7,5
60	638	9424	10244	6597	0,05	7,5
61	636	9393	10210	6575	0,05	7,5
62	634	9363	10181	6554	0,05	7,5
63	632	9347	12536	6543	0,05	7,5
64	629	9301	19391	6511	0,05	7,5
65	620	9184	31003	6429	0,05	7,5
66	609	9037	47707	6326	0,05	7,5
67	600	8903	69928	6232	0,05	7,5
68	1415	8737	82406	6116	0,05	7,5
69	1374	37520	80761	26264	0,05	7,5
70	1326	74549	78819	52184	0,05	7,5
71	1267	81320	76355	56924	0,05	7,5
72	1200	78644	73534	55051	0,05	7,5
73	1122	75518	70225	52862	0,05	7,5
74	1036	71978	66459	50385	0,05	7,5
75	951	68419	62649	47893	0,05	7,5
76	856	64359	58266	45051	0,05	7,5
77	733	59012	52422	41309	0,05	7,5
78	593	52816	45510	36971	0,05	7,5
79	368	42372	33270	29660	0,05	7,5
80	119	14105	1885	9873	0,05	7,5
81	117	6701	24	4691	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n} ;max = 256 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic} ;max = 91 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n} ;max = 91 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 87183 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 174365 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

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

Layer number	Vertical 1 (L=5 m)		Vertical 2 (L=10 m)		Vertical 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,088	0,000	0,123	0,000	0,178
4	0,009	0,045	0,012	0,046	0,018	0,049
3	11,741	39,152	11,959	39,218	12,450	39,370
2	4,593	5,272	4,606	5,284	4,634	5,311
1	128,014	153,348	128,196	153,500	128,615	153,850

Layer number	Vertical 4 (L=20 m)		Vertical 5 (L=25 m)		Vertical 6 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,229	0,000	0,218	0,000	0,207
4	0,023	0,052	0,022	0,050	0,021	0,048
3	12,922	39,522	12,620	39,424	12,311	39,326
2	4,663	5,339	4,645	5,321	4,626	5,303
1	129,034	154,200	128,765	153,975	128,495	153,750

Layer number	Vertical 7 (L=35 m)		Vertical 8 (L=40 m)		Vertical 9 (L=45 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,221	0,000	0,234	0,000	0,259
4	0,022	0,048	0,023	0,048	0,026	0,049
3	12,320	39,329	12,329	39,332	12,495	39,384
2	4,627	5,304	4,627	5,304	4,637	5,314
1	128,503	153,756	128,511	153,763	128,655	153,884

Layer number	Vertical 10 (L=50 m)		Vertical 11 (L=55 m)		Vertical 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,409	0,000	0,619	0,000	0,731
4	0,041	0,055	0,062	0,065	0,073	0,074
3	13,342	39,661	14,805	40,177	16,135	40,686
2	4,689	5,364	4,787	5,459	4,885	5,554
1	129,418	154,522	130,842	155,716	132,250	156,902

Layer number	Vertical 13 (L=65 m)		Vertical 14 (L=70 m)		Vertical 15 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,925	0,000	1,109	0,000	1,191
4	0,092	0,093	0,111	0,112	0,119	0,120
3	18,649	41,747	20,860	42,780	21,808	43,250
2	5,090	5,753	5,293	5,950	5,386	6,040
1	135,193	159,390	138,069	161,837	139,381	162,957

Layer number	Vertical 16 (L=80 m)		Vertical 17 (L=85 m)		Vertical 18 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,272	0,000	1,552	0,000	1,818
4	0,127	0,128	0,155	0,156	0,182	0,183
3	22,716	43,715	25,688	45,331	28,351	46,891
2	5,479	6,131	5,807	6,450	6,130	6,764
1	140,681	164,070	145,210	167,970	149,603	171,782

Layer number	Vertical 19 (L=95 m)		Vertical 20 (L=100 m)		Vertical 21 (L=105 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,776	0,000	1,733	0,000	1,702
4	0,178	0,178	0,173	0,174	0,170	0,171
3	27,935	46,641	27,514	46,390	27,211	46,211
2	6,078	6,714	6,026	6,663	5,988	6,626
1	148,897	171,168	148,189	170,552	147,685	170,114

Layer number	Vertical 22 (L=110 m)		Vertical 23 (L=115 m)		Vertical 24 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,671	0,000	1,664	0,000	1,656
4	0,167	0,168	0,166	0,167	0,166	0,167
3	26,904	46,031	26,831	45,988	26,757	45,945
2	5,951	6,590	5,942	6,581	5,933	6,573
1	147,178	169,675	147,058	169,570	146,937	169,465

Layer number	Vertical 25 (L=125 m)		Vertical 26 (L=130 m)		Vertical 27 (L=135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,647	0,000	1,637	0,000	1,640
4	0,165	0,166	0,164	0,165	0,164	0,165
3	26,660	45,889	26,564	45,833	26,599	45,853
2	5,922	6,561	5,910	6,550	5,914	6,554
1	146,779	169,328	146,621	169,191	146,678	169,241

Layer number	Vertical 28 (L=140 m)		Vertical 29 (L=145 m)		Vertical 30 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,644	0,000	1,640	0,000	1,635
4	0,164	0,165	0,164	0,165	0,164	0,164
3	26,634	45,874	26,591	45,848	26,547	45,823
2	5,919	6,558	5,913	6,553	5,908	6,548
1	146,736	169,291	146,665	169,229	146,594	169,168

Layer number	Vertical 31 (L=155 m)		Vertical 32 (L=160 m)		Vertical 33 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,634	0,000	1,634	0,000	1,577
4	0,163	0,164	0,163	0,164	0,158	0,159
3	26,540	45,819	26,533	45,815	25,959	45,485
2	5,907	6,547	5,907	6,546	5,839	6,480
1	146,582	169,157	146,570	169,147	145,643	168,344

Layer number	Vertical 34 (L=170 m)		Vertical 35 (L=175 m)		Vertical 36 (L=180 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,520	0,000	0,847	0,000	0,132
4	0,152	0,153	0,085	0,086	0,013	0,015
3	25,372	45,153	17,677	41,322	5,935	37,818
2	5,771	6,414	5,007	5,672	4,346	5,033
1	144,709	167,538	134,013	158,390	124,354	150,306

Layer number	Vertical 37 (L=185 m)		Vertical 38 (L=190 m)		Vertical 39 (L=195 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,131	0,000	0,130	0,000	0,129
4	0,013	0,015	0,013	0,015	0,013	0,015
3	5,917	37,815	5,898	37,813	5,879	37,810
2	4,345	5,032	4,345	5,032	4,344	5,031
1	124,347	150,300	124,339	150,293	124,331	150,287

Layer number	Vertical 40 (L=200 m)		Vertical 41 (L=205 m)		Vertical 42 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,128	0,000	0,127	0,000	0,126
4	0,013	0,015	0,013	0,015	0,013	0,015
3	5,861	37,807	5,842	37,804	5,823	37,801
2	4,343	5,031	4,343	5,030	4,342	5,029
1	124,323	150,280	124,315	150,274	124,307	150,267

Layer number	Vertical 43 (L=215 m)		Vertical 44 (L=220 m)		Vertical 45 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,125	0,000	0,124	0,000	0,124
4	0,013	0,014	0,012	0,014	0,012	0,014
3	5,804	37,798	5,785	37,795	5,766	37,792
2	4,342	5,029	4,341	5,028	4,341	5,028
1	124,299	150,260	124,291	150,254	124,283	150,247

Layer number	Vertical 46 (L=230 m)		Vertical 47 (L=235 m)		Vertical 48 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,123	0,000	0,122	0,000	0,121
4	0,012	0,014	0,012	0,014	0,012	0,014
3	5,747	37,789	5,728	37,786	5,709	37,783
2	4,340	5,027	4,340	5,027	4,339	5,026
1	124,275	150,241	124,267	150,234	124,259	150,227

Layer number	Vertical 49 (L=245 m)		Vertical 50 (L=250 m)		Vertical 51 (L=255 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,505	0,000	0,937	0,000	1,383
4	0,050	0,052	0,094	0,095	0,138	0,139
3	12,908	39,517	18,832	41,829	23,947	44,367
2	4,662	5,338	5,106	5,768	5,611	6,258
1	129,021	154,190	135,421	159,583	142,506	165,638

Layer number	Vertical 52 (L=260 m)		Vertical 53 (L=265 m)		Vertical 54 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,796	0,000	1,511	0,000	1,213
4	0,180	0,181	0,151	0,152	0,121	0,122
3	28,147	46,768	25,296	45,110	22,081	43,389
2	6,104	6,739	5,762	6,405	5,414	6,067
1	149,256	171,479	144,590	167,434	139,768	163,288

Layer number	Vertical 55 (L=275 m)		Vertical 56 (L=280 m)		Vertical 57 (L=285 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,121	0,000	1,028	0,000	0,806
4	0,112	0,113	0,103	0,104	0,081	0,082
3	21,035	42,866	19,934	42,337	17,171	41,108
2	5,310	5,966	5,206	5,865	4,966	5,632
1	138,309	162,041	136,834	160,784	133,419	157,888

Layer number	Vertical 58 (L=290 m)		Vertical 59 (L=295 m)		Vertical 60 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,568	0,000	0,746	0,000	0,915
4	0,057	0,058	0,075	0,076	0,092	0,093
3	13,869	39,841	16,386	40,786	18,565	41,709
2	4,723	5,397	4,904	5,572	5,083	5,745
1	129,915	154,939	132,527	157,135	135,089	159,302

Layer number	Vertical 61 (L=305 m)		Vertical 62 (L=310 m)		Vertical 63 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,900	0,000	0,884	0,000	0,884
4	0,090	0,091	0,088	0,090	0,088	0,090
3	18,373	41,624	18,178	41,539	18,183	41,541
2	5,066	5,729	5,050	5,713	5,050	5,714
1	134,852	159,101	134,615	158,900	134,621	158,905

Layer number	Vertical 64 (L=320 m)		Vertical 65 (L=325 m)		Vertical 66 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,885	0,000	0,865	0,000	0,845
4	0,088	0,090	0,086	0,088	0,084	0,086
3	18,189	41,543	17,936	41,433	17,680	41,323
2	5,050	5,714	5,029	5,693	5,008	5,673
1	134,627	158,910	134,321	158,651	134,015	158,392

Layer number	Vertical 67 (L=335 m)		Vertical 68 (L=340 m)		Vertical 69 (L=345 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,848	0,000	0,851	0,000	0,854
4	0,085	0,086	0,085	0,086	0,085	0,087
3	17,721	41,341	17,763	41,359	17,805	41,376
2	5,011	5,676	5,015	5,679	5,018	5,683
1	134,065	158,434	134,115	158,476	134,164	158,518

Layer number	Vertical 70 (L=350 m)		Vertical 71 (L=355 m)		Vertical 72 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,857	0,000	0,846	0,000	0,834
4	0,086	0,087	0,085	0,086	0,083	0,085
3	17,846	41,394	17,699	41,331	17,550	41,267
2	5,021	5,686	5,009	5,674	4,997	5,662
1	134,214	158,560	134,038	158,412	133,862	158,263

Layer number	Vertical 73 (L=365 m)		Vertical 74 (L=370 m)		Vertical 75 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,816	0,000	0,798	0,000	0,811
4	0,082	0,083	0,080	0,081	0,081	0,083
3	17,318	41,170	17,084	41,071	17,250	41,141
2	4,978	5,644	4,959	5,625	4,972	5,638
1	133,590	158,033	133,318	157,803	133,510	157,965

Layer number	Vertical 76 (L=380 m)		Vertical 77 (L=385 m)		Vertical 78 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,823	0,000	0,794	0,000	0,764
4	0,082	0,084	0,079	0,081	0,076	0,078
3	17,414	41,210	17,031	41,049	16,640	40,889
2	4,986	5,651	4,955	5,621	4,924	5,591
1	133,702	158,127	133,257	157,751	132,812	157,375

Layer number	Vertical 79 (L=395 m)		Vertical 80 (L=400 m)		Vertical 81 (L=405 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,580	0,000	0,379	0,000	0,582
4	0,058	0,060	0,038	0,040	0,058	0,060
3	14,072	39,913	10,915	38,912	14,105	39,924
2	4,737	5,411	4,548	5,228	4,739	5,413
1	130,112	155,103	127,355	152,798	130,144	155,131

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/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 100065 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
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/mm ²
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	:	353	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	252	[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	40
T2	14	48
T3	102	112

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	307	239
T5	395	310
T6	409	317

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 (γ) 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 = 409 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 91 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 87183 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\sigma_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 0,70 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,98	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot lb / (R_{min} \cdot Wb) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 6,12 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot l) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot l))^{0.25} = 2,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0089 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot lb / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 11,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,69 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot lb / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,31	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,52	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,69	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,98	6,12	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,34	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,69	7,69

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,4 mm (4,89% 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 256 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 188 kN/m², this is less 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 = 409 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 91 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 87183 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\sigma_b = Mb/Wb = f_k E \cdot lb / (Rrol \cdot Wb) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{\text{install}} \cdot T1/A = f \cdot f_{\text{install}} (Lrol \cdot Q \cdot f1)/A = 0,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 0,98 \text{ N/mm}^2$$

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 6,12 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R/f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 2,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0089 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 11,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 7,69 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,31	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,52	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,69	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,98	6,12	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,34	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,69	7,69

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,4 mm (4,89% 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 256 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 188 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

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 = 409 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 91 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 87183 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 0,70 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,98	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot lb / (R_{min} \cdot Wb) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 6,12 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot l) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot l))^{0.25} = 2,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0089 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot lb / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 11,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,69 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot lb / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,31	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,52	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,69	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,98	6,12	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,34	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,69	7,69

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,4 mm (4,89% 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 256 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 188 kN/m², this is less 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 = 409 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 91 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 87183 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\begin{aligned} \sigma_b &= M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) &= & 0,43 & \text{N/mm}^2 \\ \sigma_t &= f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A &= & 0,70 & \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 0,98 \text{ N/mm}^2$$

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 6,12 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R/f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 2,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0089 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 11,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 7,69 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,31	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,52	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,69	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,98	6,12	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,34	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,69	7,69

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,4 mm (4,89% 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 256 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 188 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

End of Report

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 20-4-2022
Time of report: 08:03:16
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: HDD berekening

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	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	5
3.6	Selected Boundaries	5
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	6
3.8.1	Geometry Section, Detailed	6
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	7
3.10	Traffic Load	9
3.11	Configuration of the Pipeline	9
3.12	Product Pipe Material Data	9
3.13	Pipe Engineering Data	10
3.14	Drilling Fluid Data	11
3.15	Factors	11
3.16	Calculation Options	11
4	Drilling Fluid Pressures	12
4.1	Drilling Fluid Data	12
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	16
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	18
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	18
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	18
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	19
5	Soil Mechanical Data	20
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	20
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	23
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	26
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	29
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	32
6	Data for Stress Analysis	37
6.1	General Data	37
6.2	Buoyancy Control	37
6.3	Calculation Pulling Force	37
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	39
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	39
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	39
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	39
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	40
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	40
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	40
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	40
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	41
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	41
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	42
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	42
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	42
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	42
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	43
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	43
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	43
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	43
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	44
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	44
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	46
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	46
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	46
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	46
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	47

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	47
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	47
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	47
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	48
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	48
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	49
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	49
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	49
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	49
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	50
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	50
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	50
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	50
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	51
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	51

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a S_u -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	10,000	20,000	30,000	40,000
5 - Z -	0,292	0,260	0,291	0,406	0,278
5 - L -	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
5 - Z -	0,248	0,266	0,191	1,272	1,774
5 - L -	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000
5 - Z -	3,553	3,267	3,065	3,019	2,958
5 - L -	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000
5 - Z -	2,984	2,958	2,956	2,587	-1,500
5 - L -	200,000	210,000	220,000	230,000	240,000
5 - Z -	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500
5 - L -	250,000	260,000	270,000	280,000	290,000
5 - Z -	-1,500	0,824	3,528	1,650	1,096
5 - L -	300,000	310,000	320,000	330,000	340,000
5 - Z -	-0,167	0,776	0,691	0,696	0,586
5 - L -	350,000	360,000	370,000	380,000	390,000
5 - Z -	0,607	0,628	0,566	0,469	0,542
5 - L -	400,000	410,000	420,000	430,000	500,000
5 - Z -	0,382	-0,589	0,399	0,595	0,724
4 - L -	0,000	58,008	70,010	500,000	
4 - Z -	0,290	-0,200	-2,000	-1,700	
3 - L -	0,000	500,000			
3 - Z -	-2,500	-2,500			
2 - L -	0,000	500,000			
2 - Z -	-18,000	-18,000			
1 - L -	0,000	500,000			
1 - Z -	-22,000	-22,000			
0 - L -	0,000	500,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	500,000			
1 - Z -	-0,900	-0,900			

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	Klei, schoon, matig	1	1
4	Veen, slap	1	1
3	Zand, schoon, matig	1	1
2	Klei, zwak zandig, m...	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

3.7 Soil Material Data

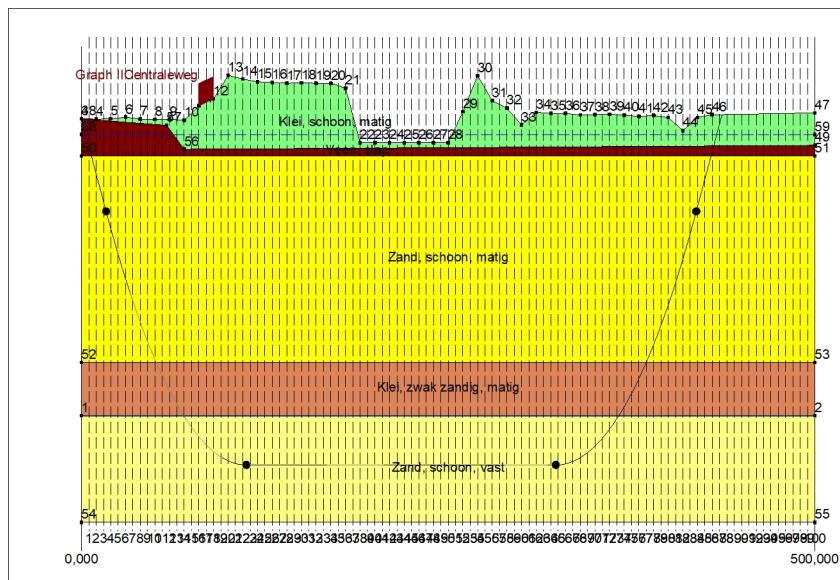
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, sterk zandig	18,00	18,00	0,50	27,50	10,00	10,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,50	15,00	15,00	15,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Klei, zwak zandig, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	80,00	80,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
Klei, schoon, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	50,00	50,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
Zand, sterk siltig, kleig	Sand	10000,00	-	-
Klei, sterk zandig	Clay	2000,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, matig	Sand	30000,00	-	-
Klei, zwak zandig, matig	Clay	3000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	90000,00	-	-
Klei, schoon, matig	Clay	2000,00	-	-

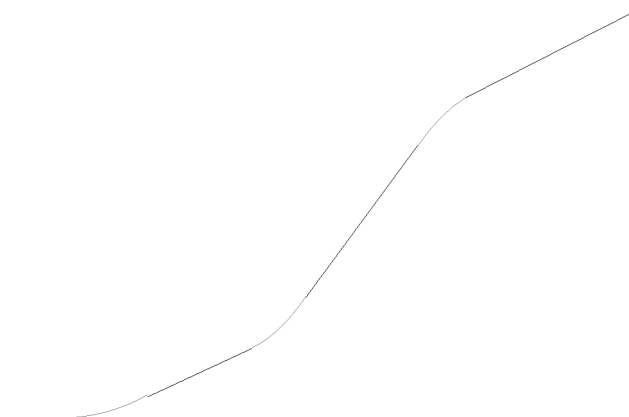
Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Klei, sterk zandig	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,20
Zand, schoon, matig	-	-	0,20
Klei, zwak zandig, matig	-	-	0,20
Zand, schoon, vast	-	-	0,30
Klei, schoon, matig	-	-	0,20

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	5,000	-1,779
2	10,000	-3,850
3	15,000	-5,921
4	20,000	-7,967
5	25,000	-9,896
6	30,000	-11,703
7	35,000	-13,391
8	40,000	-14,963
9	45,000	-16,421
10	50,000	-17,767
11	55,000	-19,003
12	60,000	-20,130
13	65,000	-21,150
14	70,000	-22,065
15	75,000	-22,875
16	80,000	-23,581
17	85,000	-24,185
18	90,000	-24,687
19	95,000	-25,088
20	100,000	-25,388
21	105,000	-25,588
22	110,000	-25,688
23	115,000	-25,700
24	120,000	-25,700
25	125,000	-25,700
26	130,000	-25,700
27	135,000	-25,700
28	140,000	-25,700
29	145,000	-25,700
30	150,000	-25,700
31	155,000	-25,700

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
32	160,000	-25,700
33	165,000	-25,700
34	170,000	-25,700
35	175,000	-25,700
36	180,000	-25,700
37	185,000	-25,700
38	190,000	-25,700
39	195,000	-25,700
40	200,000	-25,700
41	205,000	-25,700
42	210,000	-25,700
43	215,000	-25,700
44	220,000	-25,700
45	225,000	-25,700
46	230,000	-25,700
47	235,000	-25,700
48	240,000	-25,700
49	245,000	-25,700
50	250,000	-25,700
51	255,000	-25,700
52	260,000	-25,700
53	265,000	-25,700
54	270,000	-25,700
55	275,000	-25,700
56	280,000	-25,700
57	285,000	-25,700
58	290,000	-25,700
59	295,000	-25,700
60	300,000	-25,700
61	305,000	-25,700
62	310,000	-25,700
63	315,000	-25,700
64	320,000	-25,700
65	325,000	-25,695
66	330,000	-25,613
67	335,000	-25,432
68	340,000	-25,149
69	345,000	-24,767
70	350,000	-24,283
71	355,000	-23,697
72	360,000	-23,009
73	365,000	-22,217
74	370,000	-21,322
75	375,000	-20,320
76	380,000	-19,213
77	385,000	-17,996
78	390,000	-16,670
79	395,000	-15,233
80	400,000	-13,681
81	405,000	-12,014
82	410,000	-10,228
83	415,000	-8,321
84	420,000	-6,292
85	425,000	-4,221
86	430,000	-2,150
87	435,000	-0,079
88	440,000	n.a.
89	445,000	n.a.
90	450,000	n.a.
91	455,000	n.a.
92	460,000	n.a.
93	465,000	n.a.
94	470,000	n.a.
95	475,000	n.a.
96	480,000	n.a.

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
97	485,000	n.a.
98	490,000	n.a.
99	495,000	n.a.
100	500,000	n.a.

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

3.10 Traffic Load

Centraleweg		
L start	80,00	[m]
L end	90,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	

3.11 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	0,292	[m]
X co-ordinate right point	433,000	[m]
Y co-ordinate right point	47,000	[m]
Z co-ordinate right point	0,607	[m]
Angle left	22,5000	[deg]
Angle right	22,5000	[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)	-25,700	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	3	

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

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	34,400	0,000	97,000	2,500	800,000	right
2	169,000	8,100	206,000	14,000	250,000	right
3	283,000	31,500	316,000	37,000	250,000	left

3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]

Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
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/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[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 (γ)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (τ)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (μ)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.15 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 S_u	1,40	[-]
Contingency factor on Φ	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/m ³]
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	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	23	23	26	246
2	54	54	51	266
3	83	83	77	286
4	115	115	102	306
5	147	147	127	325
6	176	176	149	343
7	203	203	171	359
8	228	228	191	374
9	251	251	210	387
10	273	273	227	399
11	510	510	243	411
12	534	534	258	421
13	554	554	272	429
14	403	403	285	437
15	737	737	296	443
16	1056	1056	307	449
17	1248	1298	316	453
18	1283	1491	324	456
19	1350	1698	331	458
20	1412	1873	337	459
21	1412	1922	342	458
22	1408	1939	345	457
23	1403	1933	348	455
24	1397	1924	350	452
25	1396	1921	353	450
26	1394	1919	355	447
27	1393	1916	358	445
28	1391	1913	360	442
29	1391	1914	363	440
30	1392	1915	365	437
31	1391	1914	368	435
32	1390	1913	370	432
33	1390	1912	373	430
34	1390	1912	375	427
35	1380	1895	378	425
36	1369	1877	380	422
37	1252	1685	383	420
38	1152	1522	385	417
39	1152	1522	388	415
40	1152	1522	390	412
41	1152	1522	393	410
42	1152	1522	395	407
43	1152	1522	398	405
44	1151	1522	400	402
45	1151	1521	403	400
46	1151	1521	405	397
47	1151	1521	408	395
48	1151	1521	410	392
49	1151	1521	413	390
50	1151	1521	415	387
51	1200	1599	418	385
52	1267	1709	420	382
53	1345	1837	423	380
54	1421	1963	425	377
55	1368	1875	428	375
56	1314	1787	430	372
57	1298	1761	433	370

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1282	1734	435	367
59	1246	1674	438	365
60	1209	1615	440	362
61	1236	1659	443	360
62	1264	1704	445	357
63	1261	1699	448	355
64	1259	1695	450	352
65	1258	1694	453	350
66	1255	1672	454	346
67	1244	1616	455	342
68	1229	1530	454	336
69	1214	1416	452	329
70	1195	1261	450	322
71	1056	1056	446	313
72	788	788	441	302
73	410	410	434	291
74	565	565	427	279
75	549	549	418	265
76	529	529	409	250
77	287	287	398	234
78	266	266	385	217
79	242	242	372	198
80	216	216	358	178
81	184	184	342	157
82	150	150	324	135
83	126	126	306	111
84	101	101	286	86
85	75	75	266	60
86	72	72	246	34
87	48	48	225	9

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	23	23	24	26
2	56	56	48	51
3	84	84	72	77
4	116	116	96	102
5	147	147	118	127
6	177	177	139	149
7	203	203	159	171
8	228	228	177	191
9	251	251	194	210
10	273	273	210	227
11	500	500	225	243
12	533	533	238	258
13	554	554	251	272
14	403	403	262	285
15	583	583	272	296
16	815	815	280	307
17	997	997	288	316
18	1147	1147	294	324
19	1310	1310	300	331
20	1412	1451	304	337
21	1412	1495	307	342
22	1408	1512	309	345
23	1403	1508	310	348
24	1397	1500	311	350
25	1396	1498	312	350
26	1394	1497	313	349
27	1393	1494	314	348
28	1391	1492	315	347
29	1391	1493	316	346
30	1392	1494	317	345

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
31	1391	1493	317	344
32	1390	1492	318	343
33	1390	1492	319	342
34	1390	1491	320	341
35	1380	1478	321	340
36	1369	1465	322	340
37	1252	1318	323	339
38	1152	1194	324	338
39	1152	1194	325	337
40	1152	1194	326	336
41	1152	1194	327	335
42	1152	1194	327	334
43	1152	1194	328	333
44	1151	1193	329	332
45	1151	1193	330	331
46	1151	1193	331	330
47	1151	1193	332	329
48	1151	1193	333	329
49	1151	1193	334	328
50	1151	1193	335	327
51	1200	1253	336	326
52	1267	1336	337	325
53	1345	1434	338	324
54	1421	1531	338	323
55	1368	1463	339	322
56	1314	1395	340	321
57	1298	1375	341	320
58	1282	1355	342	319
59	1246	1310	343	319
60	1209	1264	344	318
61	1236	1298	345	317
62	1264	1332	346	316
63	1261	1329	347	315
64	1259	1326	348	314
65	1258	1324	348	313
66	1255	1305	346	311
67	1244	1258	342	308
68	1187	1187	336	304
69	1093	1093	329	299
70	971	971	322	293
71	816	816	313	285
72	620	620	302	277
73	410	410	291	267
74	565	565	279	256
75	548	548	265	244
76	522	522	250	231
77	287	287	234	217
78	266	266	217	201
79	242	242	198	184
80	217	217	178	166
81	185	185	157	146
82	151	151	135	126
83	127	127	111	103
84	103	103	86	80
85	80	80	60	56
86	86	86	34	32
87	21	21	9	8

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	22	22	24	24
2	60	60	48	48
3	88	88	72	72

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
4	118	118	95	96
5	148	148	117	118
6	178	178	138	139
7	204	204	158	159
8	229	229	176	177
9	252	252	193	194
10	274	274	209	210
11	454	454	223	225
12	522	522	237	238
13	550	550	249	251
14	403	403	260	262
15	491	491	270	272
16	591	591	278	280
17	709	709	286	288
18	807	807	292	294
19	915	915	297	300
20	1008	1008	301	304
21	1040	1040	304	307
22	1052	1052	306	309
23	1049	1049	307	310
24	1045	1045	308	311
25	1043	1043	309	312
26	1042	1042	310	313
27	1041	1041	310	314
28	1039	1039	311	315
29	1040	1040	312	316
30	1040	1040	313	317
31	1040	1040	314	317
32	1039	1039	314	318
33	1039	1039	315	319
34	1039	1039	316	320
35	1030	1030	317	321
36	1022	1022	318	322
37	927	927	318	323
38	848	848	319	324
39	847	847	320	325
40	847	847	321	326
41	847	847	321	327
42	847	847	322	327
43	847	847	323	328
44	847	847	324	327
45	847	847	325	326
46	847	847	325	325
47	847	847	326	324
48	847	847	327	324
49	847	847	328	323
50	847	847	327	322
51	885	885	326	321
52	939	939	325	321
53	1002	1002	324	320
54	1064	1064	323	319
55	1021	1021	322	318
56	977	977	321	317
57	964	964	320	317
58	951	951	319	316
59	922	922	319	315
60	893	893	318	314
61	914	914	317	313
62	936	936	316	313
63	934	934	315	312
64	932	932	314	311
65	931	931	313	310
66	918	918	311	309
67	886	886	308	306

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
68	837	837	304	302
69	774	774	299	297
70	693	693	293	291
71	593	593	285	283
72	477	477	277	275
73	410	410	267	265
74	562	562	256	255
75	539	539	244	243
76	489	489	231	229
77	288	288	217	215
78	267	267	201	200
79	244	244	184	183
80	218	218	166	165
81	186	186	146	145
82	152	152	126	125
83	130	130	103	103
84	108	108	80	79
85	86	86	56	56
86	81	81	32	32
87	0	0	8	8

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

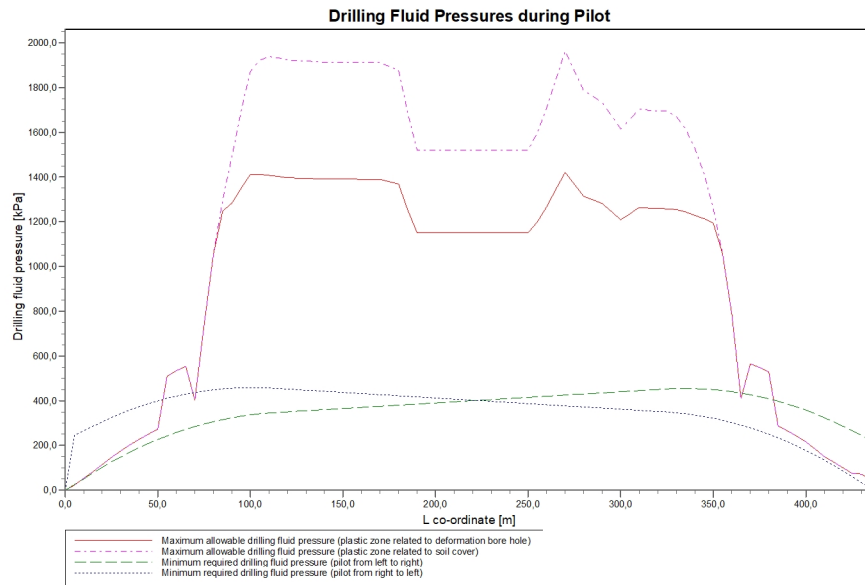
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	23	9	2,62	sufficient
2	46	30	1,56	sufficient
3	69	50	1,37	sufficient
4	92	71	1,30	sufficient
5	113	90	1,26	sufficient
6	133	108	1,23	sufficient
7	152	125	1,22	sufficient
8	170	141	1,21	sufficient
9	186	155	1,20	sufficient
10	201	169	1,19	sufficient
11	215	181	1,18	sufficient
12	227	192	1,18	sufficient
13	238	203	1,18	sufficient
14	249	212	1,17	sufficient
15	258	220	1,17	sufficient
16	266	227	1,17	sufficient
17	272	233	1,17	sufficient
18	278	238	1,17	sufficient
19	282	242	1,17	sufficient
20	286	245	1,17	sufficient
21	288	247	1,17	sufficient
22	289	248	1,17	sufficient
23	289	248	1,17	sufficient
24	289	248	1,17	sufficient
25	289	248	1,17	sufficient
26	289	248	1,17	sufficient
27	290	248	1,17	sufficient
28	290	248	1,17	sufficient
29	290	248	1,17	sufficient
30	290	248	1,17	sufficient
31	290	248	1,17	sufficient
32	290	248	1,17	sufficient
33	290	248	1,17	sufficient
34	290	248	1,17	sufficient
35	290	248	1,17	sufficient
36	290	248	1,17	sufficient
37	290	248	1,17	sufficient
38	290	248	1,17	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
39	290	248	1,17	sufficient
40	290	248	1,17	sufficient
41	290	248	1,17	sufficient
42	290	248	1,17	sufficient
43	290	248	1,17	sufficient
44	290	248	1,17	sufficient
45	290	248	1,17	sufficient
46	290	248	1,17	sufficient
47	290	248	1,17	sufficient
48	290	248	1,17	sufficient
49	290	248	1,17	sufficient
50	291	248	1,17	sufficient
51	291	248	1,17	sufficient
52	291	248	1,17	sufficient
53	291	248	1,17	sufficient
54	291	248	1,17	sufficient
55	291	248	1,17	sufficient
56	291	248	1,17	sufficient
57	291	248	1,17	sufficient
58	291	248	1,17	sufficient
59	291	248	1,17	sufficient
60	291	248	1,17	sufficient
61	291	248	1,17	sufficient
62	291	248	1,17	sufficient
63	291	248	1,17	sufficient
64	291	248	1,17	sufficient
65	291	248	1,17	sufficient
66	290	247	1,17	sufficient
67	288	245	1,18	sufficient
68	285	242	1,18	sufficient
69	281	239	1,18	sufficient
70	276	234	1,18	sufficient
71	269	228	1,18	sufficient
72	262	221	1,18	sufficient
73	253	213	1,19	sufficient
74	243	204	1,19	sufficient
75	232	194	1,19	sufficient
76	220	183	1,20	sufficient
77	206	171	1,21	sufficient
78	192	158	1,21	sufficient
79	176	143	1,23	sufficient
80	158	128	1,24	sufficient
81	140	111	1,26	sufficient
82	120	93	1,29	sufficient
83	99	74	1,33	sufficient
84	77	54	1,42	sufficient
85	54	33	1,61	sufficient
86	31	12	2,45	sufficient
87	8	0	-	sufficient

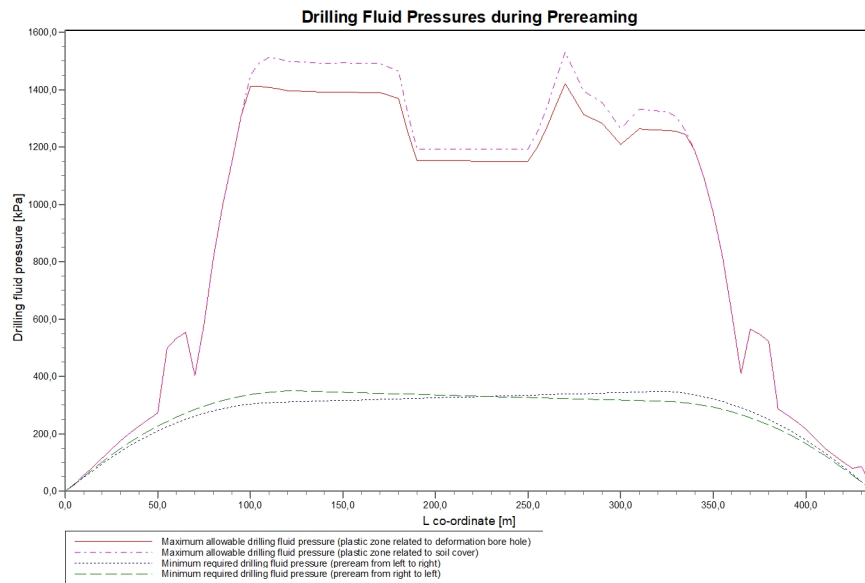
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

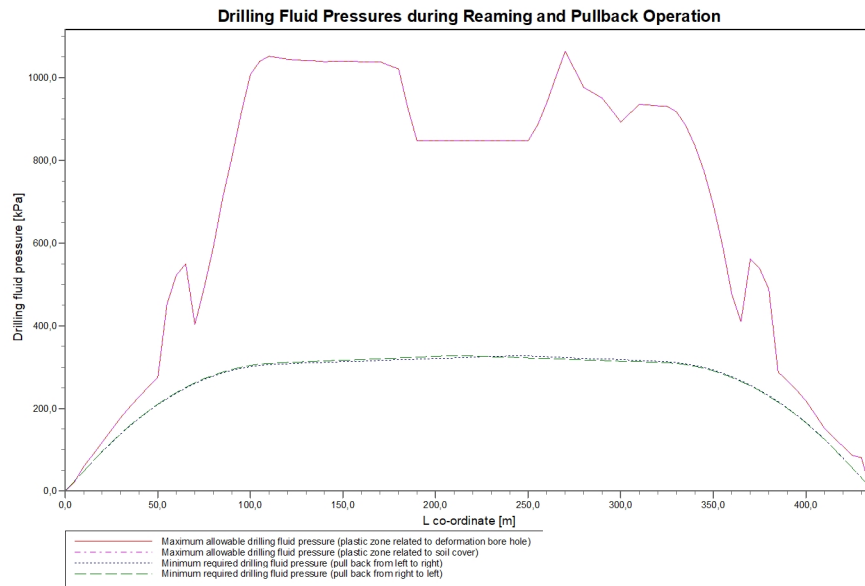
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



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/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	24	14	10	14	0	101
2	128	27	20	27	0	964
3	325	48	27	36	0	1710
4	602	69	36	49	0	2448
5	760	90	43	58	0	3173
6	900	109	49	66	0	3855
7	1011	125	52	70	0	4418
8	1111	140	55	74	0	4941
9	1207	155	57	76	0	5455
10	1294	168	58	78	0	2495
11	563	179	58	78	0	2310
12	596	191	57	77	0	2449
13	631	204	57	77	0	2604
14	2439	215	56	76	0	10115
15	2613	234	58	79	0	10979
16	2774	251	61	82	0	11797
17	2876	263	63	85	0	12318
18	2966	273	59	80	0	12787
19	3148	293	52	70	0	13741
20	3318	312	48	64	0	14644
21	3314	312	44	59	0	14625
22	3301	310	42	56	0	14555
23	3286	309	41	56	0	14475
24	3270	307	41	55	0	14389
25	3266	306	41	55	0	14368
26	3262	306	41	55	0	14348
27	3257	305	41	55	0	14321
28	3252	305	41	55	0	14294
29	3254	305	41	55	0	14304
30	3256	305	41	55	0	14314
31	3254	305	41	55	0	14302
32	3252	305	41	55	0	14290
33	3251	305	41	55	0	14288
34	3251	305	41	55	0	14286
35	3221	301	40	54	0	14129
36	3192	298	40	54	0	13973
37	2863	261	36	49	0	12251
38	2581	230	33	44	0	10809
39	2581	230	33	44	0	10808
40	2581	230	33	44	0	10807
41	2580	230	33	44	0	10806
42	2580	230	33	44	0	10805
43	2580	230	33	44	0	10804

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	2580	230	33	44	0	10803
45	2579	230	33	44	0	10801
46	2579	230	33	44	0	10800
47	2579	230	33	44	0	10799
48	2579	230	33	44	0	10798
49	2578	230	33	44	0	10797
50	2578	230	33	44	0	10796
51	2716	245	34	46	0	11493
52	2906	266	36	49	0	12470
53	3123	290	39	53	0	13607
54	3337	314	42	56	0	14745
55	3188	297	40	54	0	13953
56	3038	281	38	51	0	13161
57	2993	276	38	51	0	12926
58	2948	270	37	50	0	12692
59	2846	259	36	48	0	12159
60	2742	248	34	47	0	11626
61	2819	256	35	48	0	12022
62	2896	265	36	49	0	12418
63	2888	264	36	49	0	12381
64	2881	263	36	49	0	12344
65	2881	263	36	49	0	12343
66	2873	262	37	50	0	12301
67	2846	259	40	54	0	12160
68	2808	255	45	60	0	11968
69	2771	251	53	71	0	11778
70	2724	246	59	80	0	11536
71	2666	240	59	79	0	11242
72	2597	232	58	78	0	10896
73	2510	223	57	77	0	10461
74	663	215	58	78	0	2740
75	638	206	59	79	0	2632
76	610	196	60	80	0	2513
77	1410	187	60	81	0	2399
78	1330	174	60	80	0	6132
79	1228	158	58	78	0	5575
80	1116	141	55	75	0	4978
81	943	116	50	67	0	4084
82	753	89	43	57	0	3149
83	674	79	39	52	0	2789
84	487	68	34	46	0	2386
85	259	49	25	34	0	1719
86	53	34	25	34	0	639
87	15	10	7	10	0	242

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	52	1364	1	955	0,05	7,5
2	238	34796	18430	24357	0,05	7,5
3	431	44631	36010	31242	0,05	7,5
4	604	52821	45515	36975	0,05	7,5
5	760	59941	53444	41959	0,05	7,5
6	900	66059	60106	46242	0,05	7,5
7	1011	70784	65183	49549	0,05	7,5
8	1111	74947	69619	52463	0,05	7,5
9	1207	71267	73763	49887	0,05	7,5
10	1294	11076	77429	7753	0,05	7,5
11	563	8404	39532	5883	0,05	7,5
12	596	8846	8262	6192	0,05	7,5
13	631	173064	8754	121145	0,05	7,5
14	2439	336036	9211	235225	0,05	7,5
15	2613	351096	144033	245767	0,05	7,5
16	2774	364774	311507	255342	0,05	7,5
17	2876	373281	357270	261297	0,05	7,5
18	2966	380804	365054	266562	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
19	3148	395767	380510	277037	0,05	7,5
20	3318	409516	394681	286661	0,05	7,5
21	3314	409234	394390	286464	0,05	7,5
22	3301	408175	393300	285723	0,05	7,5
23	3286	406970	392058	284879	0,05	7,5
24	3270	405666	390715	283966	0,05	7,5
25	3266	405355	390395	283749	0,05	7,5
26	3262	405044	390075	283531	0,05	7,5
27	3257	404637	389655	283246	0,05	7,5
28	3252	404230	389236	282961	0,05	7,5
29	3254	404379	389389	283065	0,05	7,5
30	3256	404528	389542	283169	0,05	7,5
31	3254	404344	389353	283041	0,05	7,5
32	3252	404161	389164	282912	0,05	7,5
33	3251	404130	389133	282891	0,05	7,5
34	3251	404100	389102	282870	0,05	7,5
35	3221	401717	386645	281202	0,05	7,5
36	3192	399322	384177	279526	0,05	7,5
37	2863	372177	356126	260524	0,05	7,5
38	2581	348184	331222	243729	0,05	7,5
39	2581	348165	331202	243715	0,05	7,5
40	2581	348145	331181	243702	0,05	7,5
41	2580	348126	331161	243688	0,05	7,5
42	2580	348106	331141	243674	0,05	7,5
43	2580	348086	331120	243661	0,05	7,5
44	2580	348067	331100	243647	0,05	7,5
45	2579	348047	331080	243633	0,05	7,5
46	2579	348028	331059	243619	0,05	7,5
47	2579	348008	331039	243606	0,05	7,5
48	2579	347989	331019	243592	0,05	7,5
49	2578	347969	330998	243578	0,05	7,5
50	2578	347950	330978	243565	0,05	7,5
51	2716	359712	343203	251798	0,05	7,5
52	2906	375716	359791	263001	0,05	7,5
53	3123	393685	378361	275579	0,05	7,5
54	3337	411024	396233	287717	0,05	7,5
55	3188	399015	383860	279311	0,05	7,5
56	3038	386712	371161	270698	0,05	7,5
57	2993	383010	367335	268107	0,05	7,5
58	2948	379280	363478	265496	0,05	7,5
59	2846	370688	354584	259481	0,05	7,5
60	2742	361935	345509	253354	0,05	7,5
61	2819	368453	352269	257917	0,05	7,5
62	2896	374881	358926	262417	0,05	7,5
63	2888	374285	358310	262000	0,05	7,5
64	2881	373688	357692	261582	0,05	7,5
65	2881	373662	357665	261564	0,05	7,5
66	2873	372998	356977	261098	0,05	7,5
67	2846	370709	354606	259496	0,05	7,5
68	2808	367564	351348	257295	0,05	7,5
69	2771	364453	348122	255117	0,05	7,5
70	2724	360456	343975	252319	0,05	7,5
71	2666	355543	330362	248880	0,05	7,5
72	2597	349679	171239	244775	0,05	7,5
73	2510	342210	18867	239547	0,05	7,5
74	663	215209	9186	150646	0,05	7,5
75	638	17661	8844	12363	0,05	7,5
76	610	9050	31750	6335	0,05	7,5
77	1410	8700	82230	6090	0,05	7,5
78	1330	63015	78972	44110	0,05	7,5
79	1228	79771	74723	55840	0,05	7,5
80	1116	75249	69939	52674	0,05	7,5
81	943	68025	62225	47618	0,05	7,5
82	753	59724	53206	41807	0,05	7,5
83	674	56283	49399	39398	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
84	579	52212	44826	36548	0,05	7,5
85	412	44796	35949	31357	0,05	7,5
86	53	31832	843	22282	0,05	7,5
87	104	12419	5	8693	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 314 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 85 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 85 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 411024 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 822049 kN/m ³

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/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	24	14	10	14	0	101
2	128	27	20	27	0	964
3	325	48	27	36	0	1710
4	602	69	36	49	0	2448
5	760	90	43	58	0	3173
6	900	109	49	66	0	3855
7	1011	125	52	70	0	4418
8	1111	140	55	74	0	4941
9	1207	155	57	76	0	5455
10	1294	168	58	78	0	2495
11	563	179	58	78	0	2310
12	596	191	57	77	0	2449
13	631	204	57	77	0	2604
14	2439	215	56	76	0	10115
15	2613	234	58	79	0	10979
16	2774	251	61	82	0	11797
17	2876	263	63	85	0	12318
18	2966	273	59	80	0	12787
19	3148	293	52	70	0	13741
20	3318	312	48	64	0	14644
21	3314	312	44	59	0	14625
22	3301	310	42	56	0	14555
23	3286	309	41	56	0	14475
24	3270	307	41	55	0	14389
25	3266	306	41	55	0	14368
26	3262	306	41	55	0	14348
27	3257	305	41	55	0	14321
28	3252	305	41	55	0	14294
29	3254	305	41	55	0	14304
30	3256	305	41	55	0	14314
31	3254	305	41	55	0	14302

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
32	3252	305	41	55	0	14290
33	3251	305	41	55	0	14288
34	3251	305	41	55	0	14286
35	3221	301	40	54	0	14129
36	3192	298	40	54	0	13973
37	2863	261	36	49	0	12251
38	2581	230	33	44	0	10809
39	2581	230	33	44	0	10808
40	2581	230	33	44	0	10807
41	2580	230	33	44	0	10806
42	2580	230	33	44	0	10805
43	2580	230	33	44	0	10804
44	2580	230	33	44	0	10803
45	2579	230	33	44	0	10801
46	2579	230	33	44	0	10800
47	2579	230	33	44	0	10799
48	2579	230	33	44	0	10798
49	2578	230	33	44	0	10797
50	2578	230	33	44	0	10796
51	2716	245	34	46	0	11493
52	2906	266	36	49	0	12470
53	3123	290	39	53	0	13607
54	3337	314	42	56	0	14745
55	3188	297	40	54	0	13953
56	3038	281	38	51	0	13161
57	2993	276	38	51	0	12926
58	2948	270	37	50	0	12692
59	2846	259	36	48	0	12159
60	2742	248	34	47	0	11626
61	2819	256	35	48	0	12022
62	2896	265	36	49	0	12418
63	2888	264	36	49	0	12381
64	2881	263	36	49	0	12344
65	2881	263	36	49	0	12343
66	2873	262	37	50	0	12301
67	2846	259	40	54	0	12160
68	2808	255	45	60	0	11968
69	2771	251	53	71	0	11778
70	2724	246	59	80	0	11536
71	2666	240	59	79	0	11242
72	2597	232	58	78	0	10896
73	2510	223	57	77	0	10461
74	663	215	58	78	0	2740
75	638	206	59	79	0	2632
76	610	196	60	80	0	2513
77	1410	187	60	81	0	2399
78	1330	174	60	80	0	6132
79	1228	158	58	78	0	5575
80	1116	141	55	75	0	4978
81	943	116	50	67	0	4084
82	753	89	43	57	0	3149
83	674	79	39	52	0	2789
84	487	68	34	46	0	2386
85	259	49	25	34	0	1719
86	53	34	25	34	0	639
87	15	10	7	10	0	242

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	52	1364	1	955	0,05	7,5
2	238	34796	18430	24357	0,05	7,5
3	431	44631	36010	31242	0,05	7,5
4	604	52821	45515	36975	0,05	7,5
5	760	59941	53444	41959	0,05	7,5
6	900	66059	60106	46242	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
7	1011	70784	65183	49549	0,05	7,5
8	1111	74947	69619	52463	0,05	7,5
9	1207	71267	73763	49887	0,05	7,5
10	1294	11076	77429	7753	0,05	7,5
11	563	8404	39532	5883	0,05	7,5
12	596	8846	8262	6192	0,05	7,5
13	631	173064	8754	121145	0,05	7,5
14	2439	336036	9211	235225	0,05	7,5
15	2613	351096	144033	245767	0,05	7,5
16	2774	364774	311507	255342	0,05	7,5
17	2876	373281	357270	261297	0,05	7,5
18	2966	380804	365054	266562	0,05	7,5
19	3148	395767	380510	277037	0,05	7,5
20	3318	409516	394681	286661	0,05	7,5
21	3314	409234	394390	286464	0,05	7,5
22	3301	408175	393300	285723	0,05	7,5
23	3286	406970	392058	284879	0,05	7,5
24	3270	405666	390715	283966	0,05	7,5
25	3266	405355	390395	283749	0,05	7,5
26	3262	405044	390075	283531	0,05	7,5
27	3257	404637	389655	283246	0,05	7,5
28	3252	404230	389236	282961	0,05	7,5
29	3254	404379	389389	283065	0,05	7,5
30	3256	404528	389542	283169	0,05	7,5
31	3254	404344	389353	283041	0,05	7,5
32	3252	404161	389164	282912	0,05	7,5
33	3251	404130	389133	282891	0,05	7,5
34	3251	404100	389102	282870	0,05	7,5
35	3221	401717	386645	281202	0,05	7,5
36	3192	399322	384177	279526	0,05	7,5
37	2863	372177	356126	260524	0,05	7,5
38	2581	348184	331222	243729	0,05	7,5
39	2581	348165	331202	243715	0,05	7,5
40	2581	348145	331181	243702	0,05	7,5
41	2580	348126	331161	243688	0,05	7,5
42	2580	348106	331141	243674	0,05	7,5
43	2580	348086	331120	243661	0,05	7,5
44	2580	348067	331100	243647	0,05	7,5
45	2579	348047	331080	243633	0,05	7,5
46	2579	348028	331059	243619	0,05	7,5
47	2579	348008	331039	243606	0,05	7,5
48	2579	347989	331019	243592	0,05	7,5
49	2578	347969	330998	243578	0,05	7,5
50	2578	347950	330978	243565	0,05	7,5
51	2716	359712	343203	251798	0,05	7,5
52	2906	375716	359791	263001	0,05	7,5
53	3123	393685	378361	275579	0,05	7,5
54	3337	411024	396233	287717	0,05	7,5
55	3188	399015	383860	279311	0,05	7,5
56	3038	386712	371161	270698	0,05	7,5
57	2993	383010	367335	268107	0,05	7,5
58	2948	379280	363478	265496	0,05	7,5
59	2846	370688	354584	259481	0,05	7,5
60	2742	361935	345509	253354	0,05	7,5
61	2819	368453	352269	257917	0,05	7,5
62	2896	374881	358926	262417	0,05	7,5
63	2888	374285	358310	262000	0,05	7,5
64	2881	373688	357692	261582	0,05	7,5
65	2881	373662	357665	261564	0,05	7,5
66	2873	372998	356977	261098	0,05	7,5
67	2846	370709	354606	259496	0,05	7,5
68	2808	367564	351348	257295	0,05	7,5
69	2771	364453	348122	255117	0,05	7,5
70	2724	360456	343975	252319	0,05	7,5
71	2666	355543	330362	248880	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
72	2597	349679	171239	244775	0,05	7,5
73	2510	342210	18867	239547	0,05	7,5
74	663	215209	9186	150646	0,05	7,5
75	638	17661	8844	12363	0,05	7,5
76	610	9050	31750	6335	0,05	7,5
77	1410	8700	82230	6090	0,05	7,5
78	1330	63015	78972	44110	0,05	7,5
79	1228	79771	74723	55840	0,05	7,5
80	1116	75249	69939	52674	0,05	7,5
81	943	68025	62225	47618	0,05	7,5
82	753	59724	53206	41807	0,05	7,5
83	674	56283	49399	39398	0,05	7,5
84	579	52212	44826	36548	0,05	7,5
85	412	44796	35949	31357	0,05	7,5
86	53	31832	843	22282	0,05	7,5
87	104	12419	5	8693	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 314 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 85 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 85 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 411024 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 822049 kN/m ³

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/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	24	14	10	14	0	101
2	128	27	20	27	0	964
3	325	48	27	36	0	1710
4	602	69	36	49	0	2448
5	760	90	43	58	0	3173
6	900	109	49	66	0	3855
7	1011	125	52	70	0	4418
8	1111	140	55	74	0	4941
9	1207	155	57	76	0	5455
10	1294	168	58	78	0	2495
11	563	179	58	78	0	2310
12	596	191	57	77	0	2449
13	631	204	57	77	0	2604
14	2439	215	56	76	0	10115
15	2613	234	58	79	0	10979
16	2774	251	61	82	0	11797
17	2876	263	63	85	0	12318
18	2966	273	59	80	0	12787
19	3148	293	52	70	0	13741

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
20	3318	312	48	64	0	14644
21	3314	312	44	59	0	14625
22	3301	310	42	56	0	14555
23	3286	309	41	56	0	14475
24	3270	307	41	55	0	14389
25	3266	306	41	55	0	14368
26	3262	306	41	55	0	14348
27	3257	305	41	55	0	14321
28	3252	305	41	55	0	14294
29	3254	305	41	55	0	14304
30	3256	305	41	55	0	14314
31	3254	305	41	55	0	14302
32	3252	305	41	55	0	14290
33	3251	305	41	55	0	14288
34	3251	305	41	55	0	14286
35	3221	301	40	54	0	14129
36	3192	298	40	54	0	13973
37	2863	261	36	49	0	12251
38	2581	230	33	44	0	10809
39	2581	230	33	44	0	10808
40	2581	230	33	44	0	10807
41	2580	230	33	44	0	10806
42	2580	230	33	44	0	10805
43	2580	230	33	44	0	10804
44	2580	230	33	44	0	10803
45	2579	230	33	44	0	10801
46	2579	230	33	44	0	10800
47	2579	230	33	44	0	10799
48	2579	230	33	44	0	10798
49	2578	230	33	44	0	10797
50	2578	230	33	44	0	10796
51	2716	245	34	46	0	11493
52	2906	266	36	49	0	12470
53	3123	290	39	53	0	13607
54	3337	314	42	56	0	14745
55	3188	297	40	54	0	13953
56	3038	281	38	51	0	13161
57	2993	276	38	51	0	12926
58	2948	270	37	50	0	12692
59	2846	259	36	48	0	12159
60	2742	248	34	47	0	11626
61	2819	256	35	48	0	12022
62	2896	265	36	49	0	12418
63	2888	264	36	49	0	12381
64	2881	263	36	49	0	12344
65	2881	263	36	49	0	12343
66	2873	262	37	50	0	12301
67	2846	259	40	54	0	12160
68	2808	255	45	60	0	11968
69	2771	251	53	71	0	11778
70	2724	246	59	80	0	11536
71	2666	240	59	79	0	11242
72	2597	232	58	78	0	10896
73	2510	223	57	77	0	10461
74	663	215	58	78	0	2740
75	638	206	59	79	0	2632
76	610	196	60	80	0	2513
77	1410	187	60	81	0	2399
78	1330	174	60	80	0	6132
79	1228	158	58	78	0	5575
80	1116	141	55	75	0	4978
81	943	116	50	67	0	4084
82	753	89	43	57	0	3149
83	674	79	39	52	0	2789
84	487	68	34	46	0	2386

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
85	259	49	25	34	0	1719
86	53	34	25	34	0	639
87	15	10	7	10	0	242

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	52	1364	1	955	0,05	7,5
2	238	34796	18430	24357	0,05	7,5
3	431	44631	36010	31242	0,05	7,5
4	604	52821	45515	36975	0,05	7,5
5	760	59941	53444	41959	0,05	7,5
6	900	66059	60106	46242	0,05	7,5
7	1011	70784	65183	49549	0,05	7,5
8	1111	74947	69619	52463	0,05	7,5
9	1207	71267	73763	49887	0,05	7,5
10	1294	11076	77429	7753	0,05	7,5
11	563	8404	39532	5883	0,05	7,5
12	596	8846	8262	6192	0,05	7,5
13	631	173064	8754	121145	0,05	7,5
14	2439	336036	9211	235225	0,05	7,5
15	2613	351096	144033	245767	0,05	7,5
16	2774	364774	311507	255342	0,05	7,5
17	2876	373281	357270	261297	0,05	7,5
18	2966	380804	365054	266562	0,05	7,5
19	3148	395767	380510	277037	0,05	7,5
20	3318	409516	394681	286661	0,05	7,5
21	3314	409234	394390	286464	0,05	7,5
22	3301	408175	393300	285723	0,05	7,5
23	3286	406970	392058	284879	0,05	7,5
24	3270	405666	390715	283966	0,05	7,5
25	3266	405355	390395	283749	0,05	7,5
26	3262	405044	390075	283531	0,05	7,5
27	3257	404637	389655	283246	0,05	7,5
28	3252	404230	389236	282961	0,05	7,5
29	3254	404379	389389	283065	0,05	7,5
30	3256	404528	389542	283169	0,05	7,5
31	3254	404344	389353	283041	0,05	7,5
32	3252	404161	389164	282912	0,05	7,5
33	3251	404130	389133	282891	0,05	7,5
34	3251	404100	389102	282870	0,05	7,5
35	3221	401717	386645	281202	0,05	7,5
36	3192	399322	384177	279526	0,05	7,5
37	2863	372177	356126	260524	0,05	7,5
38	2581	348184	331222	243729	0,05	7,5
39	2581	348165	331202	243715	0,05	7,5
40	2581	348145	331181	243702	0,05	7,5
41	2580	348126	331161	243688	0,05	7,5
42	2580	348106	331141	243674	0,05	7,5
43	2580	348086	331120	243661	0,05	7,5
44	2580	348067	331100	243647	0,05	7,5
45	2579	348047	331080	243633	0,05	7,5
46	2579	348028	331059	243619	0,05	7,5
47	2579	348008	331039	243606	0,05	7,5
48	2579	347989	331019	243592	0,05	7,5
49	2578	347969	330998	243578	0,05	7,5
50	2578	347950	330978	243565	0,05	7,5
51	2716	359712	343203	251798	0,05	7,5
52	2906	375716	359791	263001	0,05	7,5
53	3123	393685	378361	275579	0,05	7,5
54	3337	411024	396233	287717	0,05	7,5
55	3188	399015	383860	279311	0,05	7,5
56	3038	386712	371161	270698	0,05	7,5
57	2993	383010	367335	268107	0,05	7,5
58	2948	379280	363478	265496	0,05	7,5
59	2846	370688	354584	259481	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
60	2742	361935	345509	253354	0,05	7,5
61	2819	368453	352269	257917	0,05	7,5
62	2896	374881	358926	262417	0,05	7,5
63	2888	374285	358310	262000	0,05	7,5
64	2881	373688	357692	261582	0,05	7,5
65	2881	373662	357665	261564	0,05	7,5
66	2873	372998	356977	261098	0,05	7,5
67	2846	370709	354606	259496	0,05	7,5
68	2808	367564	351348	257295	0,05	7,5
69	2771	364453	348122	255117	0,05	7,5
70	2724	360456	343975	252319	0,05	7,5
71	2666	355543	330362	248880	0,05	7,5
72	2597	349679	171239	244775	0,05	7,5
73	2510	342210	18867	239547	0,05	7,5
74	663	215209	9186	150646	0,05	7,5
75	638	17661	8844	12363	0,05	7,5
76	610	9050	31750	6335	0,05	7,5
77	1410	8700	82230	6090	0,05	7,5
78	1330	63015	78972	44110	0,05	7,5
79	1228	79771	74723	55840	0,05	7,5
80	1116	75249	69939	52674	0,05	7,5
81	943	68025	62225	47618	0,05	7,5
82	753	59724	53206	41807	0,05	7,5
83	674	56283	49399	39398	0,05	7,5
84	579	52212	44826	36548	0,05	7,5
85	412	44796	35949	31357	0,05	7,5
86	53	31832	843	22282	0,05	7,5
87	104	12419	5	8693	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 314 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 85 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 85 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 411024 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 822049 kN/m ³

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/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	24	14	10	14	0	101
2	128	27	20	27	0	964
3	325	48	27	36	0	1710
4	602	69	36	49	0	2448
5	760	90	43	58	0	3173
6	900	109	49	66	0	3855
7	1011	125	52	70	0	4418

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
8	1111	140	55	74	0	4941
9	1207	155	57	76	0	5455
10	1294	168	58	78	0	2495
11	563	179	58	78	0	2310
12	596	191	57	77	0	2449
13	631	204	57	77	0	2604
14	2439	215	56	76	0	10115
15	2613	234	58	79	0	10979
16	2774	251	61	82	0	11797
17	2876	263	63	85	0	12318
18	2966	273	59	80	0	12787
19	3148	293	52	70	0	13741
20	3318	312	48	64	0	14644
21	3314	312	44	59	0	14625
22	3301	310	42	56	0	14555
23	3286	309	41	56	0	14475
24	3270	307	41	55	0	14389
25	3266	306	41	55	0	14368
26	3262	306	41	55	0	14348
27	3257	305	41	55	0	14321
28	3252	305	41	55	0	14294
29	3254	305	41	55	0	14304
30	3256	305	41	55	0	14314
31	3254	305	41	55	0	14302
32	3252	305	41	55	0	14290
33	3251	305	41	55	0	14288
34	3251	305	41	55	0	14286
35	3221	301	40	54	0	14129
36	3192	298	40	54	0	13973
37	2863	261	36	49	0	12251
38	2581	230	33	44	0	10809
39	2581	230	33	44	0	10808
40	2581	230	33	44	0	10807
41	2580	230	33	44	0	10806
42	2580	230	33	44	0	10805
43	2580	230	33	44	0	10804
44	2580	230	33	44	0	10803
45	2579	230	33	44	0	10801
46	2579	230	33	44	0	10800
47	2579	230	33	44	0	10799
48	2579	230	33	44	0	10798
49	2578	230	33	44	0	10797
50	2578	230	33	44	0	10796
51	2716	245	34	46	0	11493
52	2906	266	36	49	0	12470
53	3123	290	39	53	0	13607
54	3337	314	42	56	0	14745
55	3188	297	40	54	0	13953
56	3038	281	38	51	0	13161
57	2993	276	38	51	0	12926
58	2948	270	37	50	0	12692
59	2846	259	36	48	0	12159
60	2742	248	34	47	0	11626
61	2819	256	35	48	0	12022
62	2896	265	36	49	0	12418
63	2888	264	36	49	0	12381
64	2881	263	36	49	0	12344
65	2881	263	36	49	0	12343
66	2873	262	37	50	0	12301
67	2846	259	40	54	0	12160
68	2808	255	45	60	0	11968
69	2771	251	53	71	0	11778
70	2724	246	59	80	0	11536
71	2666	240	59	79	0	11242
72	2597	232	58	78	0	10896

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
73	2510	223	57	77	0	10461
74	663	215	58	78	0	2740
75	638	206	59	79	0	2632
76	610	196	60	80	0	2513
77	1410	187	60	81	0	2399
78	1330	174	60	80	0	6132
79	1228	158	58	78	0	5575
80	1116	141	55	75	0	4978
81	943	116	50	67	0	4084
82	753	89	43	57	0	3149
83	674	79	39	52	0	2789
84	487	68	34	46	0	2386
85	259	49	25	34	0	1719
86	53	34	25	34	0	639
87	15	10	7	10	0	242

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	52	1364	1	955	0,05	7,5
2	238	34796	18430	24357	0,05	7,5
3	431	44631	36010	31242	0,05	7,5
4	604	52821	45515	36975	0,05	7,5
5	760	59941	53444	41959	0,05	7,5
6	900	66059	60106	46242	0,05	7,5
7	1011	70784	65183	49549	0,05	7,5
8	1111	74947	69619	52463	0,05	7,5
9	1207	71267	73763	49887	0,05	7,5
10	1294	11076	77429	7753	0,05	7,5
11	563	8404	39532	5883	0,05	7,5
12	596	8846	8262	6192	0,05	7,5
13	631	173064	8754	121145	0,05	7,5
14	2439	336036	9211	235225	0,05	7,5
15	2613	351096	144033	245767	0,05	7,5
16	2774	364774	311507	255342	0,05	7,5
17	2876	373281	357270	261297	0,05	7,5
18	2966	380804	365054	266562	0,05	7,5
19	3148	395767	380510	277037	0,05	7,5
20	3318	409516	394681	286661	0,05	7,5
21	3314	409234	394390	286464	0,05	7,5
22	3301	408175	393300	285723	0,05	7,5
23	3286	406970	392058	284879	0,05	7,5
24	3270	405666	390715	283966	0,05	7,5
25	3266	405355	390395	283749	0,05	7,5
26	3262	405044	390075	283531	0,05	7,5
27	3257	404637	389655	283246	0,05	7,5
28	3252	404230	389236	282961	0,05	7,5
29	3254	404379	389389	283065	0,05	7,5
30	3256	404528	389542	283169	0,05	7,5
31	3254	404344	389353	283041	0,05	7,5
32	3252	404161	389164	282912	0,05	7,5
33	3251	404130	389133	282891	0,05	7,5
34	3251	404100	389102	282870	0,05	7,5
35	3221	401717	386645	281202	0,05	7,5
36	3192	399322	384177	279526	0,05	7,5
37	2863	372177	356126	260524	0,05	7,5
38	2581	348184	331222	243729	0,05	7,5
39	2581	348165	331202	243715	0,05	7,5
40	2581	348145	331181	243702	0,05	7,5
41	2580	348126	331161	243688	0,05	7,5
42	2580	348106	331141	243674	0,05	7,5
43	2580	348086	331120	243661	0,05	7,5
44	2580	348067	331100	243647	0,05	7,5
45	2579	348047	331080	243633	0,05	7,5
46	2579	348028	331059	243619	0,05	7,5
47	2579	348008	331039	243606	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
48	2579	347989	331019	243592	0,05	7,5
49	2578	347969	330998	243578	0,05	7,5
50	2578	347950	330978	243565	0,05	7,5
51	2716	359712	343203	251798	0,05	7,5
52	2906	375716	359791	263001	0,05	7,5
53	3123	393685	378361	275579	0,05	7,5
54	3337	411024	396233	287717	0,05	7,5
55	3188	399015	383860	279311	0,05	7,5
56	3038	386712	371161	270698	0,05	7,5
57	2993	383010	367335	268107	0,05	7,5
58	2948	379280	363478	265496	0,05	7,5
59	2846	370688	354584	259481	0,05	7,5
60	2742	361935	345509	253354	0,05	7,5
61	2819	368453	352269	257917	0,05	7,5
62	2896	374881	358926	262417	0,05	7,5
63	2888	374285	358310	262000	0,05	7,5
64	2881	373688	357692	261582	0,05	7,5
65	2881	373662	357665	261564	0,05	7,5
66	2873	372998	356977	261098	0,05	7,5
67	2846	370709	354606	259496	0,05	7,5
68	2808	367564	351348	257295	0,05	7,5
69	2771	364453	348122	255117	0,05	7,5
70	2724	360456	343975	252319	0,05	7,5
71	2666	355543	330362	248880	0,05	7,5
72	2597	349679	171239	244775	0,05	7,5
73	2510	342210	18867	239547	0,05	7,5
74	663	215209	9186	150646	0,05	7,5
75	638	17661	8844	12363	0,05	7,5
76	610	9050	31750	6335	0,05	7,5
77	1410	8700	82230	6090	0,05	7,5
78	1330	63015	78972	44110	0,05	7,5
79	1228	79771	74723	55840	0,05	7,5
80	1116	75249	69939	52674	0,05	7,5
81	943	68025	62225	47618	0,05	7,5
82	753	59724	53206	41807	0,05	7,5
83	674	56283	49399	39398	0,05	7,5
84	579	52212	44826	36548	0,05	7,5
85	412	44796	35949	31357	0,05	7,5
86	53	31832	843	22282	0,05	7,5
87	104	12419	5	8693	0,05	7,5

Maximum soil stress	: q _{v;n;max} = 314 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	: q _{traffic;max} = 85 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	: q _{v;r;n;max} = 85 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	: k _{v;max} = 411024 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	: k _{v;max} = 822049 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

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

Layer number	Vertical 1 (L=5 m)		Vertical 2 (L=10 m)		Vertical 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,029	0,000	0,049	0,000	0,088
4	0,003	0,043	0,005	0,043	0,009	0,045

Layer number	Vertical 1 (L=5 m)		Vertical 2 (L=10 m)		Vertical 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	11,515	39,085	11,518	39,085	11,741	39,152
2	4,581	5,259	4,581	5,260	4,593	5,272
1	127,830	153,194	127,832	153,196	128,014	153,348

Layer number	Vertical 4 (L=20 m)		Vertical 5 (L=25 m)		Vertical 6 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,123	0,000	0,178	0,000	0,229
4	0,012	0,046	0,018	0,049	0,023	0,052
3	11,959	39,218	12,450	39,370	12,922	39,522
2	4,606	5,284	4,634	5,311	4,663	5,339
1	128,196	153,500	128,615	153,850	129,034	154,200

Layer number	Vertical 7 (L=35 m)		Vertical 8 (L=40 m)		Vertical 9 (L=45 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,218	0,000	0,207	0,000	0,221
4	0,022	0,050	0,021	0,048	0,022	0,048
3	12,620	39,424	12,311	39,326	12,320	39,329
2	4,645	5,321	4,626	5,303	4,627	5,304
1	128,765	153,975	128,495	153,750	128,503	153,756

Layer number	Vertical 10 (L=50 m)		Vertical 11 (L=55 m)		Vertical 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,234	0,000	0,259	0,000	0,409
4	0,023	0,048	0,026	0,049	0,041	0,055
3	12,329	39,332	12,495	39,384	13,342	39,661
2	4,627	5,304	4,637	5,314	4,689	5,364
1	128,511	153,763	128,655	153,884	129,418	154,522

Layer number	Vertical 13 (L=65 m)		Vertical 14 (L=70 m)		Vertical 15 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,619	0,000	0,731	0,000	0,925
4	0,062	0,065	0,073	0,074	0,092	0,093
3	14,805	40,177	16,135	40,686	18,649	41,747
2	4,787	5,459	4,885	5,554	5,090	5,753
1	130,842	155,716	132,250	156,902	135,193	159,390

Layer number	Vertical 16 (L=80 m)		Vertical 17 (L=85 m)		Vertical 18 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,109	0,000	1,191	0,000	1,272
4	0,111	0,112	0,119	0,120	0,127	0,128
3	20,860	42,780	21,808	43,250	22,716	43,715
2	5,293	5,950	5,386	6,040	5,479	6,131
1	138,069	161,837	139,381	162,957	140,681	164,070

Layer number	Vertical 19 (L=95 m)		Vertical 20 (L=100 m)		Vertical 21 (L=105 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,552	0,000	1,818	0,000	1,776
4	0,155	0,156	0,182	0,183	0,178	0,178
3	25,688	45,331	28,351	46,891	27,935	46,641
2	5,807	6,450	6,130	6,764	6,078	6,714
1	145,210	167,970	149,603	171,782	148,897	171,168

Layer number	Vertical 22 (L=110 m)		Vertical 23 (L=115 m)		Vertical 24 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,733	0,000	1,702	0,000	1,671
4	0,173	0,174	0,170	0,171	0,167	0,168
3	27,514	46,390	27,211	46,211	26,904	46,031

Layer number	Vertical 22 (L=110 m)		Vertical 23 (L=115 m)		Vertical 24 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
2	6,026	6,663	5,988	6,626	5,951	6,590
1	148,189	170,552	147,685	170,114	147,178	169,675

Layer number	Vertical 25 (L=125 m)		Vertical 26 (L=130 m)		Vertical 27 (L=135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,664	0,000	1,656	0,000	1,647
4	0,166	0,167	0,166	0,167	0,165	0,166
3	26,831	45,988	26,757	45,945	26,660	45,889
2	5,942	6,581	5,933	6,573	5,922	6,561
1	147,058	169,570	146,937	169,465	146,779	169,328

Layer number	Vertical 28 (L=140 m)		Vertical 29 (L=145 m)		Vertical 30 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,637	0,000	1,640	0,000	1,644
4	0,164	0,165	0,164	0,165	0,164	0,165
3	26,564	45,833	26,599	45,853	26,634	45,874
2	5,910	6,550	5,914	6,554	5,919	6,558
1	146,621	169,191	146,678	169,241	146,736	169,291

Layer number	Vertical 31 (L=155 m)		Vertical 32 (L=160 m)		Vertical 33 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,640	0,000	1,635	0,000	1,634
4	0,164	0,165	0,164	0,164	0,163	0,164
3	26,591	45,848	26,547	45,823	26,540	45,819
2	5,913	6,553	5,908	6,548	5,907	6,547
1	146,665	169,229	146,594	169,168	146,582	169,157

Layer number	Vertical 34 (L=170 m)		Vertical 35 (L=175 m)		Vertical 36 (L=180 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,634	0,000	1,577	0,000	1,520
4	0,163	0,164	0,158	0,159	0,152	0,153
3	26,533	45,815	25,959	45,485	25,372	45,153
2	5,907	6,546	5,839	6,480	5,771	6,414
1	146,570	169,147	145,643	168,344	144,709	167,538

Layer number	Vertical 37 (L=185 m)		Vertical 38 (L=190 m)		Vertical 39 (L=195 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,847	0,000	0,132	0,000	0,131
4	0,085	0,086	0,013	0,015	0,013	0,015
3	17,677	41,322	5,935	37,818	5,917	37,815
2	5,007	5,672	4,346	5,033	4,345	5,032
1	134,013	158,390	124,354	150,306	124,347	150,300

Layer number	Vertical 40 (L=200 m)		Vertical 41 (L=205 m)		Vertical 42 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,130	0,000	0,129	0,000	0,128
4	0,013	0,015	0,013	0,015	0,013	0,015
3	5,898	37,813	5,879	37,810	5,861	37,807
2	4,345	5,032	4,344	5,031	4,343	5,031
1	124,339	150,293	124,331	150,287	124,323	150,280

Layer number	Vertical 43 (L=215 m)		Vertical 44 (L=220 m)		Vertical 45 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,127	0,000	0,126	0,000	0,125
4	0,013	0,015	0,013	0,015	0,013	0,014
3	5,842	37,804	5,823	37,801	5,804	37,798
2	4,343	5,030	4,342	5,029	4,342	5,029

Layer number	Vertical 43 (L=215 m)		Vertical 44 (L=220 m)		Vertical 45 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
1	124,315	150,274	124,307	150,267	124,299	150,260

Layer number	Vertical 46 (L=230 m)		Vertical 47 (L=235 m)		Vertical 48 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,124	0,000	0,124	0,000	0,123
4	0,012	0,014	0,012	0,014	0,012	0,014
3	5,785	37,795	5,766	37,792	5,747	37,789
2	4,341	5,028	4,341	5,028	4,340	5,027
1	124,291	150,254	124,283	150,247	124,275	150,241

Layer number	Vertical 49 (L=245 m)		Vertical 50 (L=250 m)		Vertical 51 (L=255 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,122	0,000	0,121	0,000	0,505
4	0,012	0,014	0,012	0,014	0,050	0,052
3	5,728	37,786	5,709	37,783	12,908	39,517
2	4,340	5,027	4,339	5,026	4,662	5,338
1	124,267	150,234	124,259	150,227	129,021	154,190

Layer number	Vertical 52 (L=260 m)		Vertical 53 (L=265 m)		Vertical 54 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,937	0,000	1,383	0,000	1,796
4	0,094	0,095	0,138	0,139	0,180	0,181
3	18,832	41,829	23,947	44,367	28,147	46,768
2	5,106	5,768	5,611	6,258	6,104	6,739
1	135,421	159,583	142,506	165,638	149,256	171,479

Layer number	Vertical 55 (L=275 m)		Vertical 56 (L=280 m)		Vertical 57 (L=285 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,511	0,000	1,213	0,000	1,121
4	0,151	0,152	0,121	0,122	0,112	0,113
3	25,296	45,110	22,081	43,389	21,035	42,866
2	5,762	6,405	5,414	6,067	5,310	5,966
1	144,590	167,434	139,768	163,288	138,309	162,041

Layer number	Vertical 58 (L=290 m)		Vertical 59 (L=295 m)		Vertical 60 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	1,028	0,000	0,806	0,000	0,568
4	0,103	0,104	0,081	0,082	0,057	0,058
3	19,934	42,337	17,171	41,108	13,869	39,841
2	5,206	5,865	4,966	5,632	4,723	5,397
1	136,834	160,784	133,419	157,888	129,915	154,939

Layer number	Vertical 61 (L=305 m)		Vertical 62 (L=310 m)		Vertical 63 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,746	0,000	0,915	0,000	0,900
4	0,075	0,076	0,092	0,093	0,090	0,091
3	16,386	40,786	18,565	41,709	18,373	41,624
2	4,904	5,572	5,083	5,745	5,066	5,729
1	132,527	157,135	135,089	159,302	134,852	159,101

Layer number	Vertical 64 (L=320 m)		Vertical 65 (L=325 m)		Vertical 66 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,884	0,000	0,884	0,000	0,885
4	0,088	0,090	0,088	0,090	0,088	0,090
3	18,178	41,539	18,183	41,541	18,189	41,543
2	5,050	5,713	5,050	5,714	5,050	5,714
1	134,615	158,900	134,621	158,905	134,627	158,910

Layer number	Vertical 67 (L=335 m)		Vertical 68 (L=340 m)		Vertical 69 (L=345 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,865	0,000	0,845	0,000	0,848
4	0,086	0,088	0,084	0,086	0,085	0,086
3	17,936	41,433	17,680	41,323	17,721	41,341
2	5,029	5,693	5,008	5,673	5,011	5,676
1	134,321	158,651	134,015	158,392	134,065	158,434

Layer number	Vertical 70 (L=350 m)		Vertical 71 (L=355 m)		Vertical 72 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,851	0,000	0,854	0,000	0,857
4	0,085	0,086	0,085	0,087	0,086	0,087
3	17,763	41,359	17,805	41,376	17,846	41,394
2	5,015	5,679	5,018	5,683	5,021	5,686
1	134,115	158,476	134,164	158,518	134,214	158,560

Layer number	Vertical 73 (L=365 m)		Vertical 74 (L=370 m)		Vertical 75 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,846	0,000	0,834	0,000	0,816
4	0,085	0,086	0,083	0,085	0,082	0,083
3	17,699	41,331	17,550	41,267	17,318	41,170
2	5,009	5,674	4,997	5,662	4,978	5,644
1	134,038	158,412	133,862	158,263	133,590	158,033

Layer number	Vertical 76 (L=380 m)		Vertical 77 (L=385 m)		Vertical 78 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,798	0,000	0,811	0,000	0,823
4	0,080	0,081	0,081	0,083	0,082	0,084
3	17,084	41,071	17,250	41,141	17,414	41,210
2	4,959	5,625	4,972	5,638	4,986	5,651
1	133,318	157,803	133,510	157,965	133,702	158,127

Layer number	Vertical 79 (L=395 m)		Vertical 80 (L=400 m)		Vertical 81 (L=405 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,794	0,000	0,764	0,000	0,580
4	0,079	0,081	0,076	0,078	0,058	0,060
3	17,031	41,049	16,640	40,889	14,072	39,913
2	4,955	5,621	4,924	5,591	4,737	5,411
1	133,257	157,751	132,812	157,375	130,112	155,103

Layer number	Vertical 82 (L=410 m)		Vertical 83 (L=415 m)		Vertical 84 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,379	0,000	0,582	0,000	0,768
4	0,038	0,040	0,058	0,060	0,077	0,078
3	10,915	38,912	14,105	39,924	16,696	40,912
2	4,548	5,228	4,739	5,413	4,928	5,596
1	127,355	152,798	130,144	155,131	132,875	157,429

Layer number	Vertical 85 (L=425 m)		Vertical 86 (L=430 m)		Vertical 87 (L=435 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	0,803	0,000	0,838	0,000	0,841
4	0,080	0,082	0,084	0,085	0,084	0,086
3	17,158	41,102	17,609	41,292	17,645	41,308
2	4,965	5,631	5,002	5,667	5,005	5,670
1	133,404	157,876	133,931	158,321	133,974	158,357

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/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 215476 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
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/mm ²
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	:	353	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	252	[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	44
T2	18	53
T3	116	127

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	327	259
T5	425	342
T6	444	352

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 (γ) 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 = 445 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 85 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 411024 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,76 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,04	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 4,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0194 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 10,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,44 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,68	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,76	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$	=		
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,04	6,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,74	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,44	7,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,1 mm (4,78% 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 328 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 248 kN/m², this is less 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 = 445 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 85 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 411024 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\begin{aligned} \text{Sigma}_b &= Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) &= & 0,43 & \text{N/mm}^2 \\ \text{Sigma}_t &= f * f_{install} * T1/A = f * f_{install} (L_{rol} * Q * f1)/A &= & 0,76 & \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 4,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0194 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 10,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 7,44 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,68	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,76	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,04	6,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,74	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,44	7,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,1 mm (4,78% 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 328 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 248 kN/m², this is less 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 = 445 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 85 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 411024 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,76 \text{ N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,04	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 4,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0194 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 10,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,44 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,68	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,76	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,04	6,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,74	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,44	7,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,1 mm (4,78% 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 328 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 248 kN/m², this is less 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 = 445 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 85 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 411024 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 238,620 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,76 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 4,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0194 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 10,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 7,44 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,21	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,68	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,76	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,04	6,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,21	0,21
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,74	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,44	7,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 15,1 mm (4,78% 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 328 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 248 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

D.3 Vergunningsrapportage KG HDD1

Kruising 2 HDD's met 2 regionale waterkeringen en het Kromgat

Vergunningsrapport waterschap Brabantse Delta



Verantwoording

Titel: Kruising 2 HDD's met 2 regionale waterkeringen en Kromgat
Onderwerp: Vergunningsrapport waterschap Brabantse Delta
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22915
Versie: D1

Datum: 28-04-2022

Auteurs:

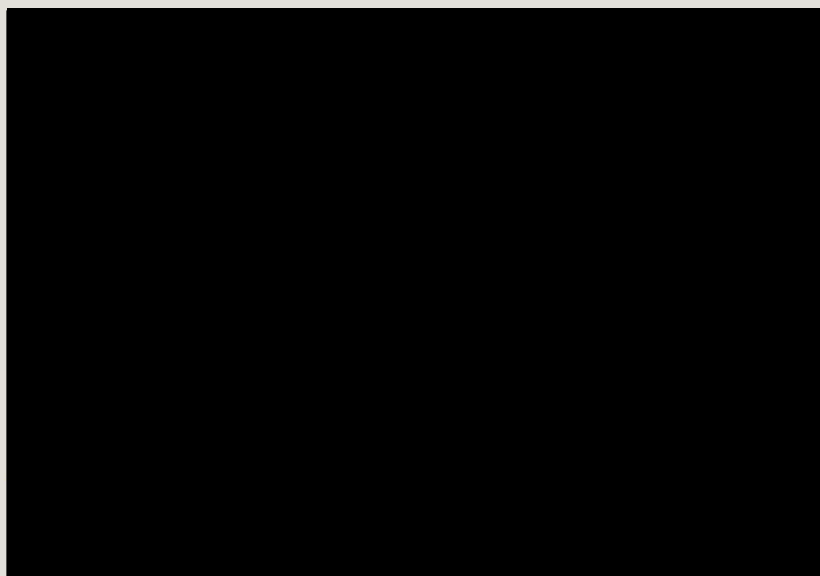
E-mailadres:

Gecontroleerd door:

Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:

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.....	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	8
2.5	Diepteligging.....	8
2.6	Inwendige overdruk	9
2.7	Grondwaterstand	9
2.8	Belasting- en ondersteuningshoek	9
2.9	Importantiefactor.....	9
2.10	Geotechnische parameters	10
2.11	Boortechnische gegevens	11
2.12	Verkeersbelasting.....	12
2.13	Afwijkingstoleranties	12
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	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	18
4.5.2	Kwel tussen de peilgebieden.....	19
4.5.3	Kwelmaatregelen.....	20
5.	Risico's en aandachtspunten	21
6.	Conclusie	22
6.1	Algemeen	22
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening.....	22
	Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	23

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek	24
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	25

1. Inleiding

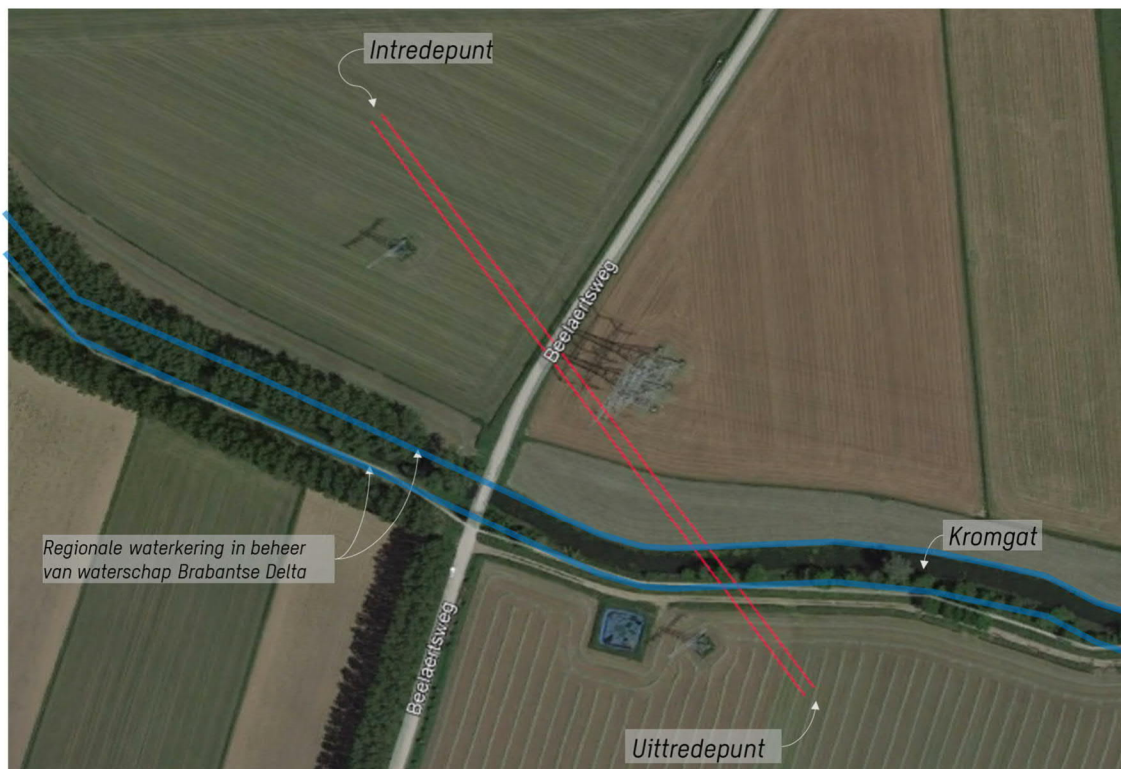
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen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

Dit rapport betreft de kruising met twee regionale waterkering en het Kromgat, een oude kreek ten zuiden van Raamsdonksveer. De kruising (met codering KG HDD1) is vergunningsplichtig bij waterschap Brabantse Delta. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten noordwesten van de Beelaertsweg en eindigt in het bouwland aan de zuidzijde van het Kromgat (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 350 m en een maximale diepte van NAP -15,7 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van noord naar zuid: 2 warmteleidingen, een watergang, de Beelaertsweg, een watergang, een regionale waterkering, het Kromgat, een regionale waterkering, Kromgatweg, een onverharde weg en een watergang. Het tracé ligt tussen de twee mastenroutes GT-OTD 150 kV en GT-EHV 380 kV.



Figuur 1 Overzicht situatie KG HDD1

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 ontwerp-tekening, 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 KG HDD1, tekeningnummer KG-HDD01 versie D, 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 22O056322 opgevraagd d.d. 28-04-2020.
- Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta, geraadpleegd d.d. 20-04-2022,
<https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6037ee85e784521be739b8ae5b38f7d>

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50).

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 Boortechneiken is:
 - o De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag.
 - o De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter.
 - o De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter.
 - o 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 vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekere dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechneiken aan. De eerste 2 m -mv bestaat uit klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 90% in een 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 Horizontale afstand tot overige objecten

In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de horizontale afstand van de HDD's tot de mastenroute van TenneT is aan maaiveld een afstand van minimaal 10 meter uit de teen van de mast aangehouden. Rekening houdend met de schoring van de funderingspalen 1:3 bedraagt de minimale afstand op het niveau van de boorlijn 5 m.
 - o De afstand tussen de hart boring en teen van de maatgevende mast 13 GT-EHV 380 kV bedraagt 14 m. De diepte van de funderingen is onbekend. Uitgaande van een schoring 1:3 hebben de HDD's een minimale dagmaat van circa 8,5 m tot de fundering. Dit is voldoende veilig.

2.5 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen de kruin van de regionale waterkeringen te passeren met een dekking van minimaal 10 m en de teen met een dekking van minimaal 3,0 m (NEN 3651:2020 paragraaf 9.6.2).
 - o De kruinhoogte van de regionale waterkering is circa NAP +1,3 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van circa NAP -12,00 m en voldoen daarmee aan de eis.
- De HDD's dienen 10 meter onder de waterbodem te liggen (NEN 3651:2020 paragraaf 9.6.2).
 - o De bodemdiepte is ontleend aan de legger van waterschap Brabantse Delta en bedraagt NAP -1,20 m. De HDD's liggen hier op een diepte van NAP -13,79 m en voldoen hiermee aan de eis.

- Voor kruising met overige kabels en leidingen wordt een dagmaat van 5 meter aangehouden conform de richtlijnen van VELIN.

2.6 Inwendige overdruk

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

2.7 Grondwaterstand

De grondwaterstand aan het peilbesluit Oosterhout-Waalwijk van waterschap Brabantse Delta (zie figuur 2). Hier zijn drie peilgebieden: Karthuizerpolder (GPG00015), Kromgat (GPG00087) en Oosterhoutse Polder (GPG00089). De peilen van deze gebieden zijn weergegeven in Tabel 4-1. In de berekening is een grondwaterpeil van -0,65 m gehanteerd.



Figuur 2 peilgebieden rond KG-HDD1

2.8 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°.

2.9 Importantiefactor

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

2.10 Geotechnische parameters

De gebruikte geotechnische gegevens en parameters zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en 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 [m NAP]	Afstand tot boortrace [m]
282.S05	Sondering	-19	90
283.S05	Sondering	-19	180
283.S01	Sondering	-32	80
283.S02	Sondering	-32	80
283.S03	Sondering	-32	90
283.S04	Sondering	-31	90

Uit het grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa NAP -1,5 m van het geplande boortracé. Een uitzondering hierop is sondering 283.S05 die vanaf NAP -13 m tot NAP -18 m klei aangeeft. Echter, omdat deze sondering het verst van alle sonderingen van het geplande boortracé af ligt en de sonderingen dichterbij geen klei op dit niveau laten zien, is deze laag niet meegenomen in het grondprofiel. Om er zeker van te zijn dat deze laag niet in het grondprofiel voorkomt, is aanvullend grondonderzoek noodzakelijk.

Boven de zandlaag vanaf NAP -1,5 m bestaat de grond uit slappe klei- en veenlagen, zoals geobserveerd in het grondonderzoek. Gezien het kleine aantal boringen en sonderingen kan niet met zekerheid vastgesteld worden of de relatief slappe klei- en veenlagen over het gehele tracé voorkomen. Hieruit concluderen we dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Om veiligheidsmarge in de berekening in te bouwen, zijn de slappe klei- en veenlagen over het gehele boortracé aangehouden. Tabel 2-1 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs het profiel zien.

Tabel 2-1 Grondparameters gebruikt in de berekening.

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' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
0,2	-0,5	Veen; slap	11	11	1,5	15,0	15,0	200
-0,5	-1,0	Klei; schoon; matig	17	17	5,0	17,5	50,0	2000
-1,0	-1,5	Veen; slap	11	11	1,5	15,0	15,0	200
-1,5	-17,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000
-17,0	-26,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	70000

De grondparameters zijn opgesteld op basis van kennis en ervaring van de Nederlandse ondergrond en tabel 2b van NEN 9997-1+C2-2017. Uit het grondonderzoek blijkt dat het grondprofiel vanaf de oppervlakte tot NAP -1,5 m bestaat uit slappe klei- en veenlagen, die zich ongedraineerd gedragen. Onder NAP -1,5 m bestaat het grondprofiel uit zand, wat zich gedraineerd gedraagt. Zodoende loopt de grens tussen de gedraineerde en ongedraineerde lagen op NAP -1,5 m. Om de ongedraineerde schuifsterkte van de grondlagen boven NAP -1,5 m door te rekenen, is de ongedraineerde schuifsterkte S_u gecorreleerd met de conusweerstand conform CUR2003-7 (2003) en CUR162 (1992).

Naast de slappe lagen in het grondprofiel is een ander risico van de HDD-boring interactie met reeds bestaande constructies. Om de invloed van de HDD-boring op constructieve elementen te beperken moet een veilige afstand tussen boring en constructie worden aangehouden. Als gevolg van het maken van de boring wordt de spanningstoestand in de grond rond de boring beïnvloed. Dat kan bijvoorbeeld nadelige gevolgen hebben voor de draagcapaciteit van nabijgelegen funderingen. Volgens de ontwerp-tekening bevindt zich een hoogspanningsmast op circa 14 m paal-kop afstand van de geplande HDD-boring. Deze afstand is normaal gesproken voldoende. Echter, als de fundering van de hoogspanningsmast onder een hoek de grond in gaat kan de fundering op minder dan 14 m van de HDD-boring te komen liggen. Een minimale dagmaat tussen HDD en fundering van 7 m is nog als veilig te beschouwen. De beïnvloeding van de HDD op de mastfunderingen dient door de aannemer voor de uitvoering van de HDD-boring gecontroleerd te worden.

2.11 Boortechnische gegevens

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

2.12 Verkeersbelasting

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

2.13 Afwijkingstoleranties

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 een twee verticale bochten met een boogstraal 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 de Richtlijn Boortechnieken.

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

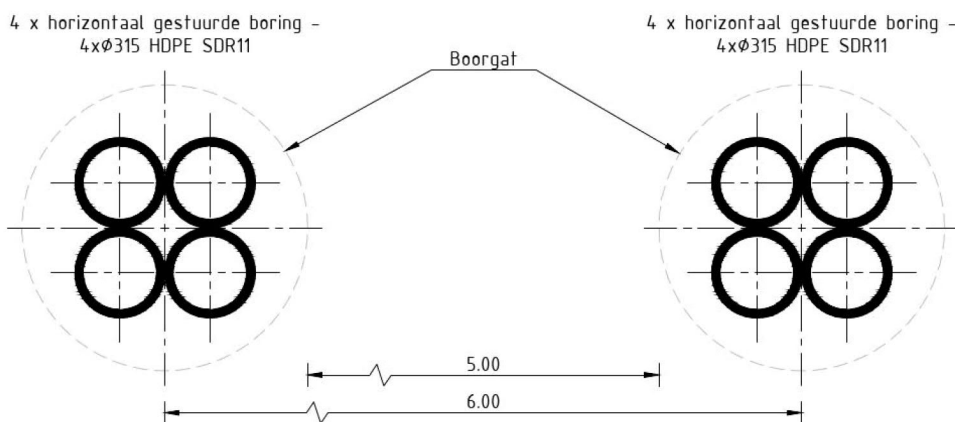
Figuur 3, afwijkingstoleranties HDD's (Bron: Richtlijn Boortechnieken)

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

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

- materiaal: 4x PE100 Ø315 mm SDR 11;
- lengte: 350 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -15,7 m;
- intredehoek: 15°;
- uittredehoek: 15°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: n.v.t.



Figuur 4 Doorsnede van de 2 HDD's

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

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen.
- De HDD dient buiten de kernzone van de regionale waterkering van waterschap Brabantse Delta in of uit te treden.
- De sterkte van de leiding 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 50 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø700 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt in het bouwland, bereikbaar via de Beelaertsweg (zie figuur 5). Bij het intredepunt dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.



Figuur 5 Intredepunt KG HDD1

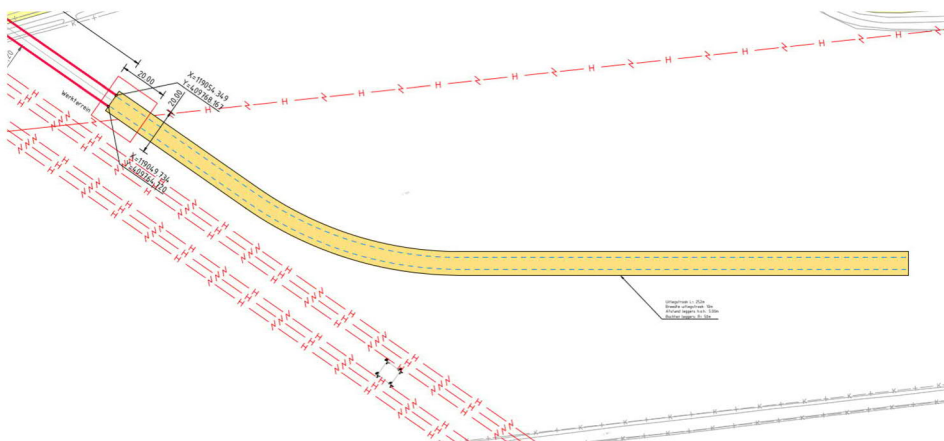
3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in bouwland aan de oostzijde van het boortracé (zie figuur 6). De locatie is bereikbaar via het onverharde pad langs de Kromgatweg.

De uitlegstrook ligt in het bouwland, loopt deels parallel aan de bovengrondse hoogspanningsroute en buigt dan af parallel aan de watergang (zie figuur 7). Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.



Figuur 6 Uittredepunt KG HDD1



Figuur 7 Uitlegstrook KG HDD1

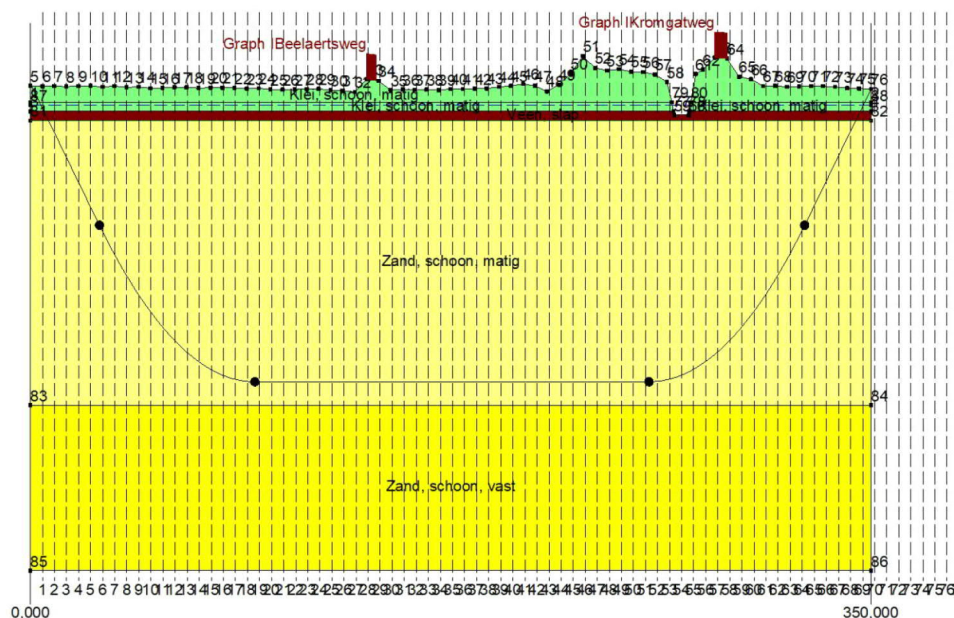
4. Berekeningsresultaten

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 8 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $255 \cdot 1,8 = 469$ kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $5,0$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

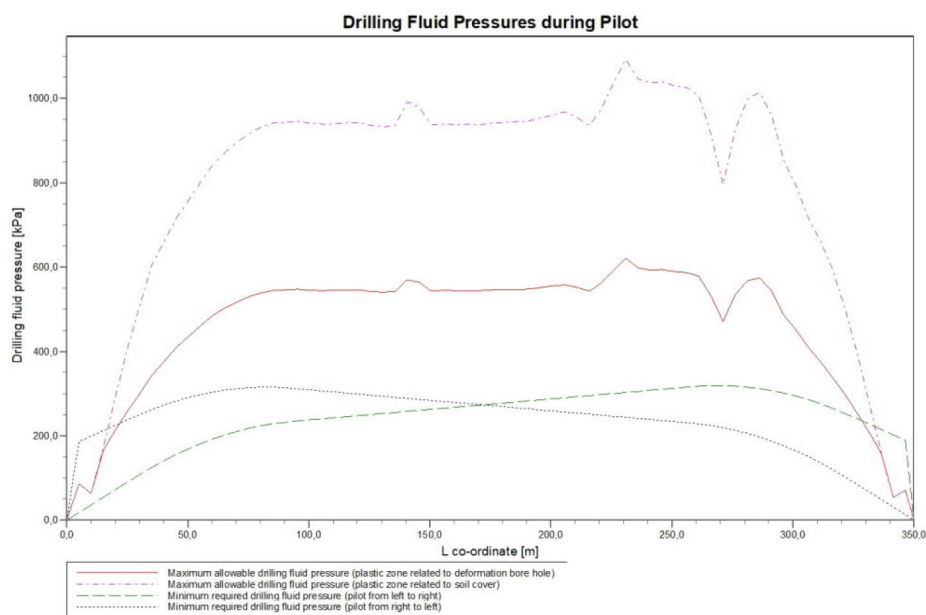
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $3,44$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van 7 mm ($2,21\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $25,2$ mm ($8\% \times D_0$).

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 9 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 lege leiding bedraagt circa 151 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

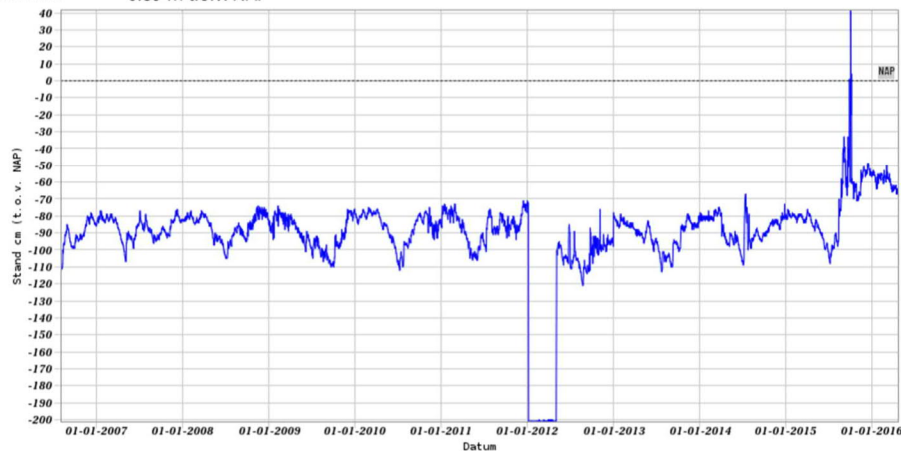
Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende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

4.5.1 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

Ter illustratie zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B44B0202 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 3,5 km afstand van het boortracé. Er zijn geen peilbuisgegevens dichter bij de HDD's beschikbaar. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B44B0202-001 in periodes lager ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B44B0202-002. 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. Wij adviseren om een nieuwe peilbuis te zetten om te controleren of het noodzakelijk is om kwelmaatregelen te nemen.

Grondwaterstanden

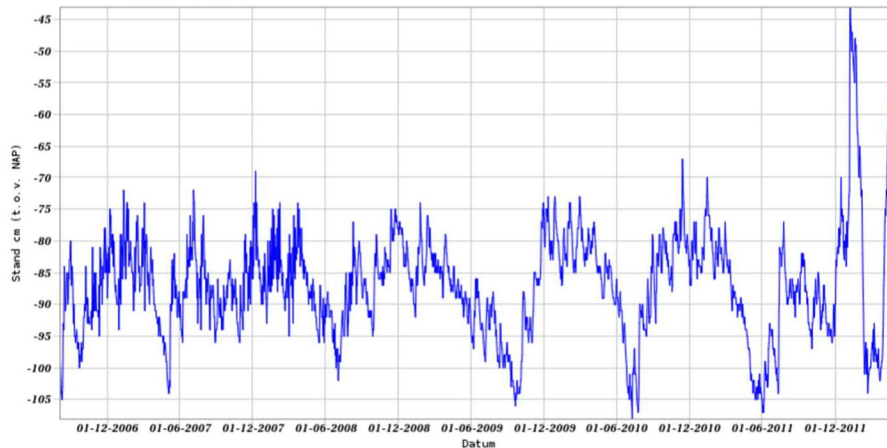
Identificatie: B44B0202
 Identificatie buis: B44B0202-001
 Coördinaten: 114144, 413557 (RD)
 Maaiveld: -0.89 m t.o.v. NAP



Figuur 10 Freatische grondwaterstand B44B0202-001 uit Dinoloket, filter op NAP -1,62 m tot -2,12 m.

Grondwaterstanden

Identificatie: B44B0202
 Identificatie buis: B44B0202-002
 Coördinaten: 114144, 413557 (RD)
 Maaiveld: -0.89 m t.o.v. NAP



Figuur 11 Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B44B0202-002 uit Dinoloket, filter op NAP -4,33 m tot -4,83 m

4.5.2 Kwel tussen de peilgebieden

Uit de peilbesluitenkaart van waterschap Brabantse Delta blijkt dat het intredepunt in een ander peilgebied ligt dan het uittredepunt. Echter hebben deze peilgebieden wel dezelfde vastgestelde peilen. Tussen deze gebieden zal dus geen kwel ontstaan. Wel is het mogelijk dat kwel ontstaat via de HDD tussen het Kromgat en de naastgelegen polders. Dit is met een berekening gecontroleerd, zie tabel 4.2.

Tabel 4-1 Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
Karhuizer Polder (GPG00015)	- 0,65	- 0,90
Oosterhoutse Polder (GPG00089)	- 0,65	- 0,90
Kromgat (GPG00087)	+ 0,80	+ 0,70

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

$$\text{Natuurlijke kwelweg} < \text{kwelweg via HDD}$$

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{\text{vert}} + L_{\text{hor}} \times \frac{1}{6}$$

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 niet op kan treden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
Kromgat	GPG00015	$130/3 = 43,3$	$13,79 + 130/6 + 15,72 = 51,2$
Kromgat	GPG00089	$30/3 = 10$	$13,79 + 30/6 + 11,55 = 30,3$

4.5.3 Kwelmaatregelen

Indien uit nieuwe peilbuismetingen blijkt dat via de HDD kwel uit het eerste watervoerende pakket naar het freatische pakket plaatsvindt stellen wij als kwelmaatregel voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen. Dit gebeurt 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:

- Werken onder en in de nabijheid van hoogspanningsmasten.
- Werken in de beschermingszone van waterkeringen van waterschap Brabantse Delta.
- Advies om een nieuwe peilbuis te zetten om te controleren of het noodzakelijk is om kwelmaatregelen te nemen.
- De HDD's kruisen de waterkering niet loodrecht. De betreffende bevoegde gezagen dienen daarom om ontheffing gevraagd te worden. Door het ontwerp vroegtijdig met de bevoegde gezagen te bespreken is dit risico beheersbaar.
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken.
- Het boorgat van een HDD kan de stabiliteit van de fundering van masten beïnvloeden. Met een berekening van de plastische zone van het boorgat dient de aannemer aan te tonen dat de afstand tot de fundering voldoende is.
- 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.
- 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.

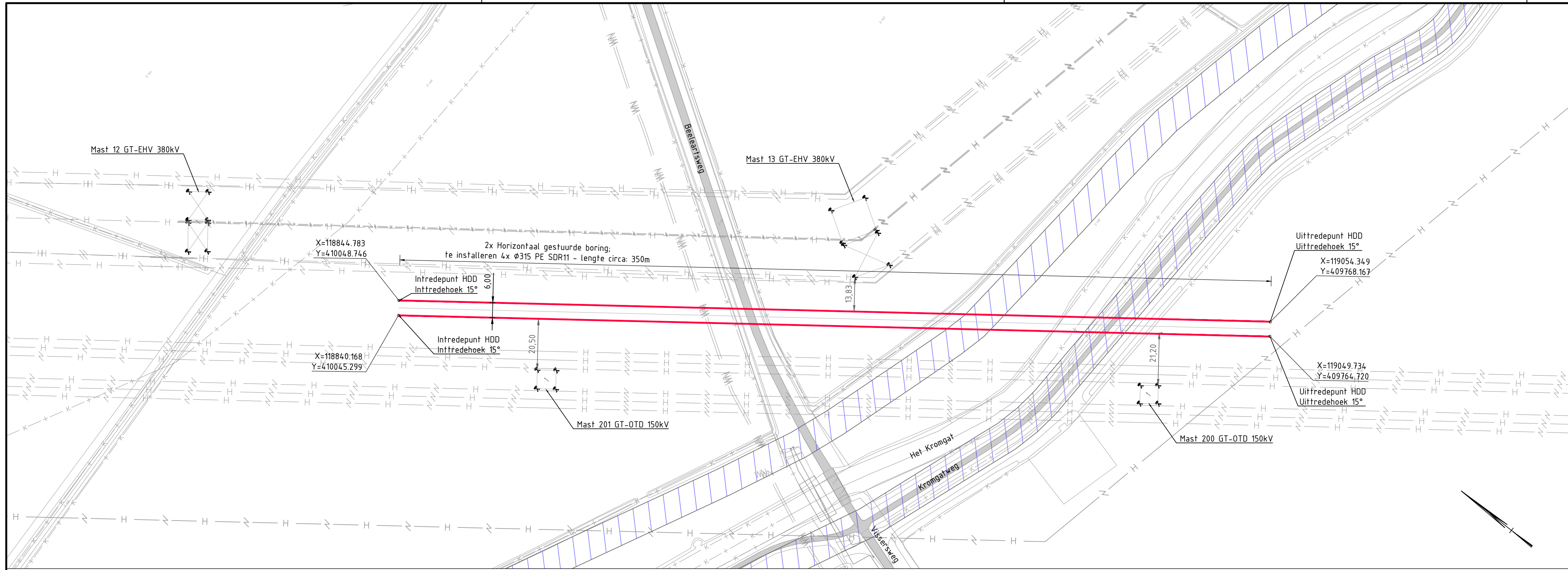
Dit rapport betreft de kruising met twee regionale waterkeringen en het Kromgat, een oude kreek. De kruising (met codering KG HDD1) is vergunningsplichtig bij waterschap Brabantse Delta. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en de Richtlijn Boortechnieken.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

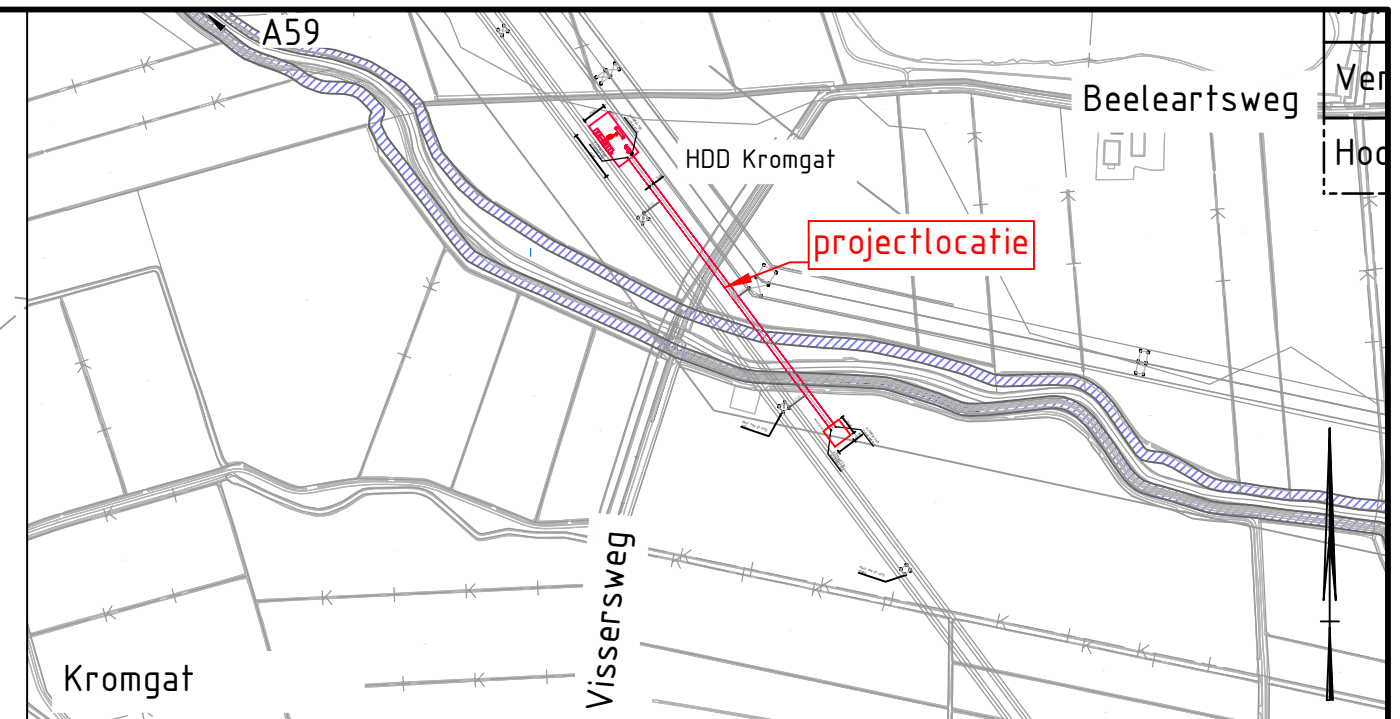
De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

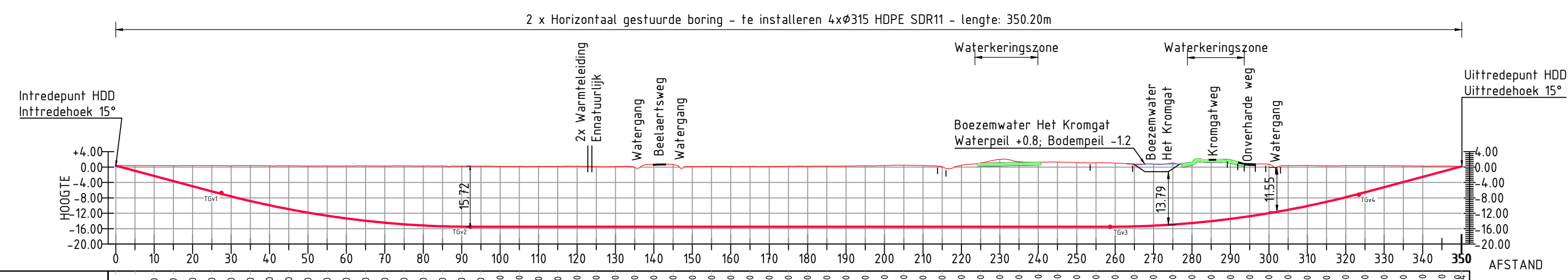
Bijlage 1 – Ontwerptekening



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.



Metrering	0.000 -0.398 5.000 -0.370 10.000 -0.351 15.000 -0.331 20.000 -0.311 25.000 -0.291 30.000 -0.271 35.000 -0.251 40.000 -0.231 45.000 -0.211 50.000 -0.191 55.000 -0.171 60.000 -0.151 65.000 -0.131 70.000 -0.111 75.000 -0.091 80.000 -0.071 85.000 -0.051 90.000 -0.031 95.000 -0.011 100.000 0.000 105.000 0.019 110.000 0.039 115.000 0.059 120.000 0.079 125.000 0.099 130.000 0.119 135.000 0.139 140.000 0.159 145.000 0.179 150.000 0.199 155.000 0.219 160.000 0.239 165.000 0.259 170.000 0.279 175.000 0.299 180.000 0.319 185.000 0.339 190.000 0.359 195.000 0.379 200.000 0.399 205.000 0.419 210.000 0.439 215.000 0.459 220.000 0.479 225.000 0.499 230.000 0.519 235.000 0.539 240.000 0.559 245.000 0.579 250.000 0.599 255.000 0.619 260.000 0.639 265.000 0.659 270.000 0.679 275.000 0.699 280.000 0.719 285.000 0.739 290.000 0.759 295.000 0.779 300.000 0.799 305.000 0.819 310.000 0.839 315.000 0.859 320.000 0.879 325.000 0.899 330.000 0.919 335.000 0.939 340.000 0.959 345.000 0.979 350.000	
Hoogte bestaand terrein	-0.398 5.000 -0.370 10.000 -0.351 15.000 -0.331 20.000 -0.311 25.000 -0.291 30.000 -0.271 35.000 -0.251 40.000 -0.231 45.000 -0.211 50.000 -0.191 55.000 -0.171 60.000 -0.151 65.000 -0.131 70.000 -0.111 75.000 -0.091 80.000 -0.071 85.000 -0.051 90.000 -0.031 95.000 -0.011 100.000 0.000 105.000 0.019 110.000 0.039 115.000 0.059 120.000 0.079 125.000 0.099 130.000 0.119 135.000 0.139 140.000 0.159 145.000 0.179 150.000 0.199 155.000 0.219 160.000 0.239 165.000 0.259 170.000 0.279 175.000 0.299 180.000 0.319 185.000 0.339 190.000 0.359 195.000 0.379 200.000 0.399 205.000 0.419 210.000 0.439 215.000 0.459 220.000 0.479 225.000 0.499 230.000 0.519 235.000 0.539 240.000 0.559 245.000 0.579 250.000 0.599 255.000 0.619 260.000 0.639 265.000 0.659 270.000 0.679 275.000 0.699 280.000 0.719 285.000 0.739 290.000 0.759 295.000 0.779 300.000 0.799 305.000 0.819 310.000 0.839 315.000 0.859 320.000 0.879 325.000 0.899 330.000 0.919 335.000 0.939 340.000 0.959 345.000 0.979 350.000	
Horizontaal ontwerp	L=350.20	
Verticaal ontwerp	$P_{-26.79\%}$ L=26.71 $R_{+250.00m}$ L=66.99 $P_{+0.00\%}$ L=165.33 $R_{+250.00m}$ L=66.99 $P_{-26.79\%}$ L=25.19	
Hoogte center buis/boring t.o.v. NAP	-0.398 5.000 -0.952 10.000 -2.292 15.000 -3.831 20.000 -4.971 25.000 -5.665 30.000 -5.977 35.000 -5.993 40.000 -5.744 45.000 -5.290 50.000 -4.687 55.000 -4.000 60.000 -3.299 65.000 -2.544 70.000 -1.784 75.000 -1.071 80.000 -0.454 85.000 -0.000 90.000 -0.000 95.000 -0.000 100.000 -0.000 105.000 -0.000 110.000 -0.000 115.000 -0.000 120.000 -0.000 125.000 -0.000 130.000 -0.000 135.000 -0.000 140.000 -0.000 145.000 -0.000 150.000 -0.000 155.000 -0.000 160.000 -0.000 165.000 -0.000 170.000 -0.000 175.000 -0.000 180.000 -0.000 185.000 -0.000 190.000 -0.000 195.000 -0.000 200.000 -0.000 205.000 -0.000 210.000 -0.000 215.000 -0.000 220.000 -0.000 225.000 -0.000 230.000 -0.000 235.000 -0.000 240.000 -0.000 245.000 -0.000 250.000 -0.000 255.000 -0.000 260.000 -0.000 265.000 -0.000 270.000 -0.000 275.000 -0.000 280.000 -0.000 285.000 -0.000 290.000 -0.000 295.000 -0.000 300.000 -0.000 305.000 -0.000 310.000 -0.000 315.000 -0.000 320.000 -0.000 325.000 -0.000 330.000 -0.000 335.000 -0.000 340.000 -0.000 345.000 -0.000 350.000	

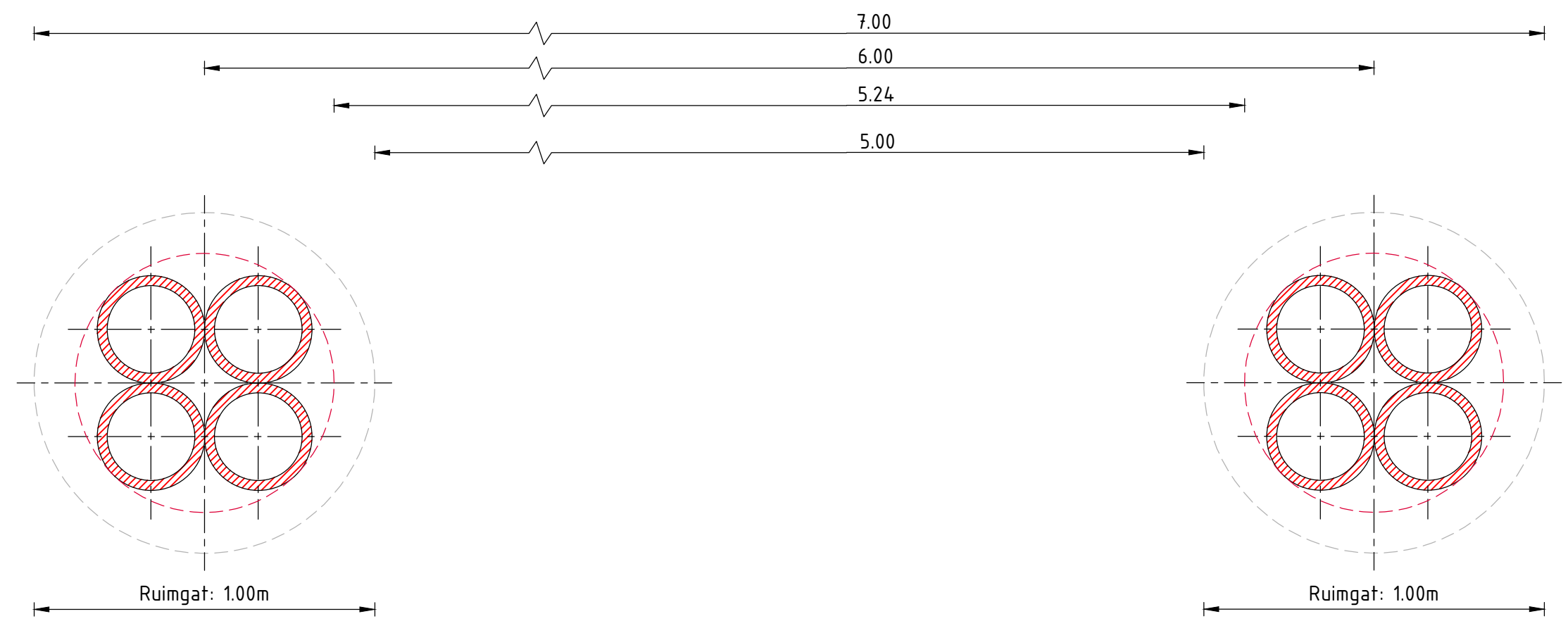
Lengteprofiel schaal 1:1000

Legenda

	Kadastrale grens		Locatie sondering met nummer
	Leiding gevaarlijke inhoud		
	Data transport		
	Landelijk hoogspanningsnet		
	Laagspanning		
	Middenspanning		
	Gasleiding hoge druk		
	Gasleiding lage druk		
	Waterleiding		
	Drukriolering		
	Riolering vrijverval		
	Horizontaal gestuurde boring (HDD)		
	Verharding (asfalt)		
	Bestaande topo		
	Bebouwing		

Vastgestelde legger:

	Primaire waterkering		Teentlijn
	Uitlegstrook		Waterkering
	Leidingstrook		Waterstaatswerk waterkering
	Verharding/wegen		Profiel vrije ruimte



2x Horizontaal gestuurde boring 4xØ315 HDPE SDR11 L= 360.20m

Dwarsdoorsnede HDD01+02 Schaal N.V.T.

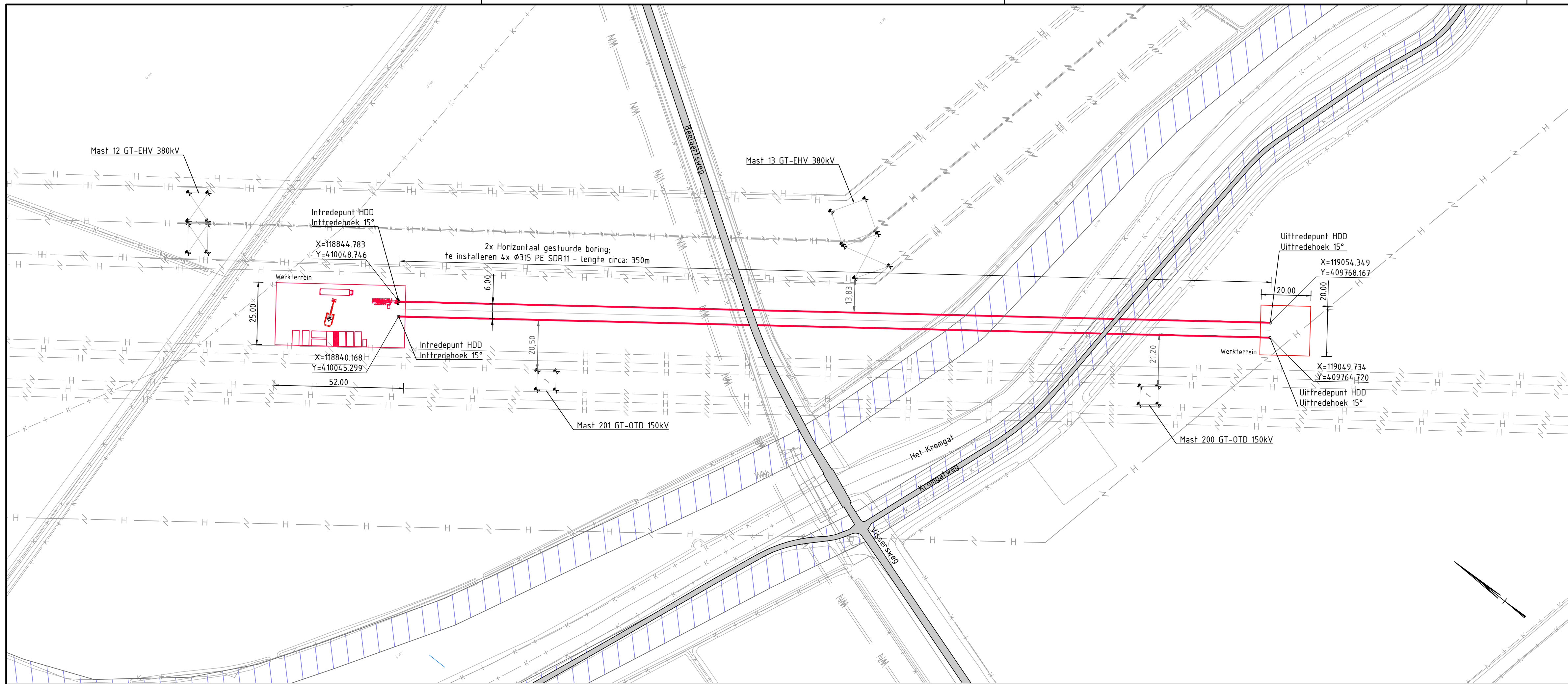
Vergunningstekening

D	Voor vergunning	28-04-2022	JH	MJ	JD
C	Nieuwe locatie HDD's	25-02-2022	BB	MJ	JD
B	Definitief ontwerp	19-08-2020	BB	MJ	JD
A	Voorlopig ontwerp	06-04-2020	BB	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

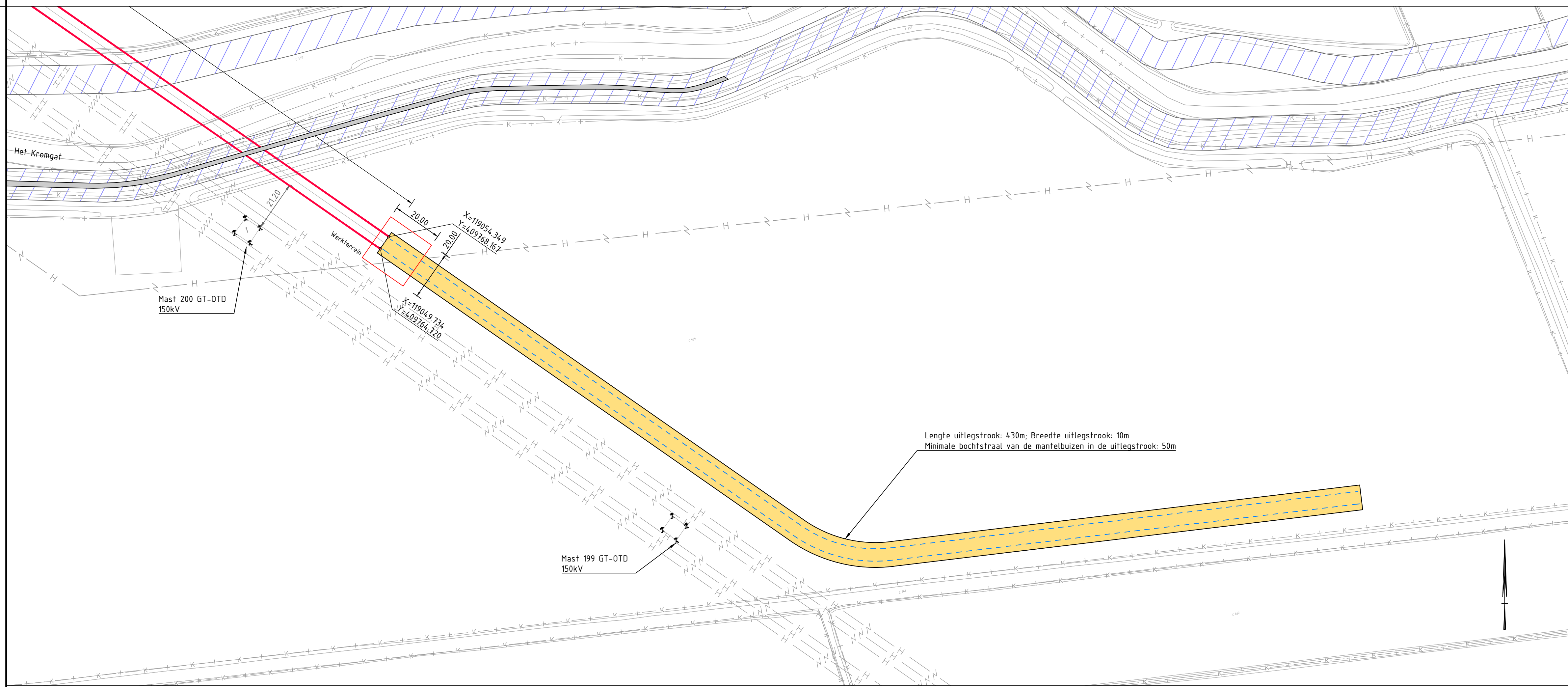
Onderschrijver:
TenneT TSO B.V.
Project:
HDD's 150 kV ZWO
Onderdeel:
KG-HDD1
Tilburg - West_Kruising Kromgat en waterkering

Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contactnummer		
368722	KG-HDD1	D	28-04-2022	BO			
Blad	Van	Schaal	Format	Kantoor	Get.	Get.	Goedg.
1	2	1:1000	A1	De Bilt	BB	MJ	JD

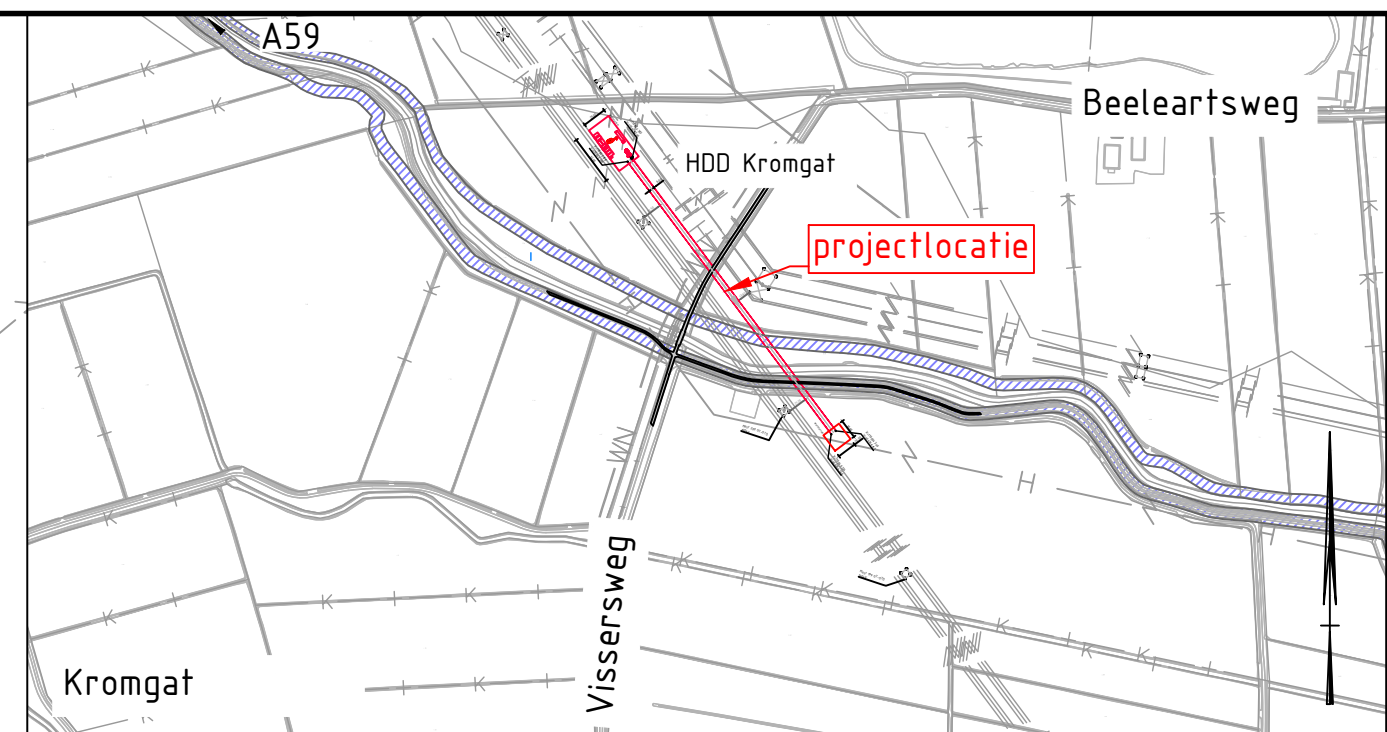
www.sweco.nl
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Bovenaanzicht uitlegstrook schaal 1:500



Overzicht
Schaal n.v.t.

Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Data transport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- Primaire waterkering
- Uitlegstrook
- Leidingstrook
- Verharding/wegen
- Locatie sondering met nummer
- Teentlijn
- Waterkering
- Waterstaatswerk waterkering
- Profiel vrije ruimte

Vastgestelde legger:

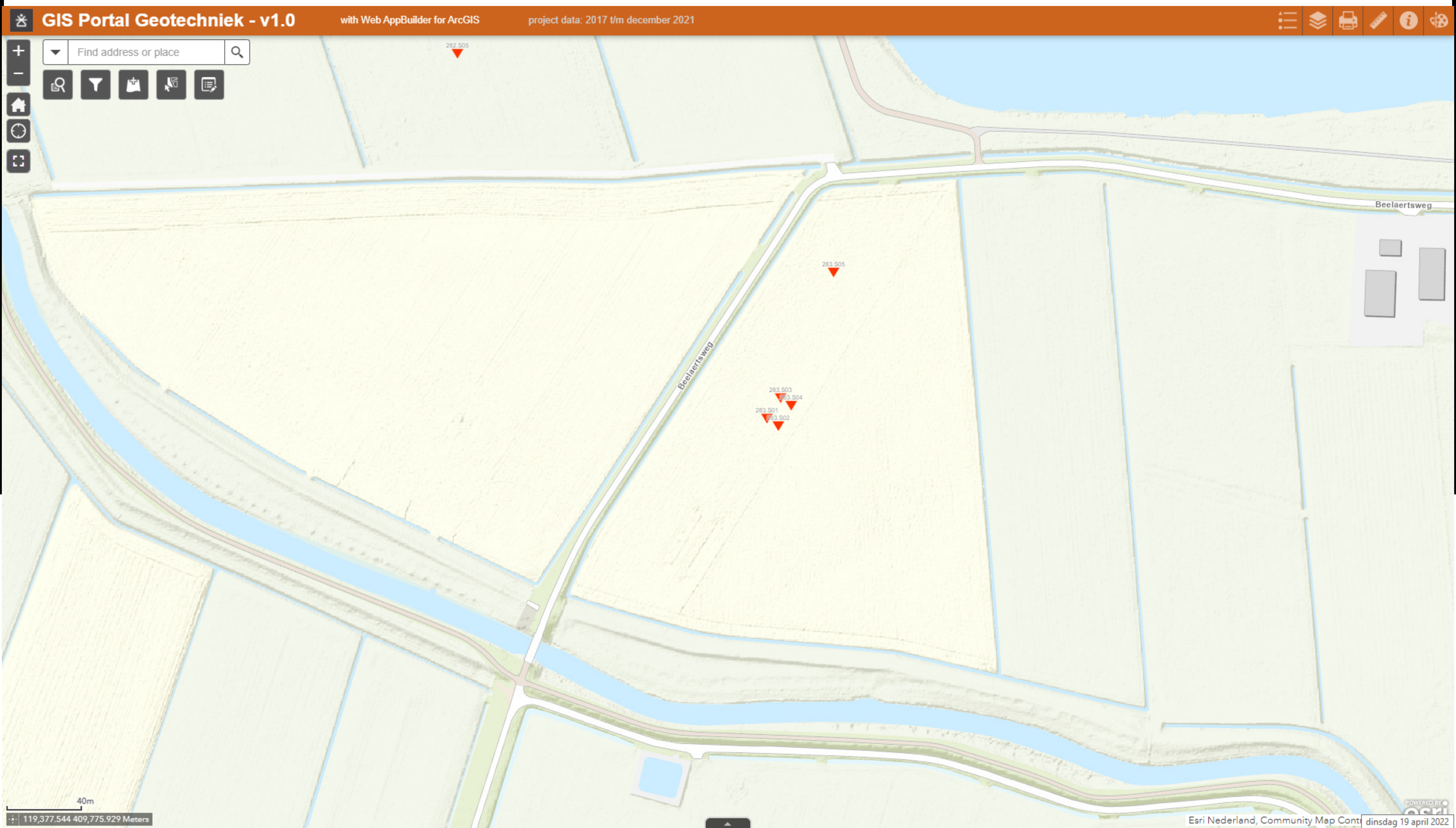
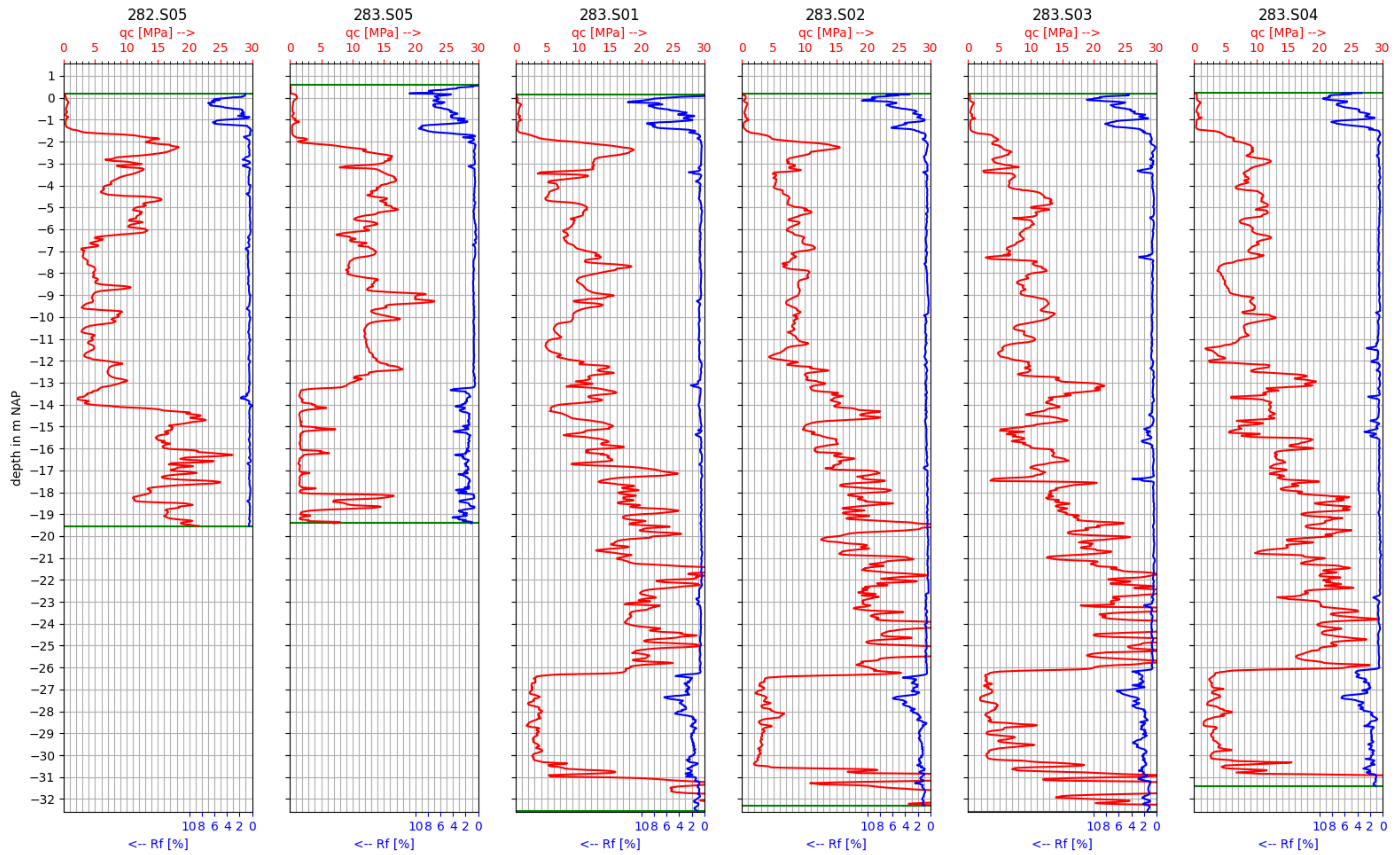
Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Gecc.	Goedg.
D	Voor vergunning	28-04-2022	JH	MJ	JD
C	Nieuwe locatie HDD's	01-03-2022	BB	MJ	JD
B	Definitief ontwerp	19-08-2020	BB	MJ	JD
A	Voorlopig ontwerp	06-04-2020	BB	MJ	JD

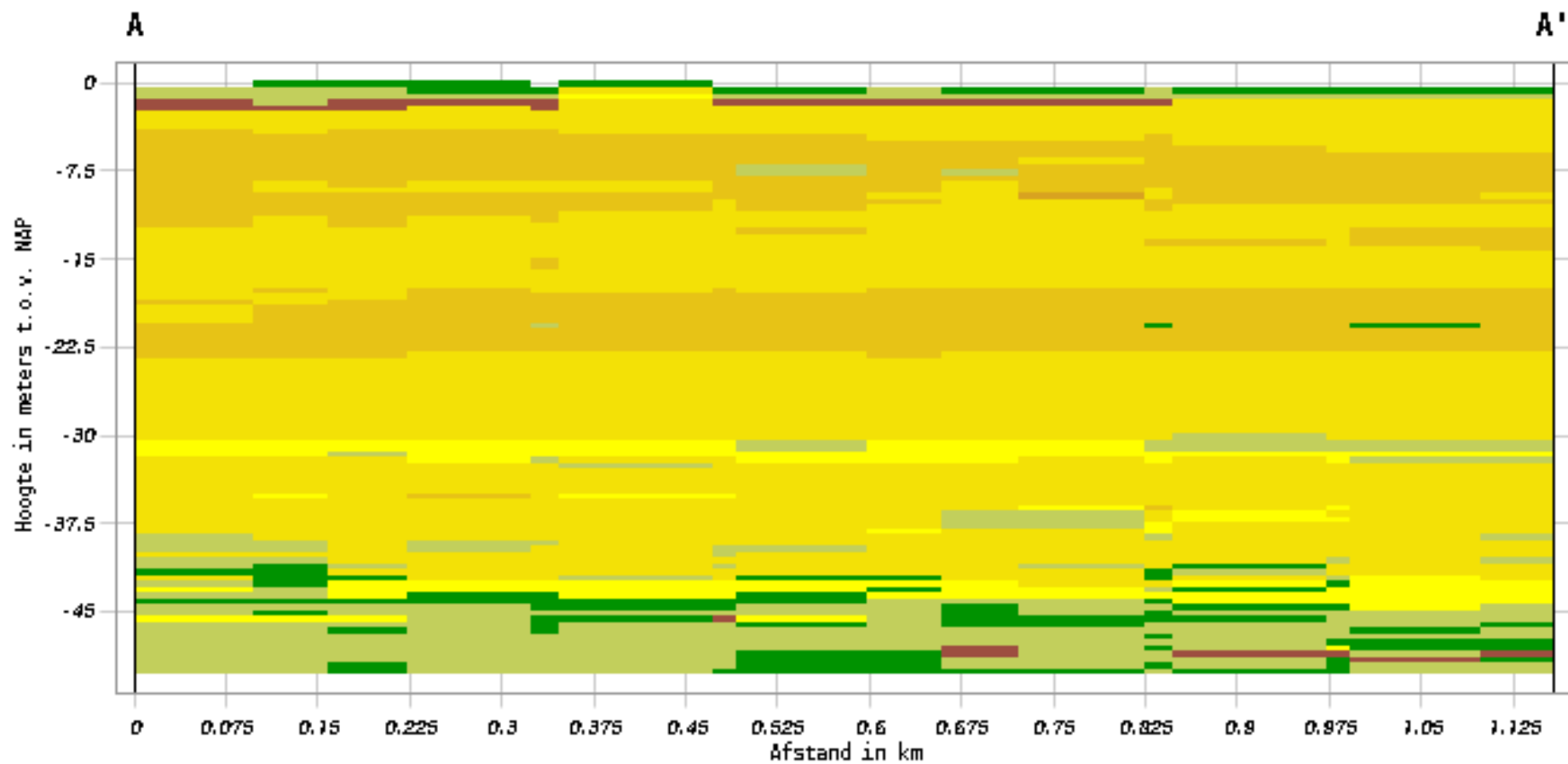
Ondachtgever					
TenneT TSO B.V.					
Project					
HDD's 150 kV ZWO					
Onderdeel					
KG-HDD1					
Tilburg - West_terrein NW van N260 richting Vloeiendweg- Uitlegstrook					
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerplocatie	Contactnummer
368722	KG-HDD1	D	28-04-2022	BO	
Blad	Van	Schaal	Format	Kantoor	Get.
2	2	1:1000	A1	De Bilt	JH
					Gecc.
					Goedg.
					JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

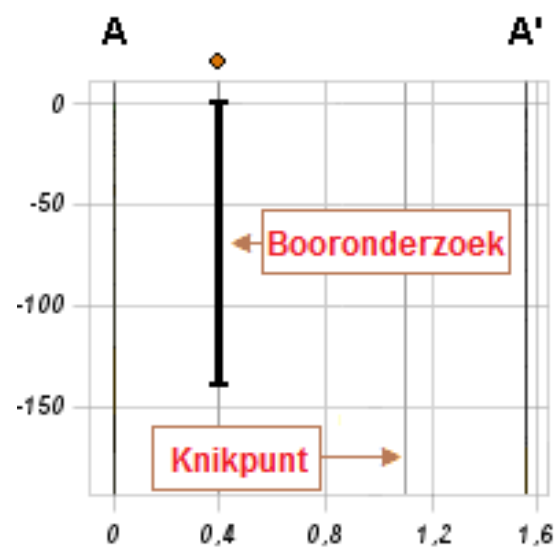
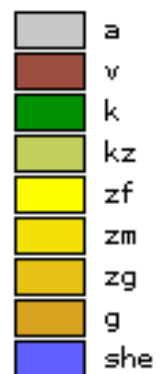
KG HDD1



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4.1



Lithoklasse



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: 12:23:30
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: HDD berekening

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Input Data	4
2.1	Model Used	4
2.2	Layer Boundaries	4
2.3	PI-lines	4
2.4	Phreatic Line	5
2.5	Soil Profiles	5
2.6	Selected Boundaries	5
2.7	Soil Material Data	5
2.8	Geometry	6
2.8.1	Geometry Section, Detailed	6
2.8.2	Geometry Top View	6
2.9	Calculation Verticals	7
2.10	Traffic Load	8
2.11	Configuration of the Pipeline	8
2.12	Product Pipe Material Data	8
2.13	Pipe Engineering Data	9
2.14	Drilling Fluid Data	10
2.15	Factors	10
2.16	Calculation Options	10
3	Drilling Fluid Pressures	11
3.1	Drilling Fluid Data	11
3.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	14
3.3	Drilling Fluid Pressure Plots	16
3.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	16
3.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	16
3.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	17
4	Soil Mechanical Data	18
4.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	18
4.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	20
4.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	23
4.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	25
4.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	28
5	Data for Stress Analysis	33
5.1	General Data	33
5.2	Buoyancy Control	33
5.3	Calculation Pulling Force	33
6	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	35
6.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	35
6.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	35
6.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	35
6.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	36
6.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	36
6.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	36
6.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	36
6.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	37
6.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	37
7	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	38
7.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	38
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	38
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	38
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	39
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	39
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	39
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	39
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	40
7.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	40
8	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	42
8.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	42
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	42
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	42
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	43
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	43
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	43

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	43
8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	44
8.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	44
9 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	45
9.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	45
9.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	45
9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	45
9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	46
9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	46
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	46
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	46
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	47
9.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	47

2 Input Data

2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
6 - L -	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000
6 - Z -	0,388	0,358	0,370	0,351	0,377
6 - L -	25,000	30,000	35,000	40,000	45,000
6 - Z -	0,391	0,334	0,381	0,308	0,329
6 - L -	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000
6 - Z -	0,259	0,280	0,318	0,310	0,272
6 - L -	75,000	80,000	85,000	90,000	95,000
6 - Z -	0,287	0,287	0,281	0,234	0,256
6 - L -	100,000	105,000	110,000	115,000	120,000
6 - Z -	0,199	0,186	0,192	0,207	0,224
6 - L -	125,000	130,000	135,000	140,000	145,000
6 - Z -	0,148	0,129	0,060	0,745	0,655
6 - L -	150,000	155,000	160,000	165,000	170,000
6 - Z -	0,153	0,199	0,171	0,184	0,169
6 - L -	175,000	180,000	185,000	190,000	195,000
6 - Z -	0,213	0,214	0,235	0,251	0,326
6 - L -	200,000	205,000	210,000	215,000	220,000
6 - Z -	0,390	0,496	0,392	0,083	0,452
6 - L -	225,000	230,000	235,000	240,000	245,000
6 - Z -	1,067	2,009	1,370	1,227	1,293
6 - L -	250,000	255,000	260,000	265,000	267,045
6 - Z -	1,159	1,134	1,008	0,599	-0,500
6 - L -	267,727	268,000	274,000	274,268	274,939
6 - Z -	-1,000	-1,200	-1,200	-1,000	-0,500
6 - L -	277,000	280,000	285,000	290,000	295,000
6 - Z -	1,037	1,267	1,923	1,874	0,882
6 - L -	300,000	305,000	310,000	315,000	320,000
6 - Z -	0,749	0,384	0,394	0,333	0,364
6 - L -	325,000	330,000	335,000	340,000	345,000
6 - Z -	0,378	0,376	0,331	0,265	0,252
6 - L -	350,000				
6 - Z -	0,221				
5 - L -	0,000	267,045	267,727	268,000	274,000
5 - Z -	-0,500	-0,500	-1,000	-1,200	-1,200
5 - L -	274,268	274,939	350,000		
5 - Z -	-1,000	-0,500	-0,500		
4 - L -	0,000	267,727	268,000	274,000	274,268
4 - Z -	-1,000	-1,000	-1,200	-1,200	-1,000
4 - L -	274,939	350,000			
4 - Z -	-0,500	-0,500			
3 - L -	0,000	267,727	268,000	274,000	274,268
3 - Z -	-1,000	-1,000	-1,200	-1,200	-1,000
3 - L -	350,000				
3 - Z -	-1,000				
2 - L -	0,000	350,000			
2 - Z -	-1,500	-1,500			
1 - L -	0,000	350,000			
1 - Z -	-17,000	-17,000			
0 - L -	0,000	350,000			
0 - Z -	-26,000	-26,000			

2.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	350,000			

PI-line number	Co-ordinates [m]			
1 - Z -	-0,650	-0,650		

2.4 Phreatic Line

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

2.5 Soil Profiles

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

2.6 Selected Boundaries

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

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, matig

2.7 Soil Material Data

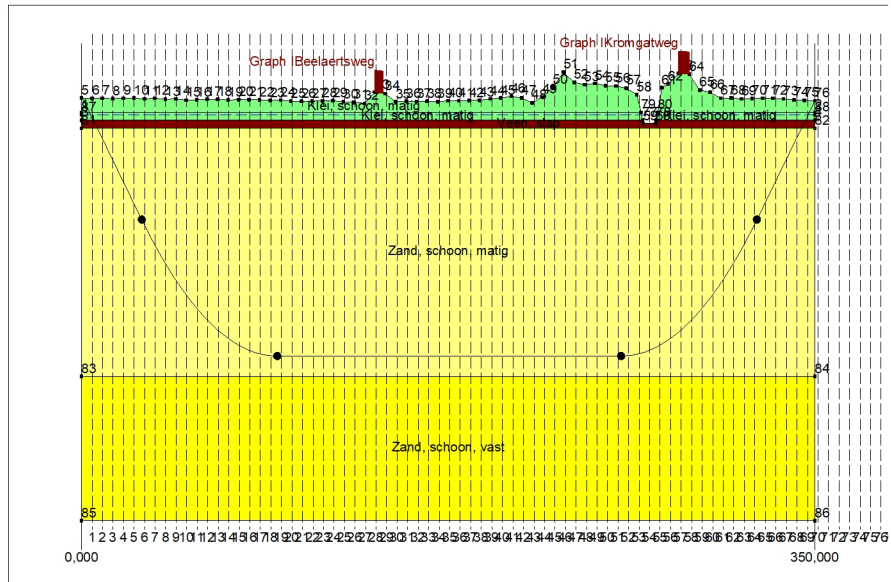
Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, sterk zandig	18,00	18,00	0,50	27,50	10,00	10,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,50	15,00	25,00	25,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Klei, zwak zandig, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	80,00	80,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
Klei, schoon, matig	17,00	17,00	5,00	17,50	50,00	50,00
Zand, schoon, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	Sand	10000,00	-	-
Klei, sterk zandig	Clay	2000,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, matig	Sand	30000,00	-	-
Klei, zwak zandig, matig	Clay	3000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	70000,00	-	-
Klei, schoon, matig	Clay	2000,00	-	-
Zand, schoon, los	Sand	10000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Klei, sterk zandig	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,20
Zand, schoon, matig	-	-	0,20
Klei, zwak zandig, matig	-	-	0,20
Zand, schoon, vast	-	-	0,30
Klei, schoon, matig	-	-	0,20
Zand, schoon, los	-	-	0,20

2.8 Geometry

2.8.1 Geometry Section, Detailed



2.8.2 Geometry Top View

2.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,021	-0,835
2	10,042	-2,181
3	15,063	-3,526
4	20,084	-4,871
5	25,105	-6,217
6	30,126	-7,558
7	35,147	-8,818
8	40,168	-9,969
9	45,189	-11,011
10	50,210	-11,946
11	55,231	-12,776
12	60,252	-13,501
13	65,273	-14,123
14	70,294	-14,642
15	75,315	-15,059
16	80,336	-15,374
17	85,357	-15,588
18	90,378	-15,701
19	95,399	-15,720
20	100,420	-15,720
21	105,441	-15,720
22	110,462	-15,720
23	115,483	-15,720
24	120,504	-15,720
25	125,525	-15,720
26	130,546	-15,720
27	135,567	-15,720
28	140,588	-15,720
29	145,609	-15,720
30	150,630	-15,720
31	155,651	-15,720
32	160,672	-15,720
33	165,693	-15,720
34	170,714	-15,720
35	175,735	-15,720
36	180,756	-15,720
37	185,777	-15,720
38	190,798	-15,720
39	195,819	-15,720
40	200,840	-15,720
41	205,861	-15,720
42	210,882	-15,720
43	215,903	-15,720
44	220,924	-15,720
45	225,945	-15,720
46	230,966	-15,720
47	235,987	-15,720
48	241,008	-15,720
49	246,029	-15,720
50	251,050	-15,720
51	256,071	-15,720
52	261,092	-15,696
53	266,113	-15,575
54	271,134	-15,353
55	276,155	-15,030
56	281,176	-14,605
57	286,197	-14,078
58	291,218	-13,449
59	296,239	-12,715
60	301,260	-11,877
61	306,281	-10,933
62	311,302	-9,883

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	316,323	-8,724
64	321,344	-7,455
65	326,365	-6,112
66	331,386	-4,767
67	336,407	-3,421
68	341,428	-2,076
69	346,449	-0,730
70	351,470	n.a.
71	356,491	n.a.
72	361,512	n.a.
73	366,533	n.a.
74	371,554	n.a.
75	376,575	n.a.
76	381,596	n.a.
77	386,617	n.a.
78	391,638	n.a.
79	396,659	n.a.
80	401,680	n.a.
81	406,701	n.a.
82	411,722	n.a.
83	416,743	n.a.

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

2.10 Traffic Load

Beelaertsweg		
L start	140,00	[m]
L end	144,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Kromgatweg		
L start	285,00	[m]
L end	290,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

2.11 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	0,510	[m]
X co-ordinate right point	350,000	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	0,221	[m]
Angle left	15,0000	[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)	-15,720	[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.

2.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]

Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
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/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
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/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

2.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
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/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

2.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[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/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m ²]

2.15 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/m ³]
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	[-]

2.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

3 Drilling Fluid Pressures

3.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	86	86	18	186
2	63	63	36	199
3	165	171	54	212
4	213	292	72	225
5	259	408	90	238
6	300	509	108	250
7	343	605	125	262
8	376	660	141	273
9	409	716	156	282
10	435	757	169	291
11	461	802	181	298
12	485	842	192	303
13	503	872	202	308
14	517	895	210	312
15	530	917	218	314
16	539	932	224	315
17	545	942	229	315
18	546	943	232	314
19	548	946	235	311
20	545	941	238	309
21	544	940	240	306
22	545	940	243	304
23	545	942	245	301
24	546	943	248	299
25	542	936	250	296
26	541	933	253	294
27	542	935	255	291
28	570	992	258	289
29	564	979	260	286
30	543	937	263	284
31	545	940	265	281
32	544	938	268	279
33	544	939	270	276
34	544	938	273	274
35	546	942	275	271
36	546	943	278	269
37	547	945	280	266
38	548	947	283	264
39	552	954	285	261
40	555	961	288	259
41	558	968	290	256
42	552	954	293	254
43	543	936	295	251
44	563	976	298	249
45	593	1038	300	246
46	621	1093	303	244
47	598	1046	305	241
48	593	1037	308	239
49	594	1040	310	236
50	589	1030	313	234
51	587	1026	315	231
52	578	1007	318	228
53	531	914	319	224
54	471	796	319	219
55	535	927	318	213
56	568	998	315	206
57	574	1015	312	197

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	543	959	307	187
59	486	852	301	176
60	451	792	294	164
61	410	718	286	151
62	376	662	276	136
63	338	595	265	120
64	299	505	253	103
65	255	399	241	85
66	209	281	228	67
67	159	160	215	49
68	54	54	202	31
69	71	71	189	13

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	66	66	16	18
2	64	64	33	36
3	132	132	49	54
4	213	232	66	72
5	259	339	82	90
6	300	440	98	108
7	343	541	114	125
8	376	619	128	141
9	409	693	141	156
10	435	750	153	169
11	461	802	163	181
12	485	842	172	192
13	503	872	180	202
14	517	895	187	210
15	530	917	193	218
16	539	932	198	224
17	545	942	201	229
18	546	943	203	231
19	548	946	204	230
20	545	941	205	229
21	544	940	206	228
22	545	940	207	227
23	545	942	208	226
24	546	943	209	225
25	542	936	210	225
26	541	933	211	224
27	542	935	212	223
28	570	992	213	222
29	564	979	214	221
30	543	937	214	220
31	545	940	215	219
32	544	938	216	218
33	544	939	217	217
34	544	938	218	216
35	546	942	219	215
36	546	943	220	214
37	547	945	221	214
38	548	947	222	213
39	552	954	223	212
40	555	961	224	211
41	558	968	224	210
42	552	954	225	209
43	543	936	226	208
44	563	976	227	207
45	593	1038	228	206
46	621	1093	229	205
47	598	1046	230	204
48	593	1037	231	204

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
49	594	1040	232	203
50	589	1030	233	202
51	587	1026	231	201
52	578	1007	228	200
53	531	914	224	197
54	471	796	219	194
55	535	927	213	189
56	568	998	206	183
57	574	1015	197	176
58	543	959	187	168
59	486	852	176	159
60	451	782	164	148
61	410	693	151	137
62	376	619	136	123
63	338	530	120	109
64	299	435	103	94
65	255	329	85	77
66	209	223	67	61
67	123	123	49	44
68	65	65	31	28
69	48	48	13	12

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	17	17	16	16
2	75	75	33	33
3	95	95	49	49
4	165	165	65	66
5	246	246	81	82
6	300	330	98	98
7	343	418	113	114
8	376	494	127	128
9	409	568	140	141
10	435	628	151	153
11	461	687	162	163
12	485	740	171	172
13	503	781	179	180
14	517	813	186	187
15	530	841	191	193
16	539	862	196	198
17	545	875	199	201
18	546	879	201	203
19	548	882	202	204
20	545	877	203	205
21	544	876	204	206
22	545	877	204	207
23	545	878	205	208
24	546	879	206	209
25	542	873	207	210
26	541	871	208	211
27	542	872	208	212
28	570	922	209	213
29	564	910	210	214
30	543	874	211	214
31	545	877	211	214
32	544	875	212	213
33	544	876	213	213
34	544	875	214	212
35	546	879	215	211
36	546	879	214	210
37	547	881	214	210
38	548	883	213	209
39	552	889	212	208

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
40	555	895	211	207
41	558	901	210	206
42	552	889	209	206
43	543	873	208	205
44	563	908	207	204
45	593	963	206	203
46	621	1013	205	202
47	598	971	204	202
48	593	963	204	201
49	594	965	203	200
50	589	956	202	199
51	587	952	201	198
52	578	935	200	197
53	531	851	197	195
54	471	754	194	192
55	535	849	189	187
56	568	901	183	182
57	574	901	176	175
58	543	836	168	167
59	486	726	159	157
60	451	653	148	147
61	410	567	137	135
62	376	493	123	123
63	338	410	109	108
64	299	325	94	93
65	239	239	77	77
66	159	159	61	60
67	89	89	44	44
68	75	75	28	28
69	0	1	12	12

3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

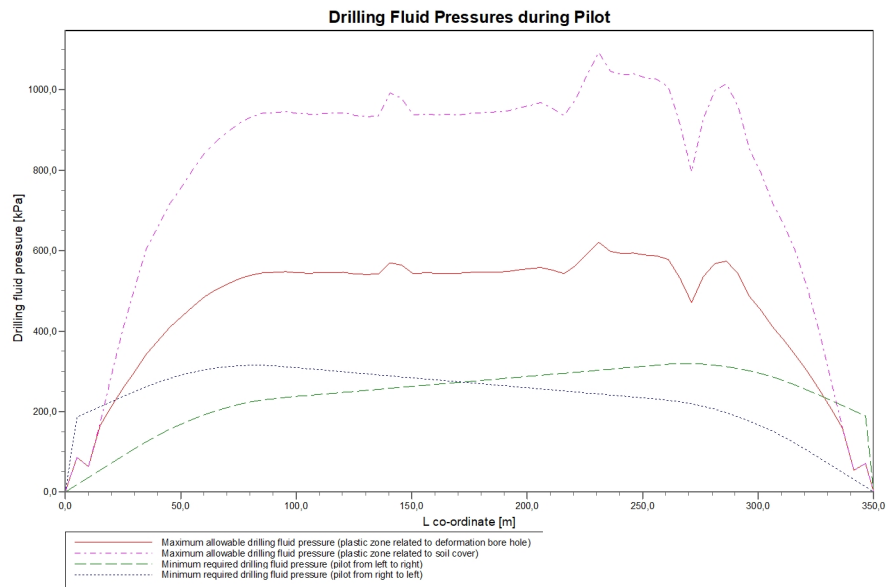
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	15	2	8,35	sufficient
2	31	15	2,02	sufficient
3	46	29	1,61	sufficient
4	62	42	1,47	sufficient
5	77	56	1,39	sufficient
6	93	69	1,34	sufficient
7	107	82	1,31	sufficient
8	120	93	1,29	sufficient
9	132	104	1,28	sufficient
10	143	113	1,27	sufficient
11	152	121	1,26	sufficient
12	161	129	1,25	sufficient
13	168	135	1,25	sufficient
14	174	140	1,24	sufficient
15	179	144	1,24	sufficient
16	182	147	1,24	sufficient
17	184	149	1,24	sufficient
18	186	151	1,23	sufficient
19	186	151	1,23	sufficient
20	186	151	1,23	sufficient
21	186	151	1,23	sufficient
22	186	151	1,23	sufficient
23	186	151	1,23	sufficient
24	186	151	1,23	sufficient
25	186	151	1,23	sufficient
26	185	151	1,23	sufficient
27	185	151	1,23	sufficient
28	185	151	1,23	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
29	185	151	1,23	sufficient
30	185	151	1,23	sufficient
31	185	151	1,23	sufficient
32	185	151	1,23	sufficient
33	185	151	1,23	sufficient
34	185	151	1,23	sufficient
35	185	151	1,23	sufficient
36	185	151	1,23	sufficient
37	185	151	1,23	sufficient
38	185	151	1,23	sufficient
39	185	151	1,23	sufficient
40	185	151	1,23	sufficient
41	185	151	1,23	sufficient
42	185	151	1,22	sufficient
43	185	151	1,22	sufficient
44	184	151	1,22	sufficient
45	184	151	1,22	sufficient
46	184	151	1,22	sufficient
47	184	151	1,22	sufficient
48	184	151	1,22	sufficient
49	184	151	1,22	sufficient
50	184	151	1,22	sufficient
51	184	151	1,22	sufficient
52	184	150	1,22	sufficient
53	182	149	1,22	sufficient
54	180	147	1,22	sufficient
55	176	144	1,22	sufficient
56	171	140	1,23	sufficient
57	165	134	1,23	sufficient
58	158	128	1,23	sufficient
59	149	121	1,24	sufficient
60	139	112	1,24	sufficient
61	128	103	1,25	sufficient
62	116	92	1,26	sufficient
63	103	81	1,27	sufficient
64	88	68	1,30	sufficient
65	73	55	1,33	sufficient
66	57	41	1,39	sufficient
67	42	28	1,51	sufficient
68	26	14	1,85	sufficient
69	11	1	13,59	sufficient

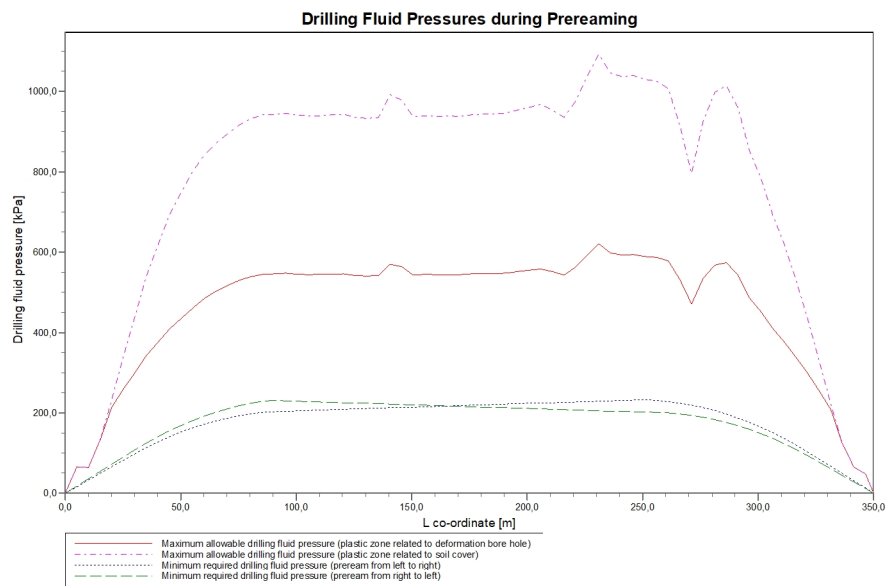
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

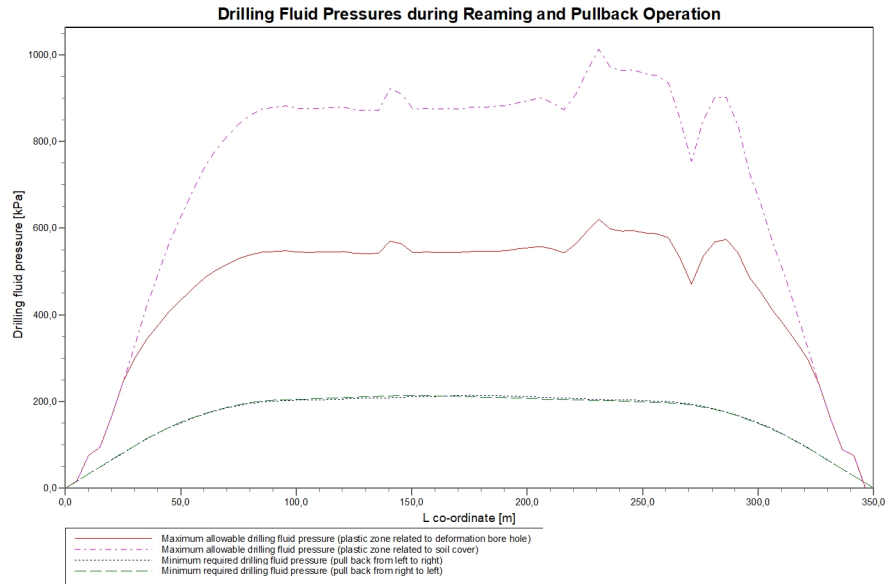
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



4 Soil Mechanical Data

4.1 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/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	35	18	13	18	0	120
2	85	26	19	26	0	919
3	177	39	29	39	0	1381
4	309	53	13	18	0	1869
5	475	67	13	17	0	2349
6	661	79	13	17	0	2789
7	773	92	13	17	0	3258
8	848	103	13	17	0	3621
9	925	113	13	17	0	3998
10	982	122	13	17	0	4287
11	1042	130	13	17	0	4592
12	1095	138	13	17	0	4868
13	1135	144	13	17	0	5081
14	1166	149	13	17	0	5243
15	1195	153	13	17	0	5398
16	1216	156	13	17	0	5509
17	1229	158	13	17	0	5579
18	1231	159	13	17	0	5593
19	1234	159	13	17	0	5609
20	1228	158	13	17	0	5577
21	1227	158	13	17	0	5571
22	1228	158	13	17	0	5575
23	1230	159	13	17	0	5584
24	1230	159	13	17	0	5588
25	1223	157	13	17	0	5546
26	1220	157	13	17	0	5532
27	1222	157	13	17	0	5541
28	1287	167	13	17	3	5898
29	1272	165	13	17	0	5814
30	1224	158	13	17	0	5554
31	1228	158	13	17	0	5576
32	1226	158	13	17	0	5562
33	1227	158	13	17	0	5568
34	1226	158	13	17	0	5564
35	1230	159	13	17	0	5586
36	1230	159	13	17	0	5589
37	1233	159	13	17	0	5601
38	1236	159	13	17	0	5616
39	1244	161	13	17	0	5660
40	1251	162	13	17	0	5703
41	1259	163	13	17	0	5745
42	1244	161	13	17	0	5661
43	1223	158	13	17	0	5549

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	1269	165	13	17	0	5797
45	1342	176	13	17	0	6202
46	1411	187	13	17	0	6585
47	1353	178	13	17	0	6260
48	1342	176	13	17	0	6199
49	1344	176	13	17	0	6214
50	1332	175	13	17	0	6148
51	1327	174	13	17	0	6120
52	1305	170	13	17	0	5999
53	1197	154	13	17	0	5409
54	1092	138	13	17	0	4849
55	1206	155	13	17	0	5459
56	1290	168	13	17	0	5915
57	1309	171	13	17	3	6022
58	1238	160	13	17	0	5634
59	1102	139	13	17	0	4909
60	1023	128	13	17	0	4500
61	927	114	13	17	0	4006
62	851	103	13	17	0	3632
63	761	91	13	17	0	3202
64	651	79	13	17	0	2772
65	458	65	13	17	0	2305
66	296	52	13	18	0	1824
67	164	37	28	37	0	1321
68	70	23	17	23	0	818
69	25	14	11	14	0	123

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	80	2047	52	1433	0,05	7,5
2	188	34198	8367	23939	0,05	7,5
3	322	40585	31050	28409	0,05	7,5
4	453	46524	38259	32567	0,05	7,5
5	570	51807	44366	36265	0,05	7,5
6	671	56271	49386	39390	0,05	7,5
7	773	60740	54321	42518	0,05	7,5
8	848	64018	57896	44812	0,05	7,5
9	925	67286	61430	47101	0,05	7,5
10	982	69708	64032	48796	0,05	7,5
11	1042	72190	66685	50533	0,05	7,5
12	1095	74382	69019	52067	0,05	7,5
13	1135	76034	70772	53224	0,05	7,5
14	1166	77268	72080	54088	0,05	7,5
15	1195	78438	73316	54907	0,05	7,5
16	1216	87629	74188	61340	0,05	7,5
17	1229	105460	74735	73822	0,05	7,5
18	1231	114910	74849	80437	0,05	7,5
19	1234	116689	74975	81682	0,05	7,5
20	1228	116346	74726	81443	0,05	7,5
21	1227	116274	74672	81392	0,05	7,5
22	1228	116318	74704	81422	0,05	7,5
23	1230	116415	74776	81491	0,05	7,5
24	1230	116464	74811	81525	0,05	7,5
25	1223	116014	74483	81210	0,05	7,5
26	1220	115856	74368	81099	0,05	7,5
27	1222	115960	74444	81172	0,05	7,5
28	1287	119741	77195	83819	0,05	7,5
29	1272	118859	76554	83201	0,05	7,5
30	1224	116096	74543	81267	0,05	7,5
31	1228	116330	74714	81431	0,05	7,5
32	1226	116185	74608	81330	0,05	7,5
33	1227	116244	74651	81371	0,05	7,5
34	1226	116202	74620	81341	0,05	7,5
35	1230	116444	74797	81511	0,05	7,5
36	1230	116470	74815	81529	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
37	1233	116600	74910	81620	0,05	7,5
38	1236	116762	75029	81734	0,05	7,5
39	1244	117231	75370	82062	0,05	7,5
40	1251	117684	75699	82379	0,05	7,5
41	1259	118129	76023	82690	0,05	7,5
42	1244	117237	75374	82066	0,05	7,5
43	1223	116037	74500	81226	0,05	7,5
44	1269	118682	76425	83077	0,05	7,5
45	1342	122901	79487	86031	0,05	7,5
46	1411	126775	82288	88742	0,05	7,5
47	1353	123492	79915	86445	0,05	7,5
48	1342	122872	79466	86010	0,05	7,5
49	1344	123026	79577	86118	0,05	7,5
50	1332	122341	79081	85639	0,05	7,5
51	1327	122053	78873	85437	0,05	7,5
52	1305	118691	77963	83084	0,05	7,5
53	1197	102748	73399	71924	0,05	7,5
54	1092	80521	68848	56365	0,05	7,5
55	1206	78898	73802	55229	0,05	7,5
56	1290	82253	77336	57577	0,05	7,5
57	1309	83027	78149	58119	0,05	7,5
58	1238	80207	75183	56145	0,05	7,5
59	1102	74704	69361	52293	0,05	7,5
60	1023	71450	65896	50015	0,05	7,5
61	927	67361	61510	47153	0,05	7,5
62	851	64118	58004	44883	0,05	7,5
63	761	60224	53755	42157	0,05	7,5
64	667	56106	49202	39274	0,05	7,5
65	560	51339	43833	35937	0,05	7,5
66	441	46003	37644	32202	0,05	7,5
67	306	39803	30059	27862	0,05	7,5
68	217	22425	3863	15698	0,05	7,5
69	64	3045	22	2131	0,05	7,5

Maximum soil stress	: q _{v;n} ;max = 187 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	: q _{traffic} ;max = 39 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	: q _{v;r;n} ;max = 39 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	: k _v ;max = 126775 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	: k _v ;max = 253550 kN/m ³

4.2 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/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _v ;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _v ;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	35	18	13	18	0	120
2	85	26	19	26	0	919

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
3	177	39	29	39	0	1381
4	309	53	13	18	0	1869
5	475	67	13	17	0	2349
6	661	79	13	17	0	2789
7	773	92	13	17	0	3258
8	848	103	13	17	0	3621
9	925	113	13	17	0	3998
10	982	122	13	17	0	4287
11	1042	130	13	17	0	4592
12	1095	138	13	17	0	4868
13	1135	144	13	17	0	5081
14	1166	149	13	17	0	5243
15	1195	153	13	17	0	5398
16	1216	156	13	17	0	5509
17	1229	158	13	17	0	5579
18	1231	159	13	17	0	5593
19	1234	159	13	17	0	5609
20	1228	158	13	17	0	5577
21	1227	158	13	17	0	5571
22	1228	158	13	17	0	5575
23	1230	159	13	17	0	5584
24	1230	159	13	17	0	5588
25	1223	157	13	17	0	5546
26	1220	157	13	17	0	5532
27	1222	157	13	17	0	5541
28	1287	167	13	17	3	5898
29	1272	165	13	17	0	5814
30	1224	158	13	17	0	5554
31	1228	158	13	17	0	5576
32	1226	158	13	17	0	5562
33	1227	158	13	17	0	5568
34	1226	158	13	17	0	5564
35	1230	159	13	17	0	5586
36	1230	159	13	17	0	5589
37	1233	159	13	17	0	5601
38	1236	159	13	17	0	5616
39	1244	161	13	17	0	5660
40	1251	162	13	17	0	5703
41	1259	163	13	17	0	5745
42	1244	161	13	17	0	5661
43	1223	158	13	17	0	5549
44	1269	165	13	17	0	5797
45	1342	176	13	17	0	6202
46	1411	187	13	17	0	6585
47	1353	178	13	17	0	6260
48	1342	176	13	17	0	6199
49	1344	176	13	17	0	6214
50	1332	175	13	17	0	6148
51	1327	174	13	17	0	6120
52	1305	170	13	17	0	5999
53	1197	154	13	17	0	5409
54	1092	138	13	17	0	4849
55	1206	155	13	17	0	5459
56	1290	168	13	17	0	5915
57	1309	171	13	17	3	6022
58	1238	160	13	17	0	5634
59	1102	139	13	17	0	4909
60	1023	128	13	17	0	4500
61	927	114	13	17	0	4006
62	851	103	13	17	0	3632
63	761	91	13	17	0	3202
64	651	79	13	17	0	2772
65	458	65	13	17	0	2305
66	296	52	13	18	0	1824
67	164	37	28	37	0	1321

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
68	70	23	17	23	0	818
69	25	14	11	14	0	123

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	80	2047	52	1433	0,05	7,5
2	188	34198	8367	23939	0,05	7,5
3	322	40585	31050	28409	0,05	7,5
4	453	46524	38259	32567	0,05	7,5
5	570	51807	44366	36265	0,05	7,5
6	671	56271	49386	39390	0,05	7,5
7	773	60740	54321	42518	0,05	7,5
8	848	64018	57896	44812	0,05	7,5
9	925	67286	61430	47101	0,05	7,5
10	982	69708	64032	48796	0,05	7,5
11	1042	72190	66685	50533	0,05	7,5
12	1095	74382	69019	52067	0,05	7,5
13	1135	76034	70772	53224	0,05	7,5
14	1166	77268	72080	54088	0,05	7,5
15	1195	78438	73316	54907	0,05	7,5
16	1216	87629	74188	61340	0,05	7,5
17	1229	105460	74735	73822	0,05	7,5
18	1231	114910	74849	80437	0,05	7,5
19	1234	116689	74975	81682	0,05	7,5
20	1228	116346	74726	81443	0,05	7,5
21	1227	116274	74672	81392	0,05	7,5
22	1228	116318	74704	81422	0,05	7,5
23	1230	116415	74776	81491	0,05	7,5
24	1230	116464	74811	81525	0,05	7,5
25	1223	116014	74483	81210	0,05	7,5
26	1220	115856	74368	81099	0,05	7,5
27	1222	115960	74444	81172	0,05	7,5
28	1287	119741	77195	83819	0,05	7,5
29	1272	118859	76554	83201	0,05	7,5
30	1224	116096	74543	81267	0,05	7,5
31	1228	116330	74714	81431	0,05	7,5
32	1226	116185	74608	81330	0,05	7,5
33	1227	116244	74651	81371	0,05	7,5
34	1226	116202	74620	81341	0,05	7,5
35	1230	116444	74797	81511	0,05	7,5
36	1230	116470	74815	81529	0,05	7,5
37	1233	116600	74910	81620	0,05	7,5
38	1236	116762	75029	81734	0,05	7,5
39	1244	117231	75370	82062	0,05	7,5
40	1251	117684	75699	82379	0,05	7,5
41	1259	118129	76023	82690	0,05	7,5
42	1244	117237	75374	82066	0,05	7,5
43	1223	116037	74500	81226	0,05	7,5
44	1269	118682	76425	83077	0,05	7,5
45	1342	122901	79487	86031	0,05	7,5
46	1411	126775	82288	88742	0,05	7,5
47	1353	123492	79915	86445	0,05	7,5
48	1342	122872	79466	86010	0,05	7,5
49	1344	123026	79577	86118	0,05	7,5
50	1332	122341	79081	85639	0,05	7,5
51	1327	122053	78873	85437	0,05	7,5
52	1305	118691	77963	83084	0,05	7,5
53	1197	102748	73399	71924	0,05	7,5
54	1092	80521	68848	56365	0,05	7,5
55	1206	78898	73802	55229	0,05	7,5
56	1290	82253	77336	57577	0,05	7,5
57	1309	83027	78149	58119	0,05	7,5
58	1238	80207	75183	56145	0,05	7,5
59	1102	74704	69361	52293	0,05	7,5
60	1023	71450	65896	50015	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
61	927	67361	61510	47153	0,05	7,5
62	851	64118	58004	44883	0,05	7,5
63	761	60224	53755	42157	0,05	7,5
64	667	56106	49202	39274	0,05	7,5
65	560	51339	43833	35937	0,05	7,5
66	441	46003	37644	32202	0,05	7,5
67	306	39803	30059	27862	0,05	7,5
68	217	22425	3863	15698	0,05	7,5
69	64	3045	22	2131	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 187 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 39 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 39 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 126775 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 253550 kN/m ³

4.3 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/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	35	18	13	18	0	120
2	85	26	19	26	0	919
3	177	39	29	39	0	1381
4	309	53	13	18	0	1869
5	475	67	13	17	0	2349
6	661	79	13	17	0	2789
7	773	92	13	17	0	3258
8	848	103	13	17	0	3621
9	925	113	13	17	0	3998
10	982	122	13	17	0	4287
11	1042	130	13	17	0	4592
12	1095	138	13	17	0	4868
13	1135	144	13	17	0	5081
14	1166	149	13	17	0	5243
15	1195	153	13	17	0	5398
16	1216	156	13	17	0	5509
17	1229	158	13	17	0	5579
18	1231	159	13	17	0	5593
19	1234	159	13	17	0	5609
20	1228	158	13	17	0	5577
21	1227	158	13	17	0	5571
22	1228	158	13	17	0	5575
23	1230	159	13	17	0	5584
24	1230	159	13	17	0	5588
25	1223	157	13	17	0	5546
26	1220	157	13	17	0	5532

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
27	1222	157	13	17	0	5541
28	1287	167	13	17	3	5898
29	1272	165	13	17	0	5814
30	1224	158	13	17	0	5554
31	1228	158	13	17	0	5576
32	1226	158	13	17	0	5562
33	1227	158	13	17	0	5568
34	1226	158	13	17	0	5564
35	1230	159	13	17	0	5586
36	1230	159	13	17	0	5589
37	1233	159	13	17	0	5601
38	1236	159	13	17	0	5616
39	1244	161	13	17	0	5660
40	1251	162	13	17	0	5703
41	1259	163	13	17	0	5745
42	1244	161	13	17	0	5661
43	1223	158	13	17	0	5549
44	1269	165	13	17	0	5797
45	1342	176	13	17	0	6202
46	1411	187	13	17	0	6585
47	1353	178	13	17	0	6260
48	1342	176	13	17	0	6199
49	1344	176	13	17	0	6214
50	1332	175	13	17	0	6148
51	1327	174	13	17	0	6120
52	1305	170	13	17	0	5999
53	1197	154	13	17	0	5409
54	1092	138	13	17	0	4849
55	1206	155	13	17	0	5459
56	1290	168	13	17	0	5915
57	1309	171	13	17	3	6022
58	1238	160	13	17	0	5634
59	1102	139	13	17	0	4909
60	1023	128	13	17	0	4500
61	927	114	13	17	0	4006
62	851	103	13	17	0	3632
63	761	91	13	17	0	3202
64	651	79	13	17	0	2772
65	458	65	13	17	0	2305
66	296	52	13	18	0	1824
67	164	37	28	37	0	1321
68	70	23	17	23	0	818
69	25	14	11	14	0	123

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	80	2047	52	1433	0,05	7,5
2	188	34198	8367	23939	0,05	7,5
3	322	40585	31050	28409	0,05	7,5
4	453	46524	38259	32567	0,05	7,5
5	570	51807	44366	36265	0,05	7,5
6	671	56271	49386	39390	0,05	7,5
7	773	60740	54321	42518	0,05	7,5
8	848	64018	57896	44812	0,05	7,5
9	925	67286	61430	47101	0,05	7,5
10	982	69708	64032	48796	0,05	7,5
11	1042	72190	66685	50533	0,05	7,5
12	1095	74382	69019	52067	0,05	7,5
13	1135	76034	70772	53224	0,05	7,5
14	1166	77268	72080	54088	0,05	7,5
15	1195	78438	73316	54907	0,05	7,5
16	1216	87629	74188	61340	0,05	7,5
17	1229	105460	74735	73822	0,05	7,5
18	1231	114910	74849	80437	0,05	7,5
19	1234	116689	74975	81682	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
20	1228	116346	74726	81443	0,05	7,5
21	1227	116274	74672	81392	0,05	7,5
22	1228	116318	74704	81422	0,05	7,5
23	1230	116415	74776	81491	0,05	7,5
24	1230	116464	74811	81525	0,05	7,5
25	1223	116014	74483	81210	0,05	7,5
26	1220	115856	74368	81099	0,05	7,5
27	1222	115960	74444	81172	0,05	7,5
28	1287	119741	77195	83819	0,05	7,5
29	1272	118859	76554	83201	0,05	7,5
30	1224	116096	74543	81267	0,05	7,5
31	1228	116330	74714	81431	0,05	7,5
32	1226	116185	74608	81330	0,05	7,5
33	1227	116244	74651	81371	0,05	7,5
34	1226	116202	74620	81341	0,05	7,5
35	1230	116444	74797	81511	0,05	7,5
36	1230	116470	74815	81529	0,05	7,5
37	1233	116600	74910	81620	0,05	7,5
38	1236	116762	75029	81734	0,05	7,5
39	1244	117231	75370	82062	0,05	7,5
40	1251	117684	75699	82379	0,05	7,5
41	1259	118129	76023	82690	0,05	7,5
42	1244	117237	75374	82066	0,05	7,5
43	1223	116037	74500	81226	0,05	7,5
44	1269	118682	76425	83077	0,05	7,5
45	1342	122901	79487	86031	0,05	7,5
46	1411	126775	82288	88742	0,05	7,5
47	1353	123492	79915	86445	0,05	7,5
48	1342	122872	79466	86010	0,05	7,5
49	1344	123026	79577	86118	0,05	7,5
50	1332	122341	79081	85639	0,05	7,5
51	1327	122053	78873	85437	0,05	7,5
52	1305	118691	77963	83084	0,05	7,5
53	1197	102748	73399	71924	0,05	7,5
54	1092	80521	68848	56365	0,05	7,5
55	1206	78898	73802	55229	0,05	7,5
56	1290	82253	77336	57577	0,05	7,5
57	1309	83027	78149	58119	0,05	7,5
58	1238	80207	75183	56145	0,05	7,5
59	1102	74704	69361	52293	0,05	7,5
60	1023	71450	65896	50015	0,05	7,5
61	927	67361	61510	47153	0,05	7,5
62	851	64118	58004	44883	0,05	7,5
63	761	60224	53755	42157	0,05	7,5
64	667	56106	49202	39274	0,05	7,5
65	560	51339	43833	35937	0,05	7,5
66	441	46003	37644	32202	0,05	7,5
67	306	39803	30059	27862	0,05	7,5
68	217	22425	3863	15698	0,05	7,5
69	64	3045	22	2131	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 187 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 39 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 39 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 126775 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 253550 kN/m ³

4.4 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/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	35	18	13	18	0	120
2	85	26	19	26	0	919
3	177	39	29	39	0	1381
4	309	53	13	18	0	1869
5	475	67	13	17	0	2349
6	661	79	13	17	0	2789
7	773	92	13	17	0	3258
8	848	103	13	17	0	3621
9	925	113	13	17	0	3998
10	982	122	13	17	0	4287
11	1042	130	13	17	0	4592
12	1095	138	13	17	0	4868
13	1135	144	13	17	0	5081
14	1166	149	13	17	0	5243
15	1195	153	13	17	0	5398
16	1216	156	13	17	0	5509
17	1229	158	13	17	0	5579
18	1231	159	13	17	0	5593
19	1234	159	13	17	0	5609
20	1228	158	13	17	0	5577
21	1227	158	13	17	0	5571
22	1228	158	13	17	0	5575
23	1230	159	13	17	0	5584
24	1230	159	13	17	0	5588
25	1223	157	13	17	0	5546
26	1220	157	13	17	0	5532
27	1222	157	13	17	0	5541
28	1287	167	13	17	3	5898
29	1272	165	13	17	0	5814
30	1224	158	13	17	0	5554
31	1228	158	13	17	0	5576
32	1226	158	13	17	0	5562
33	1227	158	13	17	0	5568
34	1226	158	13	17	0	5564
35	1230	159	13	17	0	5586
36	1230	159	13	17	0	5589
37	1233	159	13	17	0	5601
38	1236	159	13	17	0	5616
39	1244	161	13	17	0	5660
40	1251	162	13	17	0	5703
41	1259	163	13	17	0	5745
42	1244	161	13	17	0	5661
43	1223	158	13	17	0	5549
44	1269	165	13	17	0	5797
45	1342	176	13	17	0	6202
46	1411	187	13	17	0	6585
47	1353	178	13	17	0	6260
48	1342	176	13	17	0	6199
49	1344	176	13	17	0	6214

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
50	1332	175	13	17	0	6148
51	1327	174	13	17	0	6120
52	1305	170	13	17	0	5999
53	1197	154	13	17	0	5409
54	1092	138	13	17	0	4849
55	1206	155	13	17	0	5459
56	1290	168	13	17	0	5915
57	1309	171	13	17	3	6022
58	1238	160	13	17	0	5634
59	1102	139	13	17	0	4909
60	1023	128	13	17	0	4500
61	927	114	13	17	0	4006
62	851	103	13	17	0	3632
63	761	91	13	17	0	3202
64	651	79	13	17	0	2772
65	458	65	13	17	0	2305
66	296	52	13	18	0	1824
67	164	37	28	37	0	1321
68	70	23	17	23	0	818
69	25	14	11	14	0	123

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	80	2047	52	1433	0,05	7,5
2	188	34198	8367	23939	0,05	7,5
3	322	40585	31050	28409	0,05	7,5
4	453	46524	38259	32567	0,05	7,5
5	570	51807	44366	36265	0,05	7,5
6	671	56271	49386	39390	0,05	7,5
7	773	60740	54321	42518	0,05	7,5
8	848	64018	57896	44812	0,05	7,5
9	925	67286	61430	47101	0,05	7,5
10	982	69708	64032	48796	0,05	7,5
11	1042	72190	66685	50533	0,05	7,5
12	1095	74382	69019	52067	0,05	7,5
13	1135	76034	70772	53224	0,05	7,5
14	1166	77268	72080	54088	0,05	7,5
15	1195	78438	73316	54907	0,05	7,5
16	1216	87629	74188	61340	0,05	7,5
17	1229	105460	74735	73822	0,05	7,5
18	1231	114910	74849	80437	0,05	7,5
19	1234	116689	74975	81682	0,05	7,5
20	1228	116346	74726	81443	0,05	7,5
21	1227	116274	74672	81392	0,05	7,5
22	1228	116318	74704	81422	0,05	7,5
23	1230	116415	74776	81491	0,05	7,5
24	1230	116464	74811	81525	0,05	7,5
25	1223	116014	74483	81210	0,05	7,5
26	1220	115856	74368	81099	0,05	7,5
27	1222	115960	74444	81172	0,05	7,5
28	1287	119741	77195	83819	0,05	7,5
29	1272	118859	76554	83201	0,05	7,5
30	1224	116096	74543	81267	0,05	7,5
31	1228	116330	74714	81431	0,05	7,5
32	1226	116185	74608	81330	0,05	7,5
33	1227	116244	74651	81371	0,05	7,5
34	1226	116202	74620	81341	0,05	7,5
35	1230	116444	74797	81511	0,05	7,5
36	1230	116470	74815	81529	0,05	7,5
37	1233	116600	74910	81620	0,05	7,5
38	1236	116762	75029	81734	0,05	7,5
39	1244	117231	75370	82062	0,05	7,5
40	1251	117684	75699	82379	0,05	7,5
41	1259	118129	76023	82690	0,05	7,5
42	1244	117237	75374	82066	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
43	1223	116037	74500	81226	0,05	7,5
44	1269	118682	76425	83077	0,05	7,5
45	1342	122901	79487	86031	0,05	7,5
46	1411	126775	82288	88742	0,05	7,5
47	1353	123492	79915	86445	0,05	7,5
48	1342	122872	79466	86010	0,05	7,5
49	1344	123026	79577	86118	0,05	7,5
50	1332	122341	79081	85639	0,05	7,5
51	1327	122053	78873	85437	0,05	7,5
52	1305	118691	77963	83084	0,05	7,5
53	1197	102748	73399	71924	0,05	7,5
54	1092	80521	68848	56365	0,05	7,5
55	1206	78898	73802	55229	0,05	7,5
56	1290	82253	77336	57577	0,05	7,5
57	1309	83027	78149	58119	0,05	7,5
58	1238	80207	75183	56145	0,05	7,5
59	1102	74704	69361	52293	0,05	7,5
60	1023	71450	65896	50015	0,05	7,5
61	927	67361	61510	47153	0,05	7,5
62	851	64118	58004	44883	0,05	7,5
63	761	60224	53755	42157	0,05	7,5
64	667	56106	49202	39274	0,05	7,5
65	560	51339	43833	35937	0,05	7,5
66	441	46003	37644	32202	0,05	7,5
67	306	39803	30059	27862	0,05	7,5
68	217	22425	3863	15698	0,05	7,5
69	64	3045	22	2131	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 187 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 39 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 39 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 126775 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 253550 kN/m ³

4.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

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

Layer number	Vertical 1 (L=5,021 m)		Vertical 2 (L=10,042 m)		Vertical 3 (L=15,063 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,429	0,000	0,433	0,000	0,426
5	0,429	0,543	0,433	0,547	0,426	0,540
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,054	0,055	0,055	0,056	0,054	0,055
2	13,446	39,696	13,512	39,719	13,407	39,683
1	92,624	115,889	92,677	115,931	92,594	115,865

Layer number	Vertical 4 (L=20,084 m)		Vertical 5 (L=25,105 m)		Vertical 6 (L=30,126 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,436	0,000	0,441	0,000	0,420
5	0,436	0,550	0,441	0,555	0,420	0,534
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,055	0,056	0,055	0,057	0,053	0,055

Layer number	Vertical 4 (L=20,084 m)		Vertical 5 (L=25,105 m)		Vertical 6 (L=30,126 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
2	13,554	39,733	13,625	39,757	13,315	39,652
1	92,711	115,958	92,767	116,003	92,521	115,807

Layer number	Vertical 7 (L=35,147 m)		Vertical 8 (L=40,168 m)		Vertical 9 (L=45,189 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,437	0,000	0,409	0,000	0,416
5	0,437	0,551	0,409	0,524	0,416	0,531
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,055	0,056	0,052	0,054	0,053	0,054
2	13,563	39,736	13,162	39,601	13,264	39,635
1	92,718	115,964	92,402	115,712	92,482	115,775

Layer number	Vertical 10 (L=50,21 m)		Vertical 11 (L=55,231 m)		Vertical 12 (L=60,252 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,389	0,000	0,398	0,000	0,412
5	0,389	0,505	0,398	0,514	0,412	0,527
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,051	0,052	0,051	0,053	0,053	0,054
2	12,875	39,506	13,004	39,549	13,213	39,618
1	92,182	115,536	92,281	115,614	92,442	115,744

Layer number	Vertical 13 (L=65,273 m)		Vertical 14 (L=70,294 m)		Vertical 15 (L=75,315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,409	0,000	0,394	0,000	0,400
5	0,409	0,524	0,394	0,510	0,400	0,516
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,052	0,053	0,051	0,052	0,052	0,053
2	13,157	39,599	12,952	39,532	13,035	39,559
1	92,399	115,709	92,241	115,582	92,304	115,633

Layer number	Vertical 16 (L=80,336 m)		Vertical 17 (L=85,357 m)		Vertical 18 (L=90,378 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,400	0,000	0,396	0,000	0,379
5	0,400	0,516	0,396	0,512	0,379	0,496
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,052	0,053	0,051	0,052	0,050	0,051
2	13,033	39,558	12,980	39,541	12,730	39,460
1	92,302	115,632	92,262	115,600	92,072	115,448

Layer number	Vertical 19 (L=95,399 m)		Vertical 20 (L=100,42 m)		Vertical 21 (L=105,441 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,386	0,000	0,363	0,000	0,359
5	0,386	0,502	0,363	0,482	0,359	0,477
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,050	0,051	0,048	0,049	0,048	0,049
2	12,825	39,490	12,501	39,386	12,431	39,364
1	92,144	115,505	91,901	115,312	91,850	115,271

Layer number	Vertical 22 (L=110,462 m)		Vertical 23 (L=115,483 m)		Vertical 24 (L=120,504 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,362	0,000	0,368	0,000	0,371
5	0,362	0,480	0,368	0,486	0,371	0,489
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,048	0,049	0,049	0,050	0,049	0,050
2	12,473	39,378	12,567	39,407	12,613	39,422
1	91,881	115,296	91,950	115,351	91,985	115,379

Layer number	Vertical 25 (L=125,525 m)		Vertical 26 (L=130,546 m)		Vertical 27 (L=135,567 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,342	0,000	0,331	0,000	0,338
5	0,342	0,461	0,331	0,452	0,338	0,458
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,046	0,047	0,045	0,046	0,046	0,047
2	12,179	39,285	12,024	39,238	12,127	39,269
1	91,666	115,124	91,554	115,036	91,628	115,094

Layer number	Vertical 28 (L=140,588 m)		Vertical 29 (L=145,609 m)		Vertical 30 (L=150,63 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,574	0,000	0,521	0,000	0,347
5	0,574	0,680	0,521	0,630	0,347	0,466
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,068	0,069	0,063	0,064	0,047	0,048
2	15,439	40,415	14,726	40,148	12,260	39,310
1	94,301	117,234	93,679	116,733	91,724	115,171

Layer number	Vertical 31 (L=155,651 m)		Vertical 32 (L=160,672 m)		Vertical 33 (L=165,693 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,362	0,000	0,353	0,000	0,357
5	0,362	0,481	0,353	0,472	0,357	0,475
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,048	0,049	0,047	0,048	0,048	0,049
2	12,486	39,381	12,346	39,337	12,403	39,355
1	91,890	115,303	91,787	115,221	91,829	115,254

Layer number	Vertical 34 (L=170,714 m)		Vertical 35 (L=175,735 m)		Vertical 36 (L=180,756 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,354	0,000	0,370	0,000	0,371
5	0,354	0,473	0,370	0,487	0,371	0,489
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,047	0,048	0,049	0,050	0,049	0,050
2	12,362	39,342	12,594	39,416	12,619	39,424
1	91,799	115,230	91,970	115,367	91,989	115,382

Layer number	Vertical 37 (L=185,777 m)		Vertical 38 (L=190,798 m)		Vertical 39 (L=195,819 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,380	0,000	0,390	0,000	0,420
5	0,380	0,497	0,390	0,507	0,420	0,535
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,050	0,051	0,051	0,052	0,053	0,055
2	12,741	39,463	12,893	39,512	13,322	39,655
1	92,081	115,455	92,196	115,547	92,527	115,811

Layer number	Vertical 40 (L=200,84 m)		Vertical 41 (L=205,861 m)		Vertical 42 (L=210,882 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,449	0,000	0,476	0,000	0,421
5	0,449	0,561	0,476	0,588	0,421	0,535
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,056	0,057	0,059	0,060	0,053	0,055
2	13,726	39,792	14,112	39,927	13,328	39,656
1	92,848	116,068	93,162	116,320	92,532	115,815

Layer number	Vertical 43 (L=215,903 m)		Vertical 44 (L=220,924 m)		Vertical 45 (L=225,945 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,343	0,000	0,510	0,000	0,757
5	0,343	0,463	0,510	0,620	0,757	0,857
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 43 (L=215,903 m)		Vertical 44 (L=220,924 m)		Vertical 45 (L=225,945 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,046	0,047	0,062	0,063	0,086	0,087
2	12,202	39,292	14,579	40,094	17,790	41,370
1	91,682	115,138	93,553	116,633	96,530	119,034

Layer number	Vertical 46 (L=230,966 m)		Vertical 47 (L=235,987 m)		Vertical 48 (L=241,008 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,972	0,000	0,790	0,000	0,755
5	0,972	1,066	0,790	0,889	0,755	0,855
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,107	0,108	0,089	0,090	0,086	0,087
2	20,359	42,538	18,201	41,549	17,770	41,361
1	99,256	121,255	96,947	119,372	96,510	119,018

Layer number	Vertical 49 (L=246,029 m)		Vertical 50 (L=251,05 m)		Vertical 51 (L=256,071 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,764	0,000	0,725	0,000	0,708
5	0,764	0,864	0,725	0,826	0,708	0,810
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,086	0,087	0,083	0,084	0,081	0,082
2	17,878	41,408	17,393	41,201	17,186	41,114
1	96,618	119,105	96,136	118,714	95,933	118,550

Layer number	Vertical 52 (L=261,092 m)		Vertical 53 (L=266,113 m)		Vertical 54 (L=271,134 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,641	0,000	0,279	n.a.	n.a.
5	0,641	0,745	0,279	0,403	n.a.	n.a.
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	0,075	0,076	0,040	0,042	0,000	0,002
2	16,327	40,762	11,231	39,002	1,643	37,386
1	95,112	117,887	91,004	114,598	87,234	111,628

Layer number	Vertical 55 (L=276,155 m)		Vertical 56 (L=281,176 m)		Vertical 57 (L=286,197 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,448	0,000	0,817	0,000	0,980
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	0,448	0,561	0,817	0,916	0,980	1,074
3	0,056	0,057	0,092	0,093	0,107	0,108
2	13,720	39,790	18,533	41,695	20,455	42,584
1	92,843	116,064	97,288	119,649	99,363	121,343

Layer number	Vertical 58 (L=291,218 m)		Vertical 59 (L=296,239 m)		Vertical 60 (L=301,26 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,888	0,000	0,616	0,000	0,545
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	0,888	0,985	0,616	0,721	0,545	0,653
3	0,098	0,099	0,072	0,073	0,065	0,066
2	19,384	42,080	15,997	40,631	15,051	40,268
1	98,187	120,382	94,806	117,640	93,959	116,959

Layer number	Vertical 61 (L=306,281 m)		Vertical 62 (L=311,302 m)		Vertical 63 (L=316,323 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,440	0,000	0,437	0,000	0,422
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	0,440	0,553	0,437	0,550	0,422	0,536
3	0,055	0,056	0,055	0,056	0,054	0,055
2	13,607	39,751	13,559	39,735	13,349	39,664
1	92,752	115,991	92,714	115,961	92,548	115,828

Layer number	Vertical 64 (L=321,344 m)		Vertical 65 (L=326,365 m)		Vertical 66 (L=331,386 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,433	0,000	0,436	0,000	0,431
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	0,433	0,546	0,436	0,550	0,431	0,545
3	0,055	0,056	0,055	0,056	0,054	0,056
2	13,501	39,715	13,555	39,733	13,477	39,707
1	92,668	115,924	92,711	115,959	92,649	115,909

Layer number	Vertical 67 (L=336,407 m)		Vertical 68 (L=341,428 m)		Vertical 69 (L=346,449 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	0,000	0,410	0,000	0,390	0,000	0,382
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	0,410	0,525	0,390	0,506	0,382	0,499
3	0,053	0,054	0,051	0,052	0,050	0,051
2	13,183	39,608	12,883	39,509	12,774	39,474
1	92,419	115,725	92,188	115,541	92,106	115,475

5 Data for Stress Analysis

5.1 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/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 107454 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,50 kN/m ³
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/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

5.2 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)

5.3 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	35
T2	30	51
T3	95	96

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	259	187
T5	325	239
T6	353	255

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 (γ) 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.

6 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

6.1 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 = 353 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 39 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 126775 kN/m ³
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

6.2 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.

6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,61 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,89	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 5,00 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0103 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,39 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,36 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 4,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,44 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,36	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,93	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,89	5,00	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,39	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,44	3,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,0 mm (2,21% 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.

6.4 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 215 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 151 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

7 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

7.1 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 = 353 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 39 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 126775 kN/m ³
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 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.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,89	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	4,44	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	5,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,0E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0103	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,60	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,39	N/mm ²
--	---	------	-------------------

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

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

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,36	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	4,93	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	3,44	N/mm ²
--	---	------	-------------------

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

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,36	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,93	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,89	5,00	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,39	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,44	3,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,0 mm (2,21% 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 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 215 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 151 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

8 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

8.1 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 = 353 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 39 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 126775 kN/m ³
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 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.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,61 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,89	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{t} = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 5,00 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0103 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,39 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,36 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 4,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,44 \text{ N/mm}^2$$

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

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,36	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,93	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,89	5,00	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,39	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,44	3,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,0 mm (2,21% 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 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 215 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 151 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

9 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

9.1 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 = 353 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 39 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 126775 kN/m ³
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 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.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,89	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	4,44	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	5,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,0E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0103	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,60	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,39	N/mm ²
--	---	------	-------------------

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

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

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,36	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	4,93	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	3,44	N/mm ²
--	---	------	-------------------

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

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,36	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,93	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,44	N/mm ²

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

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	0,89	5,00	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,39	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,44	3,44

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,0 mm (2,21% 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 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 215 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 151 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

D.4 Vergunningsrapportage GTB-Persing 2

Kruising 2 persingen met provinciale weg N623

Vergunningsrapport Provincie Noord-Brabant



Verantwoording

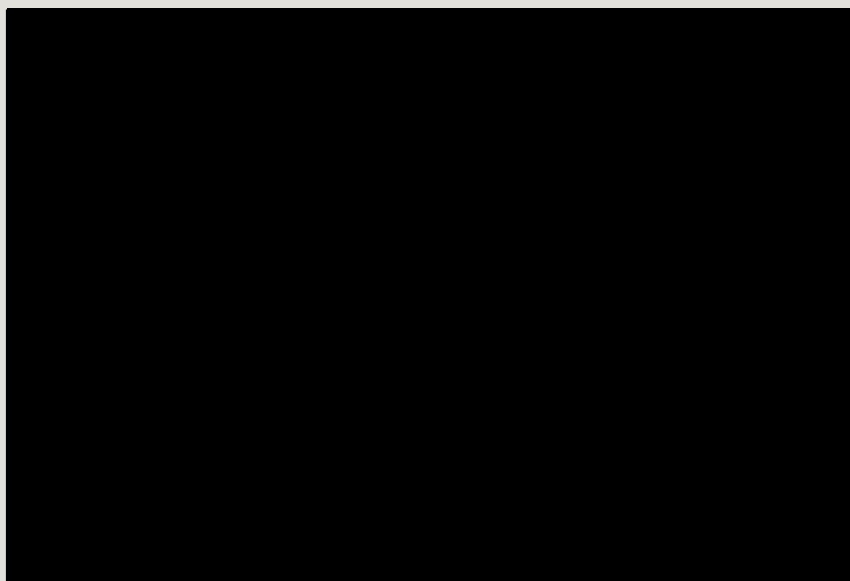
Titel: Kruising 2 persingen met provinciale weg N623
Onderwerp: Vergunningsrapport Provincie Noord-Brabant
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22882
Versie: D1

Datum: 28-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Situatie.....	4
1.2	Leeswijzer.....	5
2.	Uitgangspunten	6
2.1	Gebruikte documenten	6
2.2	Vigerende normen en richtlijnen.....	6
2.3	Minimale dagmaat tussen nieuwe boringen	6
2.4	Diepteligging.....	7
2.5	Oversnijding.....	7
2.6	Inwendige overdruk	7
2.7	Grondwaterstand	7
2.8	Geotechnische parameters	7
2.9	Toelaatbare zettingen provinciale weg.....	8
3.	Ontwerp	9
3.1	Gegevens	9
3.2	Pers- en ontvangkuipen	10
4.	Berekeningsresultaten.....	11
4.1	Perskrachtberekening	12
4.2	Steundrukberekening	12
4.3	Opdrijving	13
4.4	Zettingstrog.....	14
5.	Risico's en aandachtspunten	15
6.	Conclusie.....	16
6.1	Algemeen	16
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening.....	16
	Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	17
	Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek	18
	Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	19

1. Inleiding

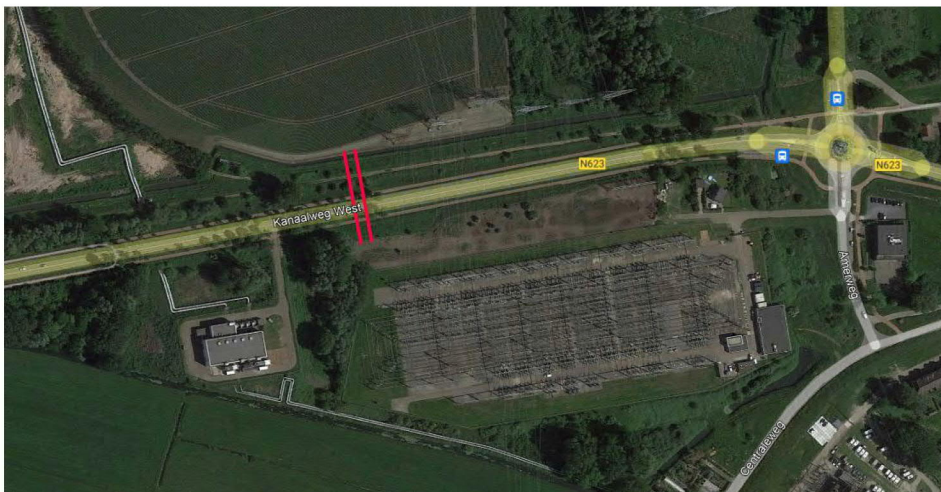
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen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

Dit rapport betreft de kruising van twee persingen met de provinciale weg N623. De kruising (met codering GTB-Persing2) is vergunningsplichtig bij Provincie Noord-Brabant. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en de Richtlijn boortechnieken van Rijkswaterstaat.

1.1 Situatie

De twee persingen zijn onderdeel van een nieuwe ondergrondse 150 kV-verbinding van circa 1.200 m vanaf een nieuw te plaatsen mast ten westen van de Amertak naar hoogspanningsstation Geertruidenberg-Zuid. Het tracé van de persingen kruist de provinciale weg N623 ten noordwesten van hoogspanningsstation Geertruidenberg-Zuid (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle persingen moeten worden gemaakt. Eén persing bestaat uit een boorbuis GVK Ø1026 mm met daarin 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 persingen liggen naast elkaar met een dagmaat van 7,12 meter tussen de boorbuisen. De persingen hebben een lengte van circa 70 m en een diepte van NAP -2,76 m (hart van de boring). De bovenkant van de persingen liggen op circa 3,9 m onder het wegdek van de N623. Van noord naar zuid kruisen de persingen een watergang, diverse kabels en leidingen, een voetpad en de provinciale weg N623 met aan beide zijden een fietspad. Gezien de grondwaterstand worden de persingen uitgevoerd middels een gesloten front techniek (GFT).



Figuur 1 *Overzicht situatie GTB Persing 2*

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 GTB-Persing 2, tekeningnummer GTB-Persing 2 versie B, d.d. 22-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1).
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2).
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3).
- KLIC-levering 22O053708_1 opgevraagd d.d. 21-04-2022;
- Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta, geraadpleegd d.d. 20-04-2022, website:
<https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6037ee85e784521be739b8ae5b38f7d>
- Specificaties GVK-boorbuizen Amiblu/ Hobas:
<https://www.amiblu.com/wp-content/uploads/Hobas-Technical-Product-Data-PN1.pdf>

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- VELIN Richtlijn nr 2017/6 Versie september 2019;
- Regeling veranderen en gebruiken van wegen Noord-Brabant 2013:
https://www.brabant.nl/actueel/regelingen/cvdr296281_2

2.3 Minimale dagmaat tussen nieuwe boringen

NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en de Provincie Noord-Brabant schrijven geen specifieke dagmaat voor tussen de parallelle persingen. Daarom is de dagmaat uit Richtlijn boortechnieken paragraaf 4.3.3 ontleend. Deze stelt een minimale dagmaat van 2,0 m + 5 x uitwendige diameter. In dit geval komt dit neer op een minimale dagmaat van 7,12 m.

2.4 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- NEN 3650-1 2020 paragraaf F2.1 vereist een diepteligging onder wegen van $1,0 +$ de uitwendige diameter. Dit houdt in dit geval een afstand van $1 + 1,026 = 2,026$ m in. Deze diepte moet worden aangehouden binnen de beïnvloedingslijn 1:1 gemeten uit de kant van de weg. Onder de N623 hebben de persingen een dekking van 3,9 m en voldoen daarmee aan de eis.
- VELIN schrijft voor dat tussen kabels en leidingen en een gesloten frontboring minimaal een dagmaat van 1,0 m aanwezig dient te zijn, onder voorwaarde dat de leiding zichtbaar is. De kritische kabels en leidingen moeten daarom vooraf opgezocht worden middels een proefsleuf naast de boorlijn.

2.5 Oversnijding

Voor de persingen is een maximale oversnijding van 10 mm gehanteerd in de berekening. In de buis zijn smeernippels aanwezig voor een maximale vulling te krijgen van de loze ruimte om de buis.

2.6 Inwendige overdruk

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

2.7 Grondwaterstand

De persingen liggen binnen het peilbesluit van Gat van de Ham in het peilgebied Middelschans (OL02). Dit gebied heeft een zomerpeil van NAP -0,65 m en het winterpeil bedraagt NAP -0,95 m. We gaan in de berekening uit van een gemiddelde waterstand van -0,8 m NAP.

2.8 Geotechnische parameters

TenneT voert momenteel nog specifieke grondonderzoeken uit voor dit project, waardoor de geotechnische gegevens en parameters nu zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers en dieptes van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. Het gebruikte grondonderzoek ligt voornamelijk rond de Amertak op circa 300 m afstand. 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
		[m NAP]
B44D1229	Boring	-7
CPT98999	Sondering	-12
B44D0959	Boring	-5
CPT98964	Sondering	-12
B44D1222	Boring	-3

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa NAP -1,2 m van het geplande boortracé. Boven de zandlaag bestaat de grond uit een laag zandige klei, zoals geobserveerd in het grondonderzoek. Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters en grondlagen zien. De grondparameters zijn opgesteld op basis van kennis en ervaring van de Nederlandse ondergrond en tabel 2b van NEN 9997-1+C2-2017. De stijfheidsmodulus E en ongedraineerde schuifsterkte S_u zijn gecorreleerd met de conusweerstand conform CUR2003-7 (2003) en CUR162 (1992).

Tabel 2-2 **Grondparameters gebruikt in de berekening**

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' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
0,3	-1,2	Klei; sterk zandig	18	18	0,5	27,5	30,0	2000
-1,2	-30,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000

2.9 Toelaatbare zettingen provinciale weg

Als gevolg van de oversnijding bij het boren zal enige zetting optreden. De toelaatbare zettingen voor de N-weg zijn ontleend aan Richtlijn boortechnieken van Rijkswaterstaat. Hierin staat het volgende aangegeven over zettingen van de weg:

Bij verwachte zettingen ≥ 20 mm is mogelijk herstel van de wegverharding noodzakelijk. De wegbeheerder zal moeten beoordelen of dit acceptabel is en wat de voorwaarden hierbij zijn. Bij zettingen > 10 mm en < 20 mm is monitoring noodzakelijk.

3. Ontwerp

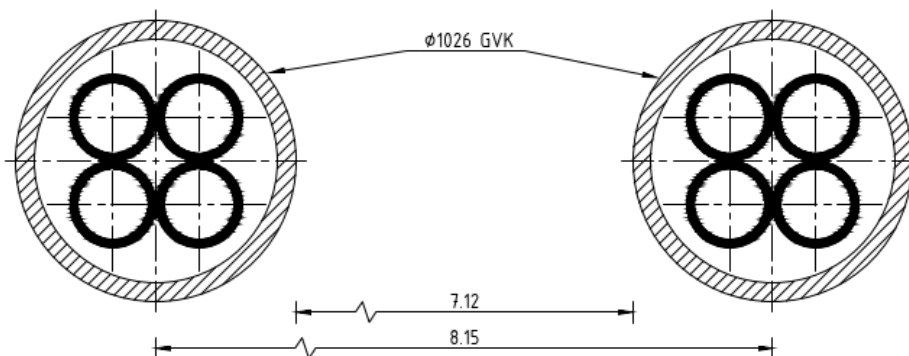
3.1 Gegevens

Het ontwerp van de twee persingen heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: boorbuis GVK $\text{Ø}1026 \times 44 \text{ mm}$ SN 80000;
- gewicht buis: 290 kg/m;
- maximaal toelaatbare perskracht: 2.595 kN
- lengte: 70 m;
- maximale diepte hart persing: NAP -2,76 m.

Gesloten front boring - 1x $\text{Ø}1026$ GVK
(mantelbuis) met 4x $\text{Ø}315$ HDPE SDR11

Gesloten front boring - 1x $\text{Ø}1026$ GVK
(mantelbuis) met 4x $\text{Ø}315$ HDPE SDR11



Figuur 2 Doorsnede van de 2 persingen

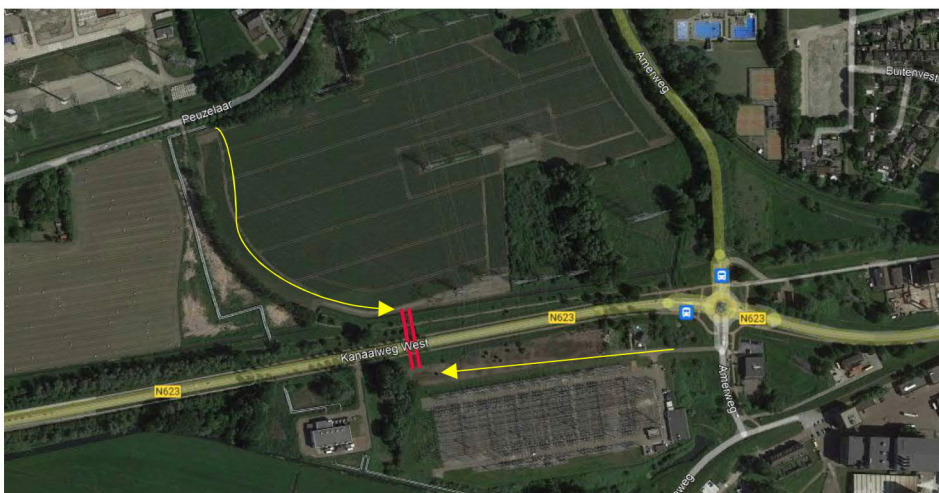
Aan de hand van vigerende normen en richtlijnen is een ontwerp gemaakt voor de persingen. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp, naast de afstandseisen uit hoofdstuk 2, zijn:

- De persingen dienen de N-weg loodrecht te kruisen.
- De buis dient voldoende sterk te zijn om de perskrachten aan te kunnen.
- De diepteligging dient voldoende te zijn om een stabiel boorfront te hebben.
- De uitvoering vindt plaats middels de gesloten front techniek.

3.2 Pers- en ontvangkuipen

Elke persing heeft een aparte perskuip van 10 x 4 m. De perskuipen liggen aan de noordzijde van het tracé (zie figuur 3). De perskuip is bereikbaar vanuit het noorden via de Peuzelaar en het bouwland.

De ontvangkuipen zijn 4 x 4 m. De ontvangkuipen zijn bereikbaar via de Amerweg en het terrein ten noorden van hoogspanningsstation Geertruidenberg-Zuid. Hierbij kruist de aanrijroute wel zes bovengrondse hoogspanningstracés. Ook bij de perskuipen staat een bovengronds hoogspanningstracé op circa 20 m afstand. Voor beide locaties zal daarom toestemming gevraagd moeten worden bij TenneT en dient de aannemer rekening te houden met beperkingen.



Figuur 3 locatie en bereikbaarheid van bouwkuipen GTB-Persing 2

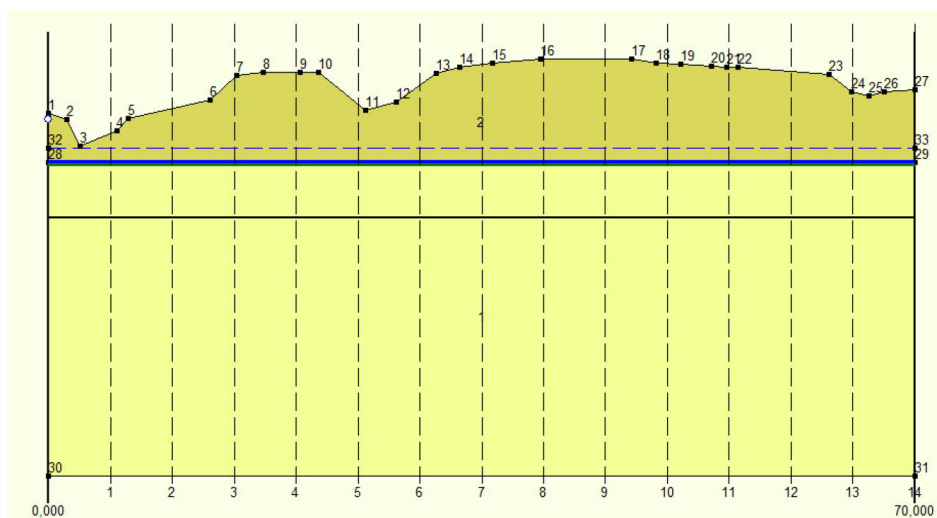
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de persingen uitgevoerd:

- een perskrachtberekening;
- stabiliteit boorfront;
- risico op opdrijven;
- de zettingstrog;

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

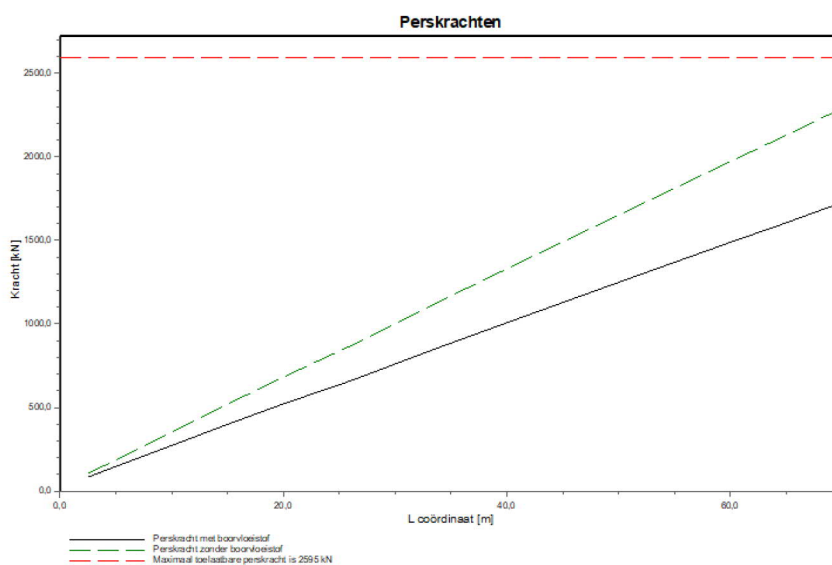
De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 4 D-Geo Pipeline-model van GTB-Persing2

4.1 Perskrachtberekening

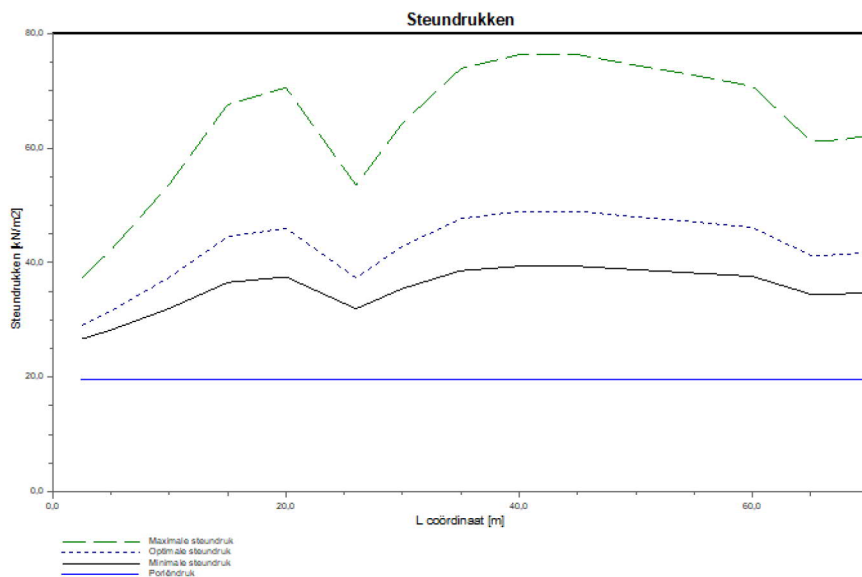
De berekende maximale perskracht bedraagt 2.291 kN zonder smering en gerekend met een wrijving tussen buis en de grond van 10 kN/m². Dit bedraagt 88% van de toelaatbare perskracht. Door boorvloeistof als smering toe te passen, verlaagt de wrijving tussen buis en grond naar 7,5 kN/m² en bedraagt de maximale perskracht 1.727 kN (66%) en voldoet het buistype GVK Ø1026 x 44 mm SN80.000. Toelaatbaar op dit buistype is een perskracht van 2.595 kN. Vanwege de beperking van de perskrachten en de zettingen (zie paragraaf 4.4) adviseren wij smering toe te passen bij de aanleg van de persingen.



Figuur 5 perskrachten benodigd voor GTB-persing2 met en zonder boorvloeistof

4.2 Steundrukberekening

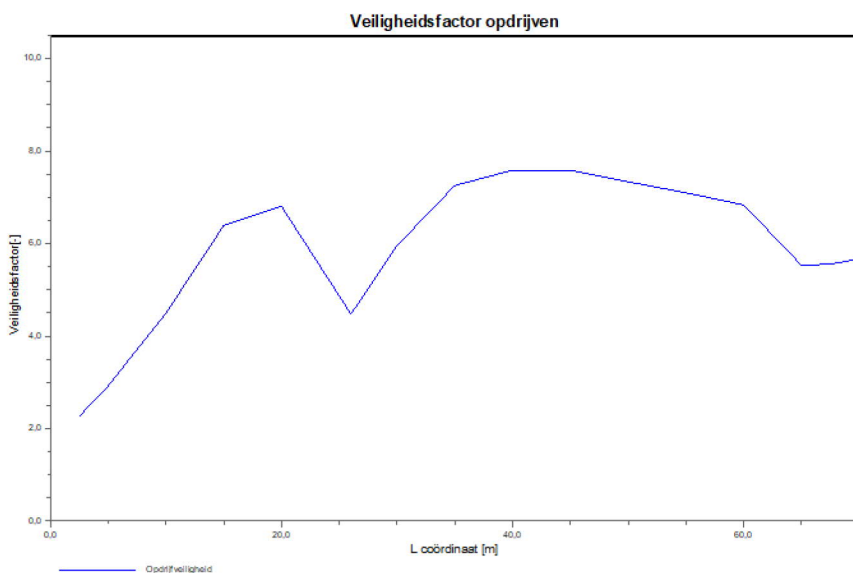
Het verloop van de steundrukken is weergegeven in figuur 6. Te zien is dat gemiddeld een gebied van 20 à 30 kN/m² beschikbaar is tussen de minimale benodigde en maximaal toelaatbare steundruk. Ter plaatse van de watergang is circa 10 kN/m² beschikbaar. Hier kan eventueel een maatregel genomen worden door de watergang tijdelijk te dempen. Conclusie is dat de boring te realiseren is met een stabiel boorfront.



Figuur 6 steundrukberekening GTB-persing2

4.3 Opdriving

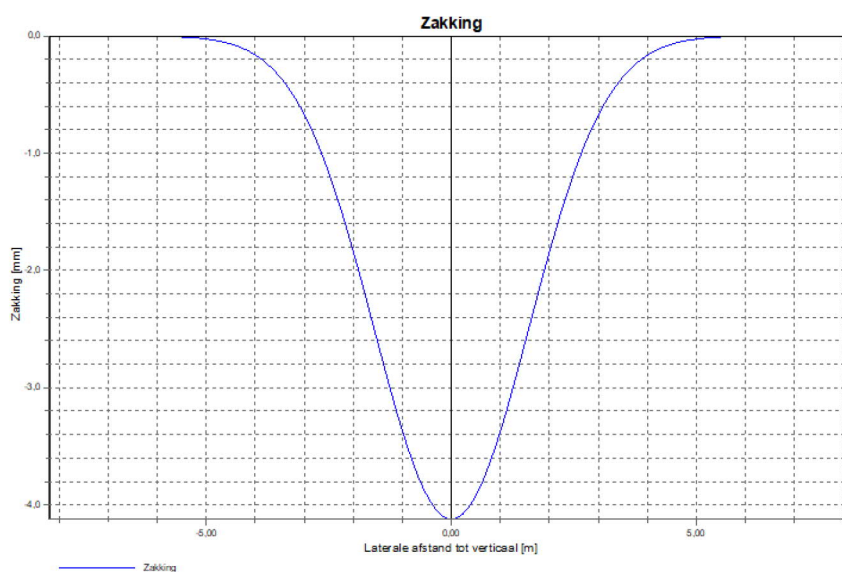
De veiligheidsfactor voor opdriven bedraagt minimaal 2,3 ter plaatse van de watergang aan de noordzijde. Dit betreft een lege boorbuis. Na aanleg zullen de mantelbuizen en kabels ingetrokken worden, waardoor het gewicht en de veiligheid toeneemt. Conclusie is dat de leiding niet zal opdriven, zowel in de aanleg- als bedrijfsfase.



Figuur 7 veiligheid tegen opdriven voor GTB-persing2

4.4 Zettingstrog

Op basis van de oversnijding hebben we een voorspelling van de zettingstrog aan maaiveld berekend. De zakking is berekend met een volumeverliespercentage van het oversnijdingsoppervlak van 50%. Dit betekent dat de oppervlakte van de zettingstrog gelijk is aan 50% van de oppervlakte van de oversnijding, het overige deel van het volume wordt opgevuld door de bentonietsmering. Dit leidt ter plaatse van de N623 (verticaal 10) tot een voorspelde zetting van circa 4 mm aan maaiveld, recht onder de boring. De zettingstrog heeft een totale breedte van circa 10 m. Hierdoor zullen de zettingstroggen van de twee parallelle persingen circa 1,5 m overlappen. Bij elkaar opgeteld geeft dit een zettingsprognose voor het overlappende deel van circa 1,0 mm.



Figuur 8 zettingstrog ter plaatse van verticaal 10, waar de persingen de N-weg kruisen

5. Risico's en aandachtspunten

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

- Werken onder en in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningstracé. De aannemer zal daarom voor de werkzaamheden ontheffing bij TenneT moeten aanvragen en rekening dienen te houden met (hoogte)beperkingen.
- De bouwkuipen en bemaling dienen nog uitgewerkt te worden door de aannemer gebruikmakend van het door TenneT te leveren geotechnische onderzoek. Op basis van dit ontwerp dient een definitieve zettingsprognoses en monitoringsplan opgesteld te worden.
- In het tracé liggen diverse kabels en leidingen waarvan de diepteligging niet bekend is. Deze dienen daarom voorafgaand aan de werkzaamheden gelokaliseerd en ingemeten te worden. In overleg met de beheerder dienen eventueel maatregelen genomen te worden.
- Bij de perskuip dient te aanwezige watergang eventueel gedempt te worden om de veiligheid voor de stabiliteit van het boorfront te vergroten.
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente en provincie te bespreken.
- De uiteinden van de persingen dienen afgesloten te worden met een sleeve.
- Spiegellassen in PE-mantelbuizen aanbrengen conform NEN7200.
- Bij het spiegellassen van de PE-leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden.

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.

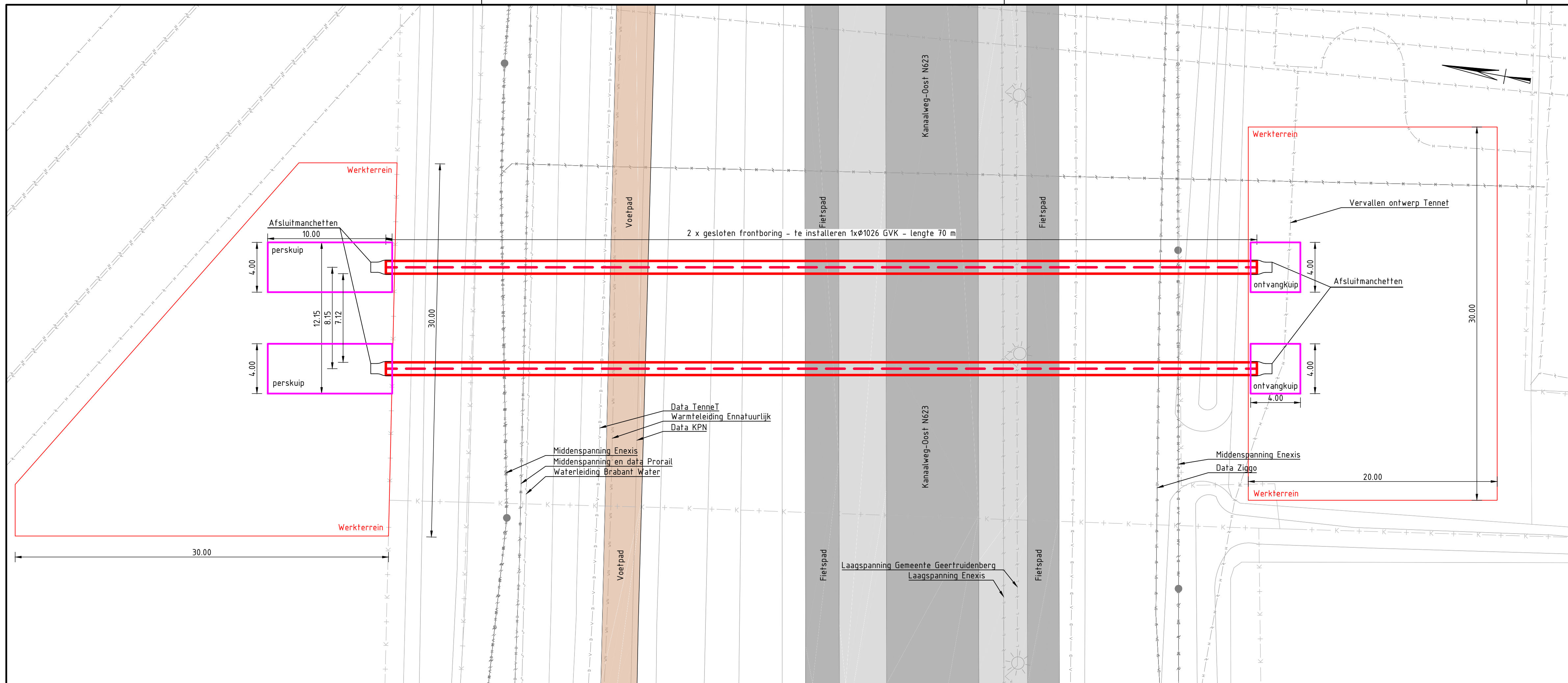
Dit rapport betreft de kruising van twee persingen met de provinciale weg N623. De kruising (met codering GTB-Persing2) is vergunningsplichtig bij Provincie Noord-Brabant. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn boortechnieken van Rijkswaterstaat.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

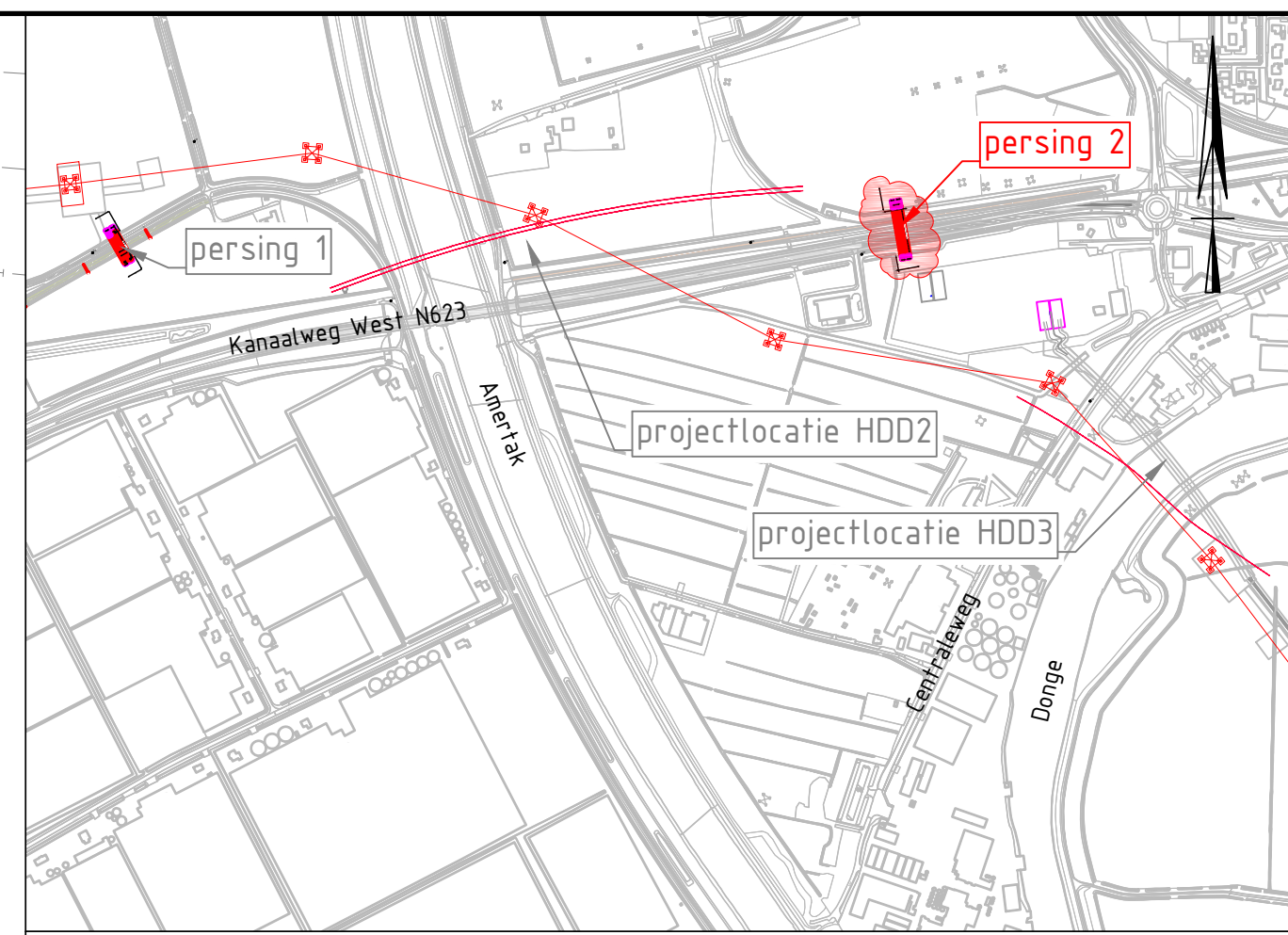
De persingen, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallel gelegen persingen met GVK Ø1026 x 44 mm SN 80.000 voldoen aan de eisen.

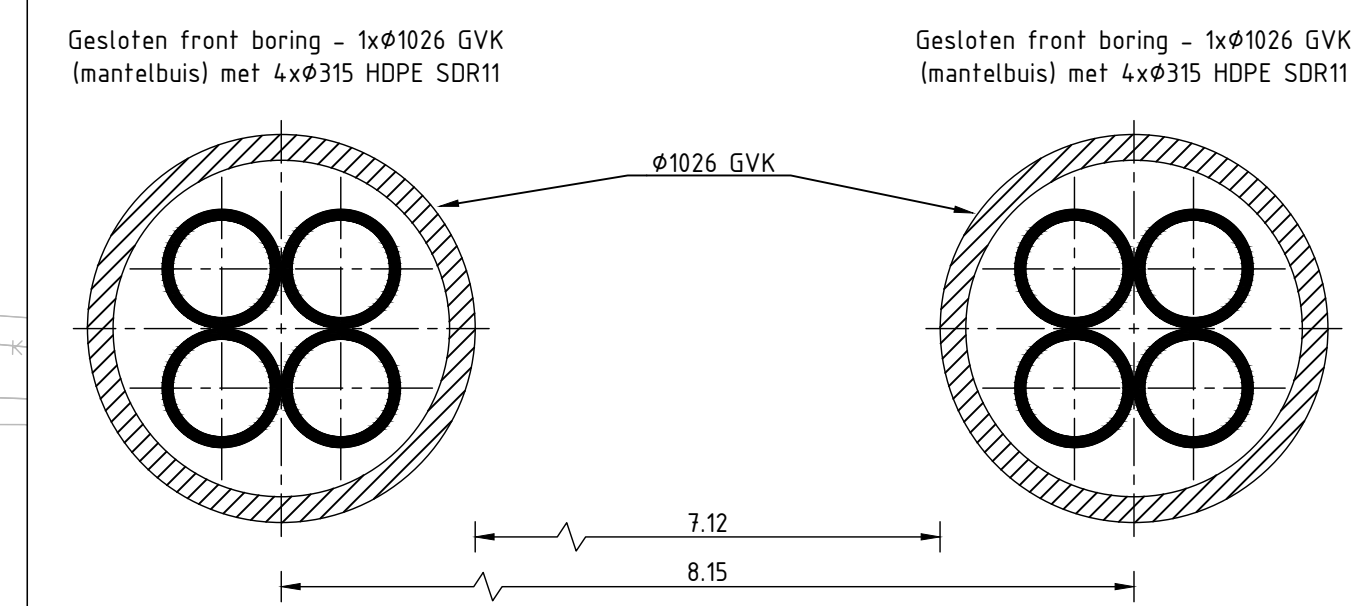
Bijlage 1 – Ontwerptekening



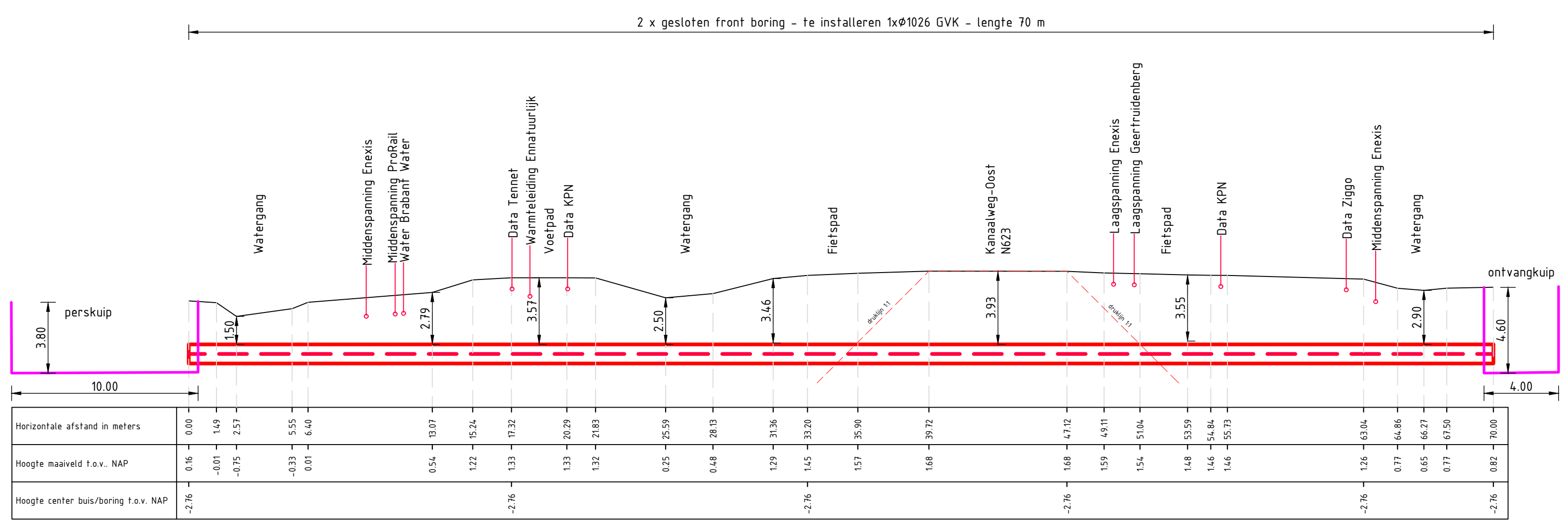
Bovenaanzicht schaal 1:200



Overzicht
Schaal 1:10.000



Principe doorsnede
Schaal 1:20



Lengteprofiel schaal 1:200

- ### Legenda
- K + — K — Kadastrale grens
 - — — — — Leiding gevaarlijke inhoud
 - — — — — Data transport
 - — — — — Landelijk hoogspanningsnet
 - — — — — Laagspanning
 - — — — — Middenspanning
 - — — — — Gasleiding hoge druk
 - — — — — Gasleiding lage druk
 - — — — — Waterleiding
 - — — — — Drukriolering
 - — — — — Riolering vrijverval
 - — — — — Horizontale persing
 - — — — — Verharding (asfalt)
 - — — — — Bestaande topo
 - — — — — Bebouwing
 - — — — — Primaire waterkering
 - — — — — Verharding/wegen

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

Vergunningstekening

D					
C					
B	T.b.v. vergunningsaanvraag	22-04-2022	JPR	MJ	JD
A	Eerste uitgave	17-01-2020	NJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

Ondachtgever
TenneT TSO B.V.
Project
HDD's 150 kV ZWO

Onderdeel
Gesloten frontboring-Persing 2 Kanaalweg-Oost N623
Geertruidenberg

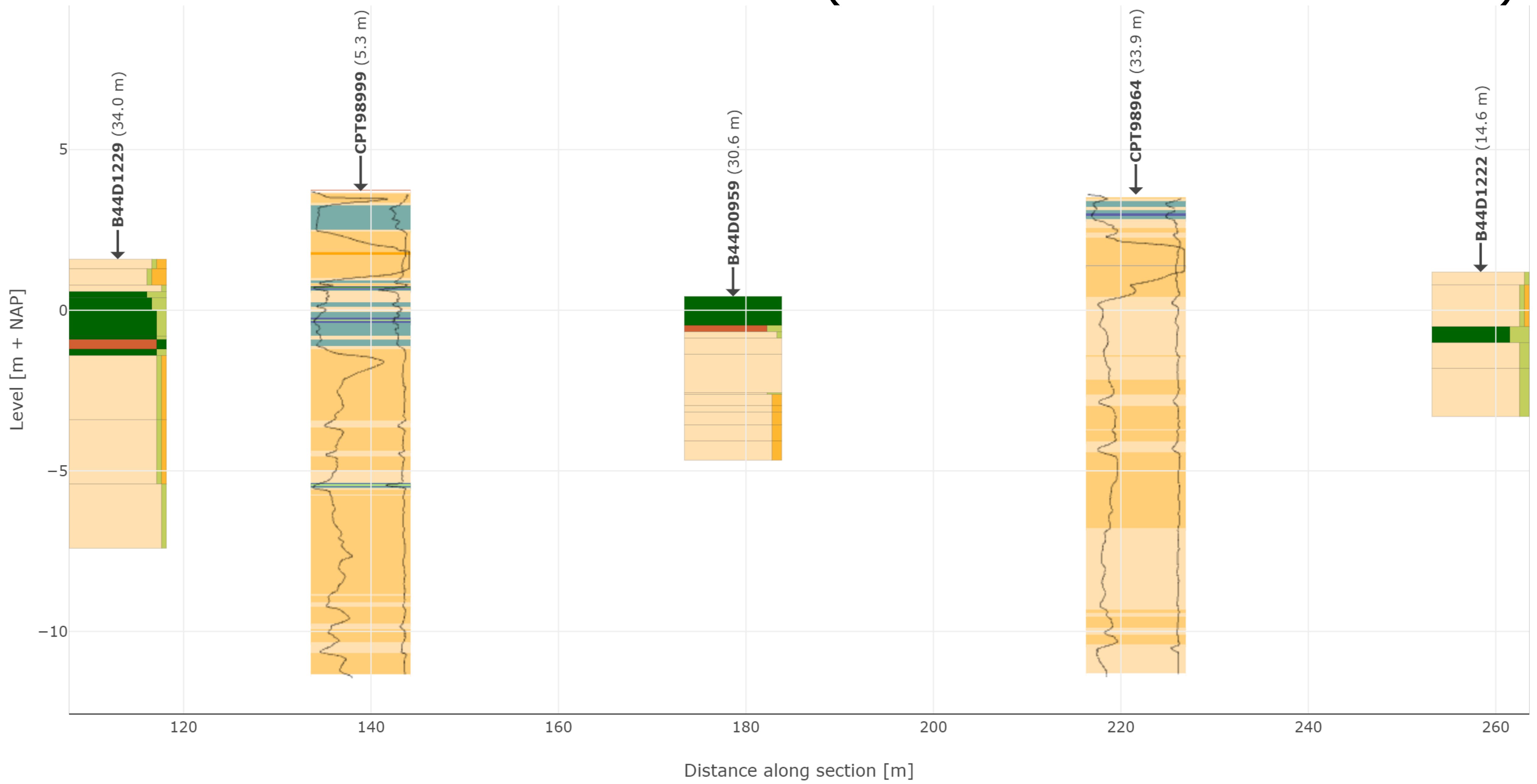
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	GTB-Persing2	B	22-04-2022	BO	

Blad	Van	Schaal	Formaat	Kantoor	Get.	Get.	Goedg.
1	1	1:200	A1	De Bilt	NJ	MJ	JD

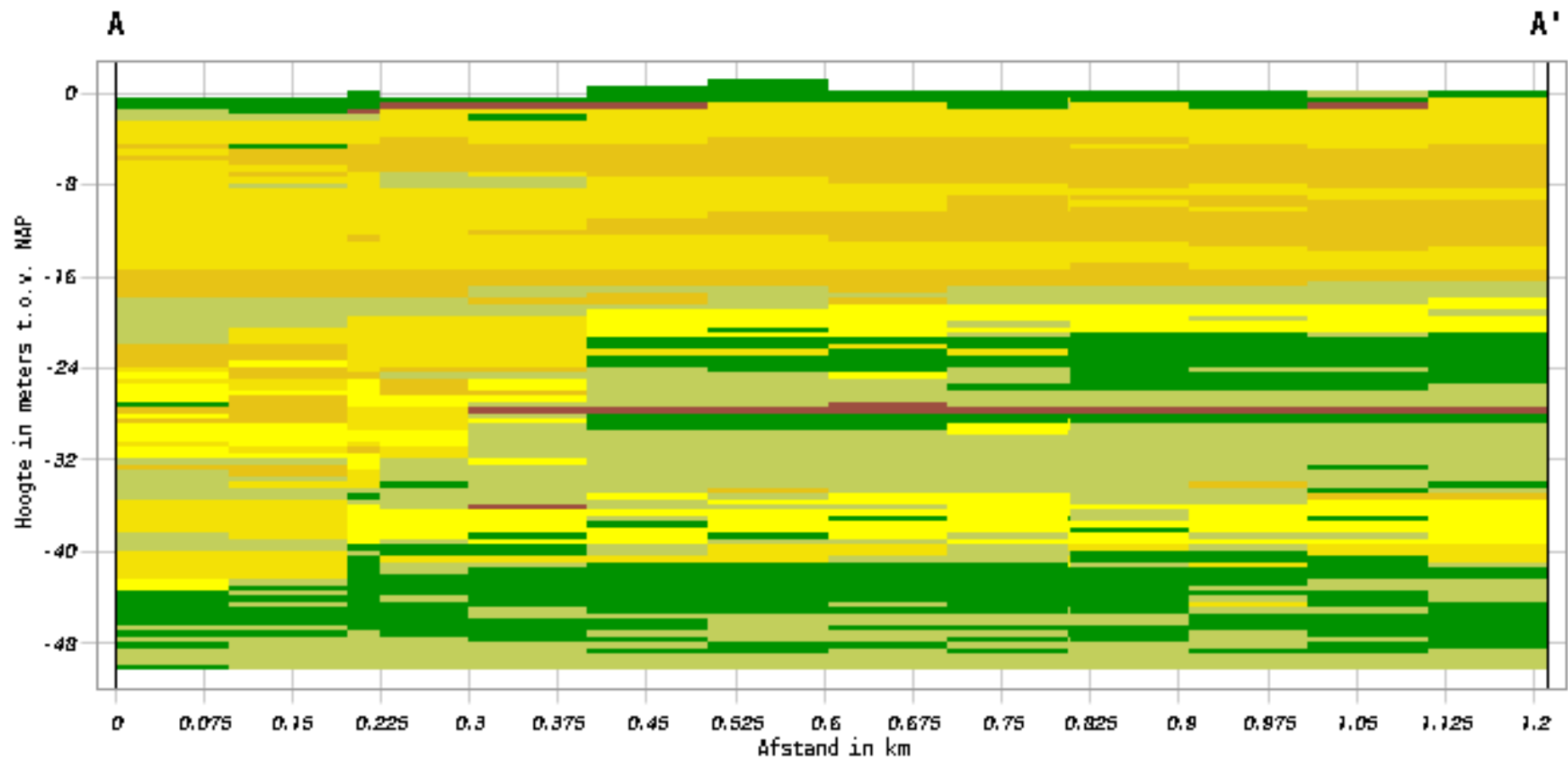
www.sweco.nl
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

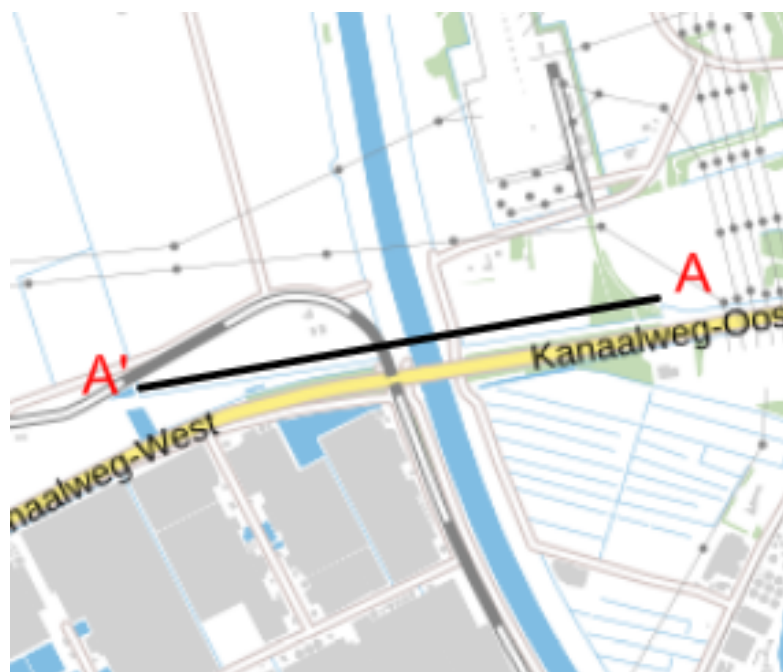
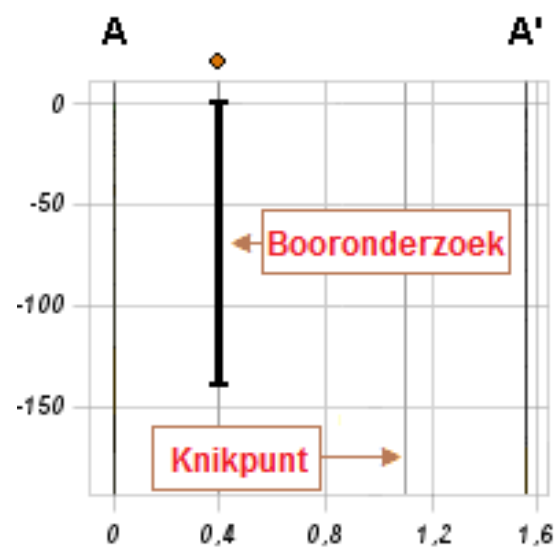
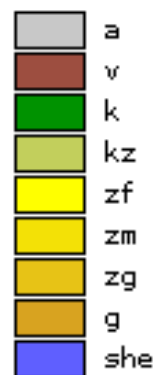
Grondonderzoek BRO (tot 60 m afstand van trace)



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4.1



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Micro Tunneling
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 25-4-2022
Tijd van rapport: 19:20:15
Rapport met versie: 20.1.1.30040
Berekend met versie: 20.1.1.30040

Bestandsnaam: GTB Persing 2 - N623

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Berichten	3
2.1 Berekeningswaarschuwingen	3
3 Invoergegevens	4
3.1 Gebruikt Model	4
3.2 Laagscheidingen	4
3.3 PN-Lijnen	4
3.4 Freatische Lijn	4
3.5 Grondprofielen	4
3.6 Grenslagen	4
3.7 Grondeigenschappen	4
3.8 Geometrie	5
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail	5
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht	5
3.9 Berekenings Verticalen	6
3.10 Configuratie van de Pijpleiding	6
3.11 Materiaalgegevens van de Leiding	6
3.12 Gegevens voor Leidingberekening	6
3.13 Factoren	7
4 Grondmechanische Data	8
4.1 Grondmechanische Parameters	8
5 Uitvoeringsparameters	10
5.1 Schilddrukken en Drukrachten	10
5.1.1 Resultaten tabel	10
5.1.2 Front Steundrukken Grafiek	10
5.1.3 Drukrachten	11
5.2 Verificatie Opdrijven	11
5.2.1 Opdrijf Factoren	11
5.2.2 Opdrijven	12
6 Deformaties	13
6.1 Zakking	13
6.1.1 Zakkingswaardentabel	13
6.1.2 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 1	14
6.1.3 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 2	14
6.1.4 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 3	15
6.1.5 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 4	15
6.1.6 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 5	16
6.1.7 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 6	16
6.1.8 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 7	17
6.1.9 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 8	17
6.1.10 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 9	18
6.1.11 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 10	18
6.1.12 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 11	19
6.1.13 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 12	19
6.1.14 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 13	20
6.1.15 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 14	20
6.1.16 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 15	21
6.1.17 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 16	21

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

Bij de berekening van de grondmechanische parameters wordt de maximale beddingsconstante ($k_{v;max}$) alleen bepaald met de verticalen die in diepe situatie liggen. Op basis van de opgegeven grens H/D_0 tussen diepe en ondiepe situaties van 7,50 zijn geen verticalen in diepe situatie gevonden voor pijp nr. 1. Daarom is de verhouding gereduceerd tot 2,50 voor deze pijp om een waarde ongelijk aan 0 te krijgen voor $k_{v;max}$.

3 Invoergegevens

3.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Micro Tunneling

3.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - L -	0,000	1,490	2,570	5,550	6,400
2 - Z -	0,160	-0,010	-0,750	-0,330	0,010
2 - L -	13,070	15,240	17,320	20,290	21,830
2 - Z -	0,540	1,220	1,330	1,330	1,320
2 - L -	25,590	28,130	31,360	33,200	35,900
2 - Z -	0,250	0,480	1,290	1,450	1,570
2 - L -	39,720	47,120	49,110	51,040	53,590
2 - Z -	1,680	1,680	1,590	1,540	1,480
2 - L -	54,840	55,730	63,040	64,860	66,270
2 - Z -	1,460	1,460	1,260	0,770	0,650
2 - L -	67,500	70,000			
2 - Z -	0,770	0,820			
1 - L -	0,000	70,000			
1 - Z -	-1,200	-1,200			
0 - L -	0,000	70,000			
0 - Z -	-10,000	-10,000			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]			
1 - L -	0,000	70,000		
1 - Z -	-0,800	-0,800		

3.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

3.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
2	Klei, sterk zandig, m...	1	1
1	Zand, schoon, matig	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 1: Zand, schoon, matig

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 1: Zand, schoon, matig

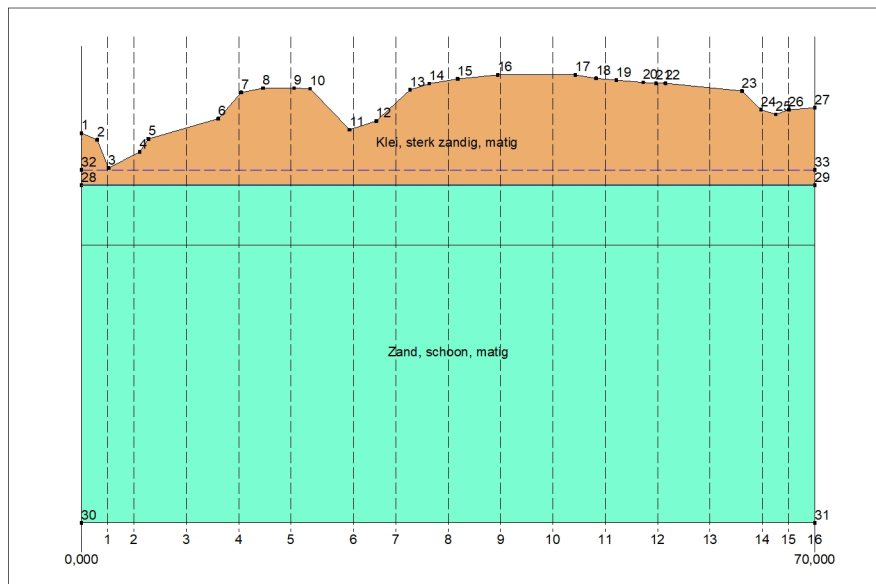
3.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m ³]	Gamma verz [kN/m ³]	Cohesie [kN/m ²]	Phi [grad]	Su top [kN/m ²]	Su onder [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod onder [kN/m ²]
Klei, sterk zandig, matig	18,00	18,00	0,50	27,50	30,00	30,00	2000,00	2000,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00	30000,00	30000,00

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grad]	Nu [-]
Klei, sterk zandig, matig	10,00	20,00	0,20
Zand, schoon, matig	0,00	20,00	0,20

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Boveanzicht

3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	2,500	-2,760
2	5,000	-2,760
3	10,000	-2,760
4	15,000	-2,760
5	20,000	-2,760
6	26,000	-2,760
7	30,000	-2,760
8	35,000	-2,760
9	40,000	-2,760
10	45,000	-2,760
11	50,000	-2,760
12	55,000	-2,760
13	60,000	-2,760
14	65,000	-2,760
15	67,500	-2,760
16	70,000	-2,760

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

3.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	-2,760	[m]
X coördinaat rechter punt	70,000	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	-2,760	[m]
Hoek links	0,0001	[grd]
Hoek rechts	0,0001	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	0,001	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	0,001	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-2,760	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	0	
De pijpleiding wordt van links naar rechts ingeduwd.		

3.11 Materiaalgegevens van de Leiding

Materiaal	Synthetisch	
Kwaliteit	SN80000	
Elasticiteitsmodulus (kort)	20500,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	12500,00	[N/mm ²]
Uitwendige diameter leiding	1026,00	[mm]
Oversnijding op de straal	10	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	44,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	21,42	[kN/m ³]

3.12 Gegevens voor Leidingberekening

Toegestane druk kracht	2595,00	[kN]
Volume verlies als percentage van het oversnijdingsoppervlak	50,00	[%]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving smeervloeistof	15,00	[grd]
Adhesie smeervloeistof	5,00	kN/m ²
Factor op phi voor gereduceerde grond belasting	0,50	[-]

Delta smeervloeistof	7,50	[grad]
Wrijving met injectie	7,50	[kPa]
Wrijving zonder injectie	10,00	[kPa]

3.13 Factoren

Veiligheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Veiligheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Veiligheidsfactor Phi	1,10	[-]
Veiligheidsfactor effectieve druk	1,50	[-]
Veiligheidsfactor waterdruk	1,05	[-]
Veiligheidsfactor opdrijven	1,00	[-]
Onzekerheidsfactor gronddruk	1,10	[-]
Factor silo effect bovenliggende laagpakket	2,00	[-]
Stabiliteitsverhouding N	3,00	[-]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m ²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m ²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t_max	Maximale wrijving leiding	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm
mat	Bodemtype	-

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	24	17	8	17	0	635
2	34	22	10	22	0	813
3	60	35	16	35	0	1243
4	99	50	23	50	0	1770
5	109	53	25	53	0	1885
6	60	34	16	34	0	1238
7	89	46	21	46	0	1648
8	119	57	26	57	0	2010
9	128	59	27	59	0	2103
10	128	59	27	59	0	2103
11	121	57	27	57	0	2033
12	116	55	26	55	0	1966
13	109	53	25	53	0	1893
14	80	43	20	43	0	1529
15	81	43	20	43	0	1537
16	83	44	20	44	0	1568

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]	mat [-]
1	9289	205	6502	6,32	4,0	Zand
2	11883	325	8318	6,77	4,0	Zand
3	18177	724	12724	7,86	4,0	Zand
4	14221	4701	9954	9,17	4,0	Zand
5	14221	4491	9954	9,45	4,0	Zand
6	18096	718	12667	7,84	4,0	Zand
7	14221	4950	9954	8,86	4,0	Zand
8	14221	4288	9954	9,76	4,0	Zand
9	14221	4149	9954	9,99	4,0	Zand
10	14221	4149	9954	9,99	4,0	Zand
11	14221	4253	9954	9,82	4,0	Zand
12	14221	4356	9954	9,65	4,0	Zand
13	14221	4477	9954	9,47	4,0	Zand
14	14221	5225	9954	8,57	4,0	Zand
15	14221	5207	9954	8,59	4,0	Zand
16	14221	5132	9954	8,67	4,0	Zand

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 59 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 59 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 59 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 14221 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		

alleen voor verticalen in diepe situatie

: $k_{v;max} = 28441 \text{ kN/m}^3$

WAARSCHUWING:

Bij de berekening van de grondmechanische parameters wordt de maximale beddingscontante ($k_{v;max}$) alleen bepaald met de verticalen die in diepe situatie liggen.

Op basis van de opgegeven grens H/Do tussen diepe en ondiepe situaties van 7,50 zijn geen verticalen in diepe situatie gevonden voor pijp nr. 1.

Daarom is de verhouding gereduceerd tot 2,50 voor deze pijp om een waarde ongelijk aan 0 te krijgen voor $k_{v;max}$.

5 Uitvoeringsparameters

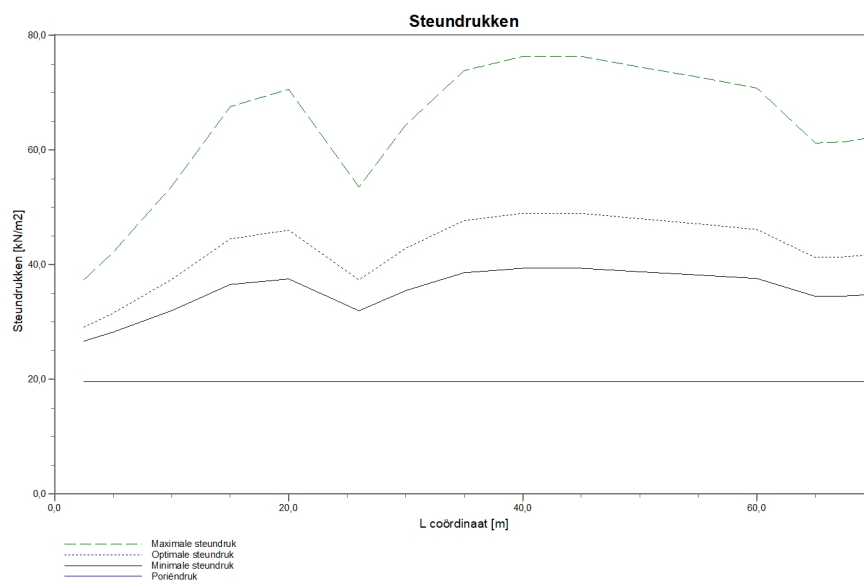
5.1 Schilddrukken en Drukrachten

5.1.1 Resultaten tabel

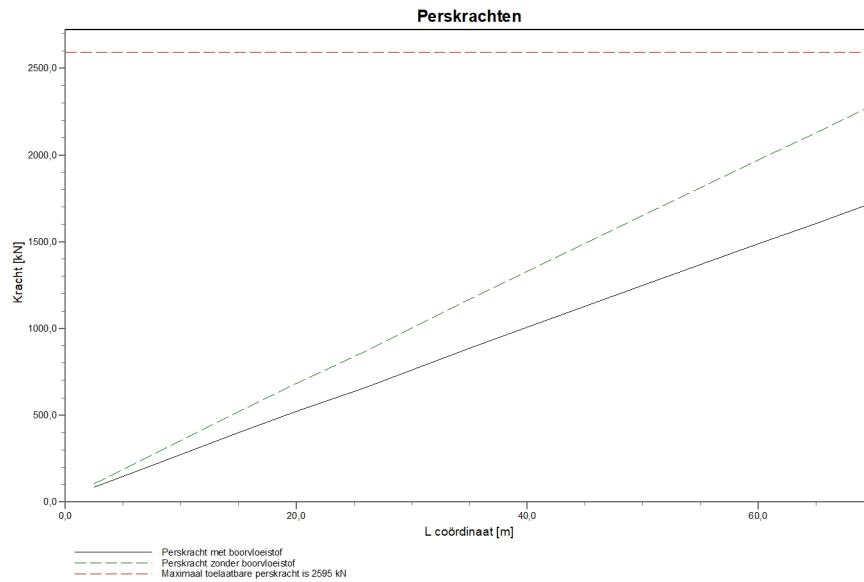
De maximaal toelaatbare schild druk en de minimaal benodigde schild druk zijn berekend voor de opgegeven grond condities. De maximale schilddruk moet niet overschreden worden teneinde frac-out te voorkomen. De minimale schilddruk moet niet onderschreden worden om maaiveld zakkingen te voorkomen. De target druk is de druk die minimale grond deformaties veroorzaakt tijdens het drillen.

Verticaal nr.	Front Vloeistofdrukken			Duw Kracht	
	Pmax [kN/m ²]	Pmin [kN/m ²]	Pstreef [kN/m ²]	Smeer [kN]	Normaal [kN]
1	37	27	29	85	105
2	42	28	32	147	187
3	54	32	37	273	353
4	68	37	44	399	520
5	71	38	46	522	683
6	54	32	37	659	869
7	64	35	43	761	1002
8	74	39	48	886	1168
9	76	39	49	1007	1330
10	76	39	49	1128	1491
11	74	39	48	1248	1651
12	73	38	47	1369	1812
13	71	38	46	1489	1972
14	61	34	41	1605	2129
15	61	35	41	1666	2210
16	62	35	42	1727	2291

5.1.2 Front Steundrukken Grafiek



5.1.3 Drukkrachten



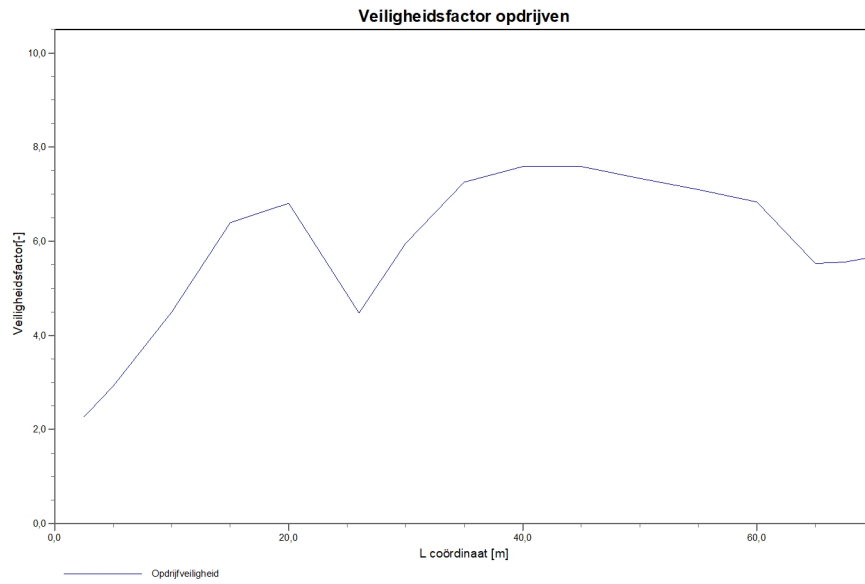
5.2 Verificatie Opdrijven

Door het drijfvermogen van de pijp onder de grondwater spiegel moet het opdrijven worden gecontroleerd. In de volgende berekening is de veiligheids factor tegen opdrijven bepaald. Deze berekening is gebaseerd op een lege pijp.

5.2.1 Opdrijf Factoren

Verticaal nr.	Veiligheidsfactor berekend [-]	Veiligheidsfactor vereist [-]
1	2,27	1,00
2	2,92	1,00
3	4,50	1,00
4	6,39	1,00
5	6,81	1,00
6	4,48	1,00
7	5,96	1,00
8	7,25	1,00
9	7,59	1,00
10	7,59	1,00
11	7,33	1,00
12	7,10	1,00
13	6,83	1,00
14	5,53	1,00
15	5,55	1,00
16	5,67	1,00

5.2.2 Oprijven



6 Deformaties

6.1 Zakking

Ten gevolge van de oversnijding zal maaiveld zakking optreden. De zakking is berekend met een volume verlies percentage van het oversnijdings oppervlak. In de berekening is 50,0 procent gebruikt.

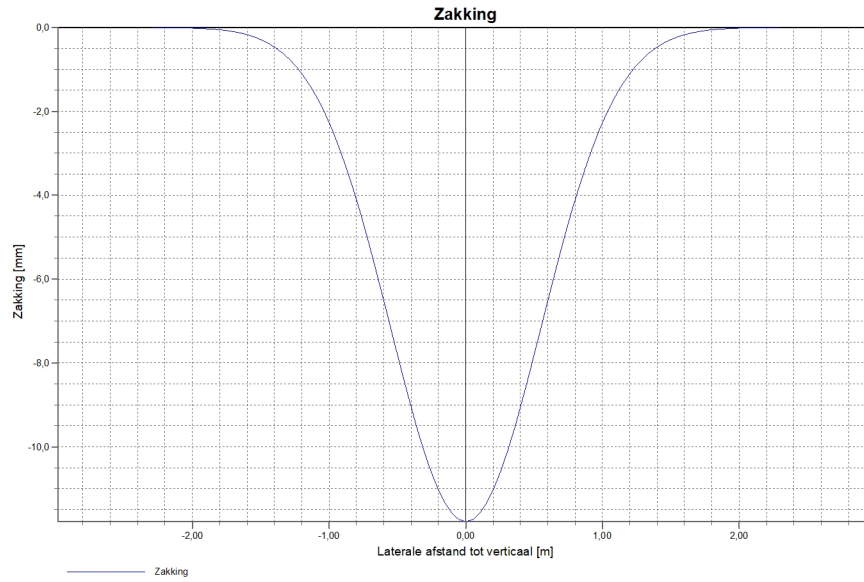
Uitwendige diameter leiding	1026	[mm]
Oversnijding op de straal	10	[mm]
Volume verlies	16273,4	[mm ²]

6.1.2 Zakkingswaardentabel

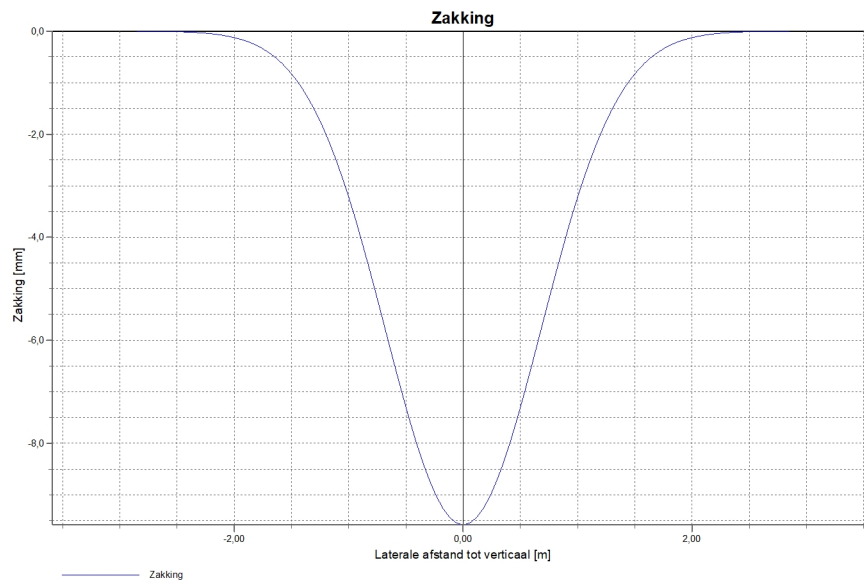
Verticaal nr.	Zakking op horizontale afstand van de z as:										
	0 W [mm]	0.1 W [mm]	0.2 W [mm]	0.4 W [mm]	0.7 W [mm]	1.0 W [mm]	1.3 W [mm]	1.6 W [mm]	2.0 W [mm]	2.5 W [mm]	3.0 W [mm]
1	12	11	9	4	0	0	0	0	0	0	0
2	10	9	8	4	0	0	0	0	0	0	0
3	7	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
4	5	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0
5	5	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
6	7	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
7	5	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0
8	4	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
9	4	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
10	4	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
11	4	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
12	4	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
13	5	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
14	6	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0
15	5	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0
16	5	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0

W is de verticale afstand tussen het maaiveld en het buiscentrum

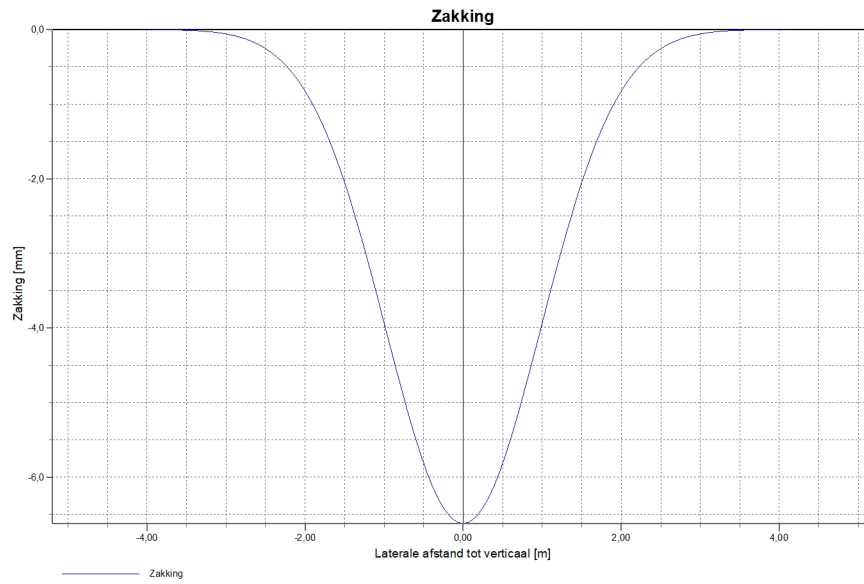
6.1.4 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 1



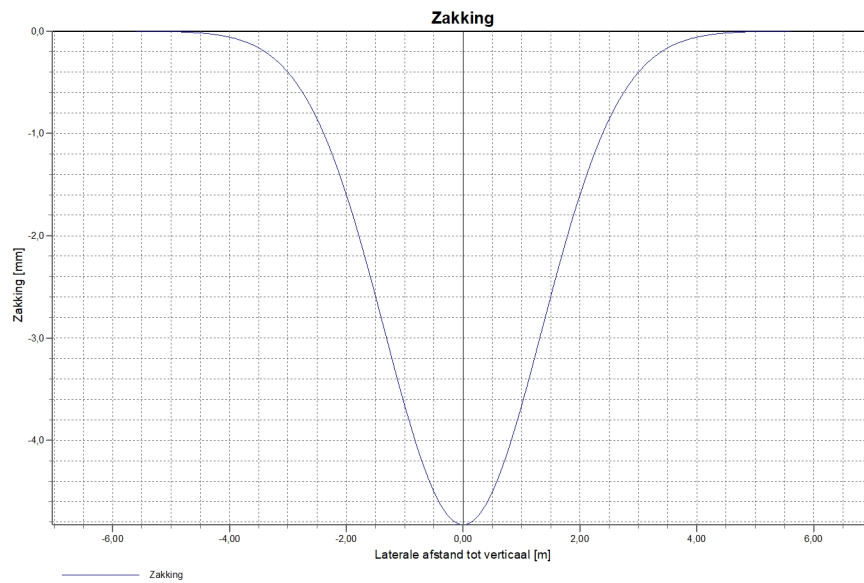
6.1.5 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 2



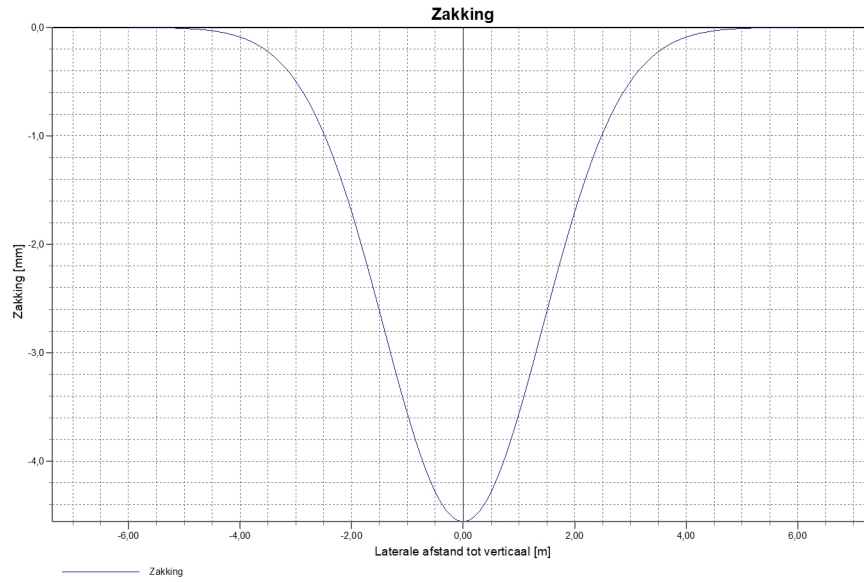
6.1.6 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 3



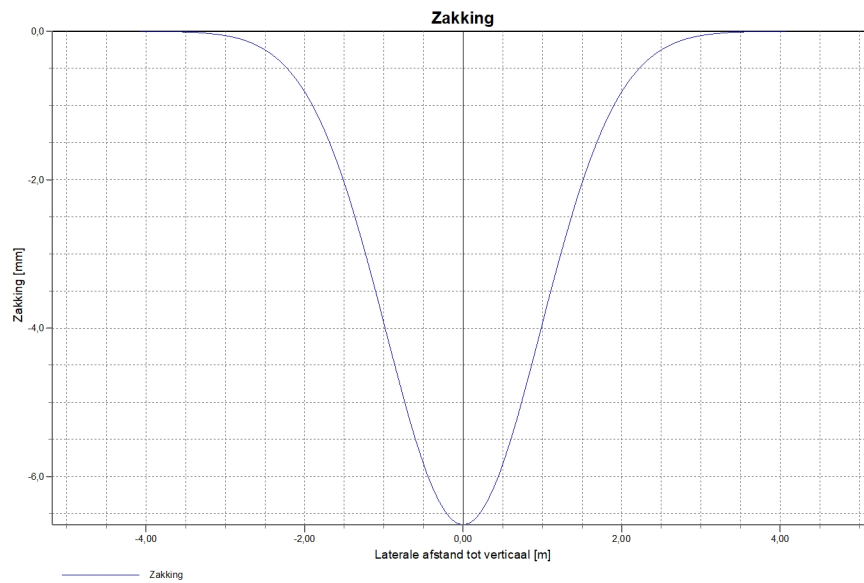
6.1.7 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 4



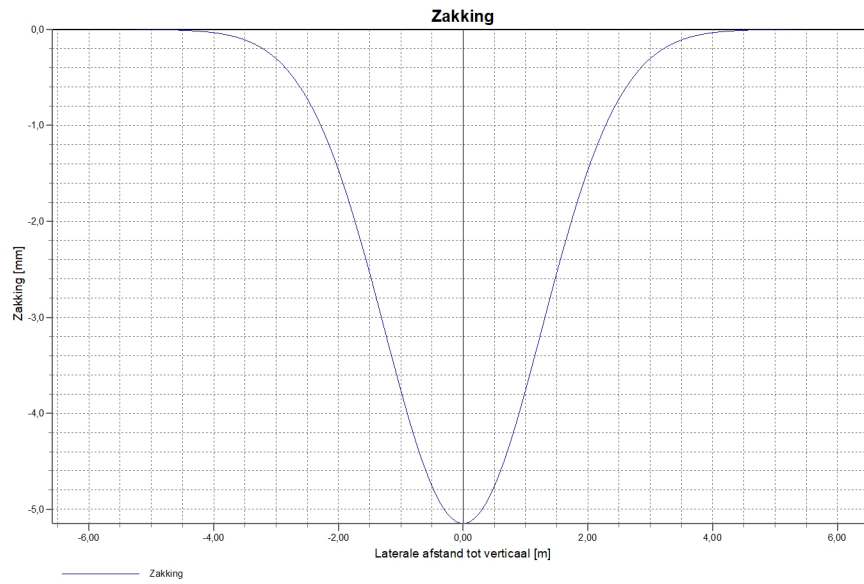
6.1.8 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 5



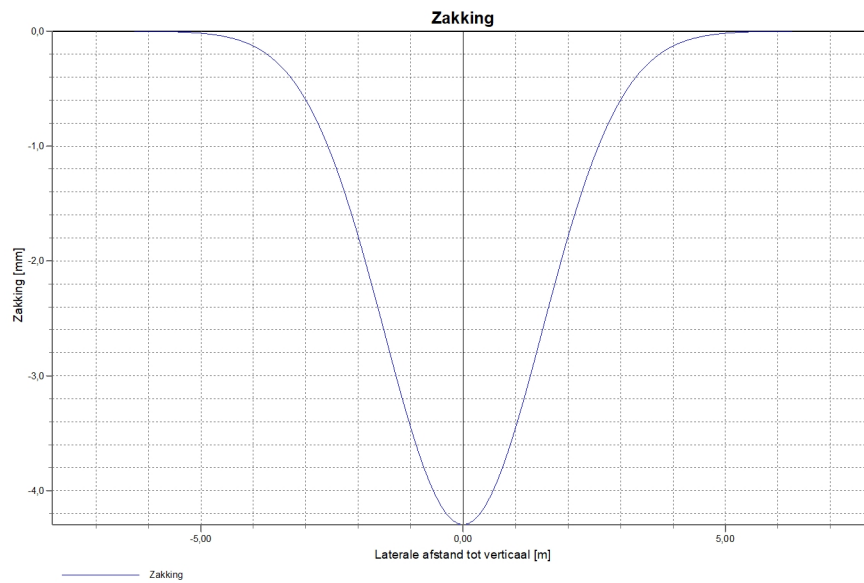
6.1.9 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 6



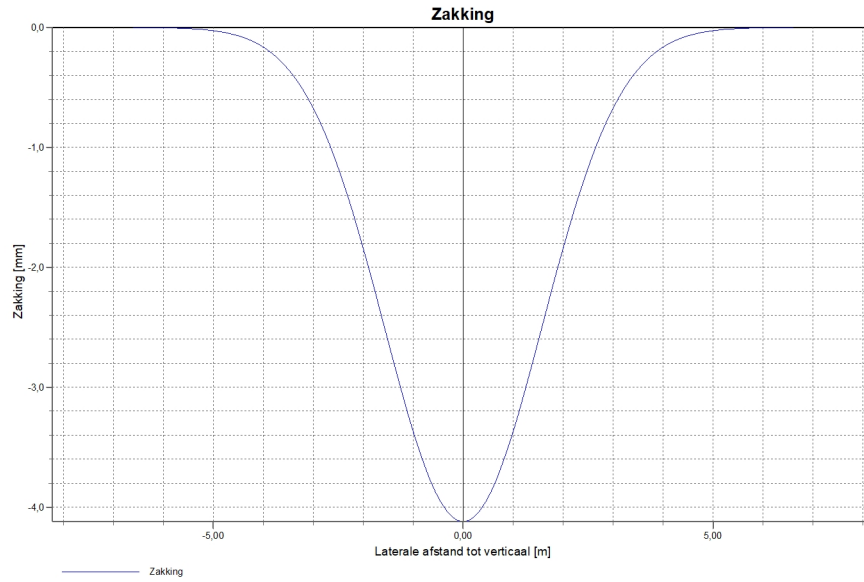
6.1.10 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 7



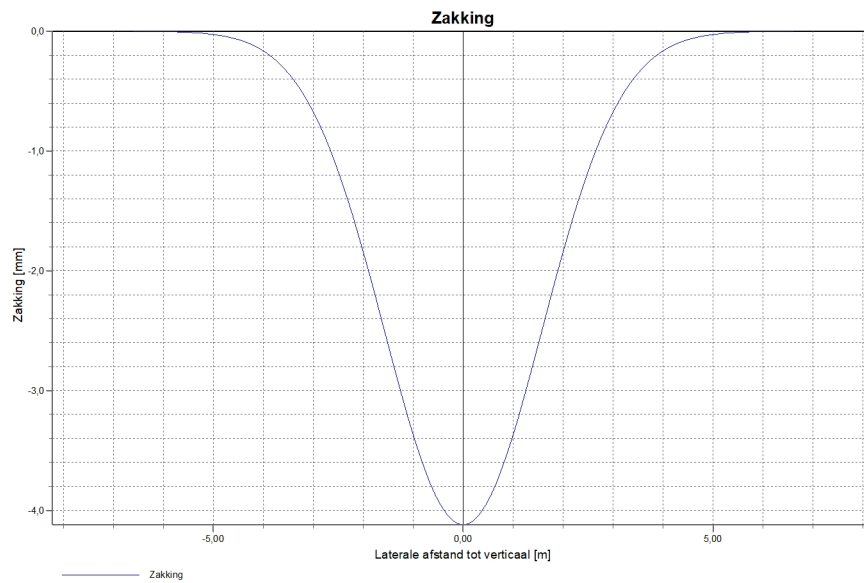
6.1.11 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 8



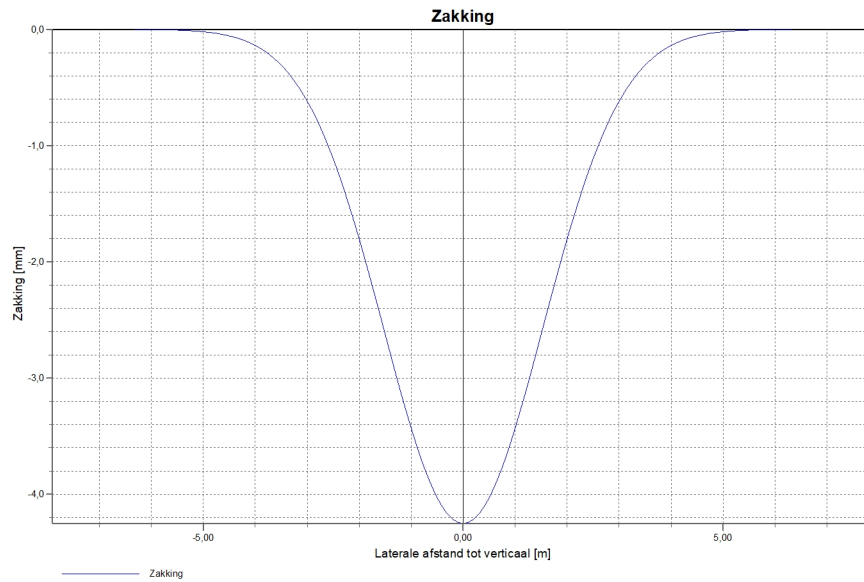
6.1.12 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 9



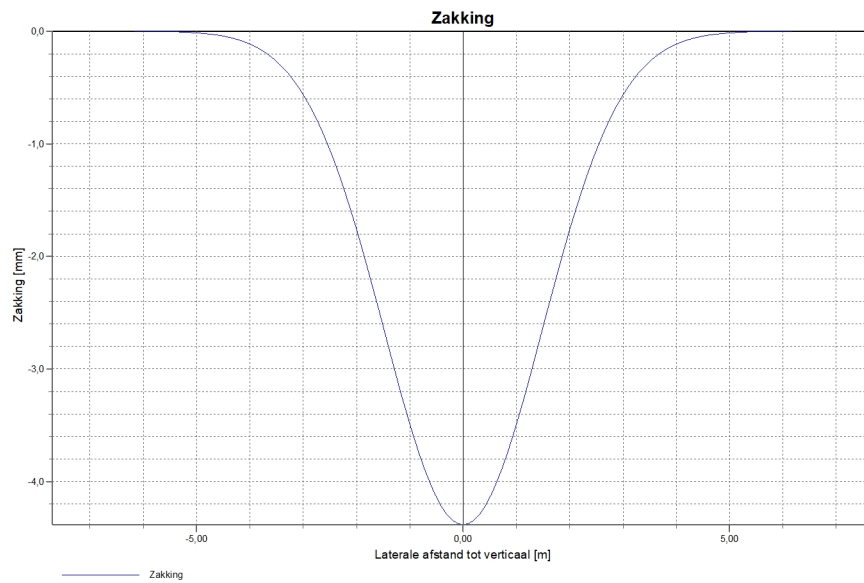
6.1.13 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 10



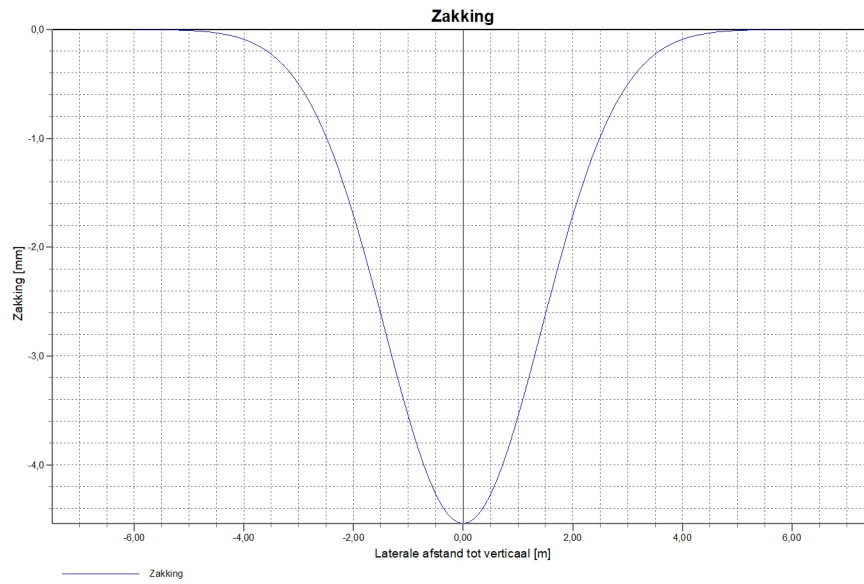
6.1.14 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 11



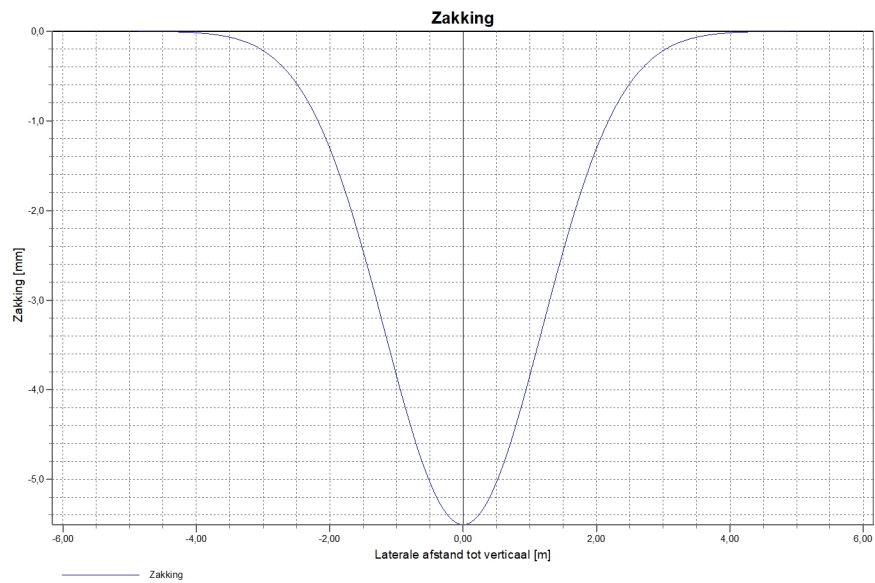
6.1.15 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 12



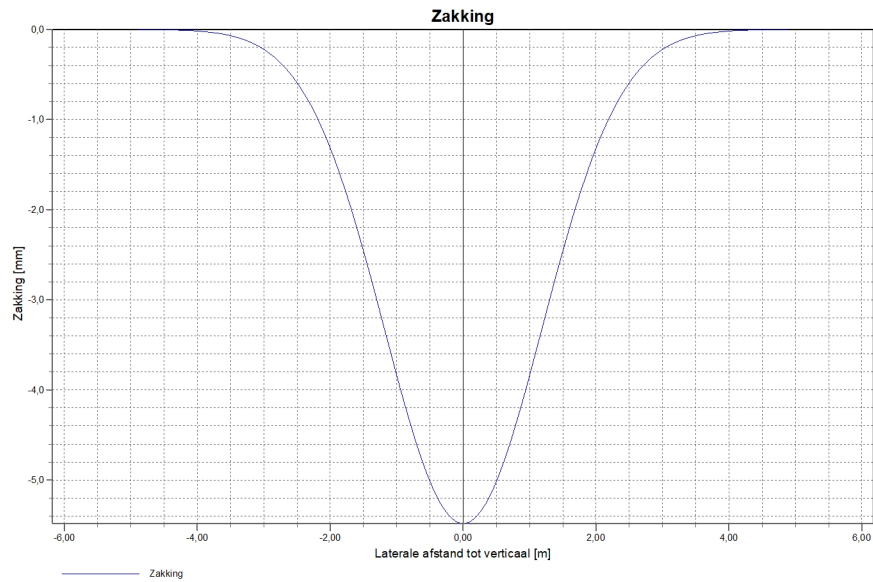
6.1.16 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 13



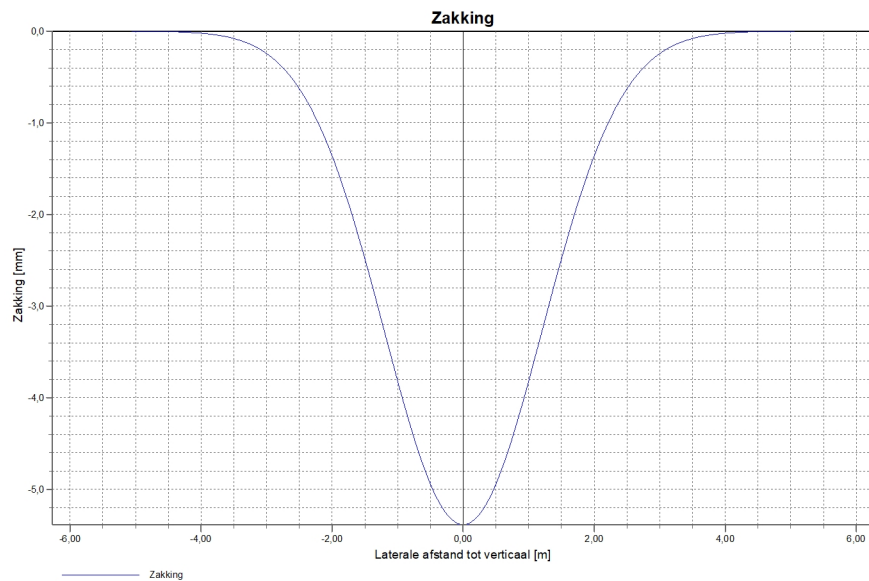
6.1.17 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 14



6.1.18 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 15



6.1.19 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 16

**Einde Rapport**

D.5 Vergunningsrapportage Prorail

Kruising 2 persingen met spoor

Vergunningsrapport ProRail



Verantwoording

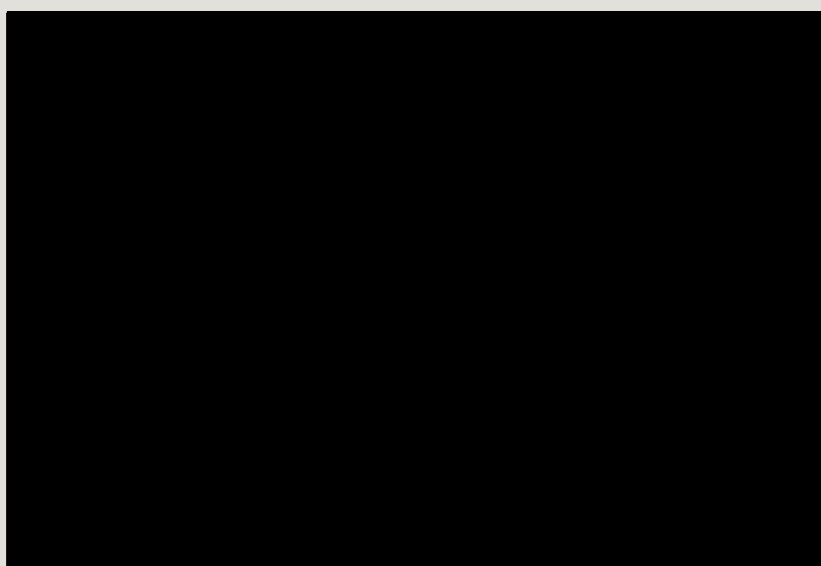
Titel: Kruising 2 persingen met het spoor
Onderwerp: Vergunningsrapport ProRail
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22881
Versie: D1

Datum: 28-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Situatie.....	4
1.2	Leeswijzer.....	5
2.	Uitgangspunten	6
2.1	Gebruikte documenten	6
2.2	Vigerende normen en richtlijnen.....	6
2.3	Minimale dagmaat tussen nieuwe boringen	7
2.4	Diepteligging.....	7
2.5	Oversnijding.....	8
2.6	Inwendige overdruk	8
2.7	Grondwaterstand	8
2.8	Geotechnische parameters	8
2.9	Afwijkingstoleranties	9
3.	Ontwerp	10
3.1	Gegevens	10
3.2	Pers- en ontvangkuipen	11
4.	Berekeningsresultaten.....	13
4.1	Perskrachtberekening	14
4.2	Steundrukberekening	14
4.3	Opdrijving	15
4.4	Zettingstrog.....	16
5.	Risico's en aandachtspunten	17
6.	Conclusie.....	18
6.1	Algemeen	18
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening.....	18
	Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	19
	Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek	20
	Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	21

1. Inleiding

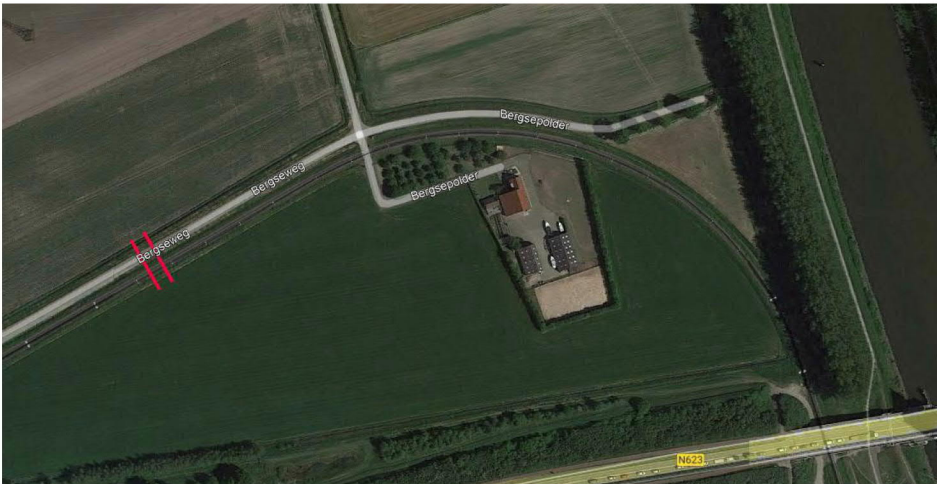
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen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

Dit rapport betreft de kruising van twee persingen met een goederenspoor en de Bergseweg. De kruising (met codering GTB-Persing1) is vergunningsplichtig bij ProRail. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Spoorkruising derden: RLN 00427-2 van ProRail.

1.1 Situatie

De twee persingen zijn onderdeel van een nieuwe ondergrondse 150 kV-verbinding vanaf een nieuw te plaatsen mast aan de noordzijde van de Bergseweg naar hoogspanningsstation Geertruidenberg-Zuid. Het tracé van de persingen kruist de Bergseweg en het goederenspoor met Geocode 823, tussen kilometrering 0,3 en 0,4 (zie figuur 1). Het goederenspoor betreft een niet-geëlektrificeerd enkel spoor. De locatie ligt ten westen van de Amertak en ten noorden van de N623. Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle persingen moeten worden gemaakt. Eén persing bestaat uit een boorbuis GVK Ø1026 mm met daarin 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 persingen liggen naast elkaar met een dagmaat van 8 meter tussen de boorbuisen. De persingen hebben een lengte van circa 42 m en een diepte van NAP -2,28 m (hart van de boring). De bovenkant van de persingen liggen op circa 3,3 m onder bovenkant spoor (BS). Gezien de grondwaterstand worden de persingen uitgevoerd middels een gesloten front techniek (GFT).



Figuur 1 Overzicht situatie GTB-Persing1

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 GTB-Persing1, tekeningnummer GTB-Persing1 versie C, d.d. 29-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1).
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2).
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3).
- KLIC-levering 22O053708_1 opgevraagd d.d. 21-04-2022;
- Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta, geraadpleegd d.d. 20-04-2022, website:
<https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6037ee85e784521be739b8ae5b38f7d>
- ProRail Referentiesysteem Hectometerpunt (Geocode) shapefile:
<https://data.overheid.nl/dataset/prorail-referentiesysteem#panel-resources>
- Specificaties GVK boorbuizen Amiblu / Hobas:
<https://www.amiblu.com/wp-content/uploads/Hobas-Technical-Product-Data-PN1.pdf>

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- VELIN Richtlijn nr 2017/6 Versie september 2019;
- Spoor kruising derden: RLN 00427-2, 31-3-2021;
- Indieningvereisten: Ten behoeve van het aanvragen van een vergunning op grond van artikel 19 Spoorwegwet en het aanvragen van een ontheffing op grond van artikel 13 lid 3 van de Regeling omgevingsregime hoofdspoorwegen, ProRail, 01-07-2021-versie-18 (bijlage 1)

2.3 Minimale dagmaat tussen nieuwe boringen

In Spoorkruising derden: RLN 00427-2 van ProRail staat in Eis-3.24 het volgende:

Eis-3.24: Wanneer een persing moet worden gerealiseerd horizontaal naast een (bestaande) boring of persing, dan dient deze persing te worden gerealiseerd op een afstand conform tabel 1 gemeten vanaf de buitenzijde van de (bescherm)buizen van de (bestaande) boring of persing.

Buisdiameter [mm]	Minimale afstand tussen buizen [m]	Maximale aantal buizen in een buisgroep
< 200	2,00	3
> 200 tot 400	2,00	3
> 400 tot 800	8,00	2
> 800 tot 1500	8,00	2
> 1500 tot 5000	20,00	1

Tabel 1: Minimale afstanden en maximale aantal evenwijdige buizen

Toelichting: Met een ontwerp van een persing type OFT of GFT naast een HDD klasse SA of SB moet afstand worden gehouden, immers bij een OFT of GFT persing is de kans groot dat met het intrillen van de damwanden voor de pers- en of ontvangstput de bestaande HDD wordt geraakt. Een HDD boring naast een bestaande OFT of GFT is minder risicovol, echter dient er rekening gehouden te worden met mogelijk achtergebleven damwanden van de OFT en GFT pers- en ontvangstput onder maaiveld.

Eis 3.24-1: Het maximaal aantal buizen in een buisgroep wordt bepaald door de buis met de grootste (bestaande) diameter.

Toelichting: Een buisgroep is een aantal evenwijdig gelegen spoor kruisende buizen. Een buisgroep mag dus bijvoorbeeld maximaal bestaan uit 1 buis met een diameter van 200mm en 1 buis met een diameter van 700mm.

NB: een bestaande (vierkante of anders vormgegeven) duiker/spoor kruising geldt ook als spoor kruisende buis en maakt daarmee ook deel uit van een buisgroep.

Eis 3.24-2: Bij overschrijding van het aantal naast elkaar gelegen buizen moet tussen de buisgroepen een minimale afstand van 20 meter aanwezig zijn.

Eis 3.24-3: De bepalingen zijn ook van toepassing voor bescherm buizen waarin meerdere leidingen of kabels worden aangebracht.

Op basis hiervan is tussen de twee persingen GVK Ø1026 mm een dagmaat van 8,00 m aangehouden. Er is sprake van één buisgroep.

2.4 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- ProRail vereist voor gesloten frontboringen tussen 1000 en 5000 mm een minimale afstand tussen boorbuis en bovenkant spoorstaaf (BS) van 2x uitwendige diameter van de mantelbuis. Dit houdt in dit geval een afstand van $2 \times 1,026 = 2,052$ m in. Onder het spoor hebben de persingen een dekking van 3,3 m en voldoen daarmee aan de eis.
- NEN 3650-1 2020 paragraaf F2.1 vereist een diepteligging onder wegen van $1,0 +$ de uitwendige diameter. Dit houdt in dit geval een afstand van $1 + 1,026 = 2,026$ m in. Onder de Bergseweg hebben de persingen een dekking van 2,5 m en voldoen daarmee aan de eis.
- VELIN schrijft voor dat tussen kabels en leidingen en een gesloten frontboring minimaal een dagmaat van 1,0 m aanwezig dient te zijn, onder voorwaarde dat de leiding zichtbaar is. De kritische kabels en leidingen moeten daarom, indien mogelijk, vooraf opgezocht worden middels een proefsleuf naast de boorlijn.

2.5 Oversnijding

Voor de persingen is een maximale oversnijding van 10 mm gehanteerd in de berekening. In de buis zijn smeernippels aanwezig voor een maximale vulling te krijgen van de loze ruimte om de buis.

2.6 Inwendige overdruk

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

2.7 Grondwaterstand

De persingen liggen binnen het peilbesluit van Gat van de Ham. Echter heeft het de noordzijde van de kruising een ander zomer- en winterpeil dan de zuidzijde. De scheiding van de peilgebieden ligt tussen het spoor en de Bergseweg. Aan de noordzijde is het zomerpeil -1,0 m NAP en het winterpeil -1,5 m NAP. Aan de zuidzijde is het zomerpeil -0,6 m NAP en het winterpeil -0,8 m NAP. We gaan in de berekening uit van een gemiddelde waterstand van -0,7 m NAP ter plaatse van het spoor.



Figuur 2 de peilscheiding ter plaatse van de Bergseweg en het spoor (rode lijn)

2.8 Geotechnische parameters

TenneT voert momenteel nog specifieke grondonderzoeken uit voor dit project, waardoor de geotechnische gegevens en parameters nu zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers en dieptes van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. Het gebruikte grondonderzoek ligt voornamelijk rond de Amertak op circa 300 m afstand. 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
		[m NAP]
B44D1229	Boring	-7
CPT98999	Sondering	-12
B44D0959	Boring	-5
CPT98964	Sondering	-12
B44D1222	Boring	-3

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa -1,0 m NAP van het geplande boortracé. Boven de zandlaag bestaat de grond uit een laag zandige klei, zoals geobserveerd in het grondonderzoek. Tabel 2-1 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters en grondlagen zien. De grondparameters zijn opgesteld op basis van kennis en ervaring van de Nederlandse ondergrond en tabel 2b van NEN 9997-1+C2-2017. De stijfheidsmodulus E en ongedraineerde schuifsterkte S_u zijn gecorreleerd met de conusweerstand conform CUR2003-7 (2003) en CUR162 (1992).

Tabel 2-2 **Grondparameters gebruikt in de berekening**

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' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
0,3	-1,2	Klei; sterk zandig	18	18	0,5	27,5	30,0	2000
-1,2	-30,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000

2.9 Afwijkingstoleranties

ProRail vereist bij zowel OFT als GFT persingen de volgende afwijkingstoleranties: ten aanzien van plaats-toleranties geldt dat de persing zo nauwkeurig mogelijk dient te worden uitgevoerd. Deze mag ten opzichte van de uitgezette boorlijn:

- in het verticale vlak geen grotere afwijking vertonen dan +100 mm en -100 mm;
- in het horizontale vlak geen grotere afwijking vertonen dan +1000 mm en -1000 mm;

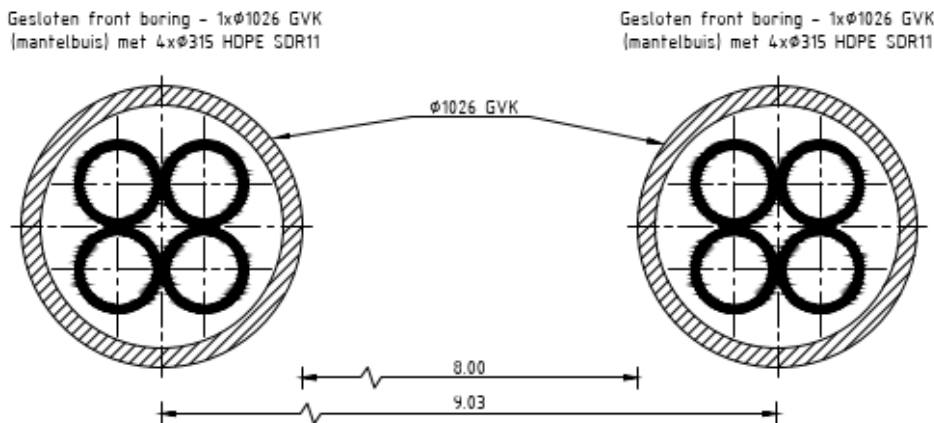
rekening houdend met risicovolle (spoor)objecten.

3. Ontwerp

3.1 Gegevens

Het ontwerp van de twee persingen heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: boorbuis GVK $\text{Ø}1026 \times 34 \text{ mm}$ SN 32000;
- gewicht buis: 227 kg/m;
- maximaal toelaatbare perskracht: 1830 kN
- lengte: 42 m;
- maximale diepte hart persing: NAP -2,28 m;



Figuur 3 Doorsnede van de 2 persingen

Aan de hand van vigerende normen en richtlijnen is een ontwerp gemaakt voor de persingen. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp, naast de afstandseisen uit hoofdstuk 2, zijn:

- De persingen dienen het spoor loodrecht te kruisen.
- De buis dient voldoende sterk te zijn om de perskrachten aan te kunnen.
- De diepteligging dient voldoende te zijn om een stabiel boorfront te hebben.
- Aan de zuidzijde ligt parallel aan de spoorlijn een databundel van KPN. Vanwege deze bundel is de persing verlengd, zodat de ontvangkuipen op 5 m van deze bundel blijven. Uit de KLIC is geen nadere info bekend

over de diepte van deze bundel. Uitgaande van een standaarddekking van 0,6 m passeert de persing deze veilig. Mogelijk is sprake van een HDD-bundel en ligt de bundel op diepte onder het voorgenomen boorprofiel.

- De uitvoering vindt plaats middels de gesloten front techniek.

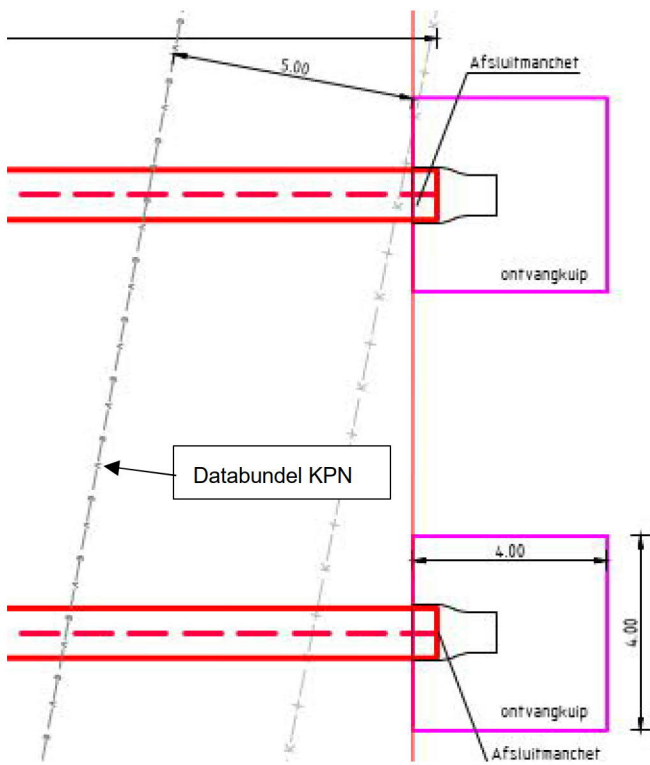
3.2 Pers- en ontvangkuipen

Elke persing heeft een aparte perskuip van 10 x 4 m. De perskuipen liggen aan de noordzijde van het tracé (zie figuur 4). De perskuip is bereikbaar via de Bergseweg en het weiland.

De ontvangkuipen zijn 4 x 4 m. De ontvangkuipen liggen 5 m uit een databundel van KPN die hier ligt. De ontvangkuip is bereikbaar via de spoorwegovergang Bergsepolder en het weiland.



Figuur 4 locatie en bereikbaarheid van GTB-Persing1



Figuur 5 *ligging ontvangkuipen ten opzichte van databundel KPN*

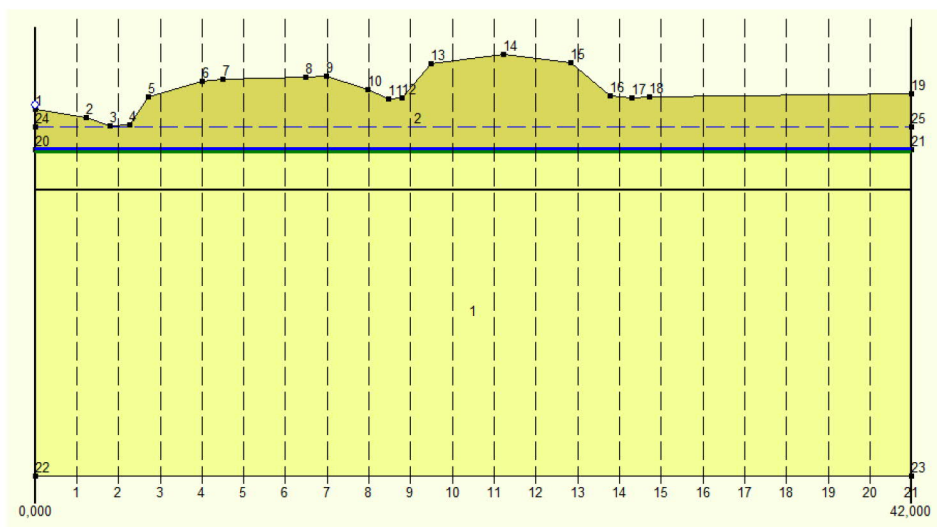
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de persingen uitgevoerd:

- een perskrachtberekening;
- stabiliteit boorfront;
- risico op opdrijven;
- de zettingstrog;

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

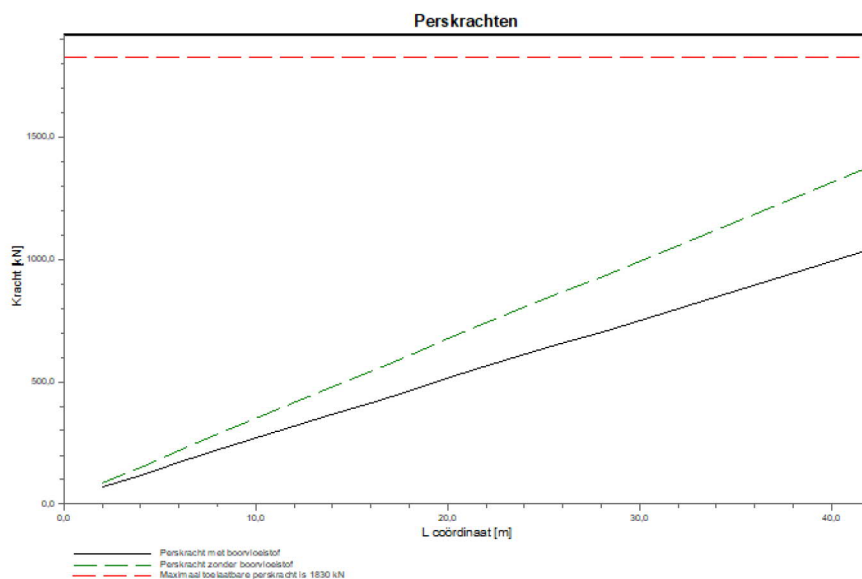
De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 6 D-Geo Pipeline-model van GTB-Persing1

4.1 Perskrachtberekening

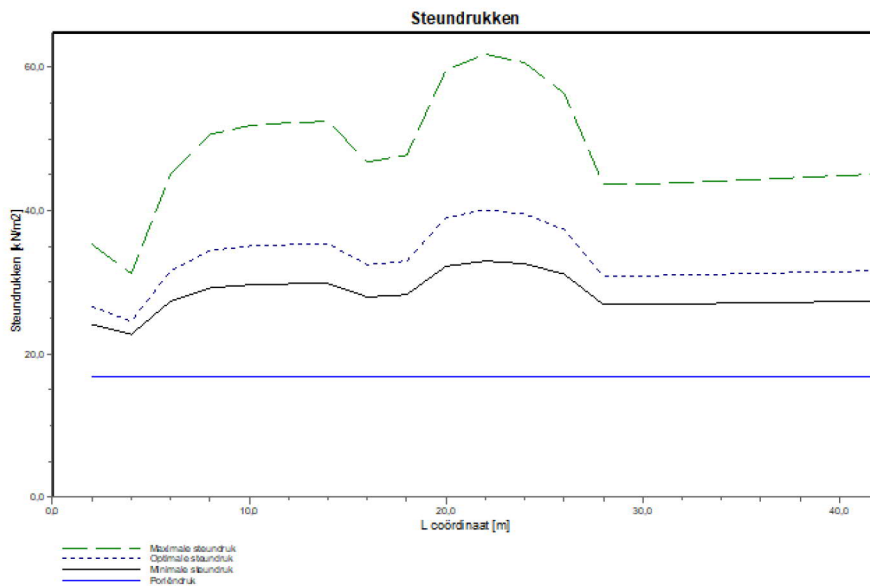
De berekende maximale perskracht bedraagt 1.379 kN zonder smering en gerekend met een wrijving tussen buis en de grond van 10 kN/m². Dit bedraagt 75% van de toelaatbare perskracht. Bij 70% van de maximaal toelaatbare perskracht vereist ProRail een tussendrukstation. Door boorvloeistof als smering toe te passen, verlaagt de wrijving tussen buis en grond naar 7,5 kN/m² en bedraagt de maximale perskracht 1.041 kN (56%) en voldoet het buistype GVK Ø1026 x 34 mm SN32.000. Toelaatbaar op dit buistype is een perskracht van 1.830 kN.



Figuur 7 perskrachten benodigd voor GTB-persing1 met en zonder boorvloeistof

4.2 Steundrukberkening

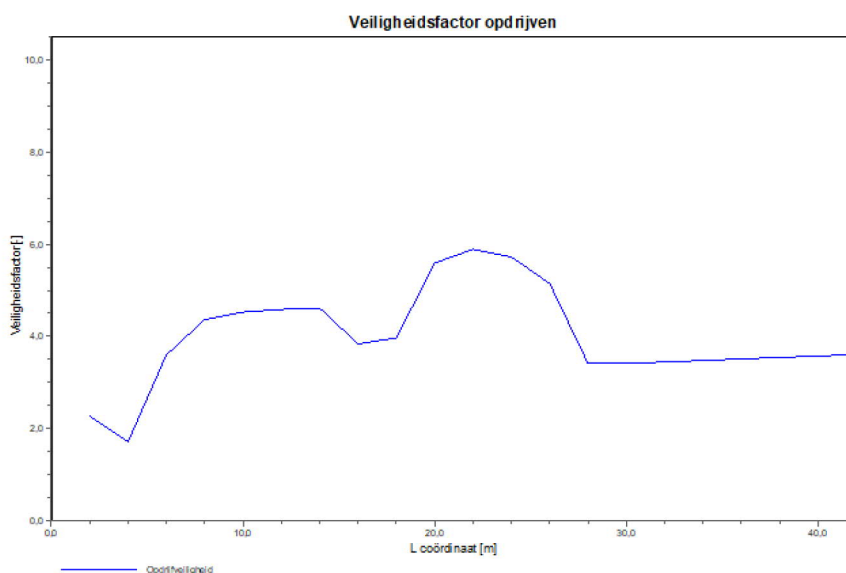
Het verloop van de steundrukken is weergegeven in figuur 8. Te zien is dat gemiddeld een gebied van circa 20 kN/m² beschikbaar is tussen de minimale benodigde en maximaal toelaatbare steundruk. Ter plaatse van de watergang is circa 10 kN/m² beschikbaar. Hier kan eventueel een maatregel genomen worden door de watergang tijdelijk te dempen. Conclusie is dat de boring te realiseren is met een stabiel boorfront.



Figuur 8 steundrukberkening GTB-persing1

4.3 Oprijving

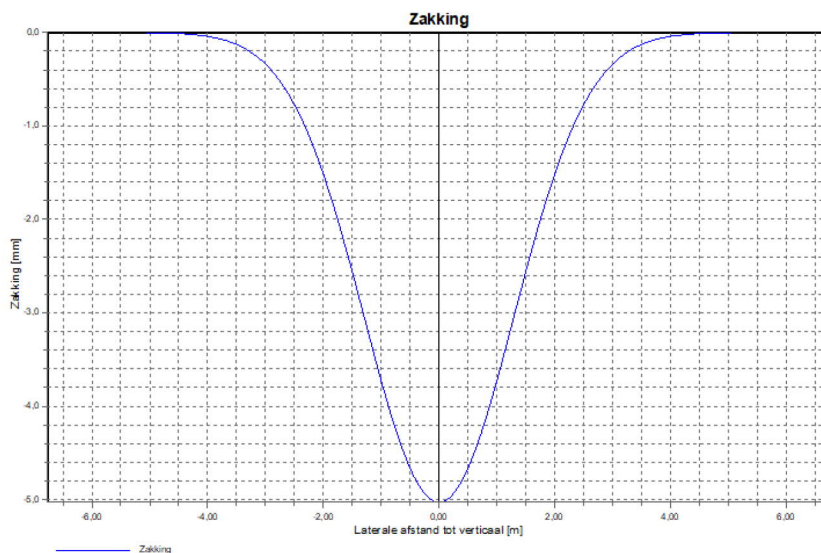
De veiligheidsfactor voor opdrijven bedraagt minimaal 1,7 ter plaatse van de watergang. Dit betreft een lege boorbuis. Na aanleg zullen de mantelbuizen en kabels ingetrokken worden, waardoor het gewicht en de veiligheid toeneemt. Conclusie is dat de leiding niet zal opdrijven, zowel in de aanleg- als bedrijfsfase.



Figuur 9 veiligheid tegen opdrijven voor GTB-persing1

4.4 Zettingstrog

Op basis van de oversnijding hebben we een voorspelling van de zettingstrog aan maaiveld berekend. De zakking is berekend met een volumeverliespercentage van het oversnijdingsoppervlak van 50%. Dit betekent dat de oppervlakte van de zettingstrog gelijk is aan 50% van de oppervlakte van de oversnijding, het overige deel van het volume wordt opgevuld door de bentonietsmering. Dit leidt ter plaatse van het spoor (verticaal 11) tot een voorspelde zetting van circa 5 mm aan maaiveld, recht onder de boring. De zettingstrog heeft een totale breedte van circa 9 m. Hierdoor zullen de zettingstroggen van de twee parallelle persingen circa 0,5 m overlappen. Bij elkaar opgeteld geeft dit een zettingsprognose voor het overlappende deel van < 1,0 mm. Volgens Eis-3.72 is een zettingstrogbreedte van 12 m toelaatbaar. Aan de hand van de ingrijpmaatstaven uit het door de aannemer op te stellen monitoringsplan dient door ProRail beoordeeld te worden welke zetting toelaatbaar is.



Figuur 10 zettingstrog ter plaatse van verticaal 11, waar de persing het spoor kruist

5. Risico's en aandachtspunten

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

- De werkzaamheden dienen uitgevoerd te worden door een door ProRail gekwalificeerde aannemer. Tevens dienen de gebruikte boorbuizen en materialen te voldoen aan de specificaties van ProRail.
- De bouwkuipen en bemaling dienen nog uitgewerkt te worden door de aannemer gebruikmakend van het door TenneT te leveren geotechnische onderzoek. Op basis van dit ontwerp dient een definitieve zettingsprognoses en monitoringsplan opgesteld te worden.
- Bij de perskuip ligt een databundel van KPN op korte afstand. Deze dient voorafgaand aan de werkzaamheden gelokaliseerd en ingemeten te worden. In overleg met de beheerder dienen eventueel maatregelen genomen te worden.
- Bij de perskuip dient te aanwezige watergang gedempt te worden om de veiligheid voor de stabiliteit van het boorfront te vergroten.
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken.
- De uiteinden van de persingen dienen afgesloten te worden met een sleeve.
- Spiegellassen in PE-mantelbuizen aanbrengen conform NEN7200.
- Bij het spiegellassen van de PE leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden.

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.

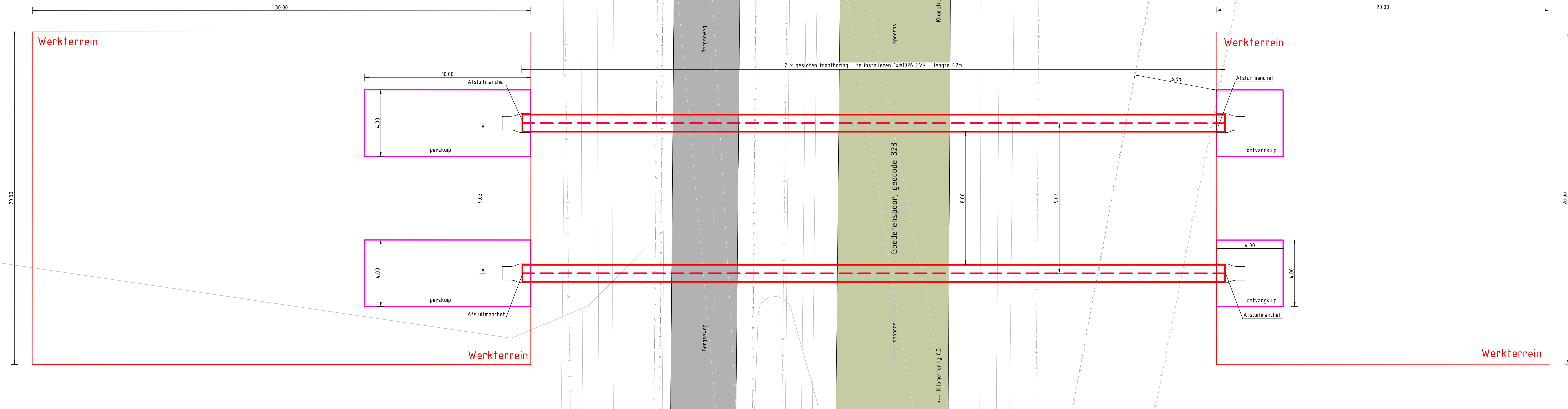
Dit rapport betreft de kruising van twee persingen met een goederenspoor en de Bergseweg. De kruising (met codering GTB Persing 1) is vergunningsplichtig bij ProRail. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Spoorkruising derden: RLN 00427-2 van ProRail.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

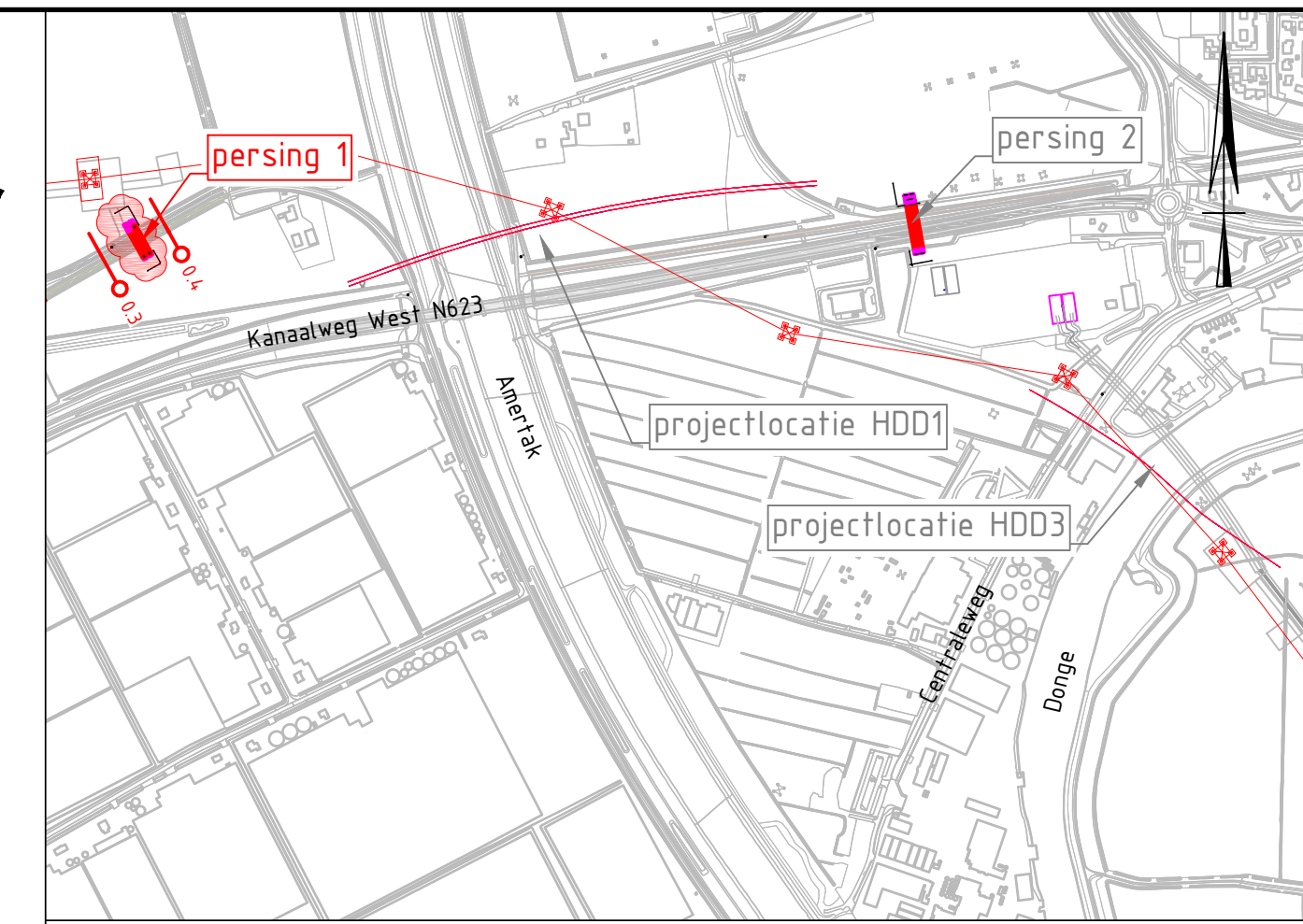
De persingen, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallel gelegen persingen met GVK Ø1026 x 34 mm SN 32000 voldoen aan de eisen.

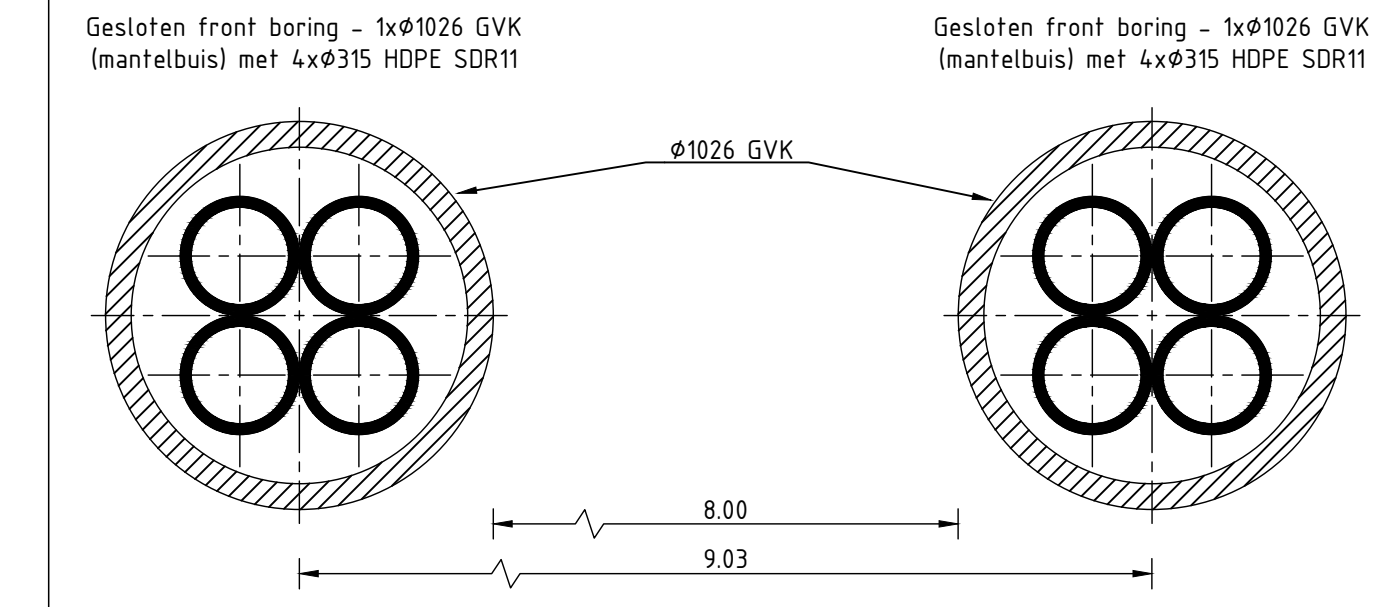
Bijlage 1 – Ontwerptekening



Bovenaanzicht schaal 1:100



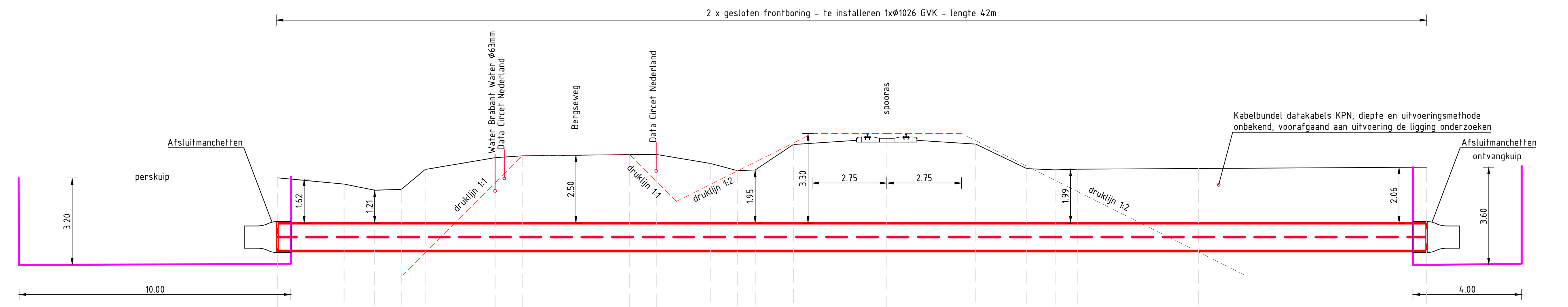
Overzicht
Schaal 1:10.000



Principe doorsnede
Schaal 1:20

Legenda

- K — K — Kadastrale grens
- — — — — Leiding gevaarlijke inhoud
- — — — — Datatransport
- — — — — Landelijk hoogspanningsnet
- — — — — Laagspanning
- — — — — Middenspanning
- — — — — Gasleiding hoge druk
- — — — — Gasleiding lage druk
- — — — — Waterleiding
- — — — — Drukriolering
- — — — — Riolering vrijverval
- — — — — Horizontale persing
- — — — — Verharding (asfalt)
- — — — — Bestaande topo
- — — — — Bebouwing
- — — — — Primaire waterkering
- — — — — Verharding/wegen



Horizontale afstand in meters	0.00	2.44	3.58	4.58	5.44	6.01	6.91	8.16	8.94	9.54	10.98	13.8	17.42	20.69	24.61	29.14	34.0	39.127	
Hoogte maaiveld t.o.v. NAP	-0.00	-0.31	-0.55	-0.50	0.21	0.68	0.71	0.76	0.74	0.72	0.69	0.58	0.28	0.15	0.05	0.02	0.11	0.11	0.11
Hoogte center bus/boring t.o.v. NAP	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28

Lengteprofiel schaal 1:100

Vergunningstekening

Meten in meters, tenzij anders aangegeven
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

D			
C	T.b.v. vergunningaanvraag incl. aanvullende informatie KPN kabel	29-04-2022	JPR MJ JD
B	T.b.v. vergunningaanvraag	22-04-2022	JPR MJ JD
A	Eerste uitgave	17-01-2020	NJ MJ JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get. Gev. Goedg.

Opdrachtgever
TenneT TSO B.V.

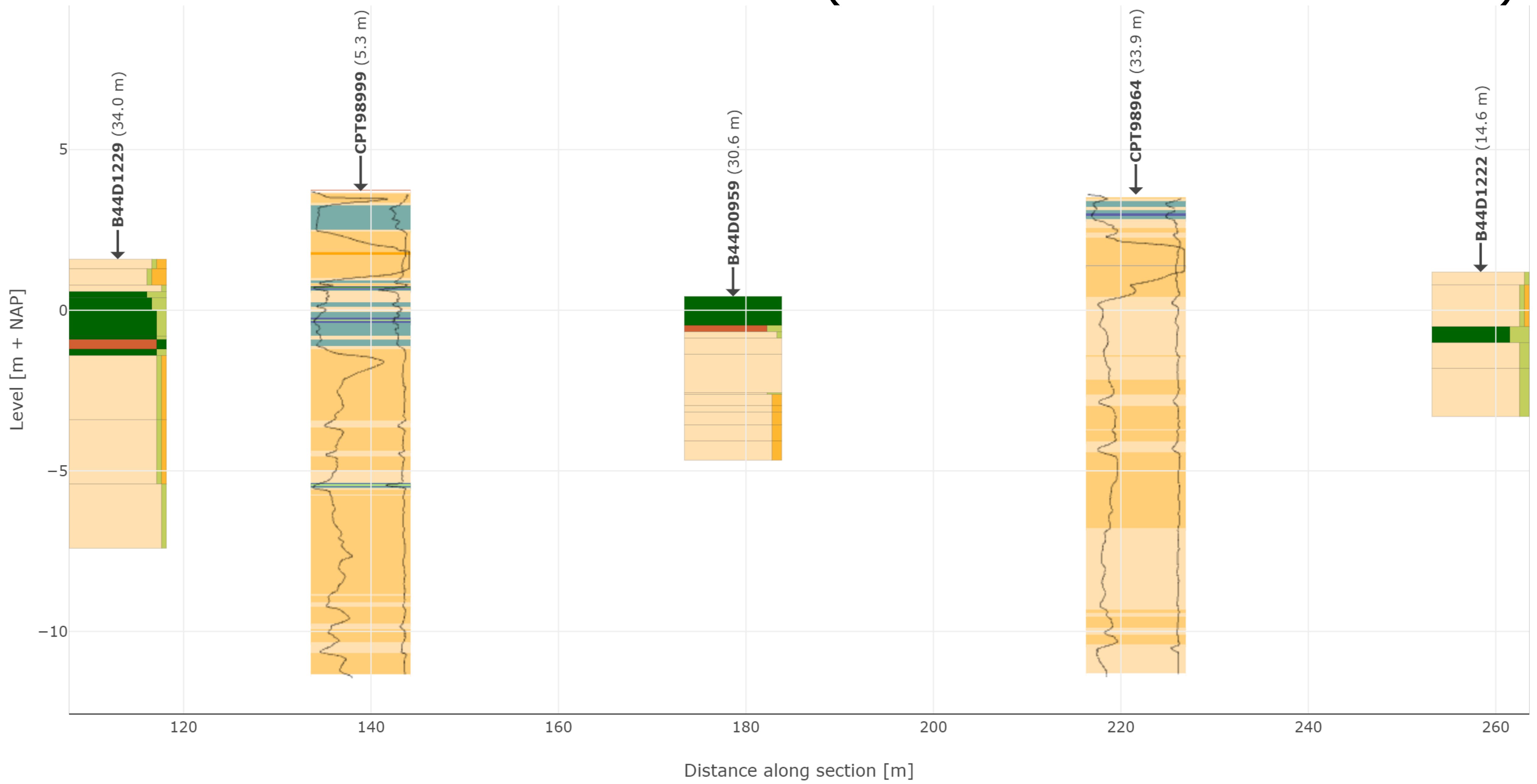
Project
HDD's 150 kV ZWO

Onderaand
**Gesloten frontboring-Persing 1
Geertuidenberg, ProRail Geocode 823, kilometering 0.3 en 0.4**

Projectnummer	Tekeningnummer	Verste	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contactornummer
368722	GTB-Persing1	C	29-04-2022	BO	
Rbl	Van	Schaal	Formaat	Karibor	Ok. Sec. Goedg.
1	1	1:100	A1	De Bilt	NJ MJ JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

Grondonderzoek BRO (tot 60 m afstand van trace)

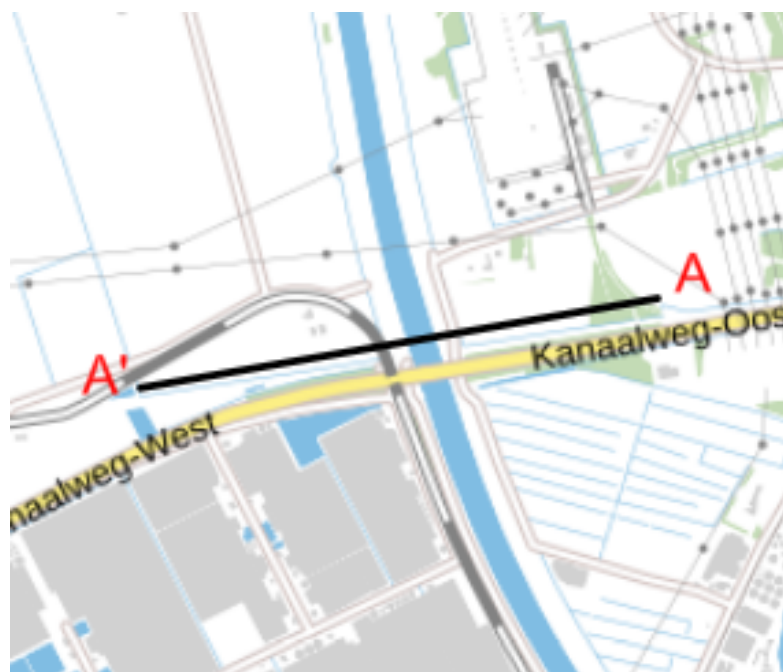
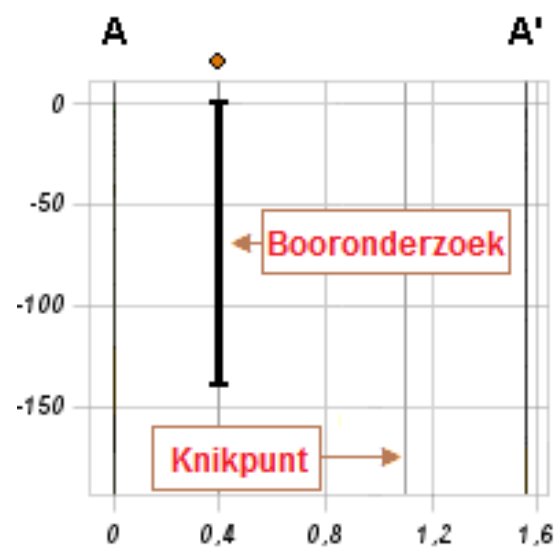
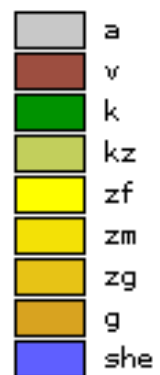


- | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|---------------|---------------|
| Very stiff to clayey sand | Gravelly to dense sand | Sands | Sand mixtures | Silt mixtures |
| Clay | Clay (org. mat) [3<N<15] | Organic clay [15<N<30] | Peat [N>30] | Unknown |



- cpt
 ● borehole
 ● not shown on sectionplot
 — section

Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Micro Tunneling
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 22-4-2022
Tijd van rapport: 18:35:26
Rapport met versie: 20.1.1.30040
Berekend met versie: 20.1.1.30040

Bestandsnaam: GTB Persing 1 - spoor

1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave	2
2	Berichten	3
2.1	Berekeningswaarschuwingen	3
3	Invoergegevens	4
3.1	Gebruikt Model	4
3.2	Laagscheidingen	4
3.3	PN-Lijnen	4
3.4	Freatische Lijn	4
3.5	Grondprofielen	4
3.6	Grenslagen	4
3.7	Grondeigenschappen	4
3.8	Geometrie	5
3.8.1	Geometrie Sectie, Detail	5
3.8.2	Geometrie Bovenaanzicht	5
3.9	Berekenings Verticalen	6
3.10	Configuratie van de Pijpleiding	6
3.11	Materiaalgegevens van de Leiding	6
3.12	Gegevens voor Leidingberekening	6
3.13	Factoren	7
4	Grondmechanische Data	8
4.1	Grondmechanische Parameters	8
5	Uitvoeringsparameters	10
5.1	Schilddrukken en Drukkrachten	10
5.1.1	Resultaten tabel	10
5.1.2	Front Steundrukken Grafiek	11
5.1.3	Drukkrachten	11
5.2	Verificatie Opdrijven	12
5.2.1	Opdrijf Factoren	12
5.2.2	Opdrijven	12
6	Deformaties	13
6.1	Zakking	13
6.1.1	Zakkingswaardentabel	13
6.1.2	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 1	14
6.1.3	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 2	14
6.1.4	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 3	15
6.1.5	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 4	15
6.1.6	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 5	16
6.1.7	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 6	16
6.1.8	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 7	17
6.1.9	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 8	17
6.1.10	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 9	18
6.1.11	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 10	18
6.1.12	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 11	19
6.1.13	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 12	19
6.1.14	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 13	20
6.1.15	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 14	20
6.1.16	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 15	21
6.1.17	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 16	21
6.1.18	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 17	22
6.1.19	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 18	22
6.1.20	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 19	23
6.1.21	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 20	23
6.1.22	Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 21	24

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

Bij de berekening van de grondmechanische parameters wordt de maximale beddingsconstante ($k_{v;max}$) alleen bepaald met de verticalen die in diepe situatie liggen. Op basis van de opgegeven grens H/D_0 tussen diepe en ondiepe situaties van 7,50 zijn geen verticalen in diepe situatie gevonden voor pijp nr. 1. Daarom is de verhouding gereduceerd tot 2,50 voor deze pijp om een waarde ongelijk aan 0 te krijgen voor $k_{v;max}$.

3 Invoergegevens

3.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Micro Tunneling

3.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - L -	0,000	2,460	3,580	4,560	5,440
2 - Z -	-0,100	-0,330	-0,550	-0,520	0,210
2 - L -	8,010	9,010	12,960	13,940	15,940
2 - Z -	0,650	0,710	0,760	0,770	0,430
2 - L -	16,920	17,580	18,980	22,420	25,690
2 - Z -	0,170	0,190	1,130	1,360	1,150
2 - L -	27,570	28,610	29,440	42,000	
2 - Z -	0,240	0,200	0,220	0,310	
1 - L -	0,000	42,000			
1 - Z -	-1,200	-1,200			
0 - L -	0,000	42,000			
0 - Z -	-10,000	-10,000			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	0,000	42,000			
1 - Z -	-0,700	-0,700			

3.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

3.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
2	Klei, sterk zandig, m...	1	1
1	Zand, schoon matig	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 1: Zand, schoon matig

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 1: Zand, schoon matig

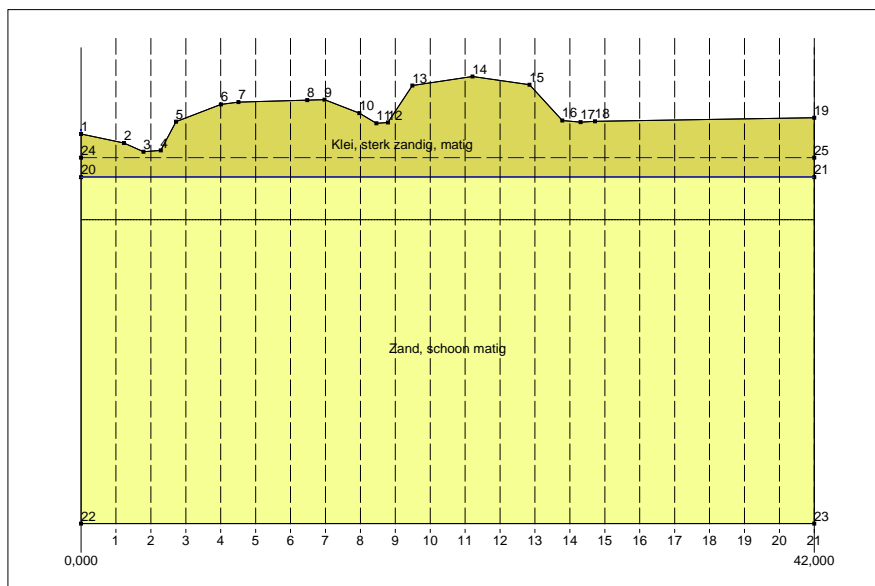
3.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m ³]	Gamma verz [kN/m ³]	Cohesie [kN/m ²]	Phi [grad]	Su top [kN/m ²]	Su onder [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod onder [kN/m ²]
Zand, schoon matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00	30000,00	30000,00
Klei, sterk zandig, matig	18,00	18,00	0,50	27,50	30,00	30,00	2000,00	2000,00

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grad]	Nu [-]
Zand, schoon matig	0,00	20,00	0,20
Klei, sterk zandig, matig	10,00	20,00	0,20

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht

3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	2,000	-2,280
2	4,000	-2,280
3	6,000	-2,280
4	8,000	-2,280
5	10,000	-2,280
6	12,000	-2,280
7	14,000	-2,280
8	16,000	-2,280
9	18,000	-2,280
10	20,000	-2,280
11	22,000	-2,280
12	24,000	-2,280
13	26,000	-2,280
14	28,000	-2,280
15	30,000	-2,280
16	32,000	-2,280
17	34,000	-2,280
18	36,000	-2,280
19	38,000	-2,280
20	40,000	-2,280
21	42,000	-2,280

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

3.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	-2,280	[m]
X coördinaat rechter punt	42,000	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	-2,280	[m]
Hoek links	0,0001	[grd]
Hoek rechts	0,0001	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	0,001	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	0,001	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-2,280	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	0	

De pijpleiding wordt van links naar rechts ingeduwd.

3.11 Materiaalgegevens van de Leiding

Materiaal	Synthetisch	
Kwaliteit	SN 32000	
Elasticiteitsmodulus (kort)	20500,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	12500,00	[N/mm ²]
Uitwendige diameter leiding	1026,00	[mm]
Oversnijding op de straal	10	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	34,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	21,42	[kN/m ³]

3.12 Gegevens voor Leidingberekening

Toegestane druk kracht	1830,00	[kN]
Volume verlies als percentage van het oversnijdingsoppervlak	50,00	[%]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]

Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving smeervloeistof	15,00	[grad]
Adhesie smeervloeistof	5,00	kN/m ²
Factor op phi voor gereduceerde grond belasting	0,50	[-]
Delta smeervloeistof	7,50	[grad]
Wrijving met injectie	7,50	[kPa]
Wrijving zonder injectie	10,00	[kPa]

3.13 Factoren

Veiligheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Veiligheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Veiligheidsfactor Phi	1,10	[-]
Veiligheidsfactor effectieve druk	1,50	[-]
Veiligheidsfactor waterdruk	1,05	[-]
Veiligheidsfactor opdrijven	1,00	[-]
Onzekerheidsfactor gronddruk	1,10	[-]
Factor silo effect bovenliggende laagpakket	2,00	[-]
Stabiliteitsverhouding N	3,00	[-]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _{v;p}	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v;e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm
mat	Bodemtype	-

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	26	18	8	18	0	687
2	19	14	6	14	0	538
3	46	29	13	29	0	1047
4	60	35	16	35	0	1258
5	63	36	17	36	0	1304
6	64	37	17	37	0	1320
7	64	37	17	37	0	1327
8	50	31	14	31	0	1114
9	53	32	15	32	0	1149
10	84	45	21	45	0	1599
11	90	47	22	47	0	1682
12	87	46	21	46	0	1636
13	75	41	19	41	0	1476
14	43	27	13	27	0	997
15	43	27	13	27	0	997
16	44	28	13	28	0	1006
17	44	28	13	28	0	1015
18	45	28	13	28	0	1024
19	45	28	13	28	0	1032
20	46	29	13	29	0	1041
21	47	29	13	29	0	1050

Verticaal nr.	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]	mat [-]
1	10049	165	7034	6,44	4,0	Zand
2	7869	102	5508	6,06	4,0	Zand
3	15313	377	10719	7,36	4,0	Zand
4	18392	542	12874	7,88	4,0	Zand
5	19062	582	13344	8,00	4,0	Zand
6	19291	596	13504	8,04	4,0	Zand
7	19399	602	13579	8,06	4,0	Zand
8	16283	425	11398	7,52	4,0	Zand
9	16804	453	11763	7,61	4,0	Zand
10	14461	3219	10123	8,73	4,0	Zand
11	14461	3112	10123	8,94	4,0	Zand
12	14461	3169	10123	8,82	4,0	Zand
13	14461	3398	10123	8,43	4,0	Zand
14	14575	342	10203	7,23	4,0	Zand
15	14580	342	10206	7,23	4,0	Zand
16	14708	348	10296	7,25	4,0	Zand
17	14836	354	10385	7,27	4,0	Zand
18	14965	360	10475	7,30	4,0	Zand

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]	mat [-]
19	15093	366	10565	7,32	4,0	Zand
20	15221	372	10655	7,34	4,0	Zand
21	15350	379	10745	7,36	4,0	Zand

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 47 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 47 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 47 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 14461 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 28923 kN/m ³

WAARSCHUWING:

Bij de berekening van de grondmechanische parameters wordt de maximale beddingsconstante (k_v;max) alleen bepaald met de verticalen die in diepe situatie liggen.

Op basis van de opgegeven grens H/Do tussen diepe en ondiepe situaties van 7,50 zijn geen verticalen in diepe situatie gevonden voor pijp nr. 1.

Daarom is de verhouding gereduceerd tot 2,50 voor deze pijp om een waarde ongelijk aan 0 te krijgen voor k_v;max.

5 Uitvoeringsparameters

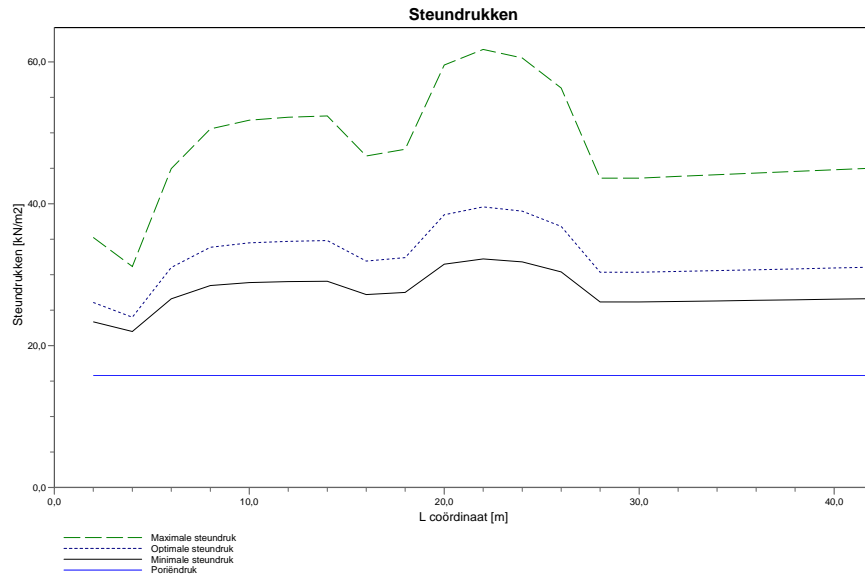
5.1 Schilddrukken en Drukkrachten

5.1.1 Resultaten tabel

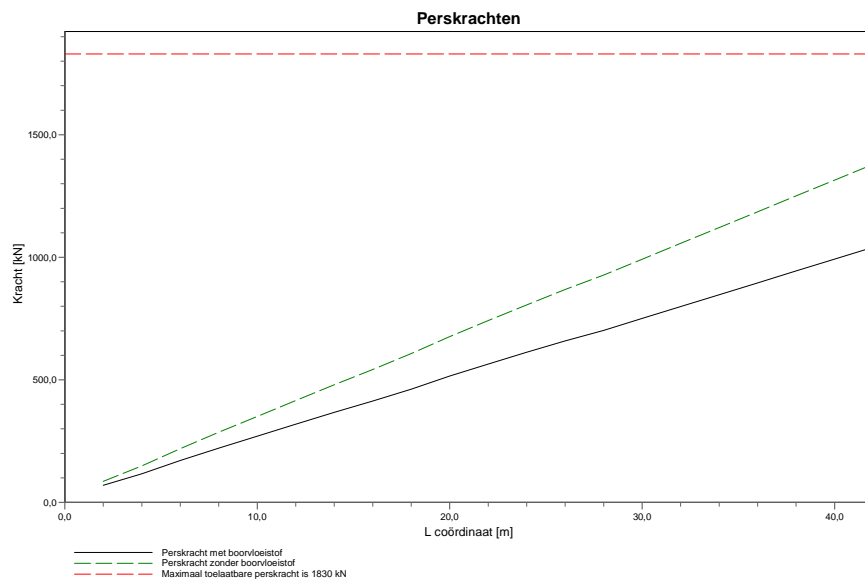
De maximaal toelaatbare schild druk en de minimaal benodigde schild druk zijn berekend voor de opgegeven grond condities. De maximale schilddruk moet niet overschreden worden teneinde frac-out te voorkomen De minimale schilddruk moet niet onderschreden worden om maaiveld zakkingen te voorkomen. De target druk is de druk die minimale grond deformaties veroorzaakt tijdens het drillen.

Verticaal nr.	Front Vloeistofdrukken			Duw Kracht	
	Pmax [kN/m ²]	Pmin [kN/m ²]	Pstreef [kN/m ²]	Smeer [kN]	Normaal [kN]
1	35	23	26	70	86
2	31	22	24	117	149
3	45	27	31	171	219
4	51	28	34	221	286
5	52	29	34	270	351
6	52	29	35	319	415
7	52	29	35	367	480
8	47	27	32	413	542
9	48	28	32	462	607
10	60	31	38	515	676
11	62	32	40	565	742
12	61	32	39	612	806
13	56	30	37	659	868
14	44	26	30	702	928
15	44	26	30	750	992
16	44	26	30	799	1057
17	44	26	31	847	1121
18	44	26	31	896	1186
19	45	26	31	944	1250
20	45	27	31	993	1315
21	45	27	31	1041	1379

5.1.2 Front Steundrukken Grafiek



5.1.3 Drukkrachten



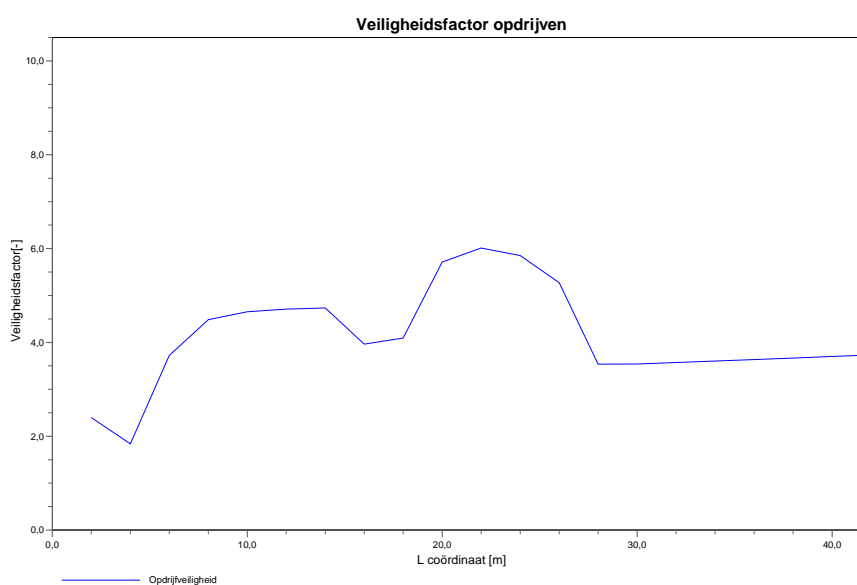
5.2 Verificatie Opdrijven

Door het drijfvermogen van de pijp onder de grondwater spiegel moet het opdrijven worden gecontroleerd. In de volgende berekening is de veiligheids factor tegen opdrijven bepaald. Deze berekening is gebaseerd op een lege pijp.

5.2.1 Opdrijf Factoren

Verticaal nr.	Veiligheidsfactor berekend [-]	Veiligheidsfactor vereist [-]
1	2,40	1,00
2	1,84	1,00
3	3,72	1,00
4	4,49	1,00
5	4,65	1,00
6	4,71	1,00
7	4,74	1,00
8	3,96	1,00
9	4,09	1,00
10	5,71	1,00
11	6,01	1,00
12	5,85	1,00
13	5,27	1,00
14	3,54	1,00
15	3,54	1,00
16	3,57	1,00
17	3,60	1,00
18	3,63	1,00
19	3,67	1,00
20	3,70	1,00
21	3,73	1,00

5.2.2 Opdrijven



6 Deformaties

6.1 Zakking

Ten gevolge van de oversnijding zal maaiveld zakking optreden. De zakking is berekend met een volume verlies percentage van het oversnijdings oppervlak. In de berekening is 50,0 procent gebruikt.

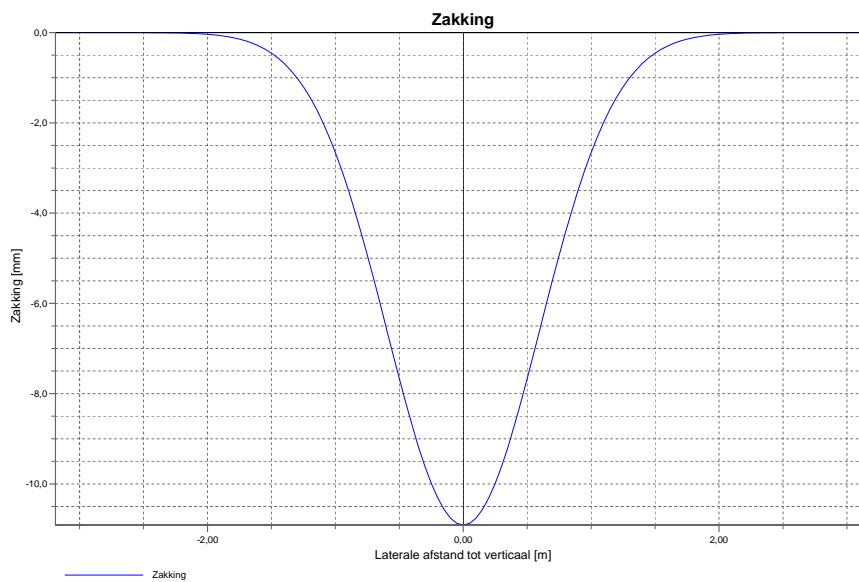
Uitwendige diameter leiding	1026	[mm]
Oversnijding op de straal	10	[mm]
Volume verlies	16273,4	[mm ²]

6.1.2 Zakkingswaardentabel

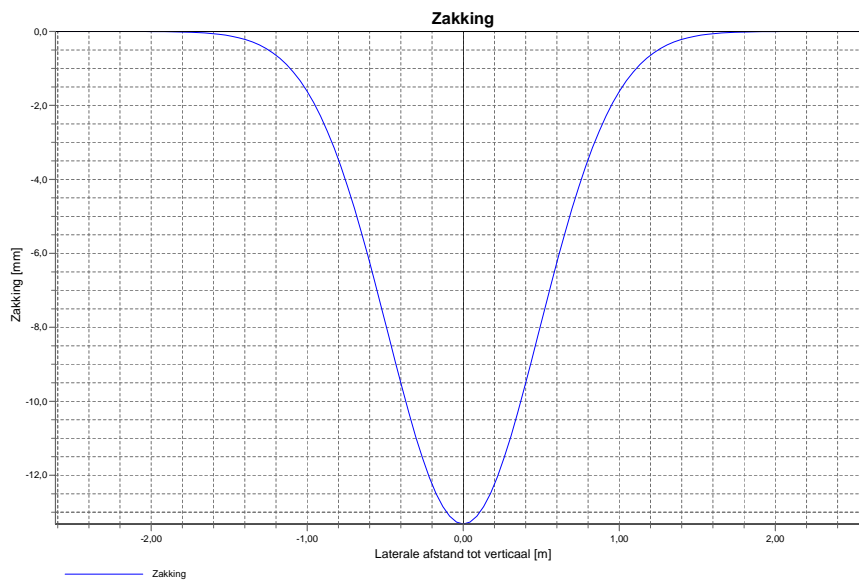
Verticaal nr.	Zakking op horizontale afstand van de z as:										
	0 W [mm]	0.1 W [mm]	0.2 W [mm]	0.4 W [mm]	0.7 W [mm]	1.0 W [mm]	1.3 W [mm]	1.6 W [mm]	2.0 W [mm]	2.5 W [mm]	3.0 W [mm]
1	11	10	9	4	1	0	0	0	0	0	0
2	13	12	10	5	1	0	0	0	0	0	0
3	8	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0
4	7	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
5	6	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
6	6	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
7	6	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
8	7	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0
9	7	7	6	3	1	0	0	0	0	0	0
10	5	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0
11	5	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0
12	5	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0
13	6	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0
14	8	8	7	4	1	0	0	0	0	0	0
15	8	8	7	4	1	0	0	0	0	0	0
16	8	8	7	4	1	0	0	0	0	0	0
17	8	7	7	4	1	0	0	0	0	0	0
18	8	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0
19	8	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0
20	8	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0
21	8	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0

W is de verticale afstand tussen het maaiveld en het buiscentrum

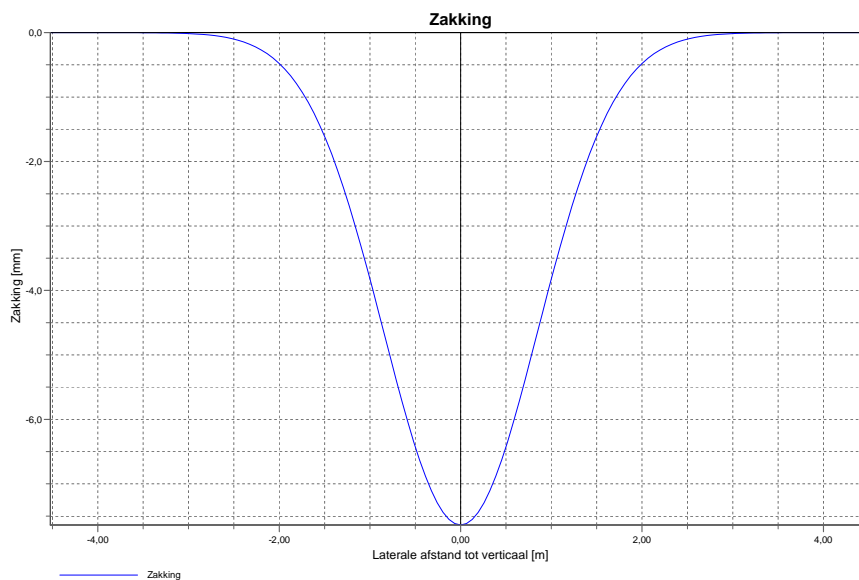
6.1.4 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 1



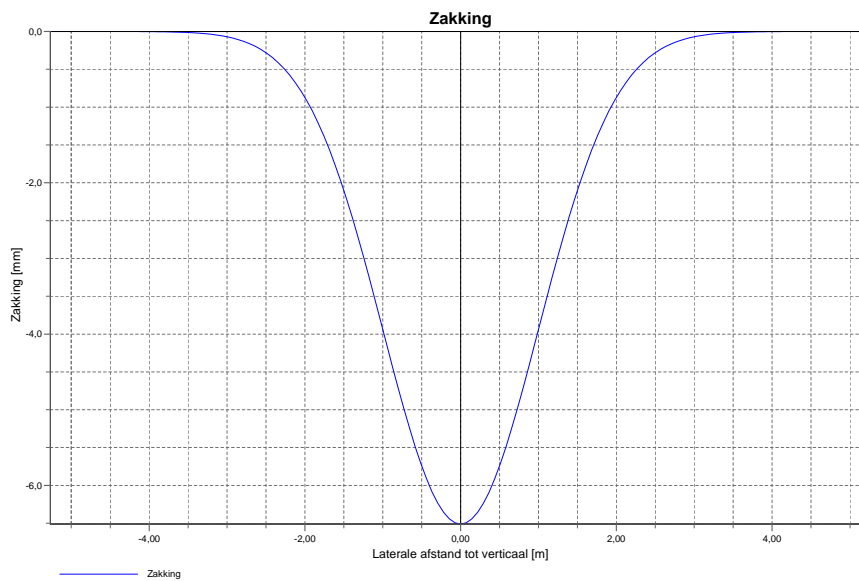
6.1.5 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 2



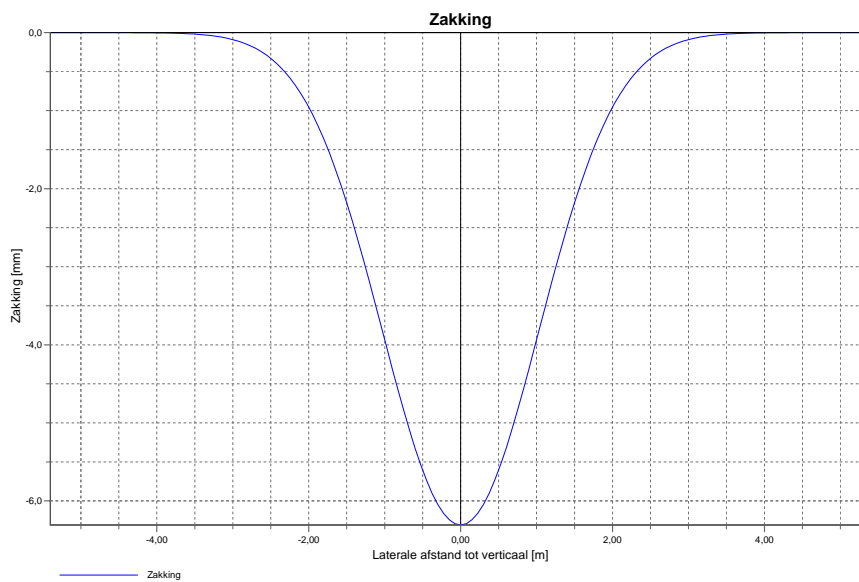
6.1.6 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 3



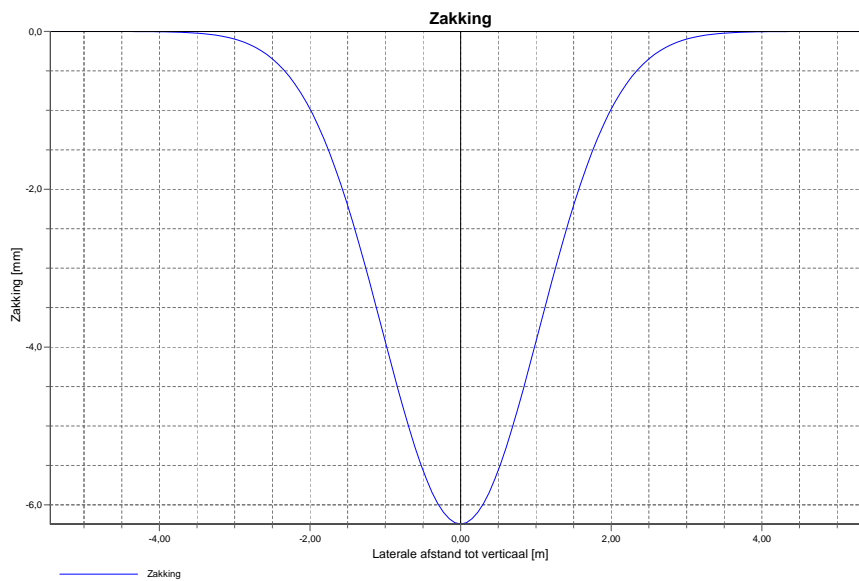
6.1.7 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 4



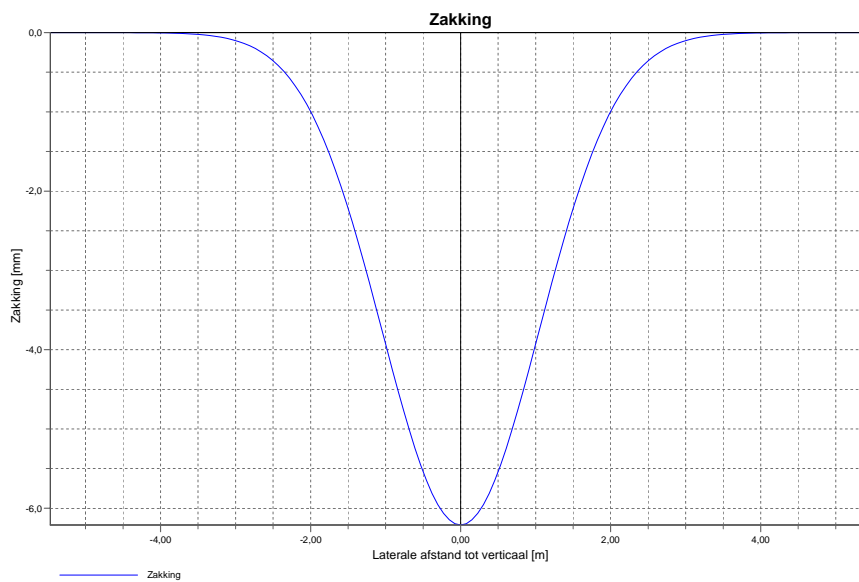
6.1.8 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 5



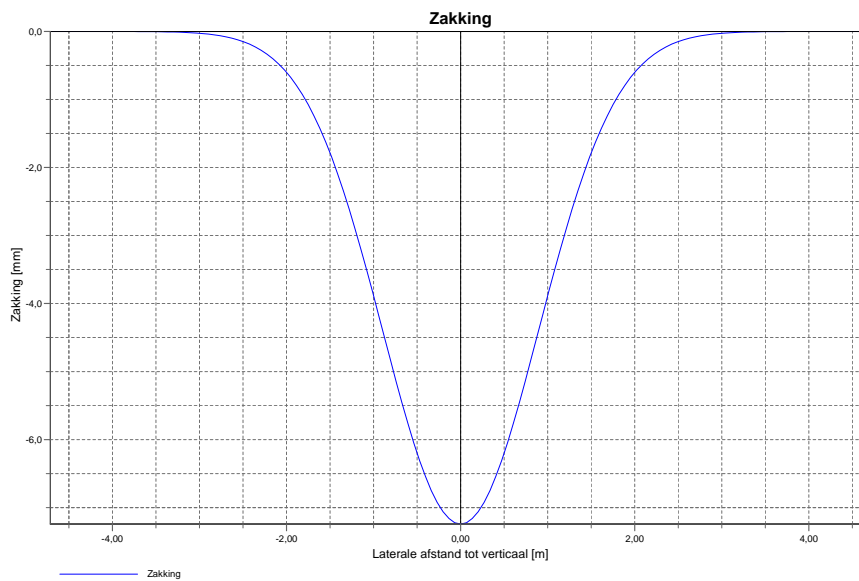
6.1.9 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 6



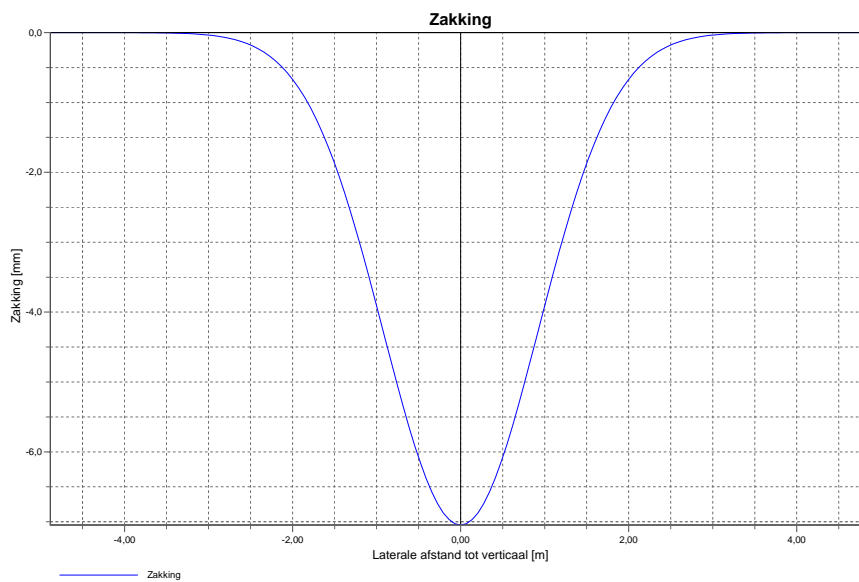
6.1.10 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 7



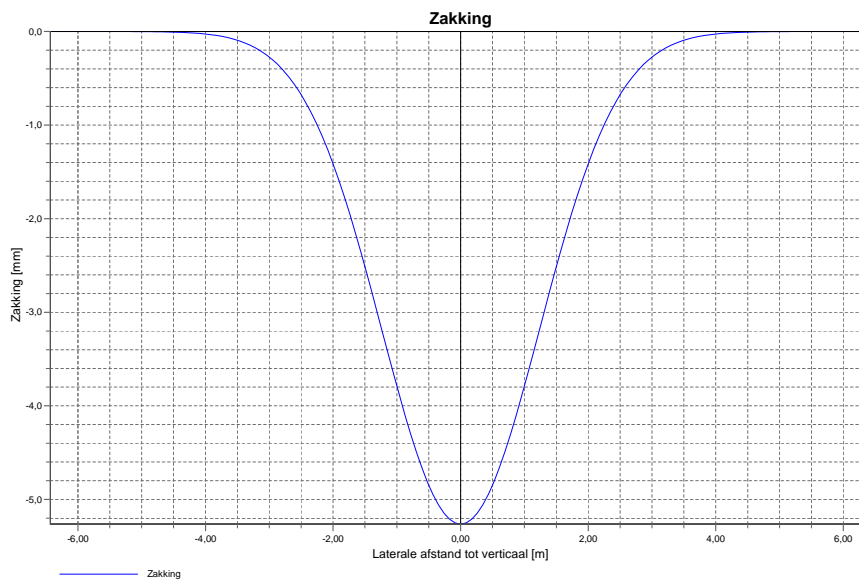
6.1.11 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 8



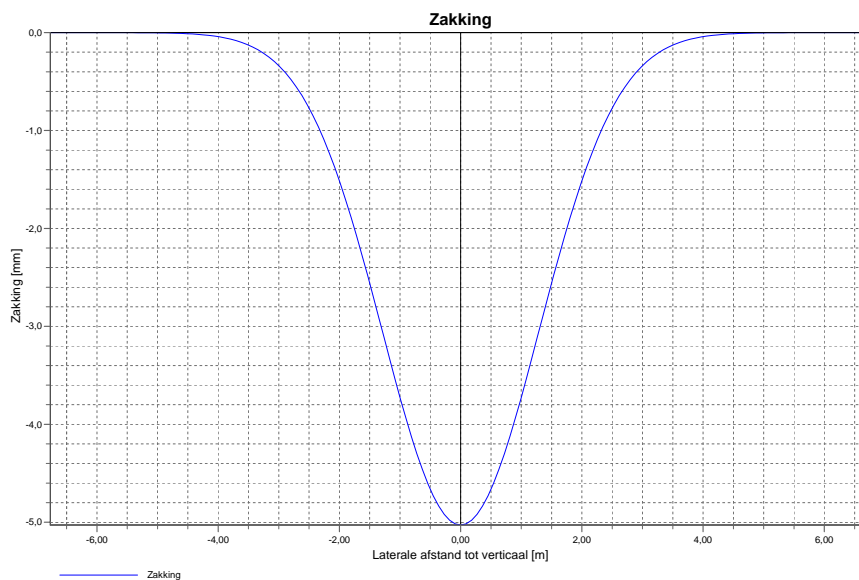
6.1.12 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 9



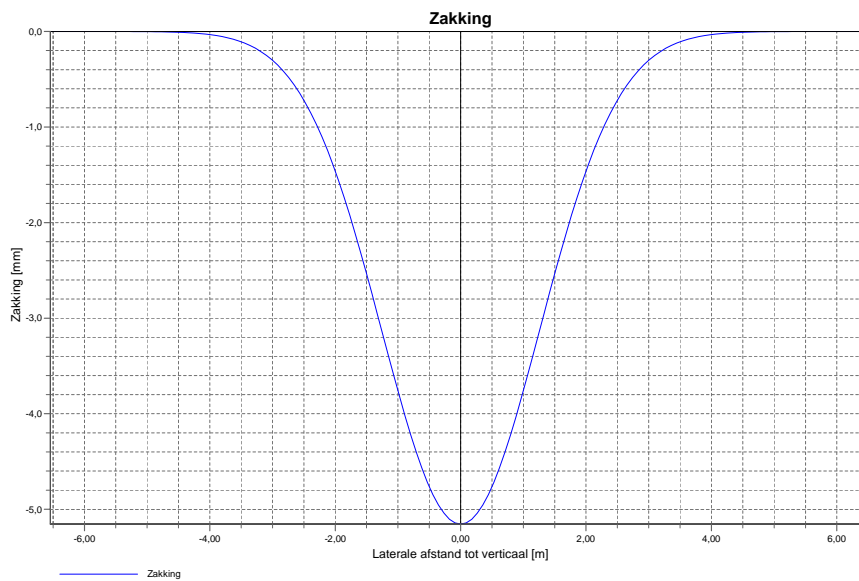
6.1.13 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 10



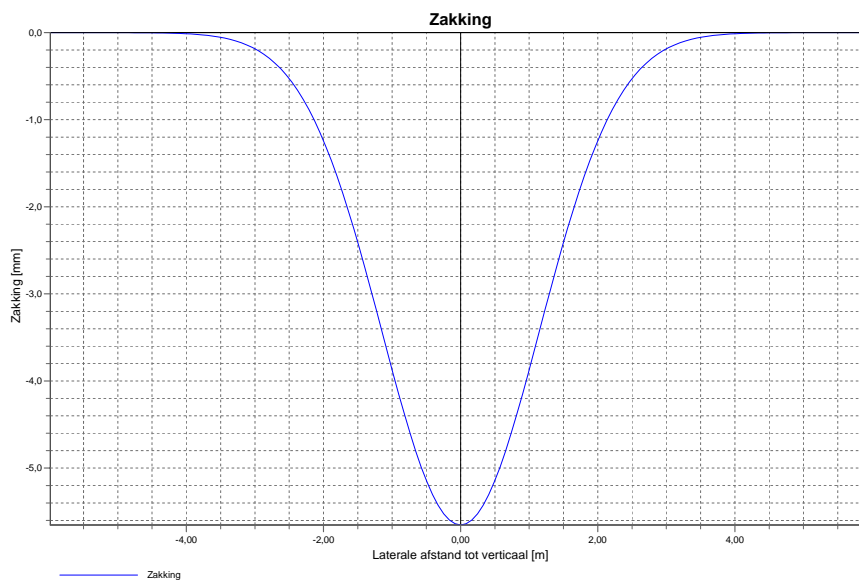
6.1.14 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 11



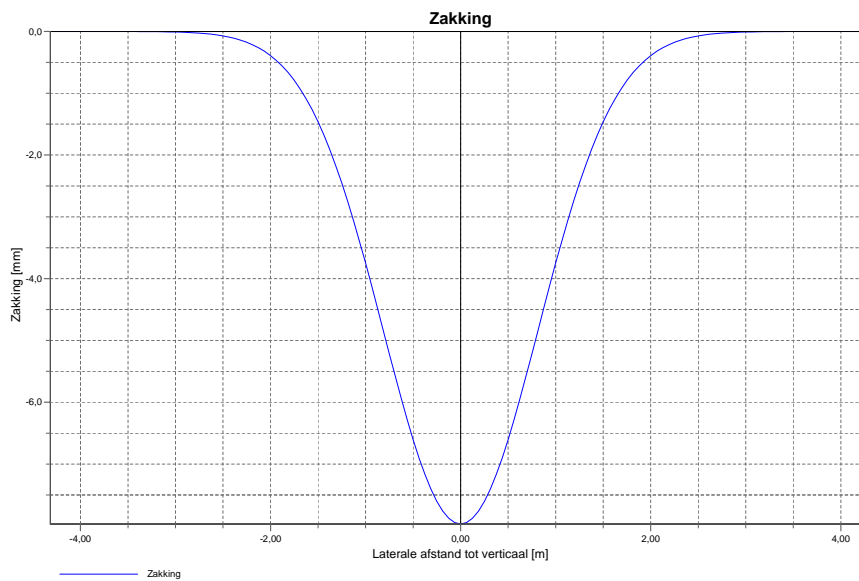
6.1.15 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 12



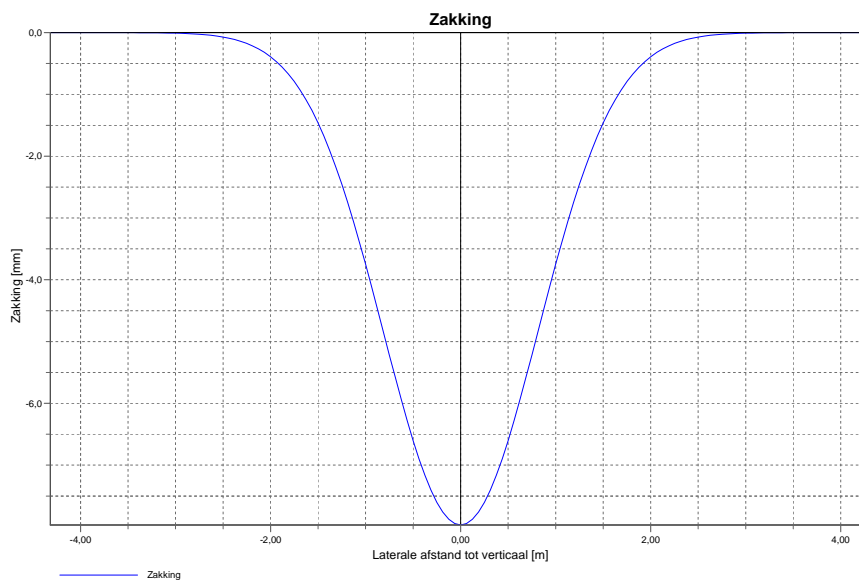
6.1.16 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 13



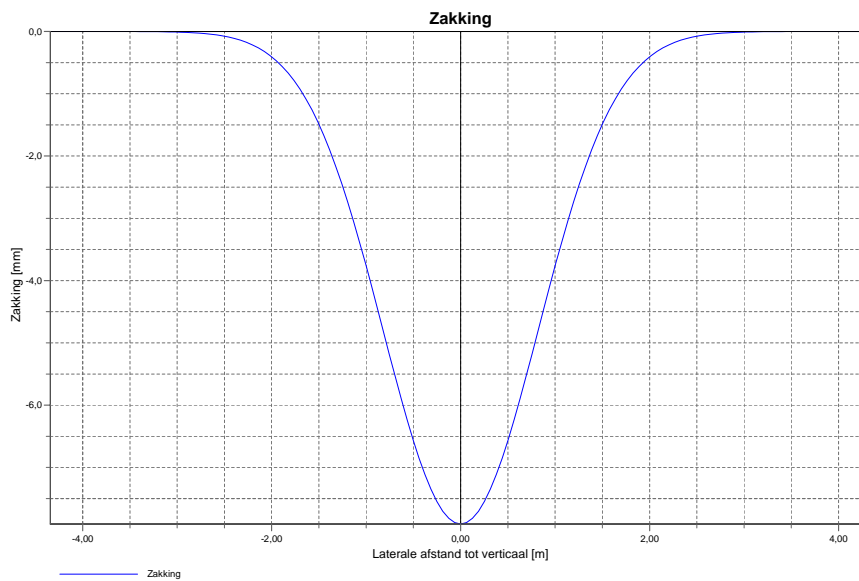
6.1.17 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 14



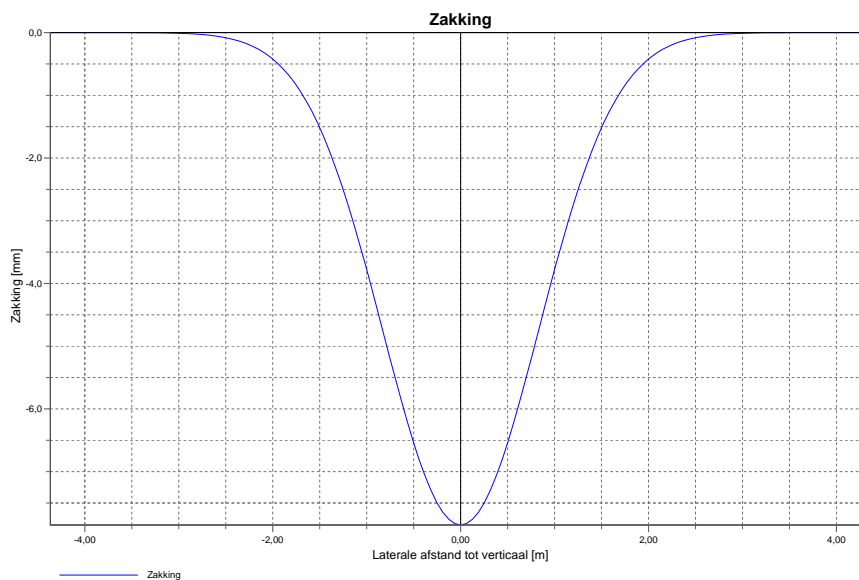
6.1.18 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 15



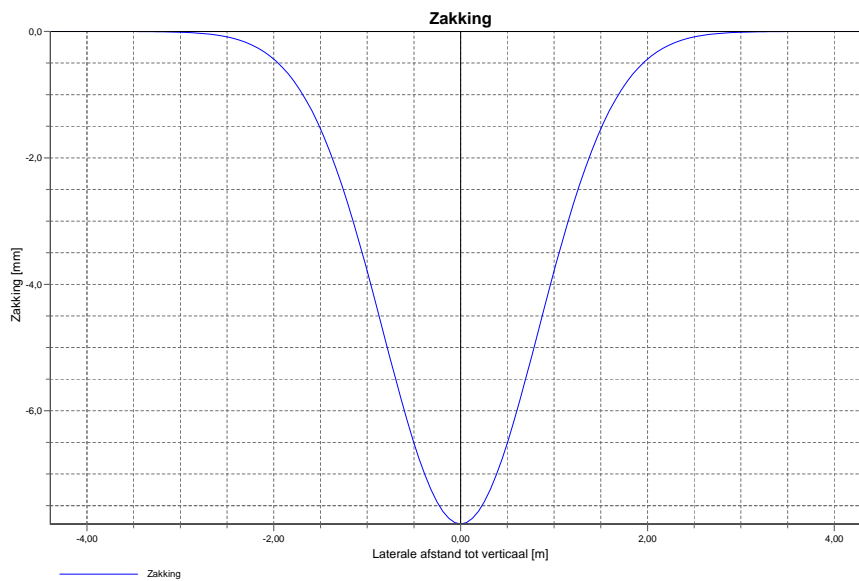
6.1.19 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 16



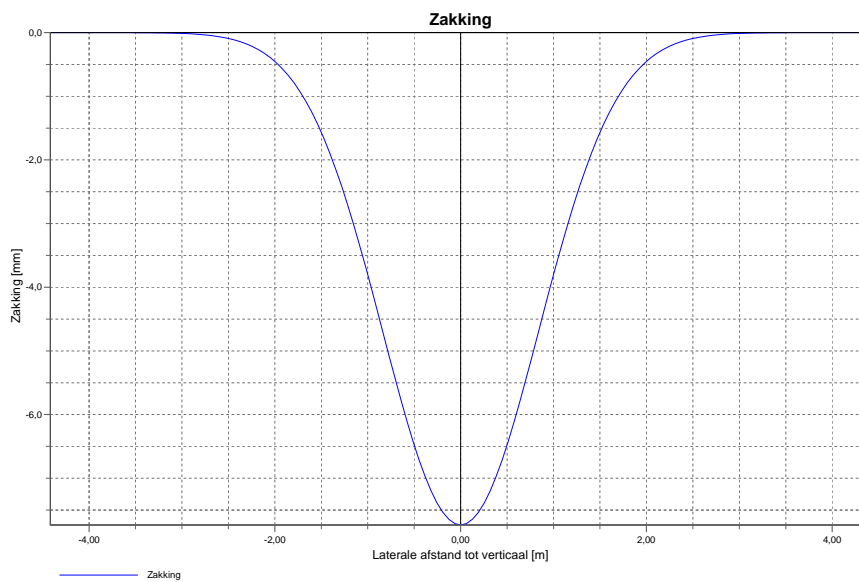
6.1.20 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 17



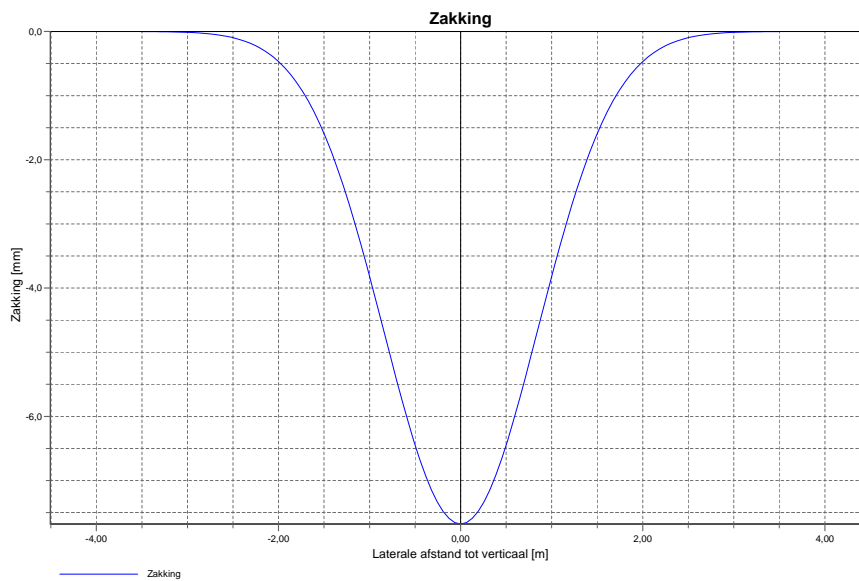
6.1.21 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 18



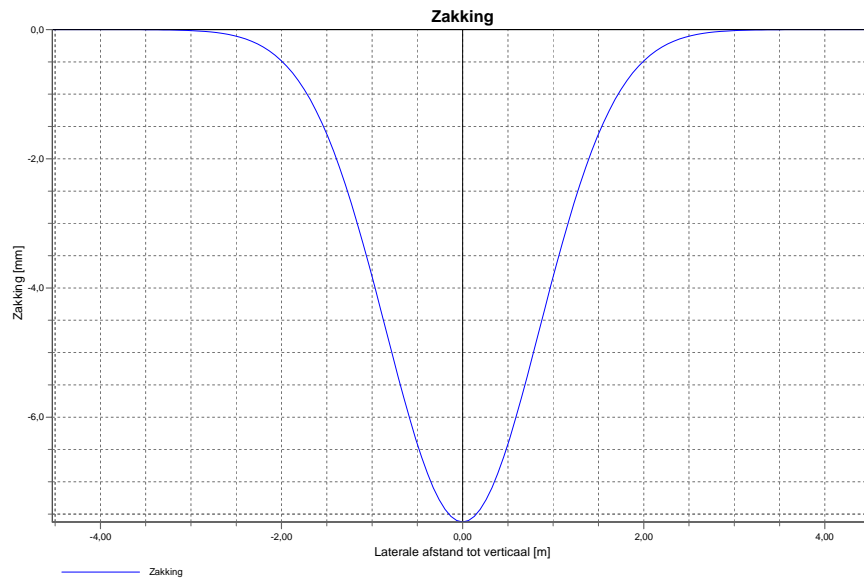
6.1.22 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 19



6.1.23 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 20



6.1.24 Grafiek Zakking bij Verticaal nr. 21



Einde Rapport

Aanvullende stukken

002.678.20 1101272 Brief actualisatie mastenboek omgevingsvergunning
Geertruidenberg

Aanvullende stukken

002.678.20 1101272 Brief actualisatie mastenboek omgevingsvergunning
Geertruidenberg

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Geertruidenberg
T.a.v. [REDACTED]
Postbus 10.001
4940 GA Raamsdonksveer

CLASSIFICATIE	C1 - Publieke Informatie
DATUM	13 januari 2023
ONZE REFERENTIE	18
BEHANDELD DOOR	[REDACTED]
TELEFOON DIRECT	[REDACTED]
E-MAIL	[REDACTED]

BETREFT Aanvullingen omgevingsvergunningaanvraag (kenmerk 2022-000888)
380 kV hoogspanningsverbinding Rilland - Tilburg (Zuid-West 380 kV Oost)

Geachte [REDACTED]

Op 17 oktober 2022 hebben wij bij u een vergunningaanvraag ingediend voor de instandhouding en realisatie van de hoogspanningsverbinding Rilland Tilburg (Zuid-West 380 kV Oost). Kenmerk 2022-000888. Destijds hebben wij deze aanvraag zo volledig/actueel mogelijk bij u ingediend. In de afgelopen periode hebben er toch enkele wijzigingen plaatsgevonden waarvan het noodzakelijk is dat deze onderdeel zijn van de aanvraag.

De wijzigingen hebben betrekking op de werkterreinen en werkwegen

De aanleiding voor de wijzigingen kan verschillend zijn. Het kan gaan om aanpassingen naar aanleiding van gesprekken met de grondeigenaren of fysieke veranderingen in het veld. Daarnaast zijn wij erachter gekomen dat in sommige gevallen delen van werkterreinen en werkwegen op de oorspronkelijk ingediende kaartbeelden waren weggefallen. Om te zorgen dat de behandeling van de vergunningaanvraag plaatsvindt op basis van de meest volledige en actuele en stukken vinden wij het noodzakelijk dat de betreffende documenten worden vervangen.

Voor deze aanvraag betekent dit concreet dat bijlage *A.4 002.678.20 1060646 Mastenboek en werk terreinen Geertruidenberg 380 kV kaarten* wordt vervangen door *A.4 002.678.20 1060646 230113 Mastenboek en werk terreinen Geertruidenberg 380 kV kaarten*.

De in deze bijlage opgenomen kaartbeelden op de hieronder opgesomde paginanummers zijn gewijzigd:

- Kaartbeeld pagina 12 (toevoegen van deel werkweg)
- Kaartbeeld pagina 13/14 (vervallen van werkweg voor amovering)

De wijzigingen zijn veelal van ondergeschikte aard en leiden niet tot een grote wijziging van de oorspronkelijk aanvraag. De ruimtelijk effecten van deze wijzigingen zijn derhalve aanvaardbaar.

Wij komen in een afzonderlijke reactie terug op de door u verzochte aanvullingen

U heeft in de afgelopen periode bij ons een verzoek tot aanvulling van de vergunningaanvraag neergelegd.

Momenteel werken wij aan de door u gevraagde aanvullende gegevens.

Wij streven ernaar om deze binnen de door u gestelde termijn aan te leveren. Indien dit niet lukt nemen wij hierover contact met u op. De verzochte aanvullingen sturen wij via het OLO aan u toe.

Vertrouwende erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd

Mocht u naar aanleiding van deze brief vragen hebben neemt u dan gerust contact op via onderstaande

[REDACTED]

Uw nader bericht zien wij met belangstelling tegemoet.

Met vriendelijke groet,
TenneT TSO B.V.

[REDACTED]

002.678.20 1118388 Brief verzoek aanvullende gegevens
omgevingsvergunning Geertruidenberg

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland
Gemeente Geertruidenberg
T.a.v. [REDACTED]
Postbus 10.001
4940 GA Raamsdonksveer

CLASSIFICATIE	C1 - Publieke Informatie
DATUM	16 februari 2023
ONZE REFERENTIE	18
BEHANDELD DOOR	[REDACTED]
TELEFOON DIRECT	[REDACTED]
E-MAIL	[REDACTED]

BETREFT Aanleveren aanvullende gegevens omgevingsvergunning - 2022-000888
hoogspanningsverbinding Rilland - Tilburg (Zuid-West 380 kV Oost)

Beste [REDACTED]

In uw brief van 16 december verzoekt u ons om de vergunningaanvraag met als kenmerk 2022-000888 aan te vullen. De aanvullende gegevens zijn nodig om de vergunningaanvraag in behandeling te nemen. In deze brief komen wij terug op de door u verzochte aanvullende gegevens.

Reactie op verzochte aanvullingen

In uw verzoek benoemt u een vijftal punten. Onderstaand vindt u puntsgewijs een reactie van TenneT.

1. Constructiegegevens naar aanleiding van toetsingsadviezen ingenieursbureau MUC

De 4 adviezen van ingenieursbureau MUC hebben wij doorgenomen en voorzien van een reactie per punt. Hiervoor hebben wij een aparte memo opgesteld met de titel "Beantwoording opmerkingen gemeente Geertruidenberg". Deze is als bijlage "C.26A 002.678.00 1116045 Memo antwoorden vragen gemeente Geertruidenberg" bijgevoegd. De beantwoording leidt niet tot aanpassingen van de beoordeelde vergunningstukken.

Voor bijlage "B.2 002.678.00 0950632 Rapportage fundaties hoekmasten" is wel sprake van een nieuwe revisie (3 naar 5). De nieuwe versie van dit rapport is als bijlage "B.2A 002.678.00 0950632 Rapportage fundaties hoekmasten" bijgevoegd. De doorgevoerde aanpassingen zijn administratief en/of aanpassing van de masttypes geweest. De aanpassingen hebben geen invloed op de uitkomst van berekeningen e.d.

2. Werkterrein mast 1157

De constatering dat een deel van de mastlocatie 1157 in de natuurbestemming van het bestemmingsplan 'Buitengebied' ligt is juist. Hierbij is het van belang om in ogenschouw te nemen dat het ruimtebeslag in de natuurbestemming voor de tijdelijke situatie (aanlegfase) zo'n 400 m² bedraagt en in de definitieve situatie circa 35 m² in de natuurbestemming ligt. Voor beide situatie is

er sprake van een activiteit die in strijd is met de daar geldende enkelbestemming 'Natuur'. De activiteiten die aangevraagd worden passen echter wel binnen de dubbelbestemming 'Leiding - Hoogspanningsverbinding 150/380 kV'. Hier kan toegelicht worden dat voor 'het uitvoeren van een werk, geen bouwwerk zijnde, of van werkzaamheden' het nieuwste planologische regime als toetsingskader is genomen.

Tevens kan voor vergunningverlening voor de tijdelijke situatie ook gekeken worden naar artikel 4 lid 11 van bijlage II van de Bor als mogelijke grondslag. Hiermee kan immers een ander gebruik tijdelijk worden toegestaan. Voor de gebruiksfase is er sprake van een beperkt ruimtebeslag op de gronden in de natuurbestemming en kan gesteld worden dat de aanwezigheid van de mast niet leidt tot een permanente onevenredige aantasting van de aanwezige natuurwaarden. Na de realisatie kan de natuur weer tot ontwikkeling komen onder en ter hoogte van de mast, net als bij de bestaande mastlocatie ten noorden van de Donge.

Ter toelichting op het verzoek om de inrichting van het werkterrein nader te beschrijven het volgende. Voor de tijdelijke situatie wordt het werkterrein voorzien van een doek, zand (of houtsnippers) en rijplaten. Na afronding van de werkzaamheden wordt dit weer verwijderd en wordt waar nodig de grond weer hersteld in oorspronkelijke staat. Er vinden in beginsel geen graafwerkzaamheden plaats.

Het aanbrengen van rijplaten aan de noordzijde van de mastlocatie (in de bestemming 'Natuur') is vooral nodig om de heistelling te kunnen plaatsen waarmee de 2 noordelijk gelegen heipalen in de grond worden aangebracht. De aanwezigheid van deze verharding zal dan ook tijdelijk zijn. Indien daar, ondanks het bovenstaande behoefte aan is, kan overwogen worden om aan de vergunning een voorwaarde te koppelen waarmee de exacte uitwerking van het werkterrein bij de mast 1157 voorafgaand aan de uitvoering af te stemmen met het bevoegd gezag.

3. *Detailuitwerking uitwegen Oosterhoutseweg*

Voor de uitwegen op de Oosterhoutseweg is (nog) geen detailontwerp. De aannemer krijgt in het contract mee dat de maatregelen moeten voldoen aan CROW 96A en 96B. De bouwweg naar juklocatie nabij 1162 kan mogelijk komen te vervallen als gekozen wordt voor een zg. rollengordijn.

4. *Periode van gebruik uitwegen Oosterhoutseweg*

Dit is op dit moment niet exacte te voorspellen. De verwachting is dat de inrit met bouwweg circa 1,5 jaar aanwezig zijn. De periode van aanleg en het in gebruik hebben van deze uitweg is op dit moment niet aan te geven.


5. *Intensiteit van gebruik uitwegen Oosterhoutseweg*

Het gebruik van de tijdelijke uitwegen die nodig zijn voor de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding zal tijdens de uitvoeringsperiode wisselend zijn. De meest drukke periode is de tijd dat de bouwwegen en werkterreinen worden aangelegd en worden opgeruimd. Voor de mastlocatie 1161 (nabij de Oosterhoutseweg) is de verwachting dat dit circa 170 vrachten zand en ongeveer 35 vrachten rijplaten betekent. Na realisatie van de mast zal dit ook weer afgevoerd moeten worden.

Het wisselende gebruik van de uitweg is als volgt weer te geven:

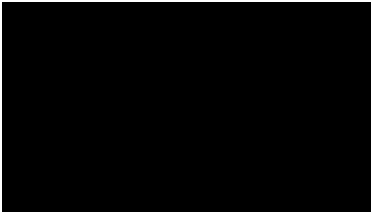
- Aanleggen werkweg en werkterrein (druk)
- Aanbrengen fundering van de mast (redelijk rustig)
- Aanbrengen mast (redelijk rustig, aanvoer staal circa 5 vrachten daarna assembleren met een kraan en opbouwen met een kraan)
- Mogelijk tijdelijke periode van geen/weinig werkzaamheden (er moeten meer masten worden gebouwd voordat de geleiders (draden) getrokken kunnen worden)
- Aanbrengen wielen en trekken van de geleiders (relatief rustig)
- Opruimen werkterrein en werkweg (druk)

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd

Met onze reactie op de door u gevraagde aanvullende gegevens hebben wij ons ingezet meer duidelijkheid te geven. Indien de informatie in deze brief + bijbehorende bijlagen aanleiding is voor vragen/opmerkingen dan verzoeken wij u hierover contact met ons op te nemen. U kunt contact opnemen met  via de contactgegevens op de eerste pagina.

Uw nader bericht zien wij met belangstelling tegemoet.

Met vriendelijke groet,
TenneT TSO B.V.




Bijlagen:

- B.2A 002.678.00 0950632 Rapportage fundaties hoekmasten
- C.26A 002.678.00 1116045 Memo antwoorden vragen gemeente Geertruidenberg

002.678.20 1183418 Bomenlijst gemeente Geertruidenberg

Boomnummer	Boomsort	Nederlands	Groei vorm	Stamdiameter	Leeftijd	Vergunning	X-coördinaat	Y-coördinaat	Gemeente	Perceel	Stamomtrek	Redenvrg
2331	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	20	20-30	Ja	117076,9549	412075,6676	Geertruidenberg	GTD01-A-3811	62,80	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2332	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	40	40-50	Ja	117078,7599	412062,9039	Geertruidenberg	GTD01-A-3811	125,60	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2333	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	45	45-55	Ja	117082,7639	412066,7125	Geertruidenberg	GTD01-A-3811	141,30	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2334	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	20	20-30	Ja	117087,5236	412076,3927	Geertruidenberg	GTD01-A-3811	62,80	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2335	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	40	40-50	Ja	117093,7177	412067,6650	Geertruidenberg	GTD01-A-3811	125,60	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2336	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	20	20-30	Ja	117097,6864	412078,9363	Geertruidenberg	GTD01-A-3811	62,80	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2337	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	20	20-30	Ja	117105,1477	412079,5713	Geertruidenberg	GTD01-A-3409	62,80	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2338	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	25	25-35	Ja	117118,1652	412083,5400	Geertruidenberg	GTD01-A-3409	78,50	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2339	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	40	40-50	Ja	117119,5940	412071,4750	Geertruidenberg	GTD01-A-3409	125,60	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2340	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	30	30-40	Ja	117126,8965	412084,9688	Geertruidenberg	GTD01-A-3409	94,20	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2341	Fraxinus excelsior	Es	Standaard	30	30-40	Ja	117132,6115	412073,2213	Geertruidenberg	GTD01-A-3409	94,20	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2626	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	70	35-45	Ja	119806,2884	409682,8629	Geertruidenberg	RDK02-D-615	219,80	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2627	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119806,7382	409661,9078	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2628	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119806,7647	409668,7341	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2629	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119806,7647	409675,7191	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2630	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	60	30-40	Ja	119807,2674	409655,6901	Geertruidenberg	RDK02-D-615	188,40	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2631	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	60	30-40	Ja	119808,3257	409649,7370	Geertruidenberg	RDK02-D-615	188,40	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2632	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	60	30-40	Ja	119808,8549	409643,9161	Geertruidenberg	RDK02-D-615	188,40	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2633	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119810,3101	409636,9046	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2634	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	35	20-30	Ja	119810,9036	409631,3388	Geertruidenberg	RDK02-D-615	109,90	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2635	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119811,1039	409625,6598	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2636	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119811,7242	409620,7698	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2637	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	55	25-35	Ja	119812,0390	409614,4474	Geertruidenberg	RDK02-D-615	172,70	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2639	Populus x canadensis	Canadapopulier	Standaard	65	30-40	Ja	119813,1572	409601,8677	Geertruidenberg	RDK02-D-615	204,10	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2641	Quercus robur	Zomereik	Standaard	25	25-35	Ja	119826,5820	409680,8256	Geertruidenberg	RDK02-D-581	78,50	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2642	Aesculus hippocastanum	Witte paardenkastanje	Standaard	35	35-45	Ja	119828,3018	409637,0369	Geertruidenberg	RDK02-D-581	109,90	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2643	Quercus robur	Zomereik	Standaard	30	30-40	Ja	119832,7997	409613,3567	Geertruidenberg	RDK02-D-581	94,20	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2644	Aesculus hippocastanum	Witte paardenkastanje	Standaard	35	35-45	Ja	119834,7841	409597,3494	Geertruidenberg	RDK02-D-581	109,90	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2645	Quercus robur	Zomereik	Standaard	25	25-35	Ja	119836,6683	409584,1174	Geertruidenberg	RDK02-D-581	78,50	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur
2646	Quercus robur	Zomereik	Standaard	30	30-40	Ja	119837,1337	409570,6220	Geertruidenberg	RDK02-D-581	94,20	Vergunningplichtig o.b.v. Bomenverordening vanwege status beschermde bomenstructuur

DATUM:	13 juni 2023
REVISIE:	1.0
STATUS:	definitief
AKKOORD:	

002.678.20 1183419 Aanvraagformulier activiteit kappen

Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente Geertruidenberg

Kadastrale gemeente Geertruidenberg

Kadastrale sectie A

Kadastraal perceelnummer 3811

Bouwplannaam -

Bouwnummer -

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

Specificatie locatie De capaciteit is nodig voor de realisatie van de nieuwe hoogspanningsverbinding. De kap vindt op 2 locaties plaats. Langs de Oosterhoutseweg en langs de Kanaalweg-Oost.

2 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel U bent eigenaar van het perceel
 U bent erfpachter van het perceel
 U bent huurder van het perceel
 Anders

Uw belang bij deze aanvraag TenneT is geen eigenaar van de percelen waar de capaciteit plaatsvindt. Met de eigenaar vinden los van de vergunning gesprekken plaats voor het sluiten van een overeenkomst. De realisatie van de hoogspanningsverbinding dient een algemeen belang en de kap is derhalve noodzakelijk.

3 Toelichting

Eventuele toelichting op locatie De scope van de capaciteit is naar aanleiding van overleg met de gemeente aangepast.

DATUM: 15 juni 2023

REVISIE: 1.0

STATUS: definitief

AKKOORD: 

Kappen

1 Kappen

Wat wilt u gaan doen?

- Kappen
 Anders

? Om hoeveel houtopstanden gaat het?

30

? Beschrijf per houtopstand om welk soort houtopstand het gaat.

In de bijlage 'bomenlijst gemeente Geertruidenberg' staat per houtopstand het type aangegeven.

? Beschrijf per houtopstand de locatie op het voor-, zij-, of achtererf.

In de bijlage 'bomenlijst gemeente Geertruidenberg' staan de x/y coördinaten van de houtopstanden weergegeven. Daarnaast staan de te kappen houtopstanden aangegeven op de kaartbeelden in bijlage A.4.A 002.678.20 1060646 230113 Mastenboek en werk terreinen Geertruidenberg 380 kV kaarten

? Geef per houtopstand de diameter van de stam in centimeter, gemeten op 1,30 m boven het maaiveld.

In de bijlage 'bomenlijst gemeente Geertruidenberg' staan per houtopstand de betreffende gegevens.

? Beschrijf per houtopstand of er een mogelijkheid is tot herbeplanten en, zo ja, of u dat van plan bent. Geef in het geval van herbeplanten aan op welke locatie en met welke soorten u dat wilt gaan doen.

In het kader van het project vindt herplant en landschappelijke inpassing plaats. Dit is echter niet 1-op-1 gekoppeld aan de aangevraagde te kappen houtopstanden van deze aanvraag. Daarnaast is het uitgangspunt om houtopstanden die moeten wijken voor tijdelijke werkwegen/-terreinen na afronding van de werkzaamheden te vervangen.

Geef eventueel een toelichting op wat u gaat doen.

Het merendeel van de te kappen houtopstanden bevindt zich in de belemmerende strook onder de nieuwe hoogspanningsverbinding. Vanuit veiligheid en beheer is het noodzakelijk dat deze houtopstanden worden verwijderd.

2 Gemeentespecifieke vragen

? komt de boom voor op de gemeentelijke bomenlijst

- Ja
 Nee



Toelichting Kappen

1 Kappen

Om hoeveel houtopstanden gaat het?

- Een houtopstand kan een boom of struik, maar ook hakhout of een houtwal zijn.

Beschrijf per houtopstand om welk soort houtopstand het gaat.

- Nummer elke houtopstand. De nummering moet overeenkomen met de nummering op de situatietekening of kleurenfoto. Deze informatie mag u ook opnemen in een bijlage. Dan hoeft u hier niets in te vullen.

Beschrijf per houtopstand de locatie op het voor-, zij-, of achtererf.

- Nummer elke houtopstand. De nummering moet overeenkomen met de nummering op de situatietekening of kleurenfoto. Deze informatie mag u ook opnemen in een bijlage. Dan hoeft u hier niets in te vullen.

Geef per houtopstand de diameter van de stam in centimeter, gemeten op 1,30 m boven het maaiveld.

- De diameter bepaalt u door de omtrek te meten in centimeter en dit getal te delen door 3,14.

Nummer elke houtopstand. De nummering moet overeenkomen met de nummering op de situatietekening of kleurenfoto. Deze informatie mag u ook opnemen in een bijlage. Dan hoeft u hier niets in te vullen.

Beschrijf per houtopstand of er een mogelijkheid is tot herbeplanten en, zo ja, of u dat van plan bent. Geef in het geval van herbeplanten aan op welke locatie en met welke soorten u dat wilt gaan doen.

- Nummer elke houtopstand. De nummering moet overeenkomen met de nummering op de situatietekening of kleurenfoto. Deze informatie mag u ook opnemen in een bijlage. Dan hoeft u hier niets in te vullen.

2 Gemeentespecifieke vragen

komt de boom voor op de gemeentelijke bomenlijst

- als de boom voorkomt op de gemeentelijke bomenlijst dan dient u een omgevingsvergunning aan te vragen voor de activiteit kappen. De aanvraag kunt u via het omgevingsloket indienen.

002.678.20 1195833 rapport bomentaxatie Geertruidenberg



Taxatie in verband met beoogde bomenkap op twee locaties in Geertruidenberg



Taxateur NVTB:

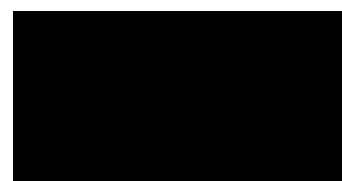
Bedrijfsnaam:

Adres:

Telefoon

Email

Website



advies@copijn.nl

www.copijn.nl

www.boomtaxateur.nl

Nederlandse Vereniging van Taxateurs van Bomen



1. INHOUDSOPGAVE

1. Inhoudsopgave	2
2. Samenvatting	3
3. Colofon	4
4. Object	5
5. Taxatiemethode	7
6. Taxatie	9
7. Verantwoording	10
Bijlage 1: Opname- en taxatieformulier	11
Bijlage 2: Rekenbladen vanuit de NVTB website	12
Bijlage 3: Foto's	17

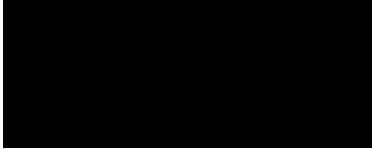
2. SAMENVATTING

Taxatierapport	Taxatie 30 potentieel te kappen bomen op twee locaties te gemeente Geertruidenberg
Registratienummers NVTB	57-10886 tot en met 57-10890
Registratienummer taxateur	057-23-005
Rapportversie	1
Doelstelling taxatie	Berekenen van de vervangingskosten
Taxatiemethode	'Rekenmodel Vervangingskosten' versie 2022
Object	Boomsoort : Vijf soorten, zie bijlage 1 Aantal : 30 Stamontrek : Divers, zie bijlage 1 Leeftijd : Divers, zie bijlage 1
Locaties	Kanaalweg-Oost te Geertruidenberg en Oosterhoutseweg te Raamsdonksveer, zie tekeningen hoofdstuk 4 voor de precieze locaties.
Datum opname	19-06-2023
Waardering	Het object is per opnamedatum getaxeerd op: <ul style="list-style-type: none">Vervangingskosten. Totaal: € 92.000.000,- (exclusief btw), (zegge: tweeënnegentigduizend euro), afgerond op duizendtallen.
Geregistreerd Taxateur	
Plaats, datum	Utrecht, 29-06-2023

3. COLOFON

Opdrachtgever

Contactgegevens



Adres

Sweco Nederland B.V.
Postbus 271
3730 AG DE BILT

Bedrijfsgegevens

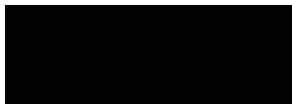
KVK: 30129769
BTW: NL802197486B01
Website: www.sweco.nl

Projectgegevens

Referentie opdrachtgever: Kap bomen Geertruidenberg
Referentie opdrachtnemer: PR-23-510-01712
Registratienummers NVTB: 57-10886 tot en met 57-10888
Rapportversie: 1
Datum rapport: 20-06-2023
Taxateur: Dhr. P.H. van der Laan
Kwaliteitscontrole: Mw. J. 't Hoen

Opdrachtnemer

Contactgegevens



Adres

Copijn Boomspecialisten BV
Gageldijk 4f
3566 ME Utrecht

Bedrijfsgegevens

KVK 30243903
BTW NL919.716.B01
www.copijn.nl

Doelstelling taxatie

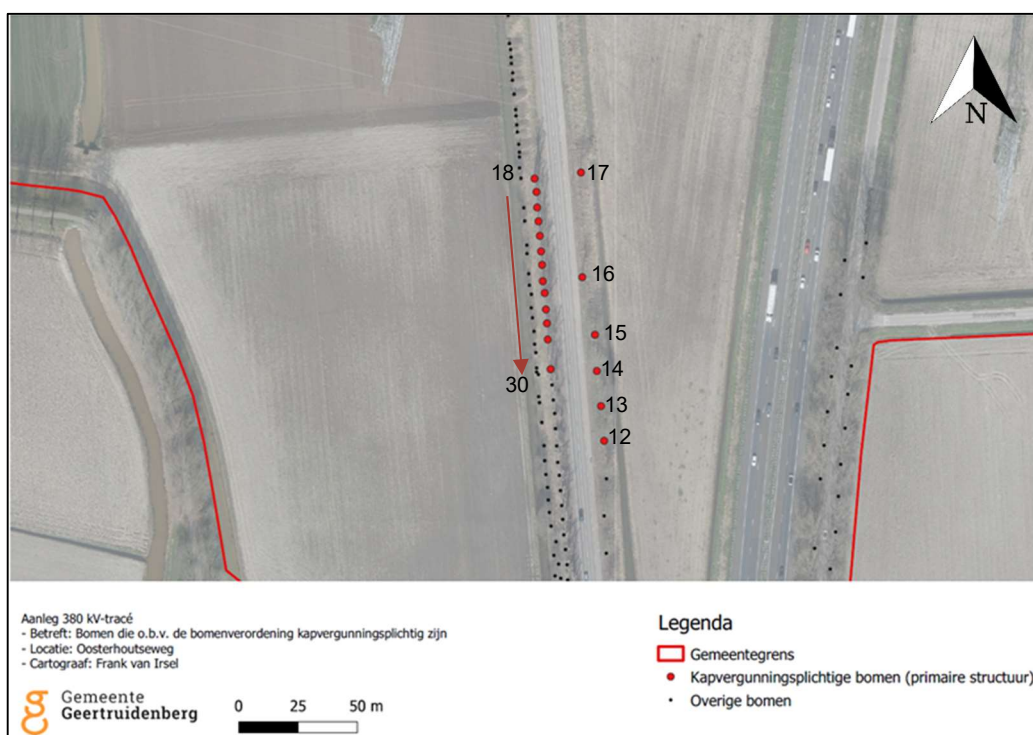
Vaststellen van de vervangingskosten doordat diverse bomen, verdeeld over twee locaties in de gemeente Geertruidenberg, moeten wijken door planvorming.

4. OBJECT

De bomen zijn in beheer bij de gemeente Geertruidenberg. Onderstaand zijn twee kaarten met de boomlocaties en nummering opgenomen. Betreffende bomen met rode stip komen naar verwachting voor kap in aanmerking.



Luchtfoto met boomlocaties en nummering. Kanaalweg-Oost, Geertruidenberg (Bron: Sweco Nederland BV).



Luchtfoto met boomlocaties en nummering. Oosterhoutseweg, Raamsdonksveer.

De relevante boomgegevens zijn verzameld om de uitgangspunten vast te leggen. De bandbreedte van een aantal belangrijke parameters is vermeld in onderstaande tabel 1. De volledige gegevens per boom zijn terug te vinden in bijlage 3.

Tabel 1 - Uitgangspunten Boomgegevens

Aantallen en soorten	11x Gewone es (<i>Fraxinus excelsior</i>), 2x witte paardenkastanje (<i>Aesculus hippocastanum</i>), 1x bruine beuk (<i>Fagus sylvatica 'Atropunicea'</i>), 13x zwarte populier (<i>Populus nigra</i>) en 3x zomereik (<i>Quercus robur</i>).
Locaties	Kanaalweg-Oost te Geertruidenberg en Oosterhoutseweg te Raamsdonksveer, zie luchtfoto's Hoofdstuk 4.
Omlooptijd	Variërend tussen 20 en 200 jaar.
Leeftijd functievervulling	10, 20, 30 en 40 jaar.
Aantal bomen	30 stuks.
Leeftijd	Variërend tussen 20 en 68 jaar. Hierbij is rekening gehouden met de plantjaarregistratie van de gemeente
Stamdiameter op 130 cm +mv	Variërend tussen 18 en 93 cm.
Boomhoogte klasse(n)	Minder dan 6, 6-10 en 11-20 m.
Kroondiameter klasse(n)	Variërend tussen minder dan 2 en 11-15 m.
Bewortelbare diepte	Variërend tussen 120 en 150 cm beneden maaiveld Beperking door storende lagen en grondwater.
Beschrijving omvang groeiplaats	Bermbreedte in geval van boom 1 tot en met 11: 3,8 m Bermbreedte in geval van boom 12 tot en met 17: 11 m Bermbreedte in geval van boom 18 tot en met 30: 9m In de lengterichting zijn er geen specifieke beperkingen aangetroffen.
Standplaats	Berm met ruw gras.
Beleidsstatus	Geen.
Bereikbaarheid	Over het algemeen vrij goed.
Beheertype	Niet vrij uitgroeiend. Twaalf van de dertien zwarte populieren zijn bovendien in het verleden gekandelaberd.
Opkroonhoogte	Variërend van 2 tot 6 m.
Conditieklasse NEN 2767	Variërend van goed tot zeer slecht.

5. TAXATIEMETHODE

Voor het bepalen van de vervangingskosten van houtige gewassen hanteert de NVTB in een vaste hiërarchische volgorde, drie basismethoden:

1. De handelswaarde of;
2. De feitelijke vervangingswaarde van een vergelijkbare boom (calculatie en/of offertes) of;
3. Berekening conform 'Rekenmodel Vervangingskosten'.

Tabel 2 – Keuze taxatiemethode

Handelswaarde	De handelswaarde is in geen geval van toepassing. Er gaan geen kwekerijbomen of bomen van een tuincentrum en dergelijke verloren. Vaststelling van de handelswaarde is daarom <u>niet</u> van toepassing.
Feitelijke vervangingskosten	De maat en/of de kwaliteit van te taxeren bomen is in de handel (niet) te koop. Aanplanten van houtige gewassen om tot functioneel vergelijkbare exemplaren te kunnen komen is niet uitvoerbaar en/of technisch niet haalbaar. Een taxatie door een berekening van de feitelijke vervangingskosten is derhalve <u>niet</u> van toepassing.
Rekenmodel Vervangingskosten	Voor de 30 bomen is berekening met behulp van 'Rekenmodel Vervangingskosten' van toepassing.

Het Rekenmodel is gebaseerd op de theoretische kosten die gemaakt moeten worden om de betrokken boom op de locatie te kunnen vervangen door een gelijkwaardig exemplaar. Deze kosten worden berekend door uit te gaan van het (her)planten van een boom, plus de kosten voor beheer en onderhoud tot de betreffende boom dezelfde leeftijd en functie heeft als de getaxeerde boom.

Bij het vaststellen van de vervangingskosten spelen de volgende aspecten een belangrijke rol, zie onderstaande tabel.

Tabel 3 - Uitgangspunten rekenmodel vervangingskosten

Functiecategorieën	1, 4, 5, 6 en 9.
Toetsnorm functiecategorie haalbaar?	Ja.
Aanpassing nodig op begeleidingsperiode?	Bijstelling naar een andere reëel haalbare rekenklasse is niet van toepassing. De huidige normen binnen het rekenmodel zijn reëel bruikbaar voor de aanplant.
Aanpassing nodig op eindleeftijd?	Er is gerekend met reëel haalbare eindleeftijden. Hierbij, op vier bomen na, aansluitend bij de beschikbare levensduur treden binnen het rekenmodel. De uitzondering heeft betrekking op nummers: 10, 11, 16 en 25. Deze exemplaren zijn reeds in ongewijzigde situatie niet meer te handhaven. Herstel is uitgesloten. De eindleeftijd is gelijk gesteld aan de huidige leeftijd.
Keuze plantmaat	In deze taxatie is in alle gevallen de plantmaat 20-25 aan de orde. Deze maat sluit aan bij het beleid van de gemeente Geertruidenberg voor deze locaties met 'primaire structuur'. Hiertoe is navraag gedaan bij de gemeente Geertruidenberg.
Plantkosten	Hoog (intensief) en normaal (regulier). Behalve voor de populieren waarbij relatief eenvoudig vanaf het fietspad en de berm gewerkt kan worden zijn uitgebreide verkeersvoorzieningen nodig waarbij een rijbaan (plaatselijk) moet worden afgezet.
Beheerkosten	Hoog (intensief) voor de twaalf gekandelaberde populieren, laag (extensief) voor de zeer beperkt onderhouden boom 26 en normaal (regulier) voor de overige bomen. Het beheer is hier relatief kostbaar maar de onderhoudsfrequentie van de overige bomen is op beide locaties relatief laag.
Schaalvoordeel	Staffelkorting is van toepassing in het geval er meerdere bomen tegelijkertijd gesticht moeten worden om de beplanting te kunnen herstellen. Het betreft dan in principe boomgroepen die naar verwachting niet in de huidige vorm in te passen zijn van gelijke- of sterk vergelijkbare leeftijd en die gelijktijdig geplant kunnen worden op één locatie om weer een vergelijkbaar beeld te kunnen bereiken. De volgende staffelkorting percentages komen binnen deze taxatie voor: 0%, 15%, 25% en 35%. De vervangingskosten zoals in bijlage 1 per boom aangegeven zijn gebaseerd op de selectie van betreffende 30 bomen. Indien het aantal te kappen bomen uiteindelijk wijzigt komt deze taxatie te vervallen en kan een nieuwe taxatie van belang zijn.

De berekeningen per boom zijn terug te vinden in bijlage 1. Aanvullend zijn in bijlage 2 nog enkele controle rekenbladen opgenomen welke zijn gegenereerd vanuit de website van de NVTB.

6. TAXATIE

In bijlage 1 zijn onder andere de taxatie parameters en met het rekenmodel berekende vervangingskosten per boom terug te vinden.

Op basis van voorgaande uitgangspunten en de uitkomsten uit de rekenbladen komen we tot de volgende waardering.

Tabel 4 - Vervangingskosten

Het totale taxatiebedrag per opnamedatum van de 30 houtige gewassen is:	€ 92.000,- (exclusief btw) (zegge: tweeënnegentigduizend euro) exclusief BTW en afgerond op duizendtallen.
---	--

7. VERANTWOORDING

Dit taxatierapport is opgesteld door de in het colofon vermelde boomtaxateur, aangesloten bij de Nederlandse Vereniging van Taxateurs van Bomen (NVTB).

Voor prijzen is gebruik gemaakt van de Richtlijnen NVTB, versie 2022.

De authenticiteit van dit taxatierapport kunt u herkennen aan het gebruik van een uniek registratienummer. Op de website kunt u controleren of de taxateur is aangesloten bij de NVTB. Bij twijfel of het taxatierapport door een bij de NVTB geregistreerde taxateur is uitgevoerd kunt u contact opnemen met het secretariaat van de NVTB.

Heeft u vragen over de inhoud van het rapport, dan kunt u zich in eerste instantie wenden tot de taxateur of opdrachtgever die vermeld staan in hoofdstuk 3, Colofon.

In het geval van verschil van mening over dit taxatierapport tussen de taxateur en zijn opdrachtgever, kan de laatste een schriftelijk verzoek indienen bij het bestuur van de NVTB om het geschil voor te leggen aan de geschillencommissie van de NVTB. Aan de behandeling van een geschil zijn kosten verbonden (zie website van de NVTB).

Opdrachtgevers betalen, middels een afdracht, mee aan het ontwikkelen en onderhouden van de NVTB richtlijnen. Met de afdracht wordt onder andere de systematiek actueel gehouden, worden nieuwe onderdelen toegevoegd en kunnen gebruikers ondersteuning krijgen van de NVTB. De NVTB bijdrage is een verplichte afdracht bij elke taxatieopdracht, waarbij gebruik wordt gemaakt van de NVTB richtlijnen en rekenbladen van de rekenmodule. Op de website www.boomtaxateur.nl zijn de meest actuele afdracht kosten terug te vinden. De NVTB brengt dit kosten onderdeel bij de taxateur in rekening.

Nederlandse Vereniging van Taxateurs van Bomen
www.boomtaxateur.nl
E-mail: info@boomtaxateur.nl



Bijlage 1: Opname- en taxatieformulier

Deze bijlage is separaat als pdf met het rapport meegeleverd.

Bijlage 2: Rekenbladen vanuit de NVTB website

Deze bijlage bevat enkele rekenbladen ter controle van de berekeningen van bijlage 1. In de rekenbladen wordt geen rekening gehouden met de eventueel van toepassing zijnde staffelkorting.

Nummers 1 t/m 4, gewone es. (Reg. nr. 57-10886)

Aanplant en nazorg				
<i>Plantmaat bij nieuwe aanplant</i>	20/25		soort	<i>Fraxinus excelsior</i>
<i>Boomleeftijd bij aanplant (a)</i>	3 jaar			
<i>Duur aanslagperiode incl. nazorg (b)</i>	3 jaar			
Kosten plantgoed	Soortklasse 1	€ 365.00	A1	exclusief BTW
Plantkosten	Intensief	€ 430.00	A2	exclusief BTW
Kosten aanplant		€ 795.00	A3	
Kosten aanplant & rente		€ 894.27	1.12	rente factor (b)
Garantie		€ 89.43	10%	garantietoeslag
Subtotaal		€ 983.69	A4	
Kosten nazorg, per jaar			€ 325.00	exclusief BTW
Totale kosten nazorg		€ 1,014.52	3.12	t + rente factor (b)
Investering na aanplant en nazorg		€ 1,998.21	A6	
Begeleiding tot functievervulling				
<i>Boomleeftijd bij functievervulling (c)</i>	30 jaar			
<i>Verwachte totale levensduur</i>	80 jaar			
<i>Plantjaarleeftijd Toetsmoment (d)</i>	27 jaar			(d) = (c) - (a)
Jaarlijkse beheerkosten	Regulier	€ 20.00		exclusief BTW
Jaren begeleiding tot functievervulling (e)		24		(d) - (b)
Kosten begeleiding, totaal		€ 781.65	39.08	B1 t + rente factor (e)
Kosten plantgoed en aanplant		€ 5,122.03	2.56	B2 rente factor (e)
Totale kosten bij functievervulling		€ 5,903.68	B3	Annuiteit 4%, (h)jaar
Kostenberekening na afschrijving functionele ouderdom				
Afschrijvingsmodel	4	afschrijving volgens annuïteit		
Verwachte totale levensduur (f)	80 jaar (zonder schade)			Boomleeftijd (g) 30 jaar
Afschrijvingsduur (h)	50 jaar			(f)-(c)
Afgeschreven jaren (i)	0 jaar			
(g)-(c)Afschrijving		€ 0.00	0.00%	
Getaxeerde vervangingskosten		€ 5,903.68	C2	exclusief BTW

Het aantal vergelijkbare bomen die gelijktijdig verloren gaan is vier. Onderstaande is de berekening van de staffelkorting- en de totale vervangingskosten van deze exemplaren opgenomen.

Getaxeerde vervangingskosten per boom		€ 5,903.68
Vervangingskosten (subtotaal)		€ 23,614.72
Schaalvoordeel (%)	25%	€ -5,903.68
Totaal getaxeerde vervangingskosten exclusief BTW		€ 17,711.04

Nummer 12, zomereik, (Reg. nr. 57-10887)

Aanplant en nazorg

Plantmaat bij nieuwe aanplant	20/25		soort	Quercus robur
Boomleeftijd bij aanplant (a)	3 jaar			
Duur aanslagperiode incl. nazorg (b)	3 jaar			
Kosten plantgoed	Soortklasse 2	€ 390.00	A1	exclusief BTW
Plantkosten	Intensief	€ 430.00	A2	exclusief BTW
Kosten aanplant		€ 820.00	A3	
Kosten aanplant & rente		€ 922.39	1.12	rente factor (b)
Garantie		€ 92.24	10%	garantietoeslag
Subtotaal		€ 1,014.63		A4
Kosten nazorg, per jaar			€ 325.00	exclusief BTW
Totale kosten nazorg		€ 1,014.52	3.12	A5 t + rente factor (b)
Investering na aanplant en nazorg		€ 2,029.15		A6

Begeleiding tot functievervulling

Boomleeftijd bij functievervulling (c)	40 jaar			
Verwachte totale levensduur	200 jaar			
Plantjaarleeftijd Toetsmoment (d)	37 jaar			(d) = (c) - (a)
Jaarlijkse beheerkosten	Regulier	€ 20.00		exclusief BTW
Jaren begeleiding tot functievervulling (e)			34	(d) - (b)
Kosten begeleiding, totaal		€ 1,397.16	69.86	B1 t + rente factor (e)
Kosten plantgoed en aanplant		€ 7,699.23	3.79	B2 rente factor (e)
Totale kosten bij functievervulling		€ 9,096.39		B3 Annuïteit 4%, (h)jaar

Kostenberekening na afschrijving functionele ouderdom

Afschrijvingsmodel	4 afschrijving volgens annuïteit		
Verwachte totale levensduur (f)	200 jaar (zonder schade)		Boomleeftijd (g) 40 jaar
Afschrijvingsduur (h)	160 jaar		(f)-(c)
Afgeschreven jaren (i)	0 jaar		
(g)-(c) Afschrijving	€ 0.00	0.00%	
Getaxeerde vervangingskosten	€ 9,096.39		C2 exclusief BTW

Het aantal vergelijkbare zomereiken die gelijktijdig verloren gaan is drie. Onderstaande is de berekening van de staffelkorting- en de totale vervangingskosten van deze exemplaren opgenomen.

Getaxeerde vervangingskosten per boom		€ 9,096.39
Vervangingskosten (subtotaal)		€ 27,289.17
Schaalvoordeel (%)	15%	€ -4,093.38
Totaal getaxeerde vervangingskosten exclusief BTW		€ 23,195.79

Nummer 14, witte paardenkastanje (Reg. nr. 57-10888)

Aanplant en nazorg				
Plantmaat bij nieuwe aanplant	20/25		soort	<i>Aesculus hippocastanum</i>
Boomleeftijd bij aanplant (a)	3 jaar			
Duur aanslagperiode incl. nazorg (b)	3 jaar			
Kosten plantgoed	Soortklasse 2	€ 390.00	A1	exclusief BTW
Plantkosten	Intensief	€ 430.00	A2	exclusief BTW
Kosten aanplant		€ 820.00	A3	
Kosten aanplant & rente	€ 922.39	1.12		rente factor (b)
Garantie	€ 92.24	10%		garantietoeslag
Subtotaal	€ 1,014.63		A4	
Kosten nazorg, per jaar		€ 325.00		exclusief BTW
Totale kosten nazorg	€ 1,014.52	3.12	A5	t + rente factor (b)
Investering na aanplant en nazorg	€ 2,029.15		A6	
Begeleiding tot functievervulling				
Boomleeftijd bij functievervulling (c)	40 jaar			
Verwachte totale levensduur	100 jaar			
Plantjaarleeftijd Toetsmoment (d)	37 jaar			(d) = (c) - (a)
Jaarlijkse beheerkosten	Regulier	€ 20.00		exclusief BTW
Jaren begeleiding tot functievervulling (e)		34		(d) - (b)
Kosten begeleiding, totaal	€ 1,397.16	69.86	B1	t + rente factor (e)
Kosten plantgoed en aanplant	€ 7,699.23	3.79	B2	rente factor (e)
Totale kosten bij functievervulling	€ 9,096.39		B3	Annuiteit 4%, (h)jaar
Kostenberekening na afschrijving functionele ouderdom				
Afschrijvingsmodel	4	afschrijving volgens annuïteit		
Verwachte totale levensduur (f)	100 jaar	(zonder schade)		Boomleeftijd (g) 45 jaar
Afschrijvingssduur (h)	60 jaar			(f)-(c)
Afgeschreven jaren (i)	5 jaar			
(g)-(c)Afschrijving	€ 207.02	2.28%		
Getaxeerde vervangingskosten	€ 8,889.37		C2	exclusief BTW

Het aantal vergelijkbare kastanjes die gelijktijdig verloren gaan is twee. Onderstaande is de berekening van de staffelkorting- en de totale vervangingskosten van deze exemplaren opgenomen.

Getaxeerde vervangingskosten per boom		€ 8,889.37
Vervangingskosten (subtotaal)		€ 17,778.74
Schaalvoordeel (%)	15%	€ -2,666.81
Totaal getaxeerde vervangingskosten exclusief BTW		€ 15,111.93

Nummer 17, bruine beuk (Reg. nr. 57-10889)

Aanplant en nazorg				
Plantmaat bij nieuwe aanplant	20/25		soort	<i>Fagus sylvatica</i>
Boomleeftijd bij aanplant (a)	3 jaar			
Duur aanslagperiode incl. nazorg (b)	3 jaar			
Kosten plantgoed	Soortklasse 3	€ 420.00	A1	exclusief BTW
Plantkosten	Intensief	€ 430.00	A2	exclusief BTW
Kosten aanplant		€ 850.00	A3	
Kosten aanplant & rente	€ 956.13	1.12		rente factor (b)
Garantie	€ 95.61	10%		garantietoeslag
Subtotaal	€ 1,051.75		A4	
Kosten nazorg, per jaar		€ 325.00		exclusief BTW
Totale kosten nazorg	€ 1,014.52	3.12	A5	t + rente factor (b)
Investering na aanplant en nazorg	€ 2,066.27		A6	
Begeleiding tot functievervulling				
Boomleeftijd bij functievervulling (c)	40 jaar			
Verwachte totale levensduur	120 jaar			
Plantjaarleeftijd Toetsmoment (d)	37 jaar			(d) = (c) - (a)
Jaarlijkse beheerkosten	Regulier	€ 20.00		exclusief BTW
Jaren begeleiding tot functievervulling (e)		34		(d) - (b)
Kosten begeleiding, totaal	€ 1,397.16	69.86	B1	t + rente factor (e)
Kosten plantgoed en aanplant	€ 7,840.07	3.79	B2	rente factor (e)
Totale kosten bij functievervulling	€ 9,237.23		B3	Annuiteit 4%, (h)jaar
Kostenberekening na afschrijving functionele ouderdom				
Afschrijvingsmodel	4	afschrijving volgens annuïteit		
Verwachte totale levensduur (f)	120 jaar	(zonder schade)		Boomleeftijd (g) 40 jaar
Afschrijvingssduur (h)	80 jaar			(f)-(c)
Afgeschreven jaren (i)	0 jaar			
(g)-(c)Afschrijving	€ 0.00	0.00%		
Getaxeerde vervangingskosten	€ 9,237.23		C2	exclusief BTW

Nummer 18, zwarte populier (Reg. nr. 57-10890)

Aanplant en nazorg

Plantmaat bij nieuwe aanplant	20/25		soort	Populus nigra
Boomleeftijd bij aanplant (a)	3 jaar			
Duur aanslagperiode incl. nazorg (b)	3 jaar			
Kosten plantgoed	Soortklasse 0	€ 340.00	A1	exclusief BTW
Plantkosten	Regulier	€ 375.00	A2	exclusief BTW
Kosten aanplant		€ 715.00	A3	
Kosten aanplant & rente	€ 804.28	1.12		rente factor (b)
Garantie	€ 80.43	10%		garantietoeslag
Subtotaal	€ 884.71		A4	
Kosten nazorg, per jaar		€ 325.00		exclusief BTW
Totale kosten nazorg	€ 1,014.52	3.12	A5	t + rente factor (b)
Investering na aanplant en nazorg	€ 1,899.23		A6	

Begeleiding tot functievervulling

Boomleeftijd bij functievervulling (c)	20 jaar			
Verwachte totale levensduur	80 jaar			
Plantjaarleeftijd Toetsmoment (d)	17 jaar			(d) = (c) - (a)
Jaarlijkse beheerkosten	Intensief	€ 25.00		exclusief BTW
Jaren begeleiding tot functievervulling (e)		14		(d) - (b)
Kosten begeleiding, totaal	€ 457.30	18.29	B1	t + rente factor (e)
Kosten plantgoed en aanplant	€ 3,288.84	1.73	B2	rente factor (e)
Totale kosten bij functievervulling	€ 3,746.14		B3	Annuiteit 4%, (h)jaar

Kostenberekening na afschrijving functionele ouderdom

Afschrijvingsmodel	4	afschrijving volgens annuïteit		
Verwachte totale levensduur (f)	80 jaar	(zonder schade)		Boomleeftijd (g) 68 jaar
Afschrijvingssduur (h)	60 jaar			(f)-(c)
Afgeschreven jaren (i)	48 jaar			
(g)-(c) Afschrijving	€ 2,192.10	58.52%		
Getaxeerde vervangingskosten	€ 1,554.04		C2	exclusief BTW

Bijlage 3: Foto's

Foto's Kanaalweg-Oost te Geertruidenberg



Bomen 3 en 4, gewone es tussen fietspad en de Kanaalweg-Oost, N623.



Bomen 10 en 11, gewone es. Nr. 10 is verdroogd. Bij nr. 11 is de kroon afwezig. Deze twee bomen zijn niet langer functioneel. Er is geen reële kans op herstel.



Profielboring op de rand van de kroonprojectie bij boom 1: Op 1,1 m beneden maaiveld is de bodem vochtig, sterk verdicht en is roest aanwezig. De gehele groeiplaats is humusarm.

Foto's Oosterhoutseweg te Raamsdonksveer



Bomen 12 tot en met 17 met onder andere zomereiken op rij in de brede berm aan de oostzijde van de weg.



Een dichte rij met overwegend gekandelaberde zwarte populieren in de berm aan de westzijde van de weg.



Foto boom 26. Deze boom is stervende. Op diverse hoogten op de stam zijn grote vruchtlichamen van schimmels aanwezig. De top is geheel afgestorven. Rooien uit veiligheidsoverweging is van belang.



Profielboring in de berm tussen bomen 12 en 13 op de rand van de kroonprojectie: De toplaag van 0-110 cm bestaat uit uiterst fijn, droog zand met goede beworteling. Vanaf 110 tot 120 cm is klei aanwezig met alleen enkele fijne wortels. De zone tussen 120 en 130 met klei is sterk verdicht, licht vochtig en er zijn gley verschijnselen zichtbaar. De beworteling is hier zeer extensief.

002.678.20 1195838 Bijlage 1 rapport bomentaxatie Geertruidenberg

Nr.	Soort afkorting	Boomsort nr	Boomtype	Stam ø in cm	Hoogte klasse (m)	Kroon ø in m	Conditie	Kwaliteit stamvoet	Kwaliteit stam	Kwaliteit kroon	Urgentie herinspectie	Opmerkingen	Beheeradvies	Boomwaardering	Soort klasse	Funcatiecategorie	Stam-omvang Nieuwe aanplant	Leeftijd Plantgoed	Kosten Plantgoed	Plant-kosten	Kosten Aanplant	Nazorg Periode (jaren)	Subtotaal Aanplant	Nazorg (r.l. kosten)	Vervangings-kosten na aanplant en nazorg	Leeftijd Functie-erv.	Aantal Beheer-jaren	Jaarlijkse Beheer-kosten	Boomwaarde bij Functievervulling	Kwaliteit Groeiplaats	Huidige leeftijd	Maximale leeftijd	(Kale) vervangings-kosten	Plant-kosten	Beheer-kosten	Staffel-korting	Vervangingskosten na staffelkorting
1	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	37	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar	Straatboom (N-weg)	Specifieke snoei	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	30	100	€ 5.903,68	Intensief	Regulier	25%	€ 4.427,76
2	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	41	6-10 m.	6-10 m.	Redelijk	Goed	Goed	Redelijk	< 2 jaar		Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	30	80	€ 5.903,68	Intensief	Regulier	25%	€ 4.427,76
3	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	40	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar		Onderhoudsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	30	100	€ 5.903,68	Intensief	Regulier	25%	€ 4.427,76
4	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	38	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar		Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	30	100	€ 5.903,68	Intensief	Regulier	25%	€ 4.427,76
5	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	29	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar		Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	24	100	€ 4.560,92	Intensief	Regulier	15%	€ 3.876,78
6	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	29	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Redelijk	Goed	< 3 jaar	Mech. Schade stam op 2 plekken	Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	24	100	€ 4.560,92	Intensief	Regulier	15%	€ 3.876,78
7	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	28	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Redelijk	Goed	< 3 jaar	Mech. Schade stam op enkele plekken	Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	24	100	€ 4.560,92	Intensief	Regulier	15%	€ 3.876,78
8	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	18	6-10 m.	2-5 m.	Matig	Goed	Redelijk	Redelijk	< 2 jaar	Mech. Schade stam op 2 plekken, noodgroeï stam	Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	24	60	€ 4.560,92	Intensief	Regulier	25%	€ 3.420,69
9	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	21	6-10 m.	2-5 m.	Goed	Goed	Redelijk	Goed	< 3 jaar	Mech. Schade stam op 1 plek, noodgroeï stam	Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	30	24	€ 20	€ 5.903,68	Redelijk	24	80	€ 4.560,92	Intensief	Regulier	25%	€ 3.420,69
10	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	21	6-10 m.	2-5 m.	Zeer slecht	Goed	Matig	Redelijk	Reeds uitgevoerd	Mech. Schade stam op 2 plekken, noodgroeï stam, verdroogd	Begeleidingsnoei beeld	Beperkte waarde	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	10	4	€ 20	€ 2.422,56	Redelijk	24	24	€ 0,00	Intensief	Regulier	25%	€ 0,00
11	Fra ex	Gewone es	Natuurlijk	19	<5 m.	<2 m.	Zeer slecht	Goed	Goed	Niet aanwezig	Reeds uitgevoerd	Alleen enige noodgroeï op restant stam	Begeleidingsnoei beeld	Beperkte waarde	1	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 365,00	€ 430,00	€ 795,00	3	€ 983,69	€ 325,00	€ 1.998,21	10	4	€ 20	€ 2.422,56	Redelijk	24	24	€ 0,00	Intensief	Regulier	25%	€ 0,00
12	Que ro	Zomereik	Natuurlijk	41	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar	Enige noodgroeï	Specifieke snoei	Waardevol	2	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 390,00	€ 430,00	€ 820,00	3	€ 1.014,63	€ 325,00	€ 2.029,15	40	34	€ 20	€ 9.096,39	Goed	40	200	€ 9.096,39	Intensief	Regulier	15%	€ 7.731,93
13	Que ro	Zomereik	Natuurlijk	47	6-10 m.	11-15 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar	Eikenprocessierups	Specifieke snoei	Waardevol	2	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 390,00	€ 430,00	€ 820,00	3	€ 1.014,63	€ 325,00	€ 2.029,15	40	34	€ 20	€ 9.096,39	Goed	40	200	€ 9.096,39	Intensief	Regulier	15%	€ 7.731,93
14	Aes hi	Witte paardekastanje	Natuurlijk	46	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Redelijk	Matig	< 2 jaar	Ptakoksel	Begeleidingsnoei beeld	Waardevol	2	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 390,00	€ 430,00	€ 820,00	3	€ 1.014,63	€ 325,00	€ 2.029,15	40	34	€ 20	€ 9.096,39	Goed	45	100	€ 8.889,36	Intensief	Regulier	15%	€ 7.555,96
15	Que ro	Zomereik	Natuurlijk	44	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar	Eikenprocessierups	Specifieke snoei	Waardevol	2	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 390,00	€ 430,00	€ 820,00	3	€ 1.014,63	€ 325,00	€ 2.029,15	40	34	€ 20	€ 9.096,39	Goed	40	200	€ 9.096,39	Intensief	Regulier	15%	€ 7.731,93
16	Aes hi	Witte paardekastanje	Natuurlijk	40	6-10 m.	2-5 m.	Slecht	Redelijk	Redelijk	Matig	< 1 jaar	Ziek	Begeleidingsnoei beeld	Beperkte waarde	2	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 390,00	€ 430,00	€ 820,00	3	€ 1.014,63	€ 325,00	€ 2.029,15	30	24	€ 20	€ 5.982,97	Redelijk	45	45	€ 0,00	Intensief	Regulier	15%	€ 0,00
17	FRAG SY CV	Beuk cultivar	Natuurlijk	45	6-10 m.	6-10 m.	Zeer goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	3	1 Standaard begeleidingsperiode	4/2025	3	€ 420,00	€ 430,00	€ 850,00	3	€ 1.051,75	€ 325,00	€ 2.066,27	40	34	€ 20	€ 9.237,23	Goed	40	120	€ 9.237,23	Intensief	Regulier	0%	€ 9.237,23
18	POP NI	Zwarte populier	Knot	93	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Redelijk	Goed	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
19	POP NI	Zwarte populier	Knot	87	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Goed	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
20	POP NI	Zwarte populier	Knot	78	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
21	POP NI	Zwarte populier	Knot	78	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
22	POP NI	Zwarte populier	Knot	77	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
23	POP NI	Zwarte populier	Knot	75	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
24	POP NI	Zwarte populier	Knot	78	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
25	POP NI	Zwarte populier	Knot	82	11-20 m.	6-10 m.	Zeer slecht	Goed	Matig	Slecht	Reeds uitgevoerd	kandelaber, spechtengaten, zwammen tot hoog in de kroon, afstervend	Specifieke snoei	Beperkte waarde	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
26	POP NI	Zwarte populier	Natuurlijk	45	6-10 m.	6-10 m.	Goed	Goed	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 15	€ 3.563,22	Goed	20	60	€ 3.563,22	Regulier	Regulier	0%	€ 3.563,22
27	POP NI	Zwarte populier	Knot	81	11-20 m.	6-10 m.	Matig	Redelijk	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
28	POP NI	Zwarte populier	Knot	81	11-20 m.	6-10 m.	Redelijk	Redelijk	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
29	POP NI	Zwarte populier	Knot	73	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Redelijk	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€ 715,00	3	€ 884,71	€ 325,00	€ 1.899,23	20	14	€ 25	€ 3.746,14	Goed	68	80	€ 1.554,04	Regulier	Intensief	35%	€ 1.010,13
30	POP NI	Zwarte populier	Knot	85	11-20 m.	6-10 m.	Goed	Redelijk	Goed	Redelijk	< 3 jaar		Specifieke snoei	Waardevol	0	6 Standaard beg. Periode 20 jr	20/25	3	€ 340,00	€ 375,00	€																