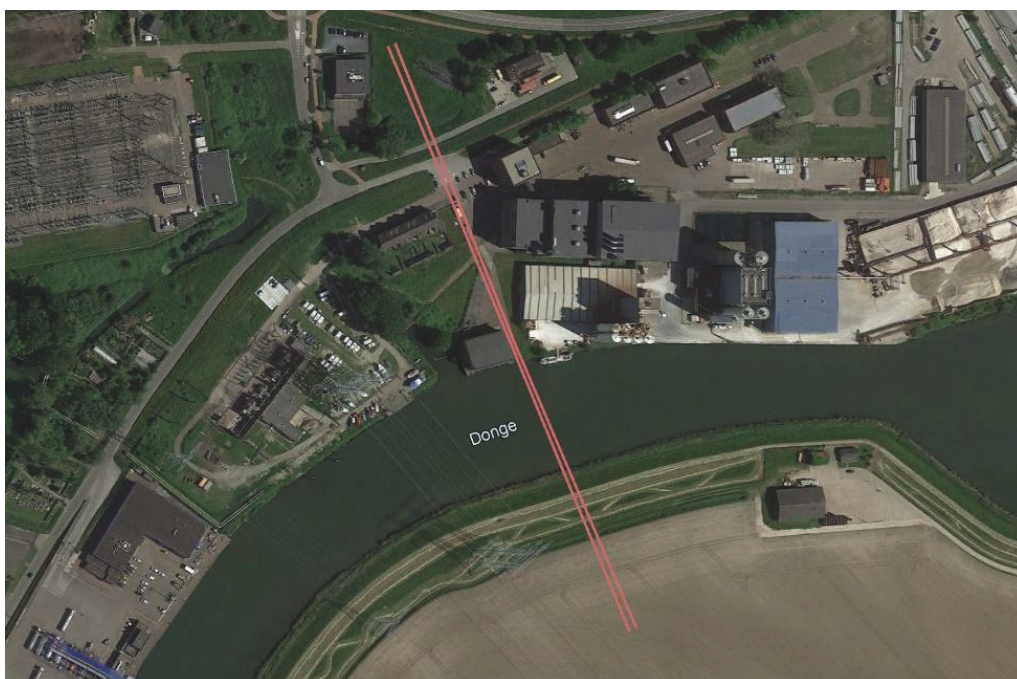


BOORPLAN

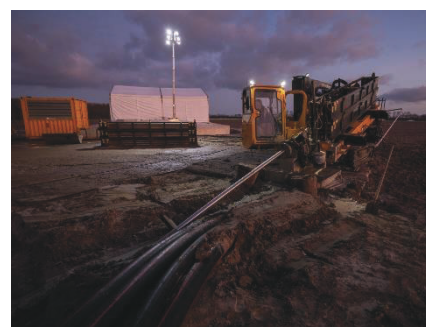
Horizontaal gestuurde boring

Project: B212256.WP01

Donge te Geertruidenberg



Opgesteld door:	Opdrachtgever:	Vergunningverlener:
Naam: g	Naam: Tennet	Naam: Waterschap Brabantse Delta
Datum: 16-06-2022		
		



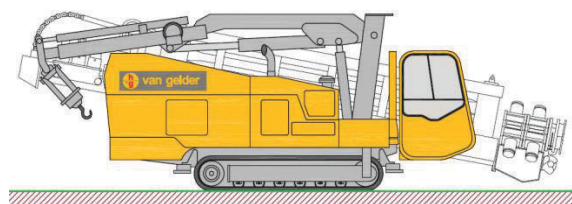
Voorwoord

Van Gelder afd. gestuurd boren heeft van u opdracht mogen ontvangen voor het realiseren van een ontwerp van het kruisen van een kering middels gestuurd boren.

De plannen zijn zo zorgvuldig mogelijk opgesteld op basis van de aan van Gelder verstrekte gegevens. In dit boorplan is er rekening gehouden met de bestaande kabels en leidingen en zoveel mogelijk worden de wensen van vergunning- en/of toestemmingverleners aangehouden.

Van Gelder is niet aansprakelijk indien onbekende zaken leiden tot stagnatie van de werkzaamheden. Om dit te voorkomen dient de aannemer ten alle tijden zich voor aanvang van de werkzaamheden te conformeren met het gerealiseerde plan en zelf een graafmelding te doen zoals is vastgelegd in de wet WION.

Revisie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Geaccepteerd
1.0	16-06-2022	Definitief			
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					



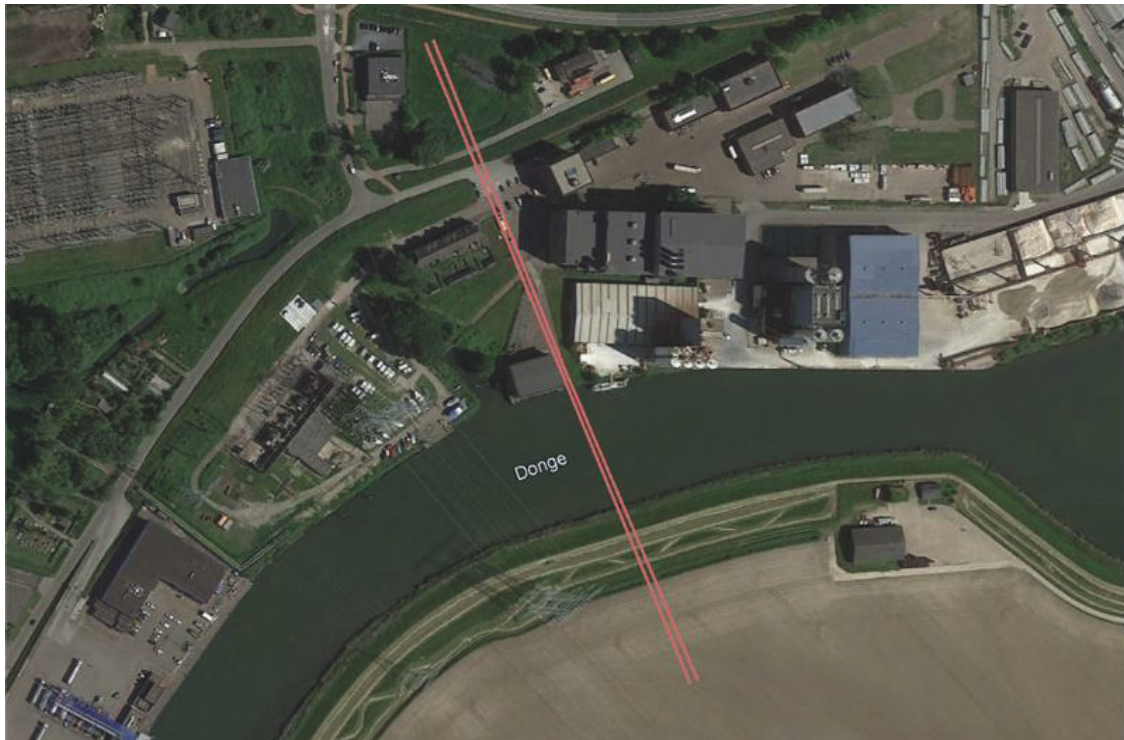
Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
2	Project specificaties	6
2.1	Belangrijke aspecten op dit project:.....	6
2.2	Keuze boortracé en geometrie:	6
2.3	Keuze boorlijn:	6
2.4	Inrichten in- en uittredepunt:	7
2.5	Geplande werktijd:	9
2.6	Personeel:	10
2.7	Registratie revisiegegevens:	10
2.8	Afwijkingen:	10
3	Technische gegevens.....	11
3.1	Aan te brengen buizen:	11
3.2	Geometrische gegevens HDD02.1:	11
3.3	Geometrische gegevens HDD02.2:	11
3.4	Plaatsbepaling:	12
3.5	In te zetten materiaal:	12
4	Gegevens sterkteberekening	13
4.1	Grondopbouw met waterstand	13
4.2	Ballasten leiding	13
4.3	Trekkrachtberekening	14
4.4	Deflectie en Implosie $\varnothing 200$	14
4.5	Deflectie en Implosie $\varnothing 250$	14
4.6	Conclusie sterkteberekening	14
5	Gegevens Muddrukberekening	15
5.1	Boorvloeiستofdrukken	15
5.2	Conclusie muddrukberekening	16
6	Algemene omschrijving gestuurde boring	17
6.1	Beschrijving boormethode:	17
6.2	Pilotboring:	17
6.3	Ruimen:	18
6.4	Cleaning run (optioneel):	18
6.5	Intrekoperatie:	19
6.6	Boorspoeldrukken:	19
6.7	Mobilisatie en demobilisatie	20

6.8	Opslag en transport van boorslurry	21
7	Boorspoeling	22
7.1	Doel van boorspoeling:	22
7.2	Het aanmaken van boorspoeling:	22
7.3	Debieten en muddrukken:	22
8	Beheersing kwelproblematiek	23
8.1	Kwel:	23
8.2	Risico's en maatregelen:	23
8.3	Maatregelen op dit project:	23
	Bijlagen	24
1	Werktekening	25
2	Grondonderzoeken	26
3	Sterkte- en muddrukberekening	27
4	Specificaties meetsysteem	28
5	Specificatie boorspoeling	29
6	In te zetten boorrig	30
7	Risicoanalyse;	31

1 Inleiding

TenneT heeft van Gelder afd. gestuurd boren gevraagd om een gestuurde boring te ontwerpen ten behoeve van een hoogspanning- en glasvezel-tracé. Om dit tracé te kunnen realiseren is het noodzakelijk om enkele infrastructurele werken te kruisen. In dit boorplan wordt de gestuurde boring onder de regionale waterkeringen verder toegelicht.



1 Figuur Werklocatie

2 Project specificaties

2.1 Belangrijke aspecten op dit project:

Het geplande boortracé kruist de Waterkering DWK00335 & DWK00198. Hiervoor dient vergunning te worden aangevraagd bij het waterschap Brabantse Delta.

Het boortracé is van tevoren geschouwd en er is bij het kadaster een oriëntatiemelding gedaan (22O024516) Uit dit vooronderzoek is gebleken dat er rekening moet worden gehouden met onderstaande punten.

Het boortracé is zo gekozen dat we voldoen aan de eisen van de opdrachtgevers en de richtlijnen van de vergunningverleners, Richtlijnen Boortechniek "2019" en de richtlijnen van diverse kabel- en leidingbeheerders.

Tijdens de uitvoering worden ter plaatse van het in- en uittredepunt alle kabels en leidingen vrij gegraven en indien noodzakelijk extra beschermingsmaatregelen getroffen

De input voor de sterkte- en muddrukberekeningen (zie bijlage 3) is gebaseerd op de bijgevoegde bodemonderzoeken. (zie bijlage 2). Om de grondwaterstand in te schatten is gebruik gemaakt van peilbuisgegevens, afkomstig van Dinoloket/Grondwatertools (TNO). De gerealiseerde sterkte berekening geeft aan dat de aan te brengen buis geschikt is voor de geplande werkzaamheden. Uit de muddrukberekeningen blijkt dat ter plaatse van de berekende punten voldoende marge wordt gehouden tussen de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorspoeldruk.

2.2 Keuze boortracé en geometrie:

Gyro

Op dit project is, in verband met het kruisen van Waterkering DWK00589 op diepte, ervoor gekozen om de pilotboring te realiseren met behulp van een gyroscoop meetsysteem. Met dit computer gestuurde meetsysteem kan de surveyor de boorkop op afstand blijven volgen.

2.3 Keuze boorlijn:

Keuze boorlijn zijn gebaseerd op de volgende eigenschappen:

- In- en uittredehoek van 16 graden, dit is minimaal benodigd bij het uitvoeren van de gestuurde boring met een 80T boorrig.
- Verticale boogstralen van 200 meter, dit is minimaal benodigd bij het uitvoeren van de gestuurde boring met een gyroscopische meetsysteem.
- Horizontale boogstralen 500 meter (HDD01.2) t.b.v. binnen ZRO strook blijven van tracé.
- Een vrije ruimte van minimaal 10 meter onder de waterkering door.
- Een vrije ruimte van 5 meter vrije ruimte tot grond kerende constructie.
- Onderlinge afstand tussen boringen van 5 meter.

2.4 Inrichten in- en uittredepunt:

Uit de oriëntatiemelding blijkt dat er ter plaatse van het in- en uittredepunt diverse kabels en leidingen aanwezig zijn. Ten einde deze niet te beschadigen is het noodzakelijk de exacte ligging hiervan te lokaliseren door middel van proefsleuven. Hierbij kan het noodzakelijk blijken om het exacte in- en uittredepunt aan te passen of om tijdelijk de bestaande kabels om te leggen.

Voor het verkrijgen van werkwater dient er water naar de locatie te worden getransporteerd.

Het intredepunt is gepland aan de westzijde van de Centraleweg 3A.

Ter plaatse is voldoende ruimte beschikbaar voor het graven van een werkput van ca. 10,00m³. Om voldoende ruimte beschikbaar te krijgen voor het opstellen van het materieel en materiaal dienen er rijplaten geplaatst te worden. Ook de sloot achter de boorrig dient door middel van draglineschotten



Figuur 2 Overzicht intredepunt

Het uittredepunt is gepland aan de zuidzijde van de Donge.
Ter plaatse is er voldoende ruimte beschikbaar voor het graven van een werkput van ca. 10,00m³. Tevens is er voldoende ruimte beschikbaar voor het opstellen van het materieel en materiaal mits voldoende rijplaten geplaatst worden.



Figuur 3 Overzicht uittredepunt

De aan te brengen PE100 SDR13.6 3x $\varnothing 200$ & 1x $\varnothing 250$ (per boring) kan achter het uittredepunt worden opgesteld en uitgelegd.

2.5 Geplande werktijd:

De geplande werktijd is bepaald in overeenstemming met de ingeschatte voortgangssnelheid per fase. Bij een gestuurde boring moeten de onderstaand fasen als opvolgend worden uitgevoerd. Het aanvoeren, lassen en beproeven van de buizen zal doorlopend gedurende de onderstaande fasen worden gerealiseerd. Deze globale planning betreft de planning per gestuurde boring.

Werkdag	1									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voorbereidende werkzaamheden										
Verkeersmaatregelen treffen										
Aanvoeren en opstellen boorrig										
Controle klicmelding + proefsleuven										
Graven in-/ uittredepunt										
Werkdag	2									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pilotboring (Gyro)										
Werkdag	3									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pilotboring (Gyro)										
Werkdag	4									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruimen										
Werkdag	5									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruimen										
Werkdag	6									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intrekken buis										
Werkdag	7									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Herstellen werklocatie + afvoeren boorrig										

- Voortgangssnelheid bij de pilotboring; ca. 25m/uur tot 50m/uur
- Voortgangssnelheid bij de ruimfase; ca. 30 tot 50m/uur
- Voortgangssnelheid bij het intrekken; ca. 30 tot 50m/uur

2.6 Personeel:

Inzet van het personeel op de boorrig zijn Surveyor, Boormeester, Mudman, Kraan en 1 of 2 assistenten. Hierbij is de taakverdeling als volgt:

- Boormeester:
 - Bediening van de boorrig
 - Koppelen van de boorstangen (intredepunt)
- Boor-assistent:
 - Samenstellen van de boorspoeling
 - Spiegellassen van de buizen
- Surveyor:
 - Verzorgen meet- en revisiegegevens

2.7 Registratie revisiegegevens:

Conform de vigerende NEN- normen is het noodzakelijk om bij iedere boorfase (pilot, ruim en intrekfase) de voortgang van het proces te monitoren. Dit wordt gerealiseerd door het registreren van de onderstaande parameters:

- Positiebepalingen en metingen;
- Debiet en druk van de boorvloeistof (aan de pomp/boorkop);
- Trekkkracht van de boorrig;
- Indien geëist de resultaten van de monitoring, met de nul- en vervolgmeting.

2.8 Afwijkingen:

Het is mogelijk dat een pilotboring onder bepaalde omstandigheden afwijkt van het vooraf geplande boortracé. De boormeester en assistent-boormeester houden continu en nauwlettend het boorproces in de gaten en eventuele afwijkingen worden geregistreerd. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door de hoofduitvoerder contact worden opgenomen met de opdrachtgever.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijnen Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven afwijkingen in het onderstaande tabel.

Richting	Maximale uitvoeringsafwijking
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal	
- In lengterichting t.p.v uittredepunt	+5m / -2m
- In dwarsrichting t.p.v uittredepunt	+1m / -1m
- In dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m
Boogstralen	< 10%

Figuur 4 Maximale toegestane afwijking

3 Technische gegevens

In dit hoofdstuk zijn de technische gegevens van de gestuurde boring te vinden welke ingevoerd zijn in het rekenprogramma D-Geo Pipeline, versie 20.1.

3.1 Aan te brengen buizen:

Bij het realiseren van de gestuurde boring zal een PE100 SDR-13.6 3xØ200 + 1xØ250mm worden aangebracht.

Totaal aantal aan te brengen buis/buizen	:	3stuk(s)
Type buis	:	PE (polyethyleen)
Diameter buis	:	Ø200mm
Wanddikte	:	14.7mm
Kwaliteit	:	PE100 SDR-13.6
Drukklasse	:	PN16
Werkdruk	:	n.v.t.
Ontwerpdruk	:	n.v.t.

Totaal aantal aan te brengen buis/buizen	:	1stuk(s)
Type buis	:	PE (polyethyleen)
Diameter buis	:	Ø250mm
Wanddikte	:	18.4mm
Kwaliteit	:	PE100 SDR-13.6
Drukklasse	:	PN16
Werkdruk	:	n.v.t.
Ontwerpdruk	:	n.v.t.

3.2 Geometrische gegevens HDD01.1:

Lengte boortracé (maaiveld)	:	412.0m
Lengte boortracé (boorlijn)	:	416.9m
Intredehoek	:	16°
Uittredehoek	:	16°
Neergaande verticale boogstraal	:	200m
Opgaande verticale boogstraal	:	200m
Horizontale boogstraal	:	n.v.t.
Gecombineerde boogstraal	:	n.v.t.
Diepste punt gestuurde boring (N.A.P.)	:	-19m
Diepste punt gestuurde boring (maaiveld)	:	22.4m
Diameter te gebruiken ruimers	:	700mm

3.3 Geometrische gegevens HDD01.2:

Lengte boortracé (maaiveld)	:	412.0m
Lengte boortracé (boorlijn)	:	415.4m
Intredehoek	:	16°
Uittredehoek	:	16°
Neergaande verticale boogstraal	:	200m
Opgaande verticale boogstraal	:	200m
Horizontale boogstraal	:	n.v.t.
Gecombineerde boogstraal	:	n.v.t.
Diepste punt gestuurde boring (N.A.P.)	:	-14m
Diepste punt gestuurde boring (maaiveld)	:	16.9m
Diameter te gebruiken ruimers	:	700mm

3.4 Plaatsbepaling:

Gyro

In verband met de gekozen diepte kan de geplande gestuurde boring niet worden uitgevoerd met een walk-over meetsysteem. Het boortracé is daarom zo gepland dat de pilotboring kan worden gerealiseerd met het gyroscoop meetsysteem. Bij dit meetsysteem wordt er een andere boorkop gemonteerd, welke wordt gekoppeld aan een draad en hiermee de data doorgeeft aan een computerprogramma. Via de benodigde software kan de surveyor de zender nauwkeurig blijven volgen en controleren of er niet van de geplande boorlijn wordt afgeweken. Bij het aan brengen van iedere boorstang moet de draad worden verlengd of ingekort. De zender geeft onder andere door:

- Azimuth (richting)
- Pitch (helling)
- Roll (klokstand)
- Diepte
- Temperatuur van de zender

Dit meetsysteem is ongevoelig voor storing door omgevingsinvloeden en blijft op iedere diepte nauwkeurig. Aanvullende informatie van dit meetsysteem is te vinden in Bijlage 4.

3.5 In te zetten materiaal:

Voor de processen van sleufloze aanlegtechnieken is er een indeling gemaakt. De processen van de scope sleufloze technieken worden bij gestuurde boringen onderverdeeld in 3 processen (S-A, S-B en S-C).

Gestuurde boringen (Processen S-A, S-B en S-C)

De indeling voor de gestuurde boringen is ingegeven door de omvang van de boring.

- "Kleine gestuurde boringen" (S-A) worden uitgevoerd met een minirig tot een maximale trekkracht van 12 ton (120 kN).
- "Grote gestuurde boringen" (S-B) worden uitgevoerd met een midirig tot een maximale trekkracht van 80 ton (800 kN).
- "Zeer grote boringen" (S-C) worden over uitgevoerd met een maxirig met een trekkracht van meer dan 80 ton (800 kN).

De CKB-regeling geeft aan dat er onder bepaalde omstandigheden aanleiding kan zijn om van de indeling af te wijken. Voorbeelden hiervan zijn:

- Aard en omvang van het te kruisen object
- Grondslag
- Leidingmateriaal
- Diepte
- Detectiemethode van de zender in de boorkop
- Risico in geval van schades

Dit project is volgens de CKB regeling gecategoriseerd als grote gestuurde boring, welke kan worden uitgevoerd met een midirig. Bij dit project is er geen aanleiding om van de CKB-regeling af te wijken.

4 Gegevens sterkteberekening

In dit werkplan wordt de meest ongunstige berekening (HDD02.2 i.v.m. lengte) toegelicht, beide berekeningen zijn in de bijlage te vinden (bijlage 3).

4.1 Grondopbouw met waterstand

Het grondonderzoek dat is toegepast voor de berekening is afkomstig van Koops Grondmechanica, zie bijlage 2. Voor het opstellen van de grondopbouw zijn de volgende sonderingen en grondwaterstanden toegepast.

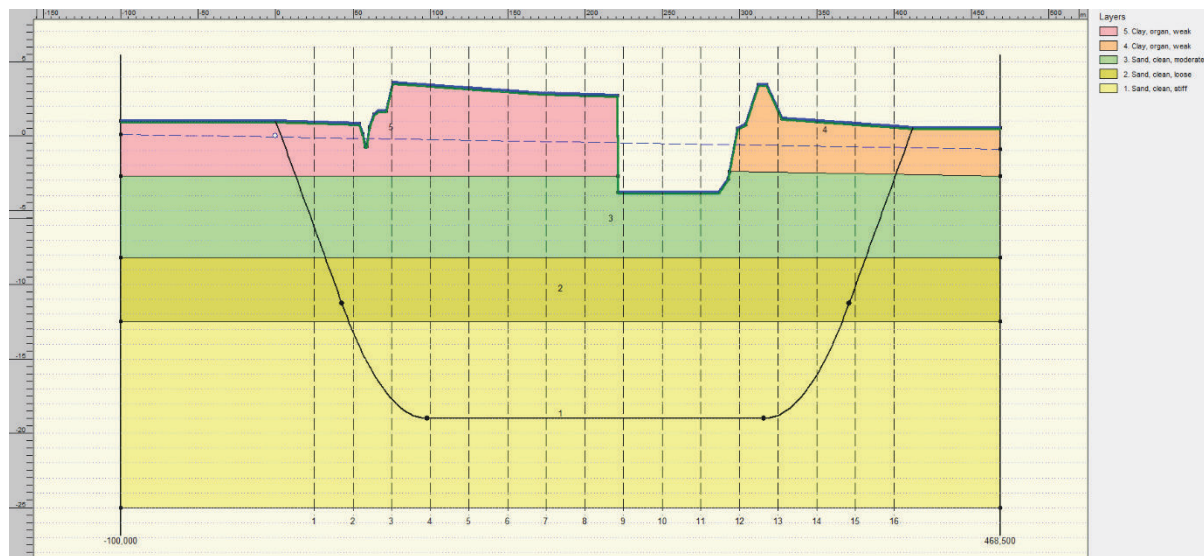
Sonderingen:

- 2019-1180_S21
- 2019-1180_S22

Grondwaterstand:

- Intredepunt: 0.1m t.o.v. NAP
- Uittredepunt: 1.10m t.o.v. NAP

De grondopbouw met waterstand in combinatie met de te maken boring is als volgt:



4.2 Ballasten leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vulling percentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal. Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	162	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	144	[kg/m]
Resultaat	:	18	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

4.3 Trekkraftberekening

Volgens de trekkraft berekening is er voor deze boring een maximale trekkraft benodigd van $62 \text{ kN} = 6,2 \text{ ton}$, zie bijlage 3. Vanwege onvoorziene omstandigheden adviseert Van Gelder boren hierin een ruime marge te nemen.

4.4 Deflectie en Implosie $\varnothing 200$

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 14.7 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 3.9 mm ($1,93\% \times D_o$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0mm ($8,00\% \times S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0mm ($5,00\% \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 196 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 968 kN/m^2 .

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 196 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 334 kN/m^2 .

4.5 Deflectie en Implosie $\varnothing 250$

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 18.4 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 5.1 mm ($2,05\% \times D_o$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20,0mm ($8,00\% \times S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm ($5,00\% \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 196 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 972 kN/m^2 .

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 196 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 335 kN/m^2 .

4.6 Conclusie sterkteberekening

De conclusie van alle parameters: Grondonderzoek, boortekening en de sterkteberekening is als volgt: De boring is ontworpen binnen de richtlijnen van de boor en meet equipment. De boring voldoet in de sterkte berekening.

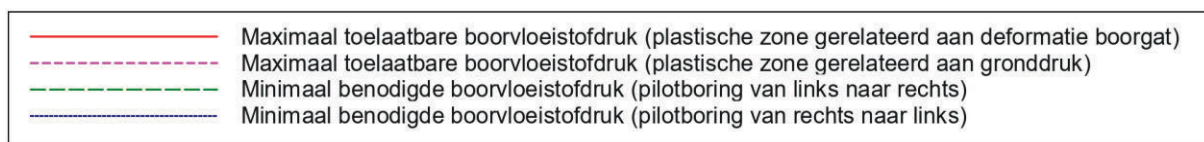
Uit bovenstaande gegevens kunnen wij concluderen dat deze boring geheel binnen de richtlijnen uitgevoerd kan worden.

5 Gegevens Muddrukberekening

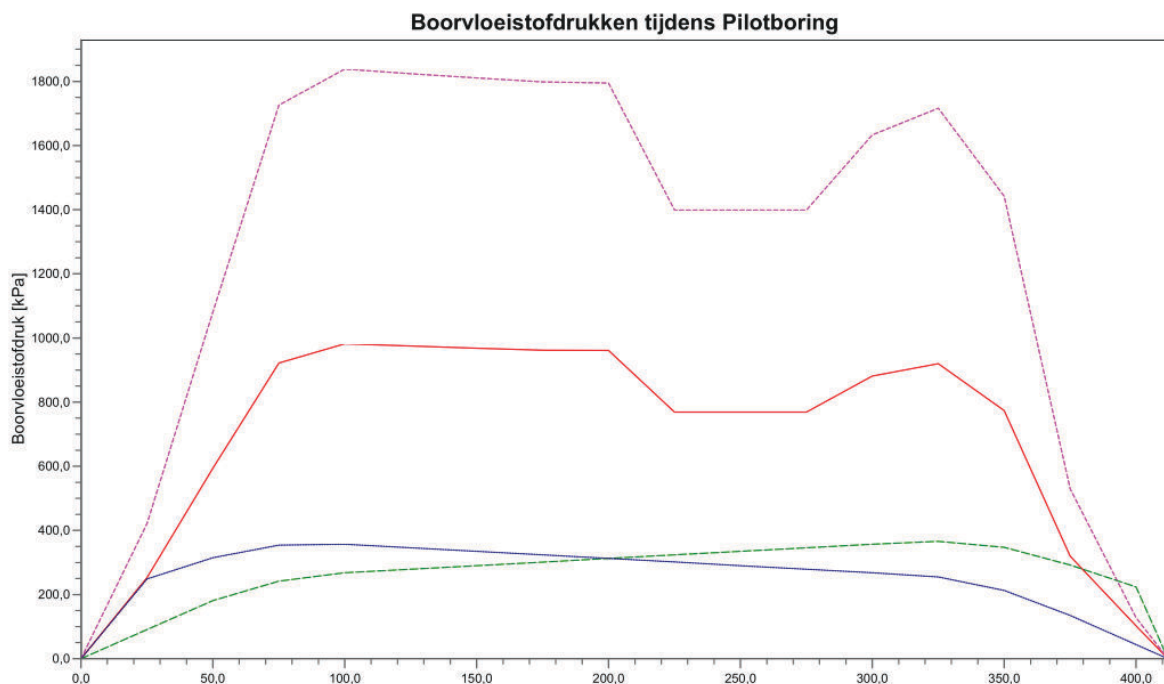
Bij het uitvoeren van gestuurde boringen wordt gebruik gemaakt van bentoniet. Dit is een natuurlijke soort klei, dat als een droge stof op de werklocatie wordt aangevoerd. In de meng-unit van de boorinstallatie wordt de bentoniet vermengd met water tot de gewenste viscositeit. Dit mengsel wordt tijdens alle fasen van het boorproces gebruikt. Het debiet van de pomp is afhankelijk van de verschillende boorfases en grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (wegstroomt) zijn er mud druk berekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde mud druk vergeleken met de maximaal toelaatbare mud druk. Bij deze berekening is de pilotboring in de meeste gevallen maatgevend, omdat het uitstromen van de boorspoeling slechts aan één kant mogelijk is. Nabij het in-/uittredepunt is het risico op een blow-out het grootst vanwege de geringe dekking tot het maaiveld.

5.1 Boorvloeistofdrukken

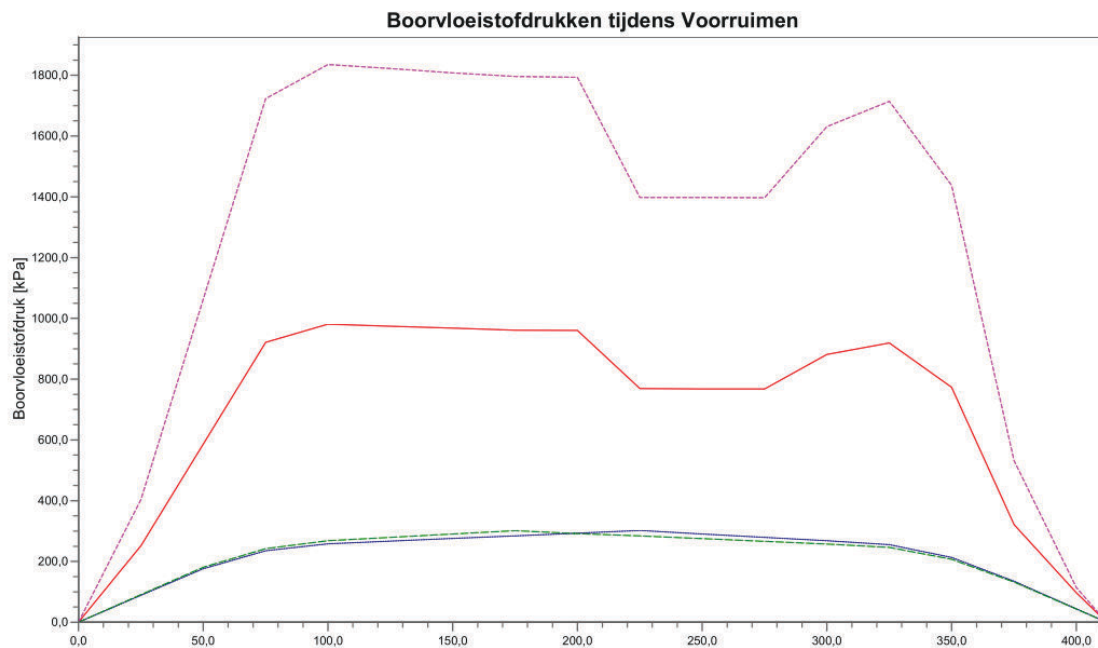
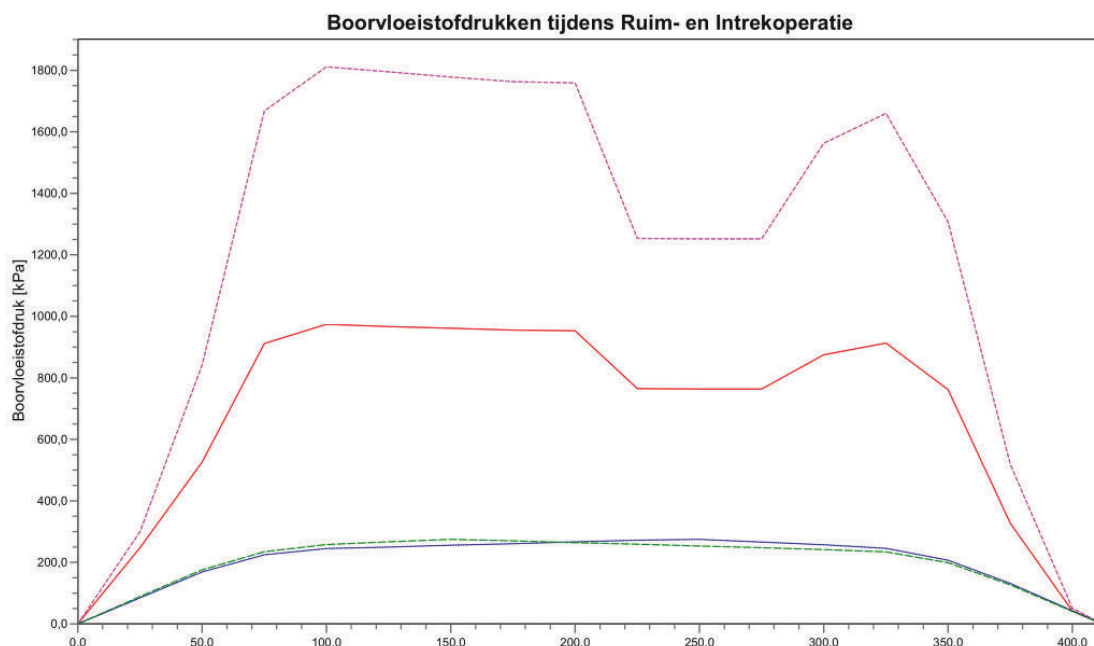
Onderstaand zijn de boorvloeistofdrukken die tijdens de pilotboring, voorruimen en intrekoperatie optreden weergegeven. Deze boorvloeistofdrukken volgen uit bijgevoegde berekening.



Figuur 6 Legenda Boorvloeistofdrukken



Figuur 7 Boorvloeistof tijdens Pilotboring

**Figuur 8 Boorvloeistof tijdens Voorruimen****Figuur 9 Boorvloeistof tijdens Ruim- en intrekoperatie**

5.2 Conclusie muddrukberekening

In de bovenstaande boorvloeistofdrukken die tijdens de Pilotboring, Voorruimen en Ruim- en Intrekoperatie optreden is te zien dat de boorvloeistofdrukken die tijdens de pilotboring optreden leidend zijn. De pilotboring wordt uitgevoerd van links naar rechts en de pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

In de bovenstaande boorvloeistofdrukken is te zien dat de minimaal benodigde boorvloeistofdruk voldoende onder de maximaal toelaatbare boorvloeistof blijft, dit betekend dat er geen mud uitbraak wordt verwacht.

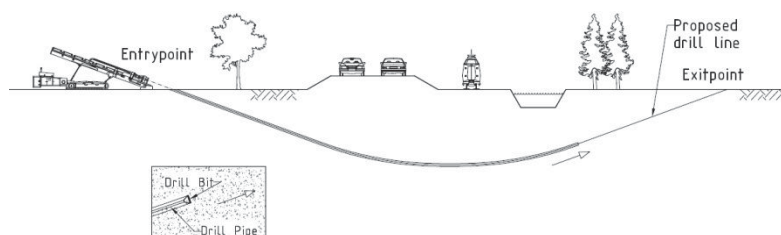
6 Algemene omschrijving gestuurde boring

6.1 Beschrijving boormethode:

Nadat het equipment is aangevoerd, geplaatst en aangesloten kan met het eigenlijke boorproces worden begonnen. Dit is onder te verdelen in drie stappen respectievelijk de pilot boring, ruimgangen en het intrekken van de pijpleiding. Onderstaand wordt dit boorproces beschreven.

6.2 Pilotboring:

De eerste stap is de pilot boring. Hierbij worden de boorbuizen van ca 6.0 meter lang één voor één door de boorstelling de grond ingeduwd. De afzonderlijke boorstangen worden door middel van een schroefkoppeling aan elkaar gekoppeld tot een boorstreng.



Pilot boring

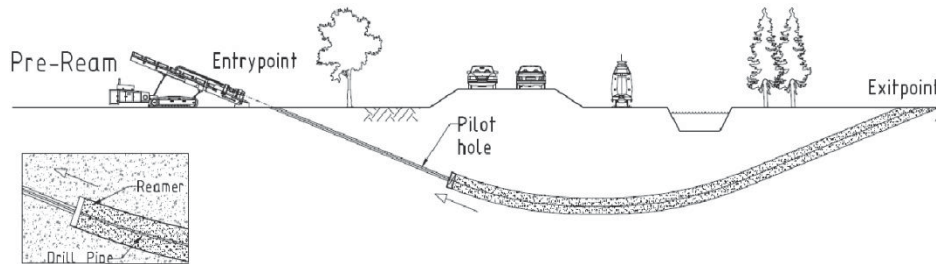
Door de boorstreng wordt boorvloeistof gepompt, welke met kracht door de nozzles in de bit naar buiten wordt gespoten. Dit creëert tezamen met de borende werking van het bit een gat.

Na het gereedkomen van de pilot, worden de gegevens ter controle en goedkeuring voorgelegd aan de opdrachtgever.

6.3 Ruimen:

Bij de HDD techniek wordt in een aantal stappen eerst een gat gecreëerd dat in diameter 25-40% groter is dan de in te trekken leiding of bundel. Indien tijdens de uitvoering het niet toelaat op 1 ruimgangen te gebruiken kan hierop afgeweken worden. Daarna wordt de leiding pas in het gecreëerde gat getrokken.

Het ruimen gebeurt met speciaal ontworpen ruimers met snijtanden en injectie nozzles. Ook hierbij wordt boorvloeistof vanaf de boorstelling door de boorstreng en via de ruimer (door nozzles) in het boorgat gespoten. De boorvloeistof vermengt zich met de losgefreesde gronddelen en dit mengsel stroomt door de pompdruk naar het in- of uittredepunt. De te gebruiken ruimertypes zijn mede afhankelijk van de ervaringen tijdens pilotfase.



Ruimfase

Het aantal ruimfasen zal, afhankelijk van de ervaringen opgedaan bij de pilot boring en de achtereenvolgende ruimgangen, door van Gelder tijdens de uitvoering van de boring bepaald worden.

6.4 Cleaning run (optioneel):

Voordat met intrekken kan worden begonnen is het vereist dat het gat voldoende groot, schoon en vrij is van obstakels. Indien hier twijfel over bestaat kan een cleaning run worden uitgevoerd. Afhankelijk van de verwachte problemen kan er voor gekozen worden om een barrel-reamer of een stenenvanger door het gat te trekken. Dit proces is vergelijkbaar met het ruimen, maar omdat er geen grond hoeft te worden verwijderd, kan dit veel sneller gebeuren. Ook tijdens het doortrekken van de barrel of stenenvanger zal door de nozzels boorspoeling worden gepompt.

Deze cleaning run zal normaal gesproken worden uitgevoerd met dezelfde barrel als voor het intrekken wordt gebruikt.

De beslissing om een cleaning run uit te voeren wordt genomen door de uitvoerder in overleg met zijn boormeester of de technische staf op kantoor.

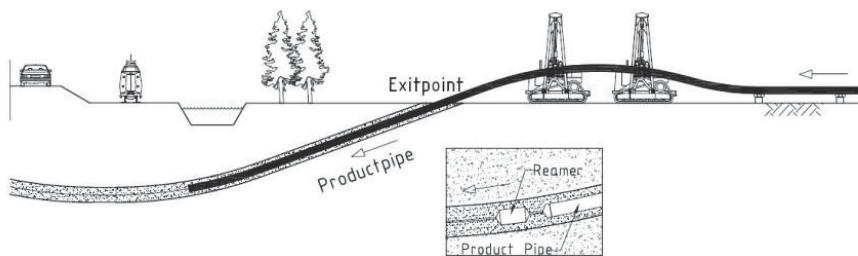
Aanleiding voor het uitvoeren van een cleaning run zou onder andere het volgende kunnen zijn:

- Een zeer afwijkend zandpercentage in de spoeling.
- Een afwijkend ruimproces (bijvoorbeeld in trekkracht of koppel)
- Onverwachte / onverklaarbare afwijking in de mud retourstroom
- Indicaties voor de aanwezigheid van stenen

6.5 Intrekoperatie:

De productleiding ligt in één stuk klaar om ingetrokken te worden en is aan de voorzijde voorzien van een trekkop.

Bij het uittredepunt wordt aan de boorstreng een barrel ruimer gekoppeld om eventuele hobbels tijdens het intrekken te kunnen opruimen. Dan wordt deze aan de te installeren pijpleiding gekoppeld met de swivel ertussen. Hiermee wordt voorkomen dat de roterende beweging van de boorstreng zich doorzet naar de productleiding. Vervolgens wordt m.b.v. de boorstelling de leiding in het boorgat ingetrokken.



Intrekken

6.6 Boorspoeldrukken:

Bij de uitvoering van een HDD wordt boorspoeling gebruikt. Deze spoeling wordt in alle fases van het proces door de stangen naar beneden gepompt, en stroomt via de nozzles in de diverse werktuigen in het boorgat. Daar stroomt het via de annulus terug naar in- respectievelijk uittredepunt. Zolang deze spoeling in stilstand is heerst in de spoeling de hydrostatische druk. Om de boorvloeistof in beweging te krijgen is een geringe overdruk in het boorgat nodig om de effecten van de viscositeit en de wrijving te overwinnen. Tijdens de uitvoering van de pilot is deze druk het hoogste. Deze verhoogde druk in het boorgat moet door de formatie worden weerstaan. Het zou kunnen zijn dat de grond rondom het boorgat niet in staat is deze drukken te weerstaan. In dat geval ontstaat een zogenaamde blow out van spoeling door een breuk in de grond.

Voordat met de uitvoering van een boring wordt begonnen worden de minimale benodigde en de maximaal toelaatbare boorspoeldrukken berekend. Deze berekening wordt uitgevoerd op basis van de boorstangen.

Tijdens de uitvoering wordt de druk aan de boormachine gemeten. Voorafgaand aan de verschillende fasen wordt daarom eerst een flowtest of druktest uitgevoerd, waarbij het drukverlies over de BHA bij een aantal debieten wordt gemeten. Deze informatie wordt gebruikt om de minimaal benodigde spoelingsdruk te herberekenen. Wanneer het nodig is om aanvullende maatregelen te treffen met betrekking tot boorspoeldrukken worden deze specifiek per boring aangegeven.

In veel gevallen is nabij het uittredepunt de benodigde druk hoger dan die welke de formatie aan kan. Door op het laatste stuk het spoelingsvolume te verminderen wordt de druk in de annulus ook verminderd en kan een uitbraak vaak vermeden worden. Uitbraken kunnen ook ontstaan als de grond in het verleden tot op grotere diepte geroerd is geweest, bijvoorbeeld door grondonderzoek of funderingen.

Mocht er zich ondanks alle maatregelen toch een uitbraak voordoen, dan wordt deze indien mogelijk gecontroleerd door rondom de uitbraak een dam te creëren van grond.

Het is voor het boorproces van belang dat deze retourstroom zo veel mogelijk in stand blijft. Door de niveaus in de tanks en het gat bij in- en uittredepunt in de

gaten te houden, wordt bewaakt dat er geen groot verlies aan spoeling optreedt. Als deze wegvalt zullen er verschillende pogingen worden gedaan om deze weer op gang te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door de stangen terug te halen/duwen om het boorgat op te schonen, ruimstappen of -richting te wijzigen, aanpassen van de spoelingseigenschappen dan wel volumes.

Het is echter mogelijk dat er (tijdelijk) geen retourstroom is, en deze ook niet meer op gang te krijgen is. Als er zich slappe lagen in de ondergrond bevinden nemen deze soms een groot volume aan spoeling op. Met name bij het boren van het laatste gedeelte tijdens de pilot van lange boringen is de benodigde druk om de spoeling naar het intredepunt terug te pompen soms te groot. Dan kan het pompvolume worden teruggebracht, in heel slappe lagen tot aan uittredepunt zelfs tot vrijwel 0. Tijdens het ruimen komt de spoeling eerst aan het uittredepunt terug. Na verloop van tijd is er een omslagpunt waarbij de spoeling naar het intredepunt gaat stromen. Er is dan een tijdje aan geen van beide kanten retour.

Als er geen retourstroom is, wordt een afweging gemaakt wat hiervan de oorzaak kan zijn en of er actie wordt ondernomen om de stroming weer op gang te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door bit of ruimer terug te halen als het vermoeden is dat instortingen de retourstroom belemmeren.

In sommige gevallen kan het proberen de retourstroom weer op gang te krijgen ook slechter zijn voor de boring. Als de indruk ontstaat dat het boorgat te lijden heeft onder pogingen de stroming weer op gang te krijgen, zal geaccepteerd moeten worden dat er tijdelijk geen retourstroom is. In deze gevallen zal de boorlijn nauwlettend in de gaten worden gehouden om te kijken of er eventuele doorbraken van spoeling aan de oppervlakte waargenomen worden. In dat geval wordt de boring tijdelijk gestopt om maatregelen te nemen en de spoeling ter plaatse te controleren en af te voeren.

6.7 Mobilisatie en demobilisatie

Bij de mobilisatie wordt het equipment op vrachtwagens aangevoerd. Met behulp van een graafmachine wordt het equipment afgeladen nabij in- en uittredepunt. Op de werkterreinen worden onder andere de volgende onderdelen geplaatst: rig, schaftkeet, vrachtwagen, een pomp en mix unit, tankwagen, kraan, generatoren en boorbuizen.

Voor de rig wordt een mudpit gegraven voor het opvangen van de uitstromende boorslurry.

De boorstelling wordt onder de van tevoren bepaalde intredehoek met de horizontaal opgesteld. Dit geschiedt volledig hydraulisch. Naast het koppelen van de mudslangen tussen pompen en worden ook de elektrische voeding-, informatie- en stuurkabels tussen de rig, de meetunit en de besturingscabine aangesloten.

Ter plaatse van het uittredepunt wordt een mud pit gegraven waar de uitstromende boorspoeling in wordt opgevangen en eventueel verder getransporteerd.

Na het gereedkomen van een boring wordt de rig en het andere boormaterieel naar een volgende boorlocatie getransporteerd of volledig afgevoerd van het project.

6.8 Opslag en transport van boorslurry

Het boorspoeling systeem bestaat in hoofdzaak uit boorspoeling meng-/recycling unit en boorspoeling pompen. De mix unit mengt bentoniet en water tot de gewenste viscositeit. De boorspoeling is dan direct gereed voor gebruik. Het benodigde water wordt waar mogelijk onttrokken uit het nabij gelegen open water. Voorafgaand van de boorwerkzaamheden wordt gecontroleerd of de kwaliteit van het water geschikt is om de boorspoeling mee aan te maken. Indien er geen nabijgelegen water is, wordt gebruik gemaakt van waterleidingen of water wordt van verder weg aangevoerd met tankwagens.

De boorvloeistof wordt door de pompen via de boorstreng naar de boorkop of ruimer gepompt en via nozzle(s) in de boorkop dan wel ruimers wordt de grond los gespoten. Vervolgens stroomt de boorvloeistof verzadigd met de los geboorde gronddeeltjes (zgn. boorslurry) langs de buitenzijde van de boorstreng naar het in-, respectievelijk uittredepunt en wordt afgevoerd. Tijdens de uitvoering van de boringen zal de boorspoeling regelmatig gemeten worden om de kwaliteit van de boorvloeistof en daarmee de stabiliteit van het boorgat te waarborgen. Voor aanvang van de boring wordt de zuurgraad en de geleidbaarheid van het aanmaakwater gecontroleerd. Het aanmaakwater wordt beoordeeld of de kwaliteit voldoende is, niet te zuur en niet te zout.

De vrijgekomen boorslurry zal worden opgepompt en worden afgevoerd naar een erkend verwerkingsbedrijf

7 Boorspoeling

7.1 Doel van boorspoeling:

Bij het uitvoeren van gestuurde boringen wordt gebruik gemaakt van bentoniet. Dit is een natuurlijke soort klei, dat als een droge stof op de werklocatie wordt aangevoerd. In de meng-unit van de boorinstallatie wordt de bentoniet vermengd met water tot de gewenste viscositeit. Dit mengsel wordt tijdens alle fasen van het boorproces gebruikt. De specifieke eigenschappen van bentoniet zorgen gedurende het boorproces voor het volgende:

- Het lossputten van de grond ter plaatse van de boorkop
- Het afdrijven van los gespoten of los gesneden gronddelen
- Het afpleisteren van de grond rondom het boorgat
- Het stabiliseren van het boorgat
- Het koel houden van de streng en zender in de boorkop
- Smering bij het intrekken van de in te trekken buis
- Opvullen van de oversnijding na het intrekken van de buis.

7.2 Het aanmaken van boorspoeling:

Bentoniet wordt met water tot boorspoeling / mud vermengd. Zowel leidingwater als oppervlaktewater is geschikt hiervoor. Bij het gebruik van oppervlaktewater dient er rekening mee gehouden te worden dat vervuiling in het water, een te hoge zuurgraad (pH-waarde) of een te hoog zoutpercentage van invloed is op de kwaliteit van de boorspoeling. Nadelige effecten kunnen in een aantal gevallen met speciale toevoegingen aan de boorspoeling worden gereduceerd.

7.3 Debieten en muddrukken:

De boorspoeling wordt onder druk via de boorkop en de nozzles van de ruimer in de grond gespoten. Bij een midi rig varieert het debiet van de pomp tussen de 200 en 1200 l/min, Het debiet is afhankelijk van de schillende boorfasen en grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (blow-out) zijn er muddrubberekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde muddruk vergeleken met de maximaal toelaatbare muddruk. Om blow-outs te voorkomen dient de minimaal benodigde muddruk altijd kleiner te zijn dan de maximaal toelaatbare muddruk. In de meeste gevallen is de pilotboring maatgevend, omdat het uitstromen van de boorspoeling slechts aan één kant mogelijk is. Nabij het in-/uittredepunt is het risico op een blow-out het grootst vanwege de geringe dekking tot het maaiveld.

Maatregelen:

- Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt;
- Tevens zal de minimaal benodigde pompdruk zoveel mogelijk worden aangehouden;
- Door een (verhoudingsgewijs) zwaardere boorinstallatie als nodig in te zetten, om zodoende wat meer drukkracht als pompdruk te gebruiken, zal er ook een kleinere kans zijn op een blow-out;
- Verder het constant (visueel) in de gaten houden van de retour stroom zal er toe bijdragen dat het risico van een blow-out te verwaarlozen zal zijn.

Indien er ondanks alle voorzorg toch een Blow-out optreedt zal er ter plaatse van de blow-out een gat gegraven worden waarin de vrijgekomen bentoniet zal worden verzameld. Deze zal dan vervolgens worden afgezogen met een zuigwagen.

8 Beheersing kwelproblematiek

8.1 Kwel:

Tijdens het boorproces wordt grond verwijderd en wordt de oversnijding tussen het boorgat en de aangebrachte buis opgevuld door de boorspoeling. De grondspanning rondom het boorgat zal hierdoor veranderen. Nadat de gestuurde boring gereed is wordt er een nieuw spanningsevenwicht gevormd tussen de achtergebleven boorspoeling en de grond er omheen. Dit gebeurt doordat het water langzaam uit de boorspoeling wordt geperst. Daarnaast kan met name in situaties met relatief zout grondwater de bentoniet na verloop van tijd gaan uitvlokken, waardoor zelfs holle ruimten in het boorgat ontstaan. Door het veranderen van grondspanning of het ontstaan van holle ruimten kan grondwater (kwel) gaan stromen. Een kwelstroom kan optreden bij een waterstandverschil tussen het in- en uittredepunt. Daarbij moeten niet alleen het open waterpeil, polderpeilen en de freatische grondwaterstand worden beschouwd, maar ook de stijghoogte (potentiaal) van het diepe grondwater.

8.2 Risico's en maatregelen:

Het onverwachts ontstaan van kwel zorgt voor overlast en kan bovendien de werking van waterkeringen negatief beïnvloeden. In geval van twijfel kan er met een kwelwegberekening worden getoetst of er een kans is op kwel. Vanwege de geringe kosten en het risico van kwel adviseren wij in geval van twijfel altijd een kwelscherm met een kleikist te plaatsen. Hierdoor wordt een kwelstroom geblokkeerd indien deze onverwachts toch ontstaat.

8.3 Maatregelen op dit project:

Op dit project worden twee waterkeringen gepasseerd, de werkzaamheden binnen dezelfde peilhoogte. Langs loopsheid kan daarom niet optreden.

Om te kunnen controleren of er een risico is op kwel vanuit het diepe grondwater is met behulp van de bodemonderzoeken van Bijlage 2 geconstateerd dat er geen stijghoogte ontstaat die een risico vormt uit een mogelijke water afsluitende laag. Uit deze gegevens is niet gebleken dat er risico is op kwel vanuit het diepe grondwater.

Op basis van deze gegevens is het nemen van maatregelen om een kwelstroom tegen te gaan op dit project niet noodzakelijk.

Bijlagen

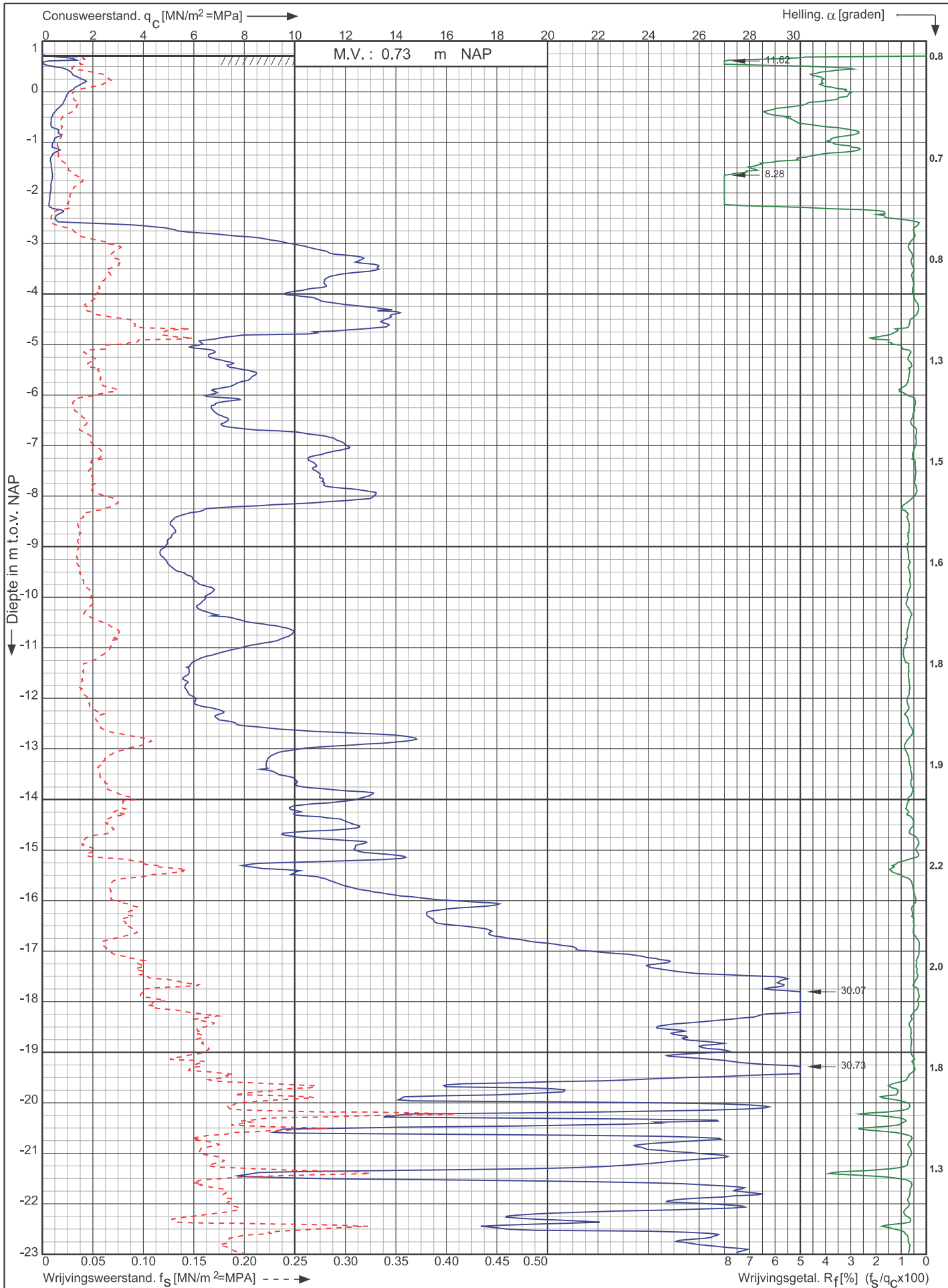
1 Werktekening

2 Grondonderzoeken

Conusserienummer: 070163

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Project 150kV kabeltracé te
Geertruidenberg - Waalwijk

RD-coördinaten : X = 117692.17 Y = 411735.20

Opdr. nr. : 2019-1180-B

Datum uitg. : 31-1-2020

Sond. nr. : S21

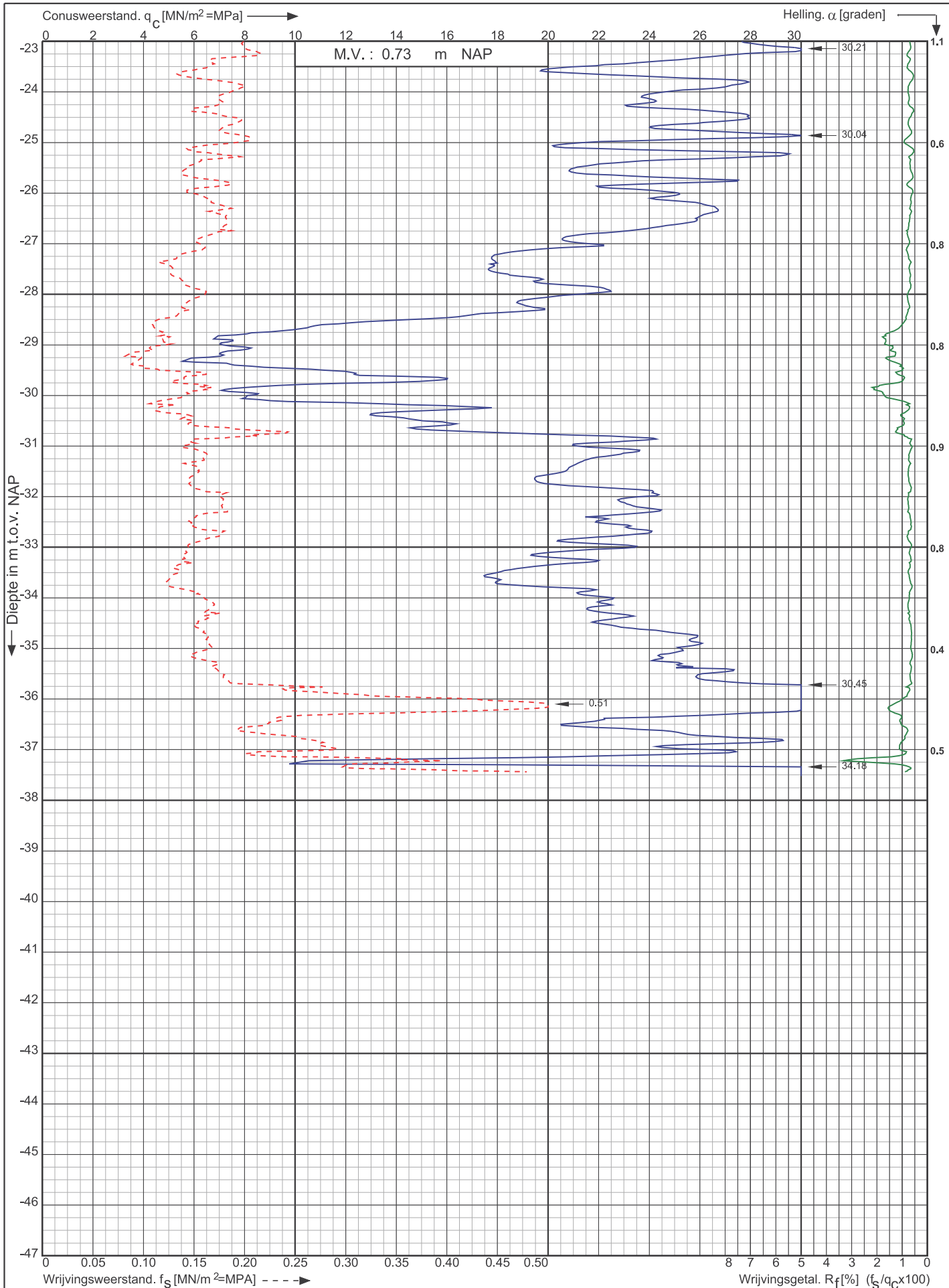


0522 - 260 084

Conusserienummer: 070163

Conustype: cilindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Project 150kV kabeltracé te
Geertruidenberg - Waalwijk

RD-coördinaten : X = 117692.17 Y = 411735.20

Opdr. nr. : 2019-1180-B

Datum uitv. : 31-1-2020

Sond. nr. : S21

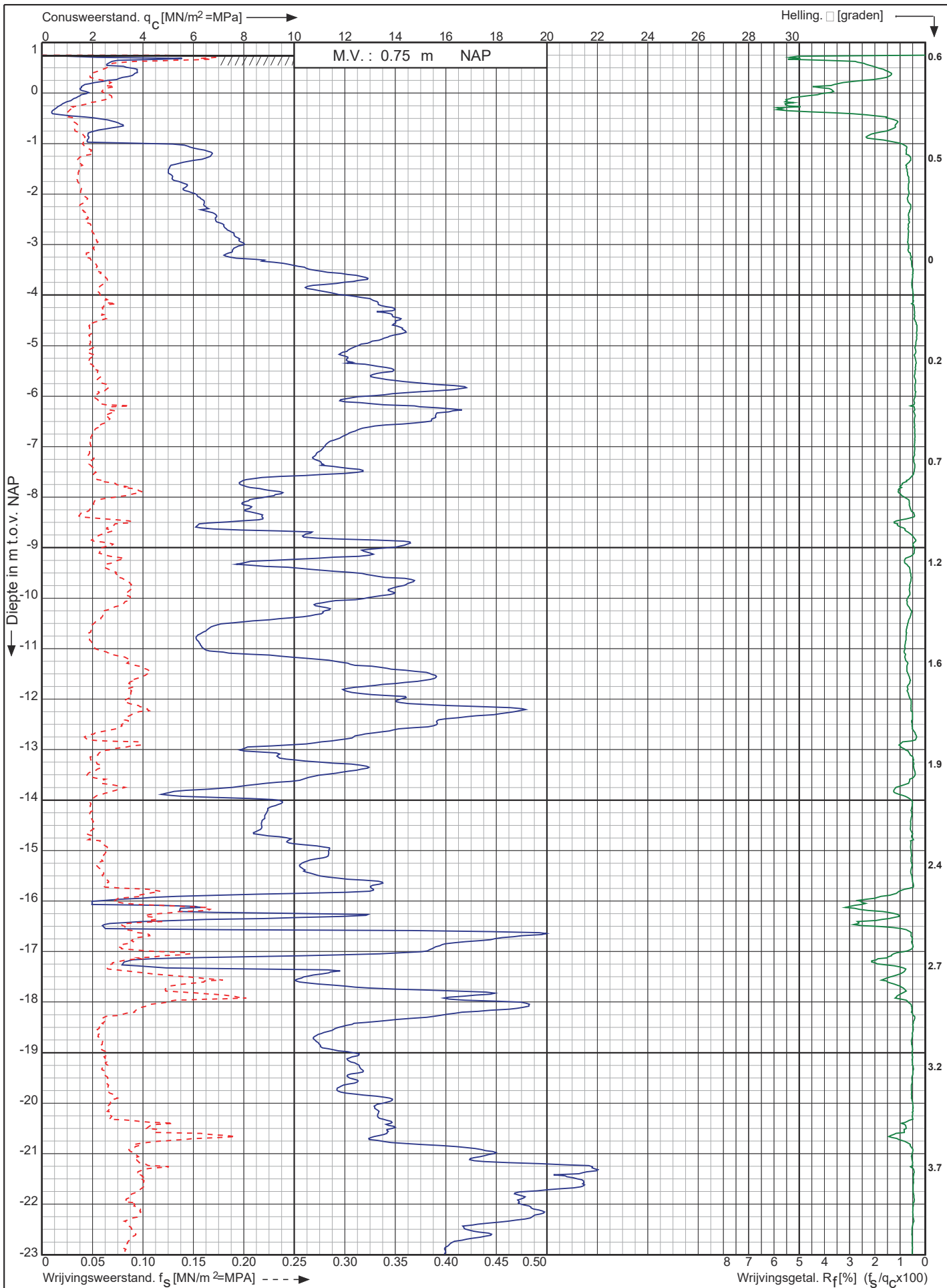


0522 - 260 084

Conusserienummer: 001342

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Project 150kV kabeltracé te
Geertruidenberg - Waalwijk

RD-coördinaten : X = 117550.29 Y = 412065.4

Opdr. nr. : 2019-1180

Datum uitv. : 22-10-2019

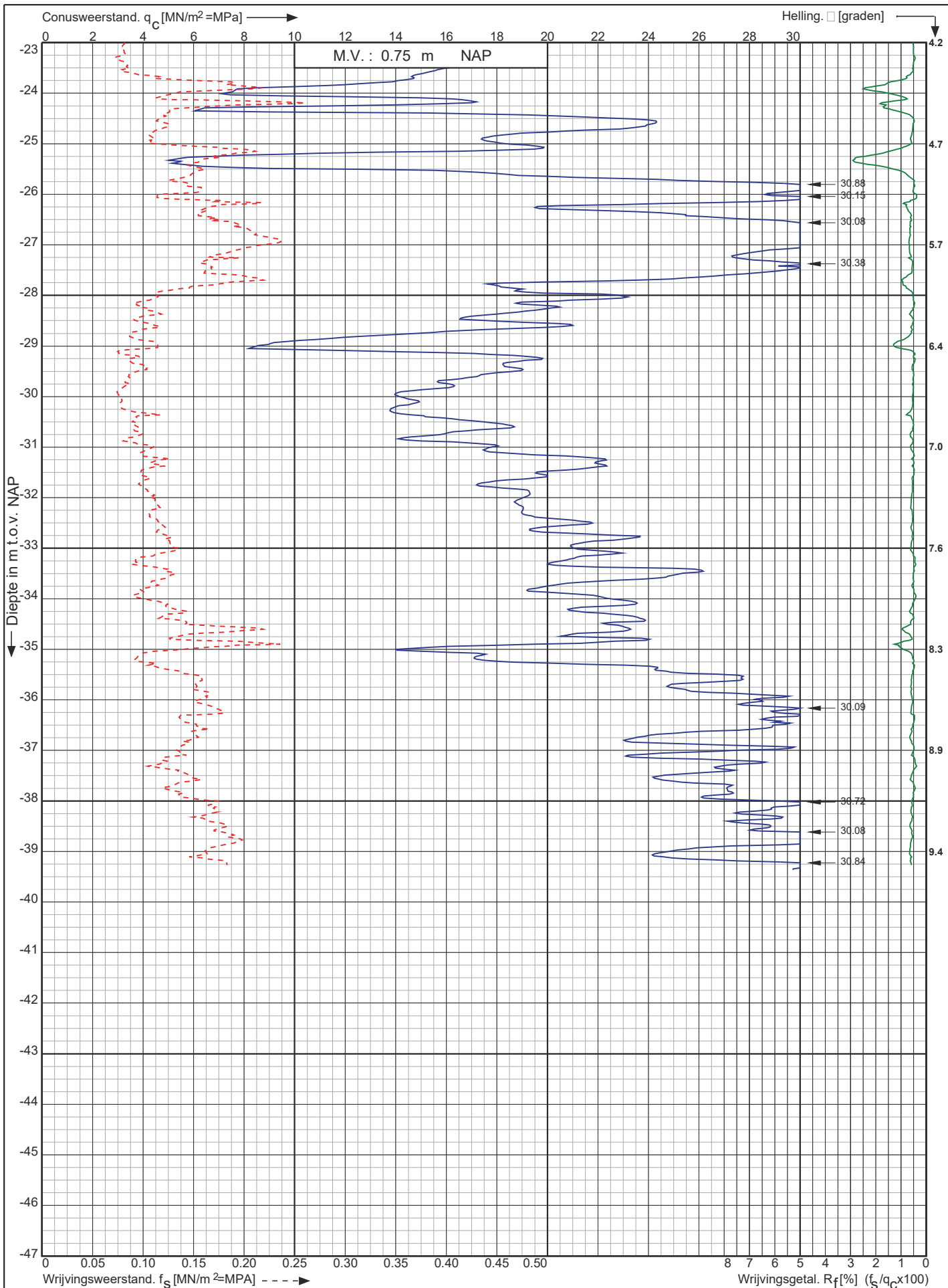
Sond. nr. : S22



Conusserienummer: 001342

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Project 150kV kabeltracé te
Geertruidenberg - Waalwijk

RD-coördinaten : X = 117550.29 Y = 412065.4

Opdr. nr. : 2019-1180

Datum uitv. : 22-10-2019

Sond. nr. : S22



3 Sterkte- en muddrukberekening

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
INPUT CREATED BY DRILL CONTROL 6.6.2805 - Version Drill Control
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 16-6-2022
Tijd van rapport: 14:09:54
Rapport met versie: 20.1.2.31161
Berekend met versie: 20.1.2.31161

Bestandsnaam: B212256.HDD01-HDD01-A-A

Projectbeschrijving: B212256.HDD01 - Geertruidenberg
Muddruk- en sterkteberekening
3xø200 + 1xø250 SDR-13.6

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	4
2.4 Freatische Lijn	4
2.5 Grondprofielen	4
2.6 Grenslagen	4
2.7 Grondeigenschappen	5
2.8 Geometrie	6
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	6
2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht	6
2.9 Berekenings Verticalen	7
2.10 Configuratie van de Pijpleiding	7
2.11 Materiaalgegevens van de Leiding	7
2.12 Gegevens voor Leidingberekening	8
2.13 Boorvloeistof Gegevens	9
2.14 Factoren	9
2.15 Rekenopties	9
3 Boorvloeistofdrukken	10
3.1 Boorvloeistof Gegevens	10
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	11
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	11
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	11
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	12
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	12
4 Grondmechanische Data	13
4.1 Grondmechanische Parameters $\varnothing 250$ SDR-13.6: leiding no. 1	13
4.2 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 2	14
4.3 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 3	15
4.4 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-13.6 (3): leiding no. 4	16
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal	17
5 Gegevens voor Sterkteberekening	18
5.1 Algemene Gegevens	18
5.2 Ballasten Leiding	18
5.3 Trekkraftberekening	18
6 Sterkteberekening van $\varnothing 250$ SDR-13.6: leiding no. 1	20
6.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 250$ SDR-13.6: leiding no. 1	20
6.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 250$ SDR-13.6: leiding no. 1	20
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	20
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	21
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	21
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	21
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	21
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 250$ SDR-13.6: leiding no. 1	22
6.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 250$ SDR-13.6: leiding no. 1	22
7 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 2	24
7.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 2	24
7.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 2	24
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	24
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	25
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	25
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	25
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	25
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 2	26
7.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 2	26
8 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 3	28
8.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 3	28
8.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 3	28
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	29
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	29
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	29
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3	30
8.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3	30
9 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4	32
9.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4	32
9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4	32
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	33
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	33
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	33
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4	34
9.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4	34

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
5 - L -	-100,000	0,000	54,090	56,310	58,050
5 - Z -	1,020	1,020	0,800	0,120	-0,700
5 - L -	59,100	60,840	63,860	66,920	71,310
5 - Z -	-0,700	0,580	1,450	1,700	1,700
5 - L -	75,730	172,350	220,930	221,382	221,500
5 - Z -	3,570	2,840	2,710	-2,700	-3,780
5 - L -	286,750	292,750	293,617	298,640	303,770
5 - Z -	-3,780	-2,900	-2,397	0,520	0,780
5 - L -	312,000	317,450	327,550	412,020	418,500
5 - Z -	3,450	3,430	1,170	0,560	0,560
5 - L -	468,500				
5 - Z -	0,560				
4 - L -	-100,000	221,382	221,500	286,750	292,750
4 - Z -	-2,700	-2,700	-3,780	-3,780	-2,900
4 - L -	293,617	298,640	303,770	312,000	317,450
4 - Z -	-2,397	0,520	0,780	3,450	3,430
4 - L -	327,550	412,020	418,500	468,500	
4 - Z -	1,170	0,560	0,560	0,560	
3 - L -	-100,000	221,382	221,500	286,750	292,750
3 - Z -	-2,700	-2,700	-3,780	-3,780	-2,900
3 - L -	293,617	468,500			
3 - Z -	-2,397	-2,700			
2 - L -	-100,000	468,500			
2 - Z -	-8,200	-8,200			
1 - L -	-100,000	468,500			
1 - Z -	-12,500	-12,500			
0 - L -	-100,000	468,500			
0 - Z -	-25,000	-25,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-100,000	468,500			
1 - Z -	0,100	-0,900			

2.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

2.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
5	Clay, organ, weak	1	1
4	Clay, organ, weak	1	1
3	Sand, clean, moder...	1	1
2	Sand, clean, loose	1	1
1	Sand, clean, stiff	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 5: Clay, organ, weak

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 5: Clay, organ, weak

2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma-onverz			Gamma-verz		
	Uniek [kN/m ³]	Laag [kN/m ³]	Hoog [kN/m ³]	Uniek [kN/m ³]	Laag [kN/m ³]	Hoog [kN/m ³]
dummy	18,00	-	-	20,00	-	-
Sand, clean, loose	-	17,00	18,00	-	19,00	20,00
Sand, clean, moderate	-	18,00	19,00	-	20,00	21,00
Sand, clean, stiff	-	19,00	20,00	-	21,00	22,00
Clay, organ, weak	-	13,00	15,00	-	13,00	15,00

Naam	Cohesie			Phi		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [grd]	Laag [grd]	Hoog [grd]
dummy	1,00	-	-	30,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	30,00	32,50
Sand, clean, moderate	-	0,00	0,00	-	32,50	35,00
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	35,00	40,00
Clay, organ, weak	-	0,00	1,00	-	15,00	15,00

Naam	Su-top			Su-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	0,00	-	-	0,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Sand, clean, moderate	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Clay, organ, weak	-	10,00	25,00	-	10,00	25,00

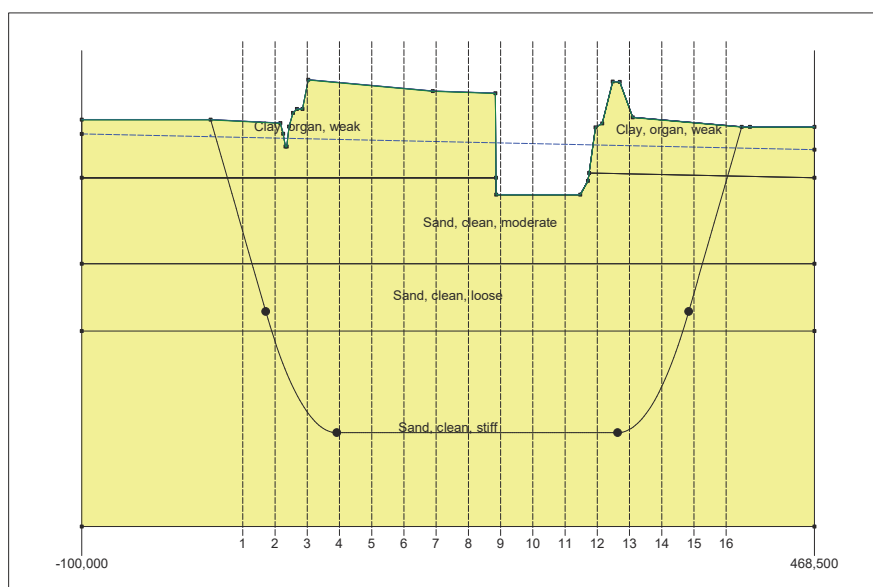
Naam	Emod-top			Emod-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	10000,00	-	-	15000,00	-	-
Sand, clean, loose	-	-	-	-	-	-
Sand, clean, moderate	-	-	-	-	-	-
Sand, clean, stiff	-	-	-	-	-	-
Clay, organ, weak	-	-	-	-	-	-

Naam	Grondtype	Emod 100		
		Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	-	-	-	-
Sand, clean, loose	Sand	-	15000,00	45000,00
Sand, clean, moderate	Sand	-	45000,00	75000,00
Sand, clean, stiff	Sand	-	75000,00	110000,00
Clay, organ, weak	Clay	-	500,00	1000,00

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
dummy	-	-	0,35
Sand, clean, loose	-	-	0,30
Sand, clean, moderate	-	-	0,30
Sand, clean, stiff	-	-	0,30
Clay, organ, weak	-	-	0,40

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Boven aanzicht

2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	25,000	-6,149
2	50,000	-13,173
3	75,000	-17,682
4	100,000	-19,000
5	125,000	-19,000
6	150,000	-19,000
7	175,000	-19,000
8	200,000	-19,000
9	225,000	-19,000
10	250,000	-19,000
11	275,000	-19,000
12	300,000	-19,000
13	325,000	-18,788
14	350,000	-16,054
15	375,000	-10,084
16	400,000	-2,915

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

2.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	1,020	[m]
X coördinaat rechter punt	412,120	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	0,560	[m]
Hoek links	16,0000	[grd]
Hoek rechts	16,0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	200,000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	200,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	400,000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-19,000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	0	
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.		

2.11 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,40	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]
Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]

Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

2.12 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m ²]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

2.13 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,320	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,700	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,427	[m]
Debiet tijdens pilotboring	400,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1000,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m ³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m ²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m ²]

2.14 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegegewicht		
van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q _{n,r} (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

2.15 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	253	422	91	249
2	594	1081	181	315
3	922	1726	242	354
4	982	1838	268	357
5	975	1824	279	346
6	968	1811	290	335
7	962	1798	301	324
8	961	1795	313	313
9	769	1399	324	302
10	769	1399	335	290
11	769	1399	346	279
12	881	1633	357	268
13	920	1716	366	255
14	774	1442	347	213
15	320	530	292	135
16	103	128	224	44

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	252	404	89	91
2	586	1063	176	181
3	921	1723	235	242
4	981	1835	258	268
5	974	1822	267	279
6	968	1808	276	290
7	961	1796	284	301
8	960	1793	293	292
9	769	1398	302	284
10	768	1398	290	275
11	768	1397	279	266
12	881	1631	268	257
13	919	1714	255	246
14	773	1438	213	207
15	321	532	135	132
16	97	114	44	43

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	248	300	85	89
2	526	842	169	176
3	912	1668	225	235
4	974	1811	245	258
5	967	1795	250	267
6	961	1778	256	275
7	955	1763	261	270
8	953	1759	267	264
9	765	1253	272	259
10	764	1252	275	253
11	764	1252	266	248
12	875	1563	257	242
13	913	1660	246	234
14	762	1307	207	199
15	327	519	132	127
16	42	51	43	41

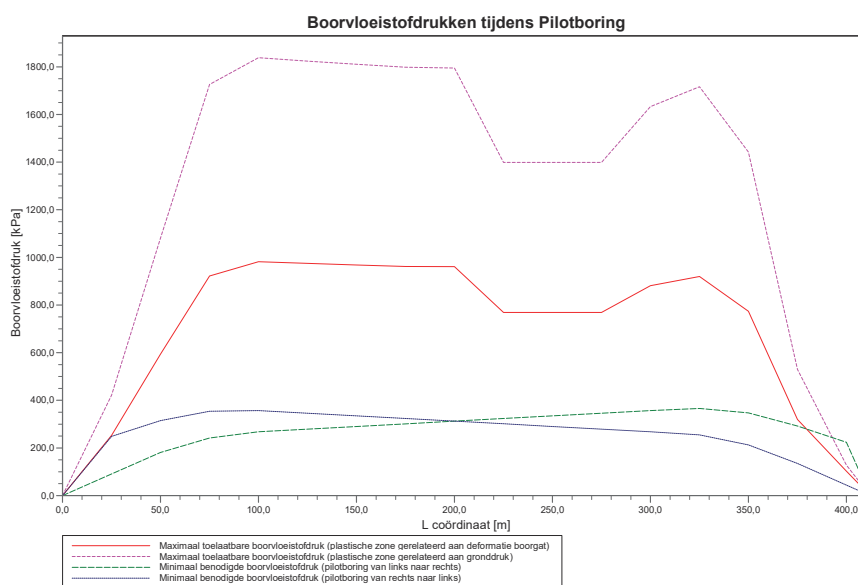
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	
1	80	60	1,32	voldoet
2	157	130	1,21	voldoet
3	207	175	1,19	voldoet
4	221	187	1,18	voldoet
5	221	187	1,18	voldoet
6	221	187	1,18	voldoet
7	220	186	1,18	voldoet
8	220	186	1,18	voldoet
9	219	185	1,18	voldoet
10	219	185	1,18	voldoet
11	219	184	1,19	voldoet
12	218	184	1,19	voldoet
13	215	181	1,19	voldoet
14	185	154	1,20	voldoet
15	118	93	1,26	voldoet
16	39	21	1,81	voldoet

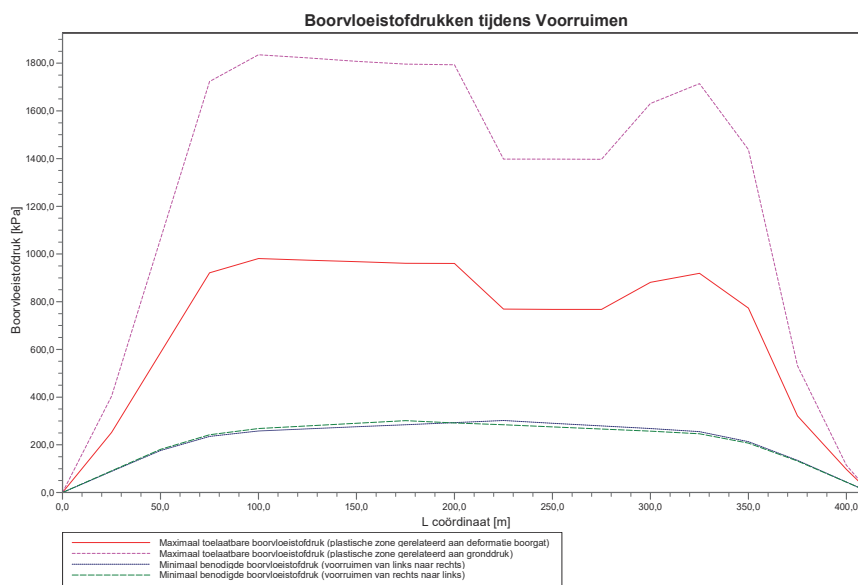
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

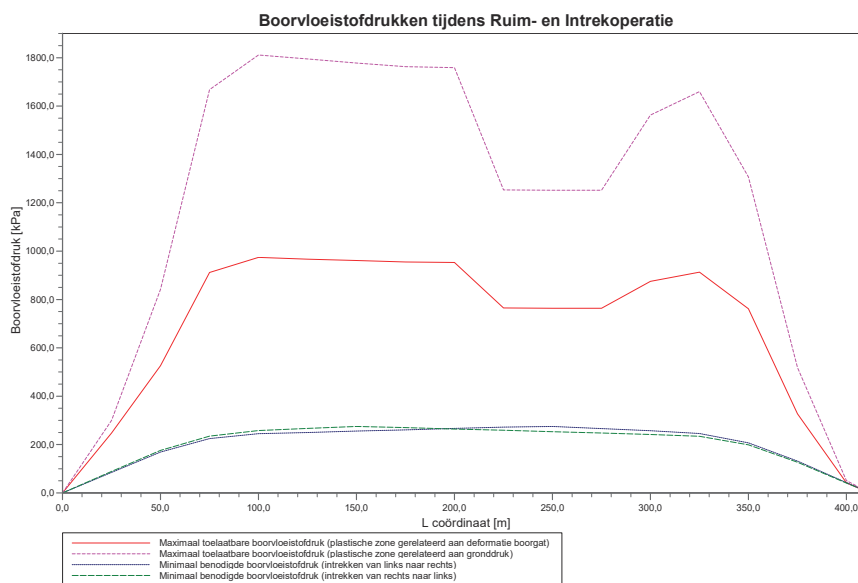
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters ø250 SDR-13.6: leiding no. 1

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-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	609	65	9	12	0	3080
2	2089	138	9	12	0	12023
3	3186	229	10	13	0	19933
4	3391	247	10	13	0	21507
5	3364	245	10	13	0	21299
6	3337	242	10	13	0	21092
7	3313	240	10	13	0	20901
8	3306	240	10	13	0	20852
9	2467	168	10	13	0	14681
10	2467	168	10	13	0	14681
11	2467	168	10	13	0	14681
12	2973	210	9	13	0	18325
13	3144	225	10	13	0	19618
14	2632	182	10	13	0	15833
15	1029	113	10	13	0	3965
16	169	33	10	13	0	1566

Verticaal nr.	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	804	189770	165153	132839	0,05	7,5
2	2089	424593	254485	297215	0,05	7,5
3	3186	554798	531134	388359	0,05	7,5
4	3391	577868	554982	404507	0,05	7,5
5	3364	574866	551883	402406	0,05	7,5
6	3337	571852	548770	400297	0,05	7,5
7	3313	569072	545896	398350	0,05	7,5
8	3306	568357	545158	397850	0,05	7,5
9	2467	471533	444451	330073	0,05	7,5
10	2467	471533	444451	330073	0,05	7,5
11	2467	471533	444451	330073	0,05	7,5
12	2973	530393	505834	371275	0,05	7,5
13	3144	550078	526246	385054	0,05	7,5
14	2632	490764	464571	343535	0,05	7,5
15	1029	141039	131088	98727	0,05	7,5
16	365	138314	18653	96820	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _v ;n;max = 247 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer} ;max = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _v ;r;n;max = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 577868 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 1155736 kN/m ³

4.2 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 2

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-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	750	66	9	12	0	3086
2	2108	138	9	12	0	12029
3	3196	229	10	13	0	19939
4	3400	247	10	13	0	21513
5	3373	245	10	13	0	21306
6	3347	243	10	13	0	21098
7	3322	240	10	13	0	20907
8	3316	240	10	13	0	20858
9	2483	169	10	13	0	14687
10	2483	169	10	13	0	14687
11	2483	169	10	13	0	14687
12	2984	211	9	13	0	18331
13	3154	226	10	13	0	19624
14	2646	182	10	13	0	15840
15	1036	113	10	13	0	3971
16	205	33	10	13	0	1572

Verticaal nr.	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	827	234415	209845	164090	0,05	7,5
2	2108	527268	362228	369088	0,05	7,5
3	3196	690703	667040	483492	0,05	7,5
4	3400	719632	696748	503743	0,05	7,5
5	3373	715869	692886	501108	0,05	7,5
6	3347	712089	689008	498463	0,05	7,5
7	3322	708602	685428	496022	0,05	7,5
8	3316	707706	684508	495394	0,05	7,5
9	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
10	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
11	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
12	2984	660091	635534	462063	0,05	7,5
13	3154	684782	660952	479347	0,05	7,5
14	2646	610364	584176	427255	0,05	7,5
15	1036	175130	165184	122591	0,05	7,5
16	398	169347	33013	118543	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 247 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 719632 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 1439265 kN/m ³

4.3 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3

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-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	750	66	9	12	0	3086
2	2108	138	9	12	0	12029
3	3196	229	10	13	0	19939
4	3400	247	10	13	0	21513
5	3373	245	10	13	0	21306
6	3347	243	10	13	0	21098
7	3322	240	10	13	0	20907
8	3316	240	10	13	0	20858
9	2483	169	10	13	0	14687
10	2483	169	10	13	0	14687
11	2483	169	10	13	0	14687
12	2984	211	9	13	0	18331
13	3154	226	10	13	0	19624
14	2646	182	10	13	0	15840
15	1036	113	10	13	0	3971
16	205	33	10	13	0	1572

Verticaal nr.	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	827	234415	209845	164090	0,05	7,5
2	2108	527268	362228	369088	0,05	7,5
3	3196	690703	667040	483492	0,05	7,5
4	3400	719632	696748	503743	0,05	7,5
5	3373	715869	692886	501108	0,05	7,5
6	3347	712089	689008	498463	0,05	7,5
7	3322	708602	685428	496022	0,05	7,5
8	3316	707706	684508	495394	0,05	7,5
9	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
10	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
11	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
12	2984	660091	635534	462063	0,05	7,5
13	3154	684782	660952	479347	0,05	7,5
14	2646	610364	584176	427255	0,05	7,5
15	1036	175130	165184	122591	0,05	7,5
16	398	169347	33013	118543	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 247 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 719632 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 1439265 kN/m ³

4.4 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4

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-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	750	66	9	12	0	3086
2	2108	138	9	12	0	12029
3	3196	229	10	13	0	19939
4	3400	247	10	13	0	21513
5	3373	245	10	13	0	21306
6	3347	243	10	13	0	21098
7	3322	240	10	13	0	20907
8	3316	240	10	13	0	20858
9	2483	169	10	13	0	14687
10	2483	169	10	13	0	14687
11	2483	169	10	13	0	14687
12	2984	211	9	13	0	18331
13	3154	226	10	13	0	19624
14	2646	182	10	13	0	15840
15	1036	113	10	13	0	3971
16	205	33	10	13	0	1572

Verticaal nr.	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	827	234415	209845	164090	0,05	7,5
2	2108	527268	362228	369088	0,05	7,5
3	3196	690703	667040	483492	0,05	7,5
4	3400	719632	696748	503743	0,05	7,5
5	3373	715869	692886	501108	0,05	7,5
6	3347	712089	689008	498463	0,05	7,5
7	3322	708602	685428	496022	0,05	7,5
8	3316	707706	684508	495394	0,05	7,5
9	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
10	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
11	2483	586224	559148	410357	0,05	7,5
12	2984	660091	635534	462063	0,05	7,5
13	3154	684782	660952	479347	0,05	7,5
14	2646	610364	584176	427255	0,05	7,5
15	1036	175130	165184	122591	0,05	7,5
16	398	169347	33013	118543	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 247 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 719632 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 1439265 kN/m ³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
5	Clay, organ, weak	Berekend met E100
4	Clay, organ, weak	Berekend met E100
3	Sand, clean, moderate	Berekend met E100
2	Sand, clean, loose	Berekend met E100
1	Sand, clean, stiff	Berekend met E100

Laag nummer	Verticaal 1 (L=25 m)		Verticaal 2 (L=50 m)		Verticaal 3 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0,000	0,366	0,000	0,355	0,000	0,704
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	40,020	70,744	39,250	70,311	60,232	83,851
2	42,447	51,696	42,187	51,483	50,311	58,326
1	126,368	184,713	125,847	184,357	142,574	196,157

Laag nummer	Verticaal 4 (L=100 m)		Verticaal 5 (L=125 m)		Verticaal 6 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0,000	0,724	0,000	0,703	0,000	0,682
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	61,306	84,626	60,198	83,827	59,070	83,020
2	50,776	58,728	50,296	58,313	49,812	57,896
1	143,556	196,872	142,544	196,135	141,525	195,395

Laag nummer	Verticaal 7 (L=175 m)		Verticaal 8 (L=200 m)		Verticaal 9 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0,000	0,663	0,000	0,658	n.v.t.	n.v.t.
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	58,013	82,272	57,739	82,079	0,000	52,296
2	49,363	57,510	49,247	57,411	31,378	43,073
1	140,581	194,713	140,338	194,537	105,290	170,985

Laag nummer	Verticaal 10 (L=250 m)		Verticaal 11 (L=275 m)		Verticaal 12 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,000	0,350
3	0,000	52,296	0,000	52,296	38,906	71,397
2	31,378	43,073	31,378	43,073	42,838	52,018
1	105,290	170,985	105,290	170,985	127,154	185,252

Laag nummer	Verticaal 13 (L=325 m)		Verticaal 14 (L=350 m)		Verticaal 15 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	0,000	0,526	0,000	0,427	0,000	0,406
3	50,223	77,970	44,057	73,967	42,727	73,000
2	46,782	55,311	44,380	53,295	43,800	52,813
1	135,204	190,867	130,277	187,409	129,098	186,591

Laag nummer	Verticaal 16 (L=400 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	n.v.t.	n.v.t.
4	0,000	0,386
3	41,355	72,019
2	43,212	52,326
1	127,907	185,770

5 Gegevens voor Sterkteberekening

5.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 250,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,40 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent diameter leiding	:	Do = 560,79 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 23,12 mm
Equivalent volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 353846 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 400,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20

5.2 Ballasten Leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingpercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	162	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	144	[kg/m]
Resultaat	:	18	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

5.3 Trekkraftberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan ($f_1 = 0,10$)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof ($f_2 = 0,000050$ [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond ($f_3 = 0,20$)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkraft in de leiding. De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekkoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	59
T2	43	58

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T3	99	62
T4	317	58
T5	372	62
T6	417	61

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (γ) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2012. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

6 Sterkteberekening van ø250 SDR-13.6: leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-13.6: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,40 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 417 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 577868 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-13.6: leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,4 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,43	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	2,72	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,39 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 5,4E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0179 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 1,07 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,36 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,98	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,65	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,36	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-13.6: leiding no. 1

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	3,00	3,39	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	1,07	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,36	2,36

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 5,1 mm (2,05% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12,5 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

6.4 Toetsing op Implosie van ø250 SDR-13.6: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 275 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 776 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 972 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 187 kN/m^2 , dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 335 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

7 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 417 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 719632 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 14,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,34	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	2,72	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,94	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,28 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0143 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,24 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,79	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,66	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,24	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,94	3,28	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,85	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,24	2,24

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3,9 mm (1,93% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 275 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 773 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 968 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 187 kN/m^2 , dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 334 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

8 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 417 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 719632 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 14,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,34	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	2,72	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,94	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,28 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0143 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,24 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_{t} \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,79	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,66	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,24	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,94	3,28	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,85	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,24	2,24

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3,9 mm (1,93% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 275 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 773 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 968 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 187 kN/m^2 , dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 334 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

9 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 417 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 719632 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 14,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,34	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	2,72	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,94	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,28 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0143 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,24 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,79	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,66	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,24	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,94	3,28	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,85	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,24	2,24

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3,9 mm (1,93% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 275 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 773 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 968 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 187 kN/m^2 , dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 196 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 334 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Einde Rapport

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
INPUT CREATED BY DRILL CONTROL 6.6.2805 - Version Drill Control
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 16-6-2022
Tijd van rapport: 14:15:55
Rapport met versie: 20.1.2.31161
Berekend met versie: 20.1.2.31161

Bestandsnaam: B212256.HDD01-HDD01.2-A-A

Projectbeschrijving: B212256.HDD01.2 - Geertruidenberg
Muddruk- en sterkteberekening
3xø200 + 1xø250 SDR-13.6

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	4
2.4 Freatische Lijn	4
2.5 Grondprofielen	4
2.6 Grenslagen	4
2.7 Grondeigenschappen	5
2.8 Geometrie	6
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	6
2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht	6
2.9 Berekenings Verticalen	7
2.10 Configuratie van de Pijpleiding	7
2.11 Materiaalgegevens van de Leiding	7
2.12 Gegevens voor Leidingberekening	8
2.13 Boorvloeistof Gegevens	9
2.14 Factoren	9
2.15 Rekenopties	9
3 Boorvloeistofdrukken	10
3.1 Boorvloeistof Gegevens	10
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	11
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	11
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	11
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	12
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	12
4 Grondmechanische Data	13
4.1 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 1	13
4.2 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 2	14
4.3 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-13.6 (3): leiding no. 3	15
4.4 Grondmechanische Parameters $\varnothing 250$ SDR-13.6 (4): leiding no. 4	16
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal	17
5 Gegevens voor Sterkteberekening	18
5.1 Algemene Gegevens	18
5.2 Ballasten Leiding	18
5.3 Trekkraftberekening	18
6 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 1	20
6.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 1	20
6.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 1	20
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	20
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	21
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	21
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	21
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	21
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 1	22
6.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (1): leiding no. 1	22
7 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 2	24
7.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 2	24
7.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 2	24
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	24
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	25
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	25
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	25
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	25
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 2	26
7.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (2): leiding no. 2	26
8 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (3): leiding no. 3	28
8.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (3): leiding no. 3	28
8.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-13.6 (3): leiding no. 3	28
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	29
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	29
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	29
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3	30
8.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3	30
9 Sterkteberekening van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4	32
9.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4	32
9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4	32
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	33
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	33
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	33
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4	34
9.4 Toetsing op Implosie van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4	34

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
5 - L -	-100,000	0,000	54,090	56,310	58,050
5 - Z -	1,020	1,020	0,800	0,120	-0,700
5 - L -	59,100	60,840	63,860	66,920	71,310
5 - Z -	-0,700	0,580	1,450	1,700	1,700
5 - L -	75,730	172,350	220,930	221,382	221,500
5 - Z -	3,570	2,840	2,710	-2,700	-3,780
5 - L -	286,750	292,750	293,617	298,640	303,770
5 - Z -	-3,780	-2,900	-2,397	0,520	0,780
5 - L -	312,000	317,450	327,550	412,020	418,500
5 - Z -	3,450	3,430	1,170	0,560	0,560
5 - L -	468,500				
5 - Z -	0,560				
4 - L -	-100,000	221,382	221,500	286,750	292,750
4 - Z -	-2,700	-2,700	-3,780	-3,780	-2,900
4 - L -	293,617	298,640	303,770	312,000	317,450
4 - Z -	-2,397	0,520	0,780	3,450	3,430
4 - L -	327,550	412,020	418,500	468,500	
4 - Z -	1,170	0,560	0,560	0,560	
3 - L -	-100,000	221,382	221,500	286,750	292,750
3 - Z -	-2,700	-2,700	-3,780	-3,780	-2,900
3 - L -	293,617	468,500			
3 - Z -	-2,397	-2,700			
2 - L -	-100,000	468,500			
2 - Z -	-8,200	-8,200			
1 - L -	-100,000	468,500			
1 - Z -	-12,500	-12,500			
0 - L -	-100,000	468,500			
0 - Z -	-25,000	-25,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-100,000	468,500			
1 - Z -	0,100	-0,900			

2.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

2.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
5	Clay, organ, weak	1	1
4	Clay, organ, weak	1	1
3	Sand, clean, moder...	1	1
2	Sand, clean, loose	1	1
1	Sand, clean, stiff	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 5: Clay, organ, weak

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 5: Clay, organ, weak

2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma-onverz			Gamma-verz		
	Uniek [kN/m ³]	Laag [kN/m ³]	Hoog [kN/m ³]	Uniek [kN/m ³]	Laag [kN/m ³]	Hoog [kN/m ³]
dummy	18,00	-	-	20,00	-	-
Sand, clean, loose	-	17,00	18,00	-	19,00	20,00
Sand, clean, moderate	-	18,00	19,00	-	20,00	21,00
Sand, clean, stiff	-	19,00	20,00	-	21,00	22,00
Clay, organ, weak	-	13,00	15,00	-	13,00	15,00

Naam	Cohesie			Phi		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [grd]	Laag [grd]	Hoog [grd]
dummy	1,00	-	-	30,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	30,00	32,50
Sand, clean, moderate	-	0,00	0,00	-	32,50	35,00
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	35,00	40,00
Clay, organ, weak	-	0,00	1,00	-	15,00	15,00

Naam	Su-top			Su-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	0,00	-	-	0,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Sand, clean, moderate	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Clay, organ, weak	-	10,00	25,00	-	10,00	25,00

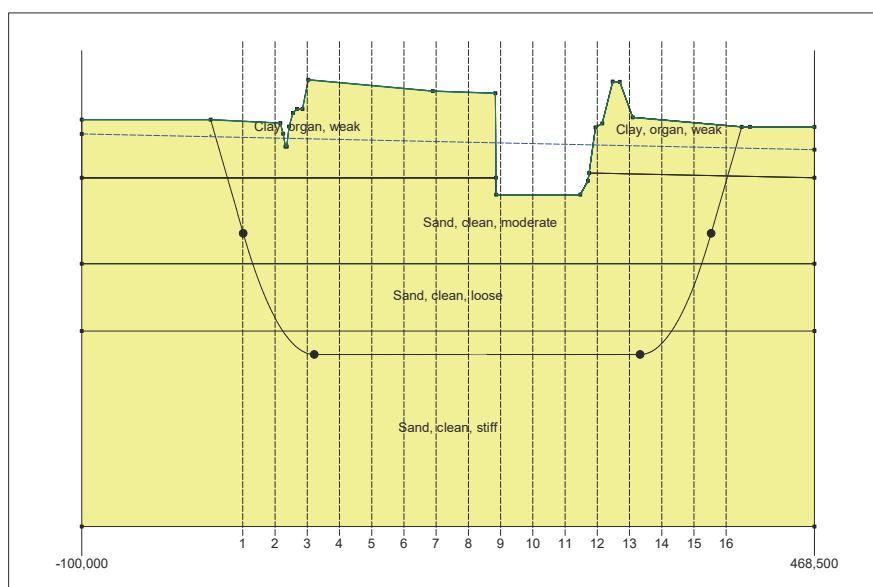
Naam	Emod-top			Emod-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	10000,00	-	-	15000,00	-	-
Sand, clean, loose	-	-	-	-	-	-
Sand, clean, moderate	-	-	-	-	-	-
Sand, clean, stiff	-	-	-	-	-	-
Clay, organ, weak	-	-	-	-	-	-

Naam	Grondtype	Emod 100		
		Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	-	-	-	-
Sand, clean, loose	Sand	-	15000,00	45000,00
Sand, clean, moderate	Sand	-	45000,00	75000,00
Sand, clean, stiff	Sand	-	75000,00	110000,00
Clay, organ, weak	Clay	-	500,00	1000,00

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
dummy	-	-	0,35
Sand, clean, loose	-	-	0,30
Sand, clean, moderate	-	-	0,30
Sand, clean, stiff	-	-	0,30
Clay, organ, weak	-	-	0,40

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Bovenaaanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	25,000	-6,149
2	50,000	-11,662
3	75,000	-13,925
4	100,000	-14,000
5	125,000	-14,000
6	150,000	-14,000
7	175,000	-14,000
8	200,000	-14,000
9	225,000	-14,000
10	250,000	-14,000
11	275,000	-14,000
12	300,000	-14,000
13	325,000	-14,000
14	350,000	-13,296
15	375,000	-9,591
16	400,000	-2,915

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

2.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	1,020	[m]
X coördinaat rechter punt	412,090	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	0,560	[m]
Hoek links	16,0000	[grd]
Hoek rechts	16,0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	200,000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	200,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	400,000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-14,000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	1	
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.		

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	202,120	-2,450	214,390	-2,450	500,000	rechts

2.11 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14,70	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,40	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

2.12 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m ²]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

2.13 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,700	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,700	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,427	[m]
Debiet tijdens pilotboring	400,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1000,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m ³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m ²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m ²]

2.14 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegegewicht		
van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q _{n,r} (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

2.15 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	253	422	91	248
2	349	566	164	298
3	751	1405	200	312
4	761	1427	212	302
5	755	1413	223	290
6	748	1400	234	279
7	741	1387	246	268
8	740	1384	257	257
9	544	972	268	246
10	544	972	279	235
11	544	972	290	224
12	659	1220	301	212
13	708	1320	312	201
14	630	1162	316	182
15	310	515	286	130
16	103	128	223	44

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	248	300	82	91
2	352	567	146	164
3	714	1234	174	195
4	726	1261	177	194
5	720	1245	180	191
6	713	1229	182	189
7	707	1214	185	186
8	706	1210	187	183
9	522	713	190	181
10	522	713	192	178
11	521	713	195	176
12	630	1018	198	173
13	675	1132	200	171
14	570	927	182	160
15	320	500	130	117
16	42	51	44	40

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	248	300	85	82
2	352	567	152	146
3	714	1234	183	174
4	726	1261	189	177
5	720	1245	191	180
6	713	1229	189	182
7	707	1214	186	185
8	706	1210	183	187
9	522	713	181	190
10	522	713	178	192
11	521	713	176	192
12	630	1018	173	187
13	675	1132	171	181
14	570	927	160	168
15	320	500	117	121
16	42	51	40	41

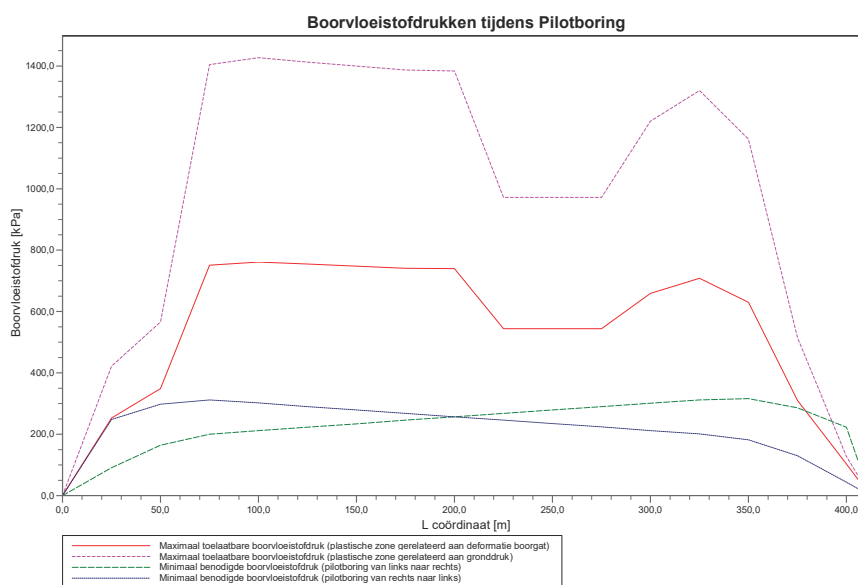
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	
1	80	60	1,32	voldoet
2	140	115	1,22	voldoet
3	165	137	1,20	voldoet
4	166	137	1,21	voldoet
5	165	137	1,21	voldoet
6	165	137	1,21	voldoet
7	165	136	1,21	voldoet
8	164	136	1,21	voldoet
9	164	135	1,21	voldoet
10	164	135	1,21	voldoet
11	163	134	1,21	voldoet
12	163	134	1,22	voldoet
13	163	134	1,22	voldoet
14	154	126	1,22	voldoet
15	113	89	1,27	voldoet
16	39	21	1,81	voldoet

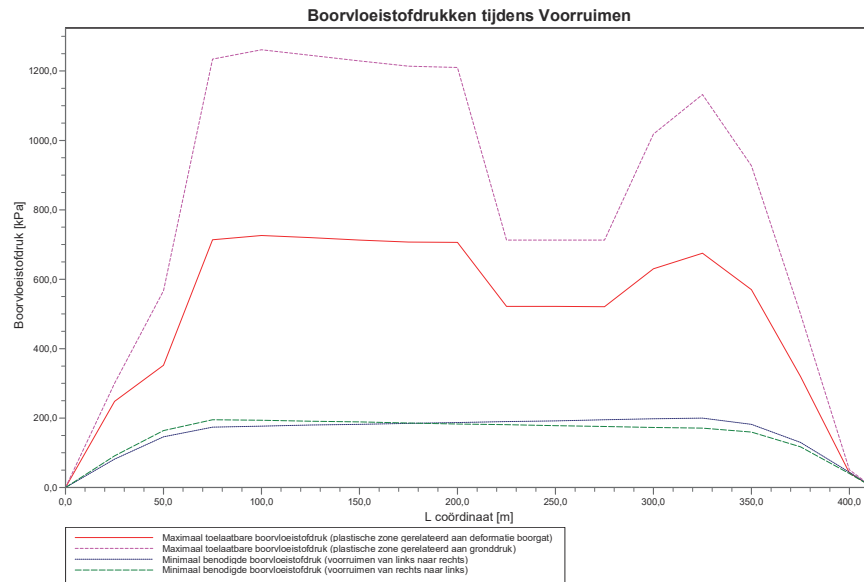
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

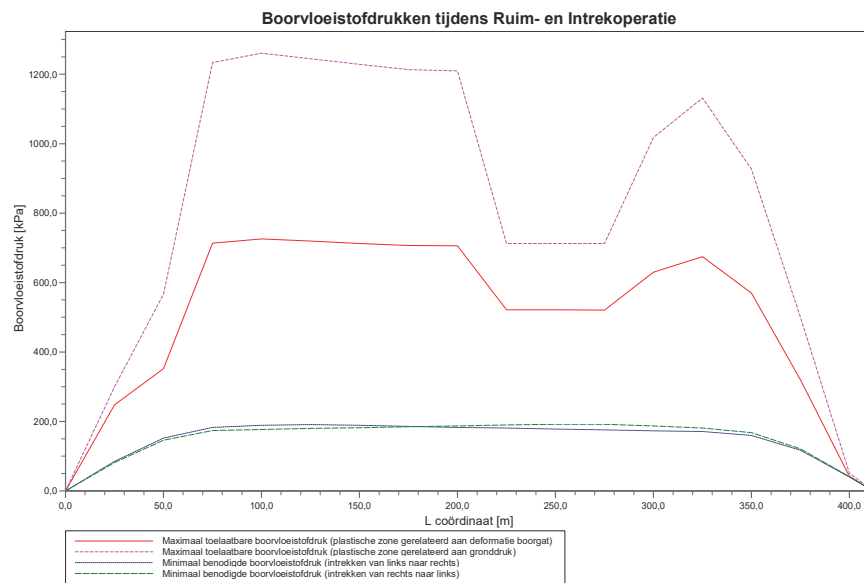
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeiستفدrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeiستفدrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 1

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-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	750	66	9	12	0	3086
2	1106	122	9	12	0	4286
3	2672	184	10	13	0	16030
4	2710	187	10	13	0	16310
5	2682	185	10	13	0	16102
6	2653	183	10	13	0	15894
7	2627	180	10	13	0	15704
8	2620	180	10	13	0	15655
9	1712	109	9	13	0	9484
10	1712	109	9	13	0	9484
11	1712	109	9	13	0	9484
12	2265	151	9	13	0	13128
13	2479	168	10	13	0	14641
14	2242	149	9	13	0	12971
15	997	108	10	13	0	3798
16	205	33	10	13	0	1572

Verticaal nr.	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	827	234415	209845	164090	0,05	7,5
2	1106	261352	172633	182946	0,05	7,5
3	2672	614251	588199	429975	0,05	7,5
4	2710	619967	594114	433977	0,05	7,5
5	2682	615730	589730	431011	0,05	7,5
6	2653	611469	585320	428028	0,05	7,5
7	2627	607533	581244	425273	0,05	7,5
8	2620	606520	580195	424564	0,05	7,5
9	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
10	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
11	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
12	2265	552218	523765	386553	0,05	7,5
13	2479	585220	558105	409654	0,05	7,5
14	2242	548721	419029	384105	0,05	7,5
15	997	171098	160953	119769	0,05	7,5
16	398	169350	33028	118545	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _v ;n;max = 187 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer} ;max = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _v ;r;n;max = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 619967 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 1239935 kN/m ³

4.2 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 2

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-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	750	66	9	12	0	3086
2	1106	122	9	12	0	4286
3	2672	184	10	13	0	16030
4	2710	187	10	13	0	16310
5	2682	185	10	13	0	16102
6	2653	183	10	13	0	15894
7	2627	180	10	13	0	15704
8	2620	180	10	13	0	15655
9	1712	109	9	13	0	9484
10	1712	109	9	13	0	9484
11	1712	109	9	13	0	9484
12	2265	151	9	13	0	13128
13	2479	168	10	13	0	14641
14	2242	149	9	13	0	12971
15	997	108	10	13	0	3798
16	205	33	10	13	0	1572

Verticaal nr.	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	827	234415	209845	164090	0,05	7,5
2	1106	261352	172633	182946	0,05	7,5
3	2672	614251	588199	429975	0,05	7,5
4	2710	619967	594114	433977	0,05	7,5
5	2682	615730	589730	431011	0,05	7,5
6	2653	611469	585320	428028	0,05	7,5
7	2627	607533	581244	425273	0,05	7,5
8	2620	606520	580195	424564	0,05	7,5
9	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
10	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
11	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
12	2265	552218	523765	386553	0,05	7,5
13	2479	585220	558105	409654	0,05	7,5
14	2242	548721	419029	384105	0,05	7,5
15	997	171098	160953	119769	0,05	7,5
16	398	169350	33028	118545	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n;max} = 187 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer;max} = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n;max} = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 619967 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 1239935 kN/m ³

4.3 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3

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-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	750	66	9	12	0	3086
2	1106	122	9	12	0	4286
3	2672	184	10	13	0	16030
4	2710	187	10	13	0	16310
5	2682	185	10	13	0	16102
6	2653	183	10	13	0	15894
7	2627	180	10	13	0	15704
8	2620	180	10	13	0	15655
9	1712	109	9	13	0	9484
10	1712	109	9	13	0	9484
11	1712	109	9	13	0	9484
12	2265	151	9	13	0	13128
13	2479	168	10	13	0	14641
14	2242	149	9	13	0	12971
15	997	108	10	13	0	3798
16	205	33	10	13	0	1572

Verticaal nr.	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	827	234415	209845	164090	0,05	7,5
2	1106	261352	172633	182946	0,05	7,5
3	2672	614251	588199	429975	0,05	7,5
4	2710	619967	594114	433977	0,05	7,5
5	2682	615730	589730	431011	0,05	7,5
6	2653	611469	585320	428028	0,05	7,5
7	2627	607533	581244	425273	0,05	7,5
8	2620	606520	580195	424564	0,05	7,5
9	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
10	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
11	1712	465454	432601	325818	0,05	7,5
12	2265	552218	523765	386553	0,05	7,5
13	2479	585220	558105	409654	0,05	7,5
14	2242	548721	419029	384105	0,05	7,5
15	997	171098	160953	119769	0,05	7,5
16	398	169350	33028	118545	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 187 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 619967 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 1239935 kN/m ³

4.4 Grondmechanische Parameters ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4

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-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

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	609	65	9	12	0	3080
2	1101	122	9	12	0	4281
3	2658	184	10	13	0	16024
4	2697	187	10	13	0	16303
5	2668	185	10	13	0	16096
6	2639	182	10	13	0	15888
7	2613	180	10	13	0	15698
8	2606	180	10	13	0	15649
9	1422	108	9	13	0	9478
10	1422	108	9	13	0	9478
11	1422	108	9	13	0	9478
12	2247	150	9	13	0	13122
13	2463	168	10	13	0	14635
14	2224	149	9	13	0	12965
15	990	108	10	13	0	3792
16	169	33	10	13	0	1566

Verticaal nr.	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	804	189770	165153	132839	0,05	7,5
2	1101	252284	137086	176598	0,05	7,5
3	2658	493861	467804	345702	0,05	7,5
4	2697	498416	472558	348891	0,05	7,5
5	2668	495039	469034	346527	0,05	7,5
6	2639	491644	465490	344151	0,05	7,5
7	2613	488508	462214	341956	0,05	7,5
8	2606	487702	461371	341391	0,05	7,5
9	1682	375426	342548	262798	0,05	7,5
10	1682	375426	342548	262798	0,05	7,5
11	1682	375426	342548	262798	0,05	7,5
12	2247	444453	415991	311117	0,05	7,5
13	2463	470734	443613	329513	0,05	7,5
14	2224	441669	291538	309168	0,05	7,5
15	990	137831	127680	96481	0,05	7,5
16	365	138316	18662	96821	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n;max} = 187 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer;max} = 13 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n;max} = 13 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 498416 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 996832 kN/m ³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
5	Clay, organ, weak	Berekend met E100
4	Clay, organ, weak	Berekend met E100
3	Sand, clean, moderate	Berekend met E100
2	Sand, clean, loose	Berekend met E100
1	Sand, clean, stiff	Berekend met E100

Laag nummer	Verticaal 1 (L=25 m)		Verticaal 2 (L=50 m)		Verticaal 3 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0,000	0,366	0,000	0,355	0,000	0,704
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	40,020	70,744	39,250	70,311	60,232	83,851
2	42,447	51,696	42,187	51,483	50,311	58,326
1	126,368	184,713	125,847	184,357	142,574	196,157

Laag nummer	Verticaal 4 (L=100 m)		Verticaal 5 (L=125 m)		Verticaal 6 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0,000	0,724	0,000	0,703	0,000	0,682
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	61,306	84,626	60,198	83,827	59,070	83,020
2	50,776	58,728	50,296	58,313	49,812	57,896
1	143,556	196,872	142,544	196,135	141,525	195,395

Laag nummer	Verticaal 7 (L=175 m)		Verticaal 8 (L=200 m)		Verticaal 9 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0,000	0,663	0,000	0,658	n.v.t.	n.v.t.
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	58,013	82,272	57,739	82,079	0,000	52,296
2	49,363	57,510	49,247	57,411	31,378	43,073
1	140,581	194,713	140,338	194,537	105,290	170,985

Laag nummer	Verticaal 10 (L=250 m)		Verticaal 11 (L=275 m)		Verticaal 12 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,000	0,350
3	0,000	52,296	0,000	52,296	38,906	71,397
2	31,378	43,073	31,378	43,073	42,838	52,018
1	105,290	170,985	105,290	170,985	127,154	185,252

Laag nummer	Verticaal 13 (L=325 m)		Verticaal 14 (L=350 m)		Verticaal 15 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	0,000	0,526	0,000	0,427	0,000	0,406
3	50,223	77,970	44,057	73,967	42,727	73,000
2	46,782	55,311	44,380	53,295	43,800	52,813
1	135,204	190,867	130,277	187,409	129,098	186,591

Laag nummer	Verticaal 16 (L=400 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	n.v.t.	n.v.t.
4	0,000	0,386
3	41,355	72,019
2	43,212	52,326
1	127,907	185,770

5 Gegevens voor Sterkteberekening

5.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 250,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,40 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent diameter leiding	:	Do = 560,79 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 23,12 mm
Equivalent volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 306750 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 400,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20

5.2 Ballasten Leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingpercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	162	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	144	[kg/m]
Resultaat	:	18	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

5.3 Trekkraftberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0,10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0,20)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkraft in de leiding. De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekkoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	59
T2	25	58

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T3	81	62
T4	333	59
T5	389	63
T6	416	62

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2012. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

6 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 416 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 619967 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 14,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,34	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	2,71	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,93	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,31 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,4E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0132 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,21 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,73	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,67	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,21	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,93	3,31	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,79	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,21	2,21

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3,8 mm (1,90% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

6.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 192 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 773 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 918 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 137 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 284 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

7 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 416 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 619967 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 14,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,34	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	2,71	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,93	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,31 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,4E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0132 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,21 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,73	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,67	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,21	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,93	3,31	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,79	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,21	2,21

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3,8 mm (1,90% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 192 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 773 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 918 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 137 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 284 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

8 Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 416 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 619967 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 14,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,34	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	2,71	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,93	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,31 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,4E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0132 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,21 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,73	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,67	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,21	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,93	3,31	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,79	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,21	2,21

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3,8 mm (1,90% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-13.6 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 192 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 773 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 918 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 137 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 284 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

9 Sterkteberekening van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,40 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 416 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 13 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 498416 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 200,000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 18,4 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0,43	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	2,71	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2,99	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,42 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

Belasting q_r op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 5,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0166 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 1,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,99 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,91 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 2,33 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,91	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,66	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	2,33	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axiaal}	10,00 (kort)	2,99	3,42	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,99	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,33	2,33

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 5,0 mm (2,01% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20,0 mm (8,00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12,5 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van ø250 SDR-13.6 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 192 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 776 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 922 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 137 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 139 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 146 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 285 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Einde Rapport

4 Specificaties meetsysteem

Gyro Steering Tools

Advantages with respect to downhole measurements with magnetic steering tools :

- No read-out errors due to the disturbance of the Earth's magnetic field.
- No need for use of non-magnetic materials ("Non-Mags").
- Insensitive to shocks and vibrations.
- Far higher accuracy of azimuth and pitch possible, resulting in more accurate following of the desired trajectory.
- Measurement with respect to true North (North Seeking while drilling).

Specifications :

Length / diameter of measuring drillstring, installed directly behind the drillhead : 2000/ 170 mm.

Accuracy :

- Pitch, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,01 [degr.]
- Azimuth , accuracy (3 Sigma) : +/- 0,04 [degr.]

Installation :

The measuring drillstring is provided with standard API threaded connections, making installation easy.
The mudflow is not interrupted. Mudflow channels are provided.

Since many years Brownline used magnetometer / accelerometer based strap-down probes for drillhead guidance. The surveyor at the job is needed for this type of probes, as a lot of experience is required to translate the information from these magnetometer based probes. Magnetometers using the Earth magnetic field as reference can give wrong read-outs due to the presence of materials, which can be or are magnetized and due to electric current carrying wires. Only due the surveyor's experience these disturbances of the Earth magnetic field can be filtered.

Brownline started a new magnetometer based probe design early 1999. The emphasis was to automatically compensate for the disturbances of the Earth magnetic field. This automatic compensation already proved in the first months of the project to be very difficult to realize. Consequently Brownline started a simultaneous new design, where gyroscopic sensors were used in order to avoid these magnetic disturbances. The emphasis for this type of gyroscopic probe not only was on magnetic disturbance insensitivity, but also on a far higher accuracy, such that this gyroscopic system in conjunction with a dead-reckoning program could match the trajectory accuracy of the artificial magnetic field systems.

Moreover the aim was to get a trajectory position measuring system, which is predictable and which can be used by less experienced engineers or by automated drilling systems.

Presently Brownline co-operates with iMAR of St. Ingbert, Germany for the joint development and marketing of gyroscopic based navigation tools for the drilling industry.

1. NAVIGATION BY MAGNETOMETERS AND ACCELEROMETERS AND WIRELESS TRANSMISSION.

Figure 1 shows the present Browline magnetometer based system, which was developed in the years 1999 / 2000. Navigation is achieved by the use of three magneto-resistive magnetometers and three accelerometers. This is a well-known configuration. However the wireless signal transmission developed for this probe uses new technology. Downhole electronics are used to modulate the signals. A downhole transmitter sends signals via the drillstring. The negative pole can be placed anywhere above the drillstring at the surface. the signals are demodulated at the surface in the receiver electronics. This wireless transmission system sends three times per second data to the surface. The data string contains the azimuth, pitch and roll angles of the drillhead, as well as downhole internal probe temperature and the mud pressure.

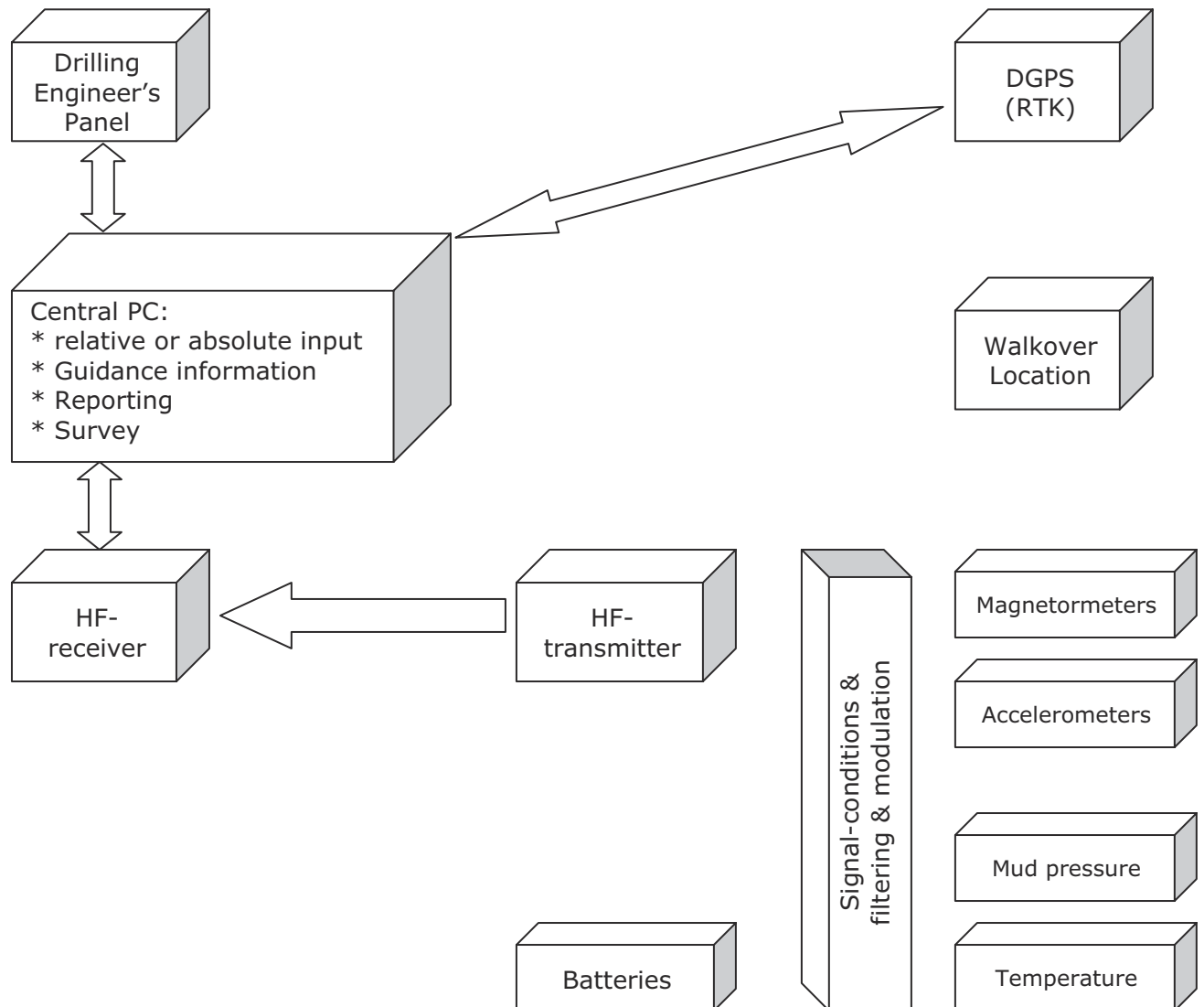


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

The original idea was to compensate for disturbances of the Earth magnetic field via the application of two downhole sensor units at a certain distance. Via a gradiometer like principle a compensation could be achieved. However, very accurate sensing of the magnetic field is required.

2. GYROSCOPIC SENSORS.

Various tests proved that it is extremely difficult to compensate for the disturbance of the Earth magnetic field. Very accurate measurement of the Hx, Hy and Hz vectors is required. Brownline already in late 2000 started investigations for other sensors as the magnetic based ones. The present Brownline simplex magnetic based sensor probe has an accuracy of the azimuthing angle of 0.40 [degrees]. This is not sufficient accurate for drilling jobs in highly urbanized areas or for drillings over long distances in conjunction with dead-reckoning. So Brownline did not simply look for a direct replacement of the magnetometer based probe, but also looked for a far higher accuracy. Various gyroscopes were investigated. Mechanical dynamical tuned types proved to be too unreliable. Vibrating gyroscopes still were too inaccurate, although the dimensions are small. This led to the choice of fiber optic gyroscopes (FOG) and Ring Laser Gyroscopes (RLG) to start with. By using FOGs or RLGs very accurate azimuthing angles with respect to the geographic North can be measured. An accuracy of ten times better as for magnetic sensor based probes is possible. Having an azimuthing accuracy of 0.04 [degrees] and a reliable drillstring stroke measurement will give a trajectory measurement accuracy, which is better than possible with other navigation means.

Figure 2 shows a typical RLG, which is used as base for the new gyroscopic navigation tool. Data are transmitted either via wireline (10 times per second) or wireless (3 times per second).



Figure 2.

Probe with Ring Laser Gyroscope, the robust housing is suitable for a rough environment with high vibrations and shock loading.

The unit contains three perpendicular installed RLG's and three perpendicular installed servo-balanced accelerometers, as well as micro-controllers for processing and filtering of the measured data.

The total unit is build into the drillstring close to the drillhead.

This drillstring part contains a second micro-controller for processing of strain gage and mud pressure signals, as well as for modulation and transmission.

The Brownline gyroscopic probe system is presently being build. For the gyroscopic systems Brownline cooperates with iMAR of St Ingbert, Germany.

Reports can be given in local grid co-ordinates or in WGS84 format. The Ring Laser Gyroscope unit also is very well suitable to be used for surveying after reaming and installation of a pipe. This unit will then be used in conjunction with a DGPS (RTK) system. The DGPS is used to precisely measure the entry and the exit location of the drilled trajectory. This combination gives unsurpassed surveying accuracy. Again reports are given in local grid co-ordinates or in WGS84 format.



Figure 4. The display of the drilling engineer, which additional to the PC display of the surveyor. The drilling engineer pushes a button to let the software count for the number of pipes of known length. For RLG system the drilling machine cylinder stroke is measured to avoid human errors.

5 Specificatie boorspoeling

CEBOGEL OCMA

Toepassing

- Aanmaken boorvloeistof voor gestuurde boringen. CEBOGEL OCMA is een allround boorproduct dat met name geschikt is voor machines met een trekkracht vanaf circa 30 ton.
- Aanmaken boorvloeistof voor grondboringen.

Voor een optimaal rendement heeft het **aanmaakwater** van de spoeling de volgende eigenschappen:

- Geleidbaarheid : $\leq 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- pH : 4,5 - 9

Omschrijving

De basis voor CEBOGEL OCMA is een geactiveerde natrium bentoniet. CEBOGEL OCMA voldoet aan de OCMA-specificaties zoals vastgesteld voor olieboringen en is tevens KIWA-gecertificeerd.

Voordelen

- Stabiliseert het boorgat
- Verbetert de afvoer van boorgruis
- Vermindert de torsie
- Makkelijk te recyclen
- Uitstekende prijs-kwaliteitverhouding
- Gecertificeerd volgens KIWA-ATA, dus veilig voor gebruik in drinkwatergebieden.

Specificatie

- Voldoet aan de specificaties voor bentoniet zoals opgesteld door de "Oil Companies Materials Association DFCP-4"
- Wordt onder Kiwa Attest Toxicologische aspecten (ATA) geleverd, hetgeen garant staat voor een 100 % milieuvriendelijk product.

Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Yield	OCMA DFCP-4	$\geq 16,0 \text{ m}^3/\text{ton}$	17,4 m ³ /ton
API Filtraatwaterverlies	OCMA DFCP-4	$\leq 15 \text{ ml}$	13 ml
Droge zeefanalyse door 150 μm	OCMA DFCP-4	$\geq 98 \%$	99 %

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJMUIDEN
P.O. Box 70
NL-1970 AB IJMUIDEN

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
e-mail : sales@ceboholland.com
www.ceboholland.com

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.

PRODUCT DATA



Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Natte zeefanalyse 75 µm	OCMA DFCP-4	≤ 2,5 %	2 %
Vochtgehalte	OCMA DFCP-4	≤ 15,0 %	9,8 %

Chemische en fysische eigenschappen

Samenstelling	Hoogwaardige geactiveerde natrium bentoniet
Kleur	Geelbeige
Vorm	Zacht poeder

Spoelingseigenschappen

Bij verschillende concentraties CEBOGEL OCMA aangemaakt in gedestilleerd water.

Parameter	Methode	30 kg/m ³	40 kg/m ³	50 kg/m ³	60 kg/m ³
Vloeigrens kogelnummer	Kugelharfengerät DIN 4126	1	1	2	4
Dichtheid	Mudbalans	1,02 g/ml	1,03 g/ml	1,03 g/ml	1,04 g/ml
Filtraatwaterverlies	DIN 4127	15,5 ml	13 ml	10 ml	8 ml
Marshfunnel API	API RP 13B 2 (1 liter uit)	31 s	38,5 s	46 s	54 s

Verpakking

- 25 kg zakken per 1000 kg verpakt op een pallet met krimpfolie
- big bags van 1000 kg
- bulk

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJMUIDEN
P.O. Box 70
NL-1970 AB IJMUIDEN

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
e-mail : sales@ceboholland.com
www.ceboholland.com

Revisiedatum : 28.09.2005
Document nr : OC01IP

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.

6 In te zetten boorrig



PD 80/45 CU ELECTRIC



Elektrisch vermogen	250kW
Helling van boormast	8° - 16°
Stangdiameter	127mm
Stanglengte	6.0m
Inschuif-/uitschuifkracht	800kN
Pilootboring	270mm
Draaimoment / toerental	1 st. gear 45,000 Nm - 23 rpm
	2 nd. gear 30,000 Nm - 35 rpm
	3 rd. gear 9,000 Nm - 64 rpm
Afmetingen	L: 11.0m
	B: 2.55m
	H: 3.1m
Gewicht	21000kg

7 Risicoanalyse;

Risico Analyse afdeling, versie 20-11-2017

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
1. Projectorganisatie				
1.01	Werkvoorbereiding / Planning	Onvoldoende aandacht voor Arbo- en Milieuzaken. Onvoldoende projectgerichte informatie van de opdrachtgever	KAM-afdeling betrekken bij voorbereiding Opvragen van projectgerichte V&G informatie ontwerpfase.	Werkvoorbereiding
1.02	Werkplekbezoek en oriëntatie	Niet geïnventariseerde risico's	Oriënterend werkplek bezoek. Analyseren van de risico's en gevaren van de werkplek/ omgeving.	Uitvoerder/ Voorman
1.03	Algemene werkzaamheden	Onvoldoende voorlichting en controle van medewerkers	Projectintroductie houden met iedereen die werkzaamheden gaat verrichten op het projectterrein	Uitvoerder
1.04			Vereiste certificaten en keuringen controleren van uitvoerenden	Uitvoerder
1.05			Bezoekers begeleiden en de vereiste PBM's verschaffen	Uitvoerder
1.06		Alcohol en drugsgebruik, ongevallen en letsel	Het bezit en/of onder invloed zijn van alcohol is verboden	Iedereen
1.07		Onvoldoende toezicht	Zorg voor vervanger tijdens afwezigheid van leidinggevende	Projectleider
1.08		Onervaren leidinggevende	Selectie van leidinggevende op basis van uit te voeren werk.	Projectleider
1.09	Hygiëne / orde en netheid	Rommel op en rond tracé, struikelen/vallen	Afval direct in container/afvalzak deponeren	Iedereen
1.10			Regelmatig opruim ronde houden	Iedereen
1.11		Vuile schafwagens	Regelmatig opruimen en vegen van de schafwagens door gebruikers zelf	Iedereen
1.12		Rommelige werkplek, struikelen/vallen	Ruim gereedschappen die niet gebruikt worden op	Iedereen
1.13		Losliggende kabels, struikelen/vallen	Bind de kabels op/pas de zogenoemde S-haken toe zodat men niet kan vallen	Iedereen
1.15	Communicatie omwonenden	Opwekken van agressie door onaangekondigd het terrein betreden, handgemeen.	Contact op nemen met eigenaar en/of betrokkenen Zorg dat betrokkenen op de hoogte zijn en een klachten formulier hebben met een contactpersoon Zorg voor goed communicatie en gebruik hulpmiddelen	opdrachtgever
2. Coördinatie op de bouwplaats				
2.01	Diverse werkzaamheden (gelijktijdig)	Geen/beperkte overleg en coördinatie,	Coördinatie op de bouwplaats door uitvoerder	Uitvoerder
2.02			Overleg werkzaamheden afstemmen en risico's en beheersmaatregelen bespreken	Uitvoerder
2.03			Coördinatie overleggen voor uitvoeren intrekoperatie	Opdrachtgever/ Uitvoerder
2.04	Werkzaamheden onderaannemers	Onbekende risico's, niet nemen van beheersmaatregelen, ongevallen	Startwerk-overleg met onderaannemers	Uitvoerder
2.05		Het niet nakomen van veiligheidsvoorschriften en/of het niet naleven van de samenwerkingsverplichting door onderaannemers	Aanwijzingen geven, nemen van maatregelen	Uitvoerder
2.06	Betreden bouwplaats onbevoegden	Vandalisme, diefstal, ongevallen door gevaren op de werkplek	Borden verboden toegang en hekwerk plaatsen (koppelen met kluisen)	Uitvoerder
2.07			Opruimen materiaal en materieel, putten/sleuven zoveel als mogelijk aanvullen	Uitvoerder
2.08			Indien noodzakelijk beveiliging van bouwplaats instellen	Uitvoerder
3. Wegafzettingen en verkeersmaatregelen				
3.01	Werken nabij wegen	Aanrijdingsgevaar bij plaatsen van bebording	Draag reflecterende/fluoriserende PBM	Uitvoerenden
3.02		Onvoldoende communicatie met wegbeheerder	In overleg met opdrachtgever afspraken maken met wegbeheerder	Werkvoorbereiding
3.03		Onduidelijke verkeerssituatie voor verkeersdeelnemers	Verkeersplan opstellen	Opdrachtgever
3.04		Onvoldoende/onjuiste verkeersmaatregelen, aanrijdingen tot gevolg	Maatregelen treffen conform CROW 96a voor autosnelwegen Maatregelen treffen conform CROW 96b voor niet-autosnelwegen	Uitvoerder/ Opdrachtgever
3.05		Ongeval bij het wegrijden van voertuigen	Indien mogelijk operationeel parkeren (met de voorkant richting de weg)	Uitvoerenden
3.06		Slipgevaar weggebruikers	Wegen schoon houden van modder/grond, bij constateren z.s.m. opruimen/vegen	Uitvoerenden
3.07		Onjuist plaatsen van wegafzetting/-bebording, letsel medewerkers/weggebruikers	Het plaatsen van afzettingen door erkend bedrijf, interne cursussen veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.08		Onbekendheid van de verkeersmaatregelen door medewerkers	Medewerkers voorlichting geven over de genomen verkeersmaatregelen, cursussen veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.09	Werken nabij waterwegen	Verdrinking	Werkterrein inrichten zodat er niet naast waterwegen gewerkt hoeft te worden	Uitvoerder
3.10			Collectieve maatregelen treffen ter voorkoming te water te geraken	Uitvoerder
3.11	Het kruisen van wegen met materieel	Onvoldoende verkeersmaatregelen	Verkeersmaatregelen conform CROW96a/b en in overleg met wegbeheerder	Opdrachtgever
3.12		Achteruitrijden	Machinisten/chauffeur begeleiden bij manoeuvres vanaf een defensieve positie (niet op de weg), hierbij reflecterende/fluoriserende PBM dragen	Uitvoerenden
3.13		Aanrijdingsgevaar bij het regelen van het verkeer	Aanwijzingen aan het overige verkeer door gecertificeerd verkeersregelaar	Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
4. Inrichting werkerterrein				
4.01	Ketenpark/ schafketen opstellen	Aanrijding bij uitstappen keet Schade of letsel door verkeershinder aan derden Letsel door struikelgevaar/aanrijdgevaar	Keten opstellen i.o.m. opdrachtgever / eigenaar locatie Bebording plaatsen i.o.m. beheerder Orde en netheid aanhouden	Uitvoerder
4.02	Keten	Ontbreken van hygiënische voorzieningen	Nieuwe jerrycans gebruiken en regelmatig schoonspoelen	Uitvoerder
4.03	Lossen van platen	Oplopen van letsel door instabiliteit equipment	Aanvullen weggespoeld zand onder rijplaten	Uitvoerder
4.04	Parkeren	Blokken van het aanvoerwegen	Inrichten voldoende parkeer gelegenheid	Uitvoerenden
4.05		Oplopen letsel door stuurloze auto	Auto parkeren met handrem of in versnelling	Uitvoerenden
4.06		Belemmerd uitzicht	Indien mogelijk operationeel parkeren (met de voorkant richting de weg)	Uitvoerenden
5. Aanvoeren/afvoeren materieel, transport				
5.01	Transportbewegingen	Gebrekkige organisatie, letsel door ongevallen	Begeleiden transporten	Uitvoerder
5.02	Aanvoer/afvoeren (zwaar)materieel	Kantelen/omvallen materieel	Draagkrachtige ondergrond	Uitvoerder
5.03			Bij twijfel over de stabiliteit van de ondergrond sondering uitvoeren om de stabiliteit te bepalen	Uitvoerder
5.04			Stempelen van kranen	Machinist
5.05			Aantoonbare onderrichte machinist voor bedienen kraan	Uitvoerder
5.06		Geblokkeerde wegen/bouwplaats/ manoeuvres (zwaar) materieel	Chauffeurs op bouwplaats begeleiden door medewerker met reflecterende kleding , medewerker geeft aanwijzingen van defensieve positie en blijft in zicht van chauffeur	Uitvoerder
5.07			Verkeersregelaar afroepen wanneer er aanwijzingen gegeven dienen te worden aan verkeer op de openbareweg	Uitvoerder
5.08			Chauffeurs uitsluitend afroepen wanneer er ruimte is om te laden/lossen	Uitvoerder
5.09	Uitrijden rijplaten en productiebuizen	Oplopen van letsel	Buiten bereik kraan blijven en communiceren	Uitvoerder
5.10	Buizen lassen	Afkeur las	Alle lassen volgens digitale laseisen vastleggen	Lasser
		Verwijderen rillen	Alle rillen bewaren en in een zak bewaren + tellen	Lasser

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk	
6. Grondwerk, putten en sleuven					
6.01	Werkzaamheden in de bodem	Ontbreken van/gebreekkige bodeminformatie, treffen van ontoereikende maatregelen, blootstelling aan gevaarlijke stoffen	Informatie aanleveren omtrent de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever	
6.02	Werken in verontreinigde grond	Inademen van schadelijke dampen/stoffen Opname van schadelijke stoffen via de huid Brand en explosie gevaar Giftigheid van de stof (acute of vertraagde effecten)	Opstellen en naleven van Veiligheids & Gezondheidsplan voor het Werken in Verontreinigde grond	Werkvoorbereiding	
6.03		Medew erkers niet op de hoogte van indicaties van verontreinigde grond	Bespreken met betrokken medewerkers over de Bodemverontreiniging	Uitvoerder	
6.04		Aantreffen van verontreinigde grond, blootstelling aan gevaarlijke sotffen	Staken werkzaamheden en dit melden bij uitvoerder	Uitvoerenden	
6.05			Melden bij opdrachtgever	Uitvoerder	
6.06			Bodemonderzoek laten uitvoeren door opdrachtgever	Opdrachtgever	
6.07			Aanleveren van informatie omtrent NGE in de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever	
6.08		Werkzaamheden in de bodem	Aantreffen van Niet Gesprongen Explosieven, fataal letsel	Bij aantreffen werkzaamheden direct staken en ontruimen, afzetten gebied rondom vondst van 200 meter. Melden bij uitvoerder / 112 bellen/ Explosieven Opruimings Dienst inschakelen/ Melden bij opdrachtgever	Uitvoerenden/

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
7. Grondonderzoeken				
7.01	Overgang grondlagen	Afwijken boortrace Afbreken boorbuis Stuurproblemen Vast lopen boring Verlies boring	In ontwerpfase de juiste grondsoort/laag gaan bochten	Engineer/ werkvoorbereider
7.02	Overgang zoet -/ zout water	Degeneratie boorspoeling Vast lopen boring Verlies boring	In ontwerpfase vermelden, zodat men in de uitvoering rekening kan houden	Engineer/ werkvoorbereider
7.03	Grind/ Grindbedden	Afwijken boortrace Afbreken boorkop Stuurproblemen Vast lopen boring/ verlies boring	In de juiste grondsoort het ontwerp opstellen. Als dit niet mogelijk is, dit vermelden aan de uitvoering	Engineer/ werkvoorbereider/ uitvoerenden
7.04	Loopzand	Dichtvallen van het gemaakte boorgat	Regelmatige controle op kwaliteit boorspoeling	Uitvoerenden
7.05	Obstakels	Niet kunnen passeren Afbreken boorkop Afwijken boortrace	Boring terug trekken en nogmaals proberen	Engineer/ werkvoorbereider
7.06	Boorradius	De radius te klein ontwerp voor de te gebruiken machine	In ontwerpfase de juiste radius aanhouden van de te gebruiken machine	Engineer/ werkvoorbereider
7.07	Lengteboring	Boring is te lang voor de machine in samenwerking met grondsoort en diameter	In ontwerpfase de gewenste machine aangeven	Engineer/ werkvoorbereider
8. Pilotboring				
8.01	Slechte menging boorspoeling	Instorten boorgat vastlopen pilot	De mengverhouding aanhouden zoals de fabrikant deze aangeeft Nadelige effecten kunnen in een aantal gevallen met speciale toevoegingen aan de boorspoeling worden gereduceerd.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.02	Keuze boorbit anders dan verwacht	Stuurproblemen Vastlopen pilot	Door juiste vooronderzoek van de bodemgesteldheid, in uitvoering beslissen welke het beste van toepassing is	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.03	Instabiele bovengrond	Muduitbraak t.p.v. instabiele bovengrond Schade aan derden Wegvallen bentoniedruk Milieudelict	Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt; Tevens zal de minimaal benodigde pompdruk zoveel mogelijk worden aangehouden; Door een (verhoudingsgewijs) zw aardere boorinstallatie als nodig in te zetten, om zodoende wat meer drukkracht als pompdruk te gebruiken, zal er ook een kleinere kans zijn op een blow-out; Verder het constant (visueel) in de gaten houden van de retour stroom zal er toe bijdragen dat het risico van een blow-out te verwaarlozen zal zijn.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.04	Verouderd materiaal en materieel	Defecte onderdelen van het boorrig Verliezen van materieel/ boring	Aangeven voordat de werkzaamheden uitgevoerd gaan worden dat het materiaal/ materieel niet meer voldoet aan de eisen	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
9. Ruimfase				
9.01	Het dichtslibben van de Nozzels tijdens de uitvoering	Afname snij eigenschappen Vollopen ruimer en het blokkeren van het ruimproces	Juiste ruimer kiezen bij de grondsoort	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.02	Verkeerde keuze ruimer	Slechte menging cuttings en boorspoeling Verkeerde snij eigenschappen voor deze boring	Juiste ruimer kiezen bij de grondsoort	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.03	Snelheid ruimer	Instabiliteit boorgat en vervorming boorgat	Tijdens uitvoering controle uitvoeren op snelheid	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.04	Defecten aan ruimer	Tijdelijk blokkeren boorgat Verlies boring Vast lopen boring	Controle uitvoeren voordat men de ruimer gaat gebruiken	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.05	Obstakels in de grond	Tijdelijk blokkeren boorgat Verlies boring Vast lopen boring	De klic nalopen op obstakels. De niet vermelde obstakel kan men niet altijd in kaart brengen	Uitvoeren/ Uitvoerder
10. Intrekfase				
10.01	Defecte Swivel	Overbelasting Overmatig gebruik olie/vet gevolg met milieuschade Stagnatie intrekproces	Controle uit blijven voeren tijdens het intrekproces.	Uitvoeren/ Uitvoerder
10.02	Overschrijding maximale trekkracht op productiepijp	Overbelasting Stagnatie intrekproces	Controle uit blijven voeren tijdens het intrekproces. Niet meer dan de voorgeschreven maximale trekkracht.	Uitvoeren/ Uitvoerder
10.03	Te stijle invoerbocht	Te hoge trekkracht waardoor de productiebus beschadigd kan worden	Tijdens de ontwerpfase de juiste hoeken aangeven en dit aanhouden tijdens de uitvoering	Uitvoeren/ Uitvoerder
10.04	Beschadiging productiebus	Afkeur bus Overbelasting/kromme bus Slechte verbindingen	Tijdens uitvoering met voorzichtig de bus behandelen. De overgangen moeten door een erkende lasser aan elkaar verbonden worden.	Uitvoeren/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11. Werken met boorequipment				
11.01	Elektrische connecties tussen de verschillend equipment	Gewond raken door electrocutie	Aarden van divers equipment	Uitvoerder
11.02	Boren	Weggliden bij boor of ontvangstgat	Tijdens het boren niet in de directe omgeving van de boor of het ontvangstgat komen en onbevoegden op afstand houden, boorgaten zichtbaar maken	Uitvoerenden
11.03		Letsel door wegzakken/vallen in mudpit	Mudpit onder talut graven en/of mudpit afzetten	Uitvoerder
11.04		Verwond raken door draaiende en bewegende kraan	Buiten draaicirkel van het graafmachine blijven	Uitvoerenden
11.05		Letsel door draaiende delen	Waar mogelijk draaiende delen afschermen	Uitvoerder
11.06			Geen loshangende kleding dragen en haar opbinden.	Uitvoerenden
11.07		Weg spuiten van boor-mud onder druk met letsel als mogelijk gevolg	Tijdens opstellen de fittingen, koppelingen en stangen visueel controleren, leidingen vastzetten met borgingspinnen/kettingen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.08		Law aai van machine, gehoorschade	Law aai-bron zoveel mogelijk afschermen, omgeving op de hoogte stellen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.09			Gehoorscherming verstrekken >80 dB(A)	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.10			Verplicht gehoorbescherming dragen >85dB(A)	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11.11	Aanbrengen en/of losmaken van de boorbuis	Letsel bij het aanbrengen en/ of losmaken van de boorbuis/mantelbuis	Geen draaiende delen tijdens het aanbrengen/loskoppelen. Communicatie	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.12			Gebruik juiste gereedschappen en hijsmiddelen	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.13			Omgeving afschermen	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.14	Intrekken van de leiding	Letsel of schade bij vastlopen of aflopen van de streng van de rollenbaan	Draag zorg voor onderhoud en begeleiding van de streng tijdens de trekoperatie	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.15		Knellen van vingers tussen rollen tijdens trekken	Houd afstand tijdens de trekoperatie	Uitvoeren
11.16		Letsel bij breken van hijsmiddelen tijdens de trekoperatie	Gebruik alleen gecertificeerde en gekeurde hijsmiddelen die op gewicht en/of trekkracht zijn afgestemd met het werk	Uitvoerder
11.17	Aanmaken van bentoniet / water	Inademen van stof	Gebruik van stoffilters (P3)	Uitvoerder
11.18		Geraakt worden door bewegend materieel.	Gebruik van gecertificeerd hijsequipment en hijsgereedschap. Geen personen nabij bewegend delen. Eén man die de aanwijzingen geeft.	Uitvoerder

**van gelder****Van Gelder Groep B.V.**

J.P. Broekhovenstraat 36
8081 HC ELBURG
Postbus 29
8080 AA ELBURG
Tel: (0525) 65 98 88
Fax: (0525) 68 54 71
E-mail: groep@vangelder.com

**Aannemingsmaatschappij
Van Gelder B.V.**

J.P. Broekhovenstraat 36
8081 HC ELBURG
Postbus 29
8080 AA ELBURG
Tel: (0525) 65 98 88
Fax: (0525) 68 54 71
E-mail: aannemingsmaatschappij
@vangelder.com

**Van Gelder Kabel-, Leiding-
en Montagewerken B.V.**

Burg. Moslaan 11
8051 CP HATTEM
Postbus 20
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 56
Fax: (038) 444 37 39
E-mail: klm@vangelder.com

Van Gelder Rail B.V.

3^o Industrieweg 2
8051 CM HATTEM
Postbus 15
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 22
Fax: (038) 443 14 20
E-mail: rail@vangelder.com

Van Gelder Telecom B.V.

2^o Industrieweg 1
8051 CM HATTEM
Postbus 15
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 444 80 60
Fax: (038) 444 80 61
E-mail: telecom@vangelder.com

Van Gelder Verkeerstechniek B.V.

Burg. Moslaan 11
8051 CP HATTEM
Postbus 20
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 56
Fax: (038) 444 37 39
E-mail: verkeerstechniek@vangelder.com

Van Gelder regio West

Schillingweg 10
2153 PL NIEUW-VENNEP
Tel: (0252) 662 000
Fax: (0252) 662 099
E-mail: regiowest@vangelder.com

Regionale vestigingen

Almere
Amersfoort
Andelst
Borne
Den Haag
Duiven
Emmeloord
Enschede
Hardenberg
Leeuwarden
Ridderkerk
Uden
Zierikzee