

Opdrachtgever : Liandon B.V.
Contactpersoon : Dhr. H. Sattari
Adres : Basisweg 10
Plaats: : 1043 AP Amsterdam

MEMO

Onderwerp : Gesteurde boring Ouderkerk aan den Amstel (RTO-621)

Horizontaal gestuurde boring (HDD 1)

t.b.v. verlegging 150kV kabelverbinding AMV - BZ

Verlengde Polderweg, Ouderkerk aan den Amstel



Figuur 1 overzicht werklocatie

Versie	Datum	Status	Opgesteld door	Gecontroleerd	Voor akkoord
1	02-02-2017	Definitief	MvE	BV	JV

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Uitgangspunten.....	4
2.1	Informatie	4
2.2	Voorschriften en literatuur	4
2.3	Ontwerp.....	4
3.	Werkomschrijving	5
3.1	Algemeen	5
4.	Materieel	8
4.1	Voorstel in te zetten boormaterieel	8
4.2	In te zetten meetsysteem	8
4.3	Afwijkingen	9
4.4	Boortechnische wijze van uitvoeren.....	9
4.5	Kwaliteitsregistratie van de boring	9
4.6	Registratie bentoniet	10
4.7	Registratie aanmaakwater	10
4.8	Bouwmaterialen	10
5.	Beoordeling gestuurde boring	11
5.1	Tijdschema	11
5.2	Locatie in- en uittredepunt	11
5.3	Geotechnisch onderzoek	12
5.4	Beschrijving grondgesteldheid	12
5.5	Grondwaterstanden.....	12
6.	Berekeningsresultaten.....	13
6.1	Boorspoeldrukken	13
6.2	Sterkteberekening	13
6.3	Trekkracht berekening	14

Lijst met tabellen

Tabel 1	Versie- en wijzigingsoverzicht	1
Tabel 2	Specificaties boring	4
Tabel 3	Specificaties mantelbuizen	4
Tabel 4	Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)	9
Tabel 5	Grondwaterstanden	13
Tabel 6	Toetsing materiaalspanningen (HDPE 200mm).....	14
Tabel 7	Voorspelling trekkracht.....	14

Lijst met figuren

Figuur 1	overzicht werklocatie	1
Figuur 2	pilotboring	5
Figuur 3	ruimfase.....	6
Figuur 4	intrekfase	7
Figuur 5	boor-rig	8
Figuur 6	schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline).....	12
Figuur 7	boorspoeldrukken tijdens pilotboring.....	13

Lijst met bijlagen

Bijlage 1	Boortekening.....	15
Bijlage 2	Grondonderzoek	16
Bijlage 3	Resultaten D-Geo Pipeline berekening	17
Bijlage 4	Foto's locatie.....	18
Bijlage 5	Specificaties gyro meetsysteem	19
Bijlage 6	Beschrijving boorvloeistof	20

1. Inleiding

Liandon B.V. bereidt momenteel de verlegging van een hoogspanningsverbinding voor aan de Verlengde Polderweg te Ouderkerk aan den Amstel. Deze verlegging is noodzakelijk i.v.m. de geplande verbreding van de A9 door Rijkswaterstaat.

De bestaande kabelverbinding kruist middels een zinker de Amstel, daarvandaan passeert deze de Rondhoep West en gaat parallel lopen met de A9 en de Verlengde Polderweg. Ter hoogte van de Rondehoep Oost kruist deze opnieuw een water (Bullewijk) in de richting van de Holendrechtseweg. De A9 ter hoogte van de Verlengde Polderweg zal dusdanig worden gereconstrueerd dat deze boven de bestaande kabelverbinding komt te liggen. Vooruitlopend op de werkzaamheden t.a.v. de reconstructie zal de kabelverbinding daarom verlegd moeten worden.

De verlegging zal grotendeels plaatsvinden door het aanbrengen van horizontaal gestuurde boringen. Nadat de nieuwe hoogspanningskabels zijn aangebracht zullen aan weerszijden van de het tracé moffen worden aangebracht om aan te sluiten op de bestaande kabelverbinding.

Dit rapport behandelt de aanleg van de horizontaal gestuurde boring (HDD 1) langs de Verlengde Polderweg.

2. Uitgangspunten

2.1 Informatie

Voor dit schrijven hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
 - o RTO-621-BO-01B.dwg
 - o bestaand en nieuw trace.dwg
 - o Tekening-stuw-benningh-pdf-132.pdf
- Document(en):
 - o KLIC 16O077492 en gerelateerde detailtekeningen
 - o Legger waterschap Amstel, Gooi en Vecht
- Grondonderzoek
 - o Wiertsema & Partners 67132

2.2 Voorschriften en literatuur

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boringen en de berekeningen zijn gebaseerd op de volgende normen en voorschriften:

- NEN3650-1:2012 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen
- NEN3650-3:2012 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Kunststoffen
- NEN3651:2012 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
- Richtlijn boortechneiken Rijkswaterstaat januari 2004
- DCA (Drilling Contractors Association) Technical Guidelines 2nd Edition february 2001

2.3 Ontwerp

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is weergegeven op de ontwerptekening welke is opgenomen in Bijlage 1. In onderstaande tabel zijn de eigenschappen van de horizontaal gestuurde boring gespecificeerd:

Omschrijving	Waarde	Eenheid
Lengte	420.7	m
Intredehoek	16	°
Uittredehoek	16	°
Neergaande bochtstraal	200	m
Opgaande bochtstraal	200	m
Horizontale bochtstraal	250	m

Tabel 2 Specificaties boring

Omschrijving	
Materiaal	HPE SDR11
Uitwendige diameter	200mm
Wanddikte	18.2mm
Aantal	4

Tabel 3 Specificaties mantelbuizen

3. Werkomschrijving

3.1 Algemeen

Bij het aanleggen van ondergrondse netwerken, die bestaan uit kabels en leidingen, kunnen horizontaal gestuurde boringen worden toegepast om o.a. wegen, watergangen en andere bovengrondse- en ondergrondse infrastructurele constructies te kruisen. Door het toepassen van deze sleufloze techniek wordt de overlast voor de omgeving tot een minimum beperkt.

Een gestuurde boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

- Fase 1, pilotboring;
- Fase 2, ruimen;
- Fase 3, intrekken mantelbuizen.

Tijdens alle fasen wordt er gebruik gemaakt van boorspoeling. De boorspoeling is een water bentonietmengsel waar eventueel additieven aan toegevoegd kunnen worden om gewenste eigenschappen te verkrijgen. De samenstelling van de boorspoeling is met name afhankelijk van het in te zetten materieel, de grondsoort en de kwaliteit van het grondwater.

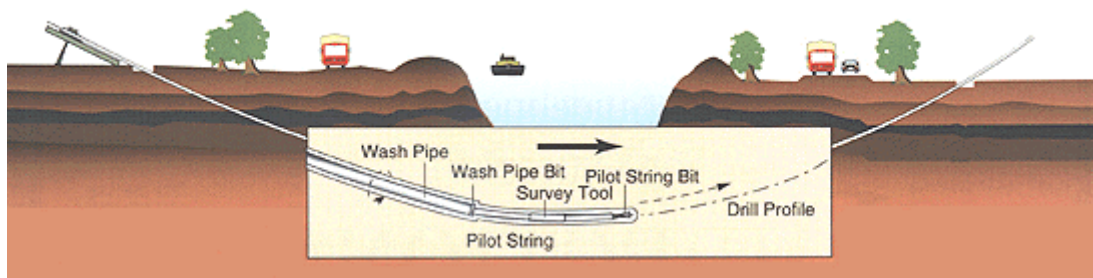
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- Medium voor lossputten van grond via nozzles in de boorkop of ruimer;
- Afvoeren / transporteren losgespoten grond;
- In stand houden boorgat;
- Afpleisteren van de tunnelwand (filtercake);
- Smering van de boorstreng en de in te trekken mantelbuizen;
- Koeling van de boorkop / boorbit en aandrijven mudmotor.

De boorspoeling wordt door middel van een hogedrukpomp door de boorstangen naar de boorkop of ruimer gepompt. Vervolgens zal de boorspoeling onder hoge druk via diverse nozzles in de boorkop of ruimer de grond of tunnel in worden gepompt.

Bij een gestuurde boring worden de werkzaamheden vanaf het maaiveld uitgevoerd. Een gestuurde boring bestaat doorgaans uit twee werkterreinen. Een rig-site, (intredepunt) waar onder andere de boor-rig opgesteld is, en een pipe-site (uittredepunt) waar de in te trekken mantelbuizen samengesteld en klaargelegd worden.

Fase 1: De pilotboring



Figuur 2 pilotboring

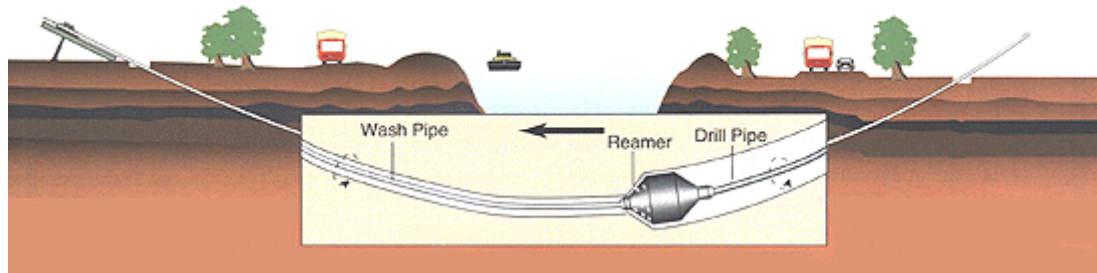
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing / beschermbuis worden aangebracht in de volgende gevallen:

- indien de boorgatstabiliteit in gevaar komt;
- indien gevaar bestaat voor een blow-out op een kwetsbare plek;
- indien gevaar bestaat voor knikken van de boorstang.

Het eerste deel van een gestuurde boring bestaat uit een rechtstand onder een vooraf bepaalde intredehoek. Deze rechtstand gaat over in een neergaande verticale of gecombineerde bocht. Gevolgd door een horizontale rechtstand (eventueel met een horizontale bocht) hierna volgt er een opgaande verticale of gecombineerde bocht met aan het einde een rechtstand tot het uittredepunt, eveneens onder een vooraf bepaalde uittredehoek.

De driedimensionale plaatsbepaling van de boring wordt tijdens deze eerste fase verkregen door de geregistreerde coördinaten tijdens de pilotboring. De locatie van de boring, de eisen van de opdrachtgever, de eisen en wensen van de vergunningverlener, het te kruisen obstakel, storende externe invloeden en de diepte zijn bepalend voor het toe te passen meetsysteem.

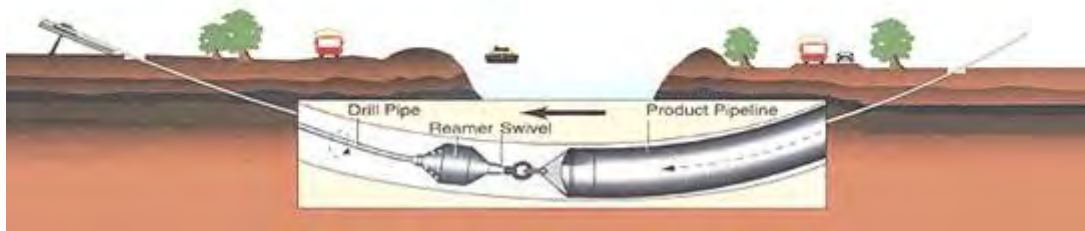
Fase 2: Ruimen van het boorgat



Figuur 3 ruimfase

Nadat de boorstreng bij het uittredepunt boven de grond is gekomen, wordt de boorkop verwijderd en wordt op het uiteinde van de boorstreng een ruimer gemonteerd. Vervolgens wordt de boorstreng met ruimer teruggetrokken richting intredepunt. De ruimer wordt met een draaiende beweging door het voorgeboorde pilotboorgat teruggetrokken. Op de ruimer zijn behalve nozzles, waardoor de boorspoeling naar buiten gespoten wordt, soms ook messen, kammen of tanden aangebracht (afhankelijk van de grondslag waarin geboord wordt). De losgewoelde grond wordt langs de buitenzijde van de boorstreng door het geruimde boorgat in de retourstroom van de boorspoeling afgevoerd naar het maaiveld. Achter de ruimer worden opnieuw boorstangen gekoppeld, zodat de verbinding tussen in- en uittredepunt behouden blijft. Afhankelijk van de grondslag, het pompvermogen en de vereiste boorgatdiameter kunnen meerdere ruimeroperaties achter elkaar worden uitgevoerd.

Fase 3: Intrekken productleiding of mantelbuis:



Figuur 4 intrekfase

Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de productleiding of mantelbuis (eventueel meerdere productleidingen of mantelbuizen in een bundel) samen met een trekkop achter een ruimer gekoppeld en in het geruimde boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de intrekoperatie geheel gevuld met de boorspoeling. De boorgatdiameter dient tussen de 30% en 50% groter te zijn dan de diameter van de productleiding of mantelbuis (eventueel gebundeld).

Ten behoeve van het inbrengen van de productleiding of mantelbuis wordt tussen de ruimer en de productleiding een swivel (wartellager) gemonteerd zodat geen rotatie van de productleiding of mantelbuis kan optreden. Nadat de productleiding of mantelbuis in zijn geheel door de boortunnel is getrokken en, indien nodig succesvol is beproefd / getest, is de boring voltooid.

Tijdens de verschillende fasen worden de boorspoeldrukken gecontroleerd en geregistreerd. Bij alle fasen dient de gehele boortunnel gevuld te blijven met boorspoeling zodat er continu druk in de boortunnel blijft staan, dit is belangrijk om achterblijvende holle ruimten in de grond en instorten van de boortunnel te voorkomen.

4. Materieel

4.1 Voorstel in te zetten boormaterieel

Onderstaand treft u een voorstel voor het in te zetten boormaterieel en de daarbij behorende technische specificaties. De berekeningen en het boorontwerp dienen door de aannemer gecontroleerd en indien nodig aangepast te worden in overeenstemming met het in te zetten materieel.



Figuur 5 boor-rig

Merk/type:	PD 30/18 RP-C
Trekkracht:	300Kn
Torque:	18Knm
Drive:	43rpm
Motor:	140 kW
Gewicht:	17.000kg
Lengte:	8,5m
Breedte:	2,5m
Hoogte:	2,7m
In-uittredehoek:	8 - 22

4.2 In te zetten meetsysteem

Momenteel worden er doorgaans de volgende drie typen meetsystemen toegepast:

Walk-over meetsysteem

Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik van sondes die vanuit de boorkop een signaal uitzenden. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. Om het signaal van de boorkop te kunnen ontvangen moet de ontvanger loodrecht boven de boorkop geplaatst zijn. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is tevens slechts toepasbaar bij geringe boordieptes.

Steeringtool

De Steeringtool is een zeer nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool

De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en zéér nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. De gyroscoop is een zéér accuraat optisch meetsysteem dat volledig storingsvrij werkt en volgt perfect een vooropgesteld traject (AutoCAD).

Voor de uitvoering van deze gestuurde boring zal een Gyro steeringtool meetsysteem toegepast dienen te worden volgens de specificaties in Bijlage 5.

4.3 Afwijkingen

Het is mogelijk dat een pilotboring onder bepaalde omstandigheden afwijkt van het vooraf geplande boortracé. De boormeester en assistent-boormeester dienen continu en nauwlettend het boorproces in de gaten te houden en eventuele afwijkingen te registreren.

Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door de aannemer contact moeten worden opgenomen met de opdrachtgever en vergunningverlener(s).

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

Richting	Maximale afwijking
verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt)	+5m / -5m

Tabel 4 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)

4.4 Boortechnische wijze van uitvoeren

Gedurende de boorwerkzaamheden worden onderstaande handelingen voortdurend verricht, te weten:

- Aflezing van de boorparameters zoals, trekkracht en torque door de analoge meters op de rig;
- Registratie van de meetgegevens op een drillsheet (of vergelijkbaar document);
- Mixen van de boorspoeling met water van voldoende kwaliteit;
- Opvang uitkomende boorspoeling bij intrede- en uittredepunt in de in- en uittrede-gaten, eventueel kunnen vloeistofdichte bakken geplaatst worden voor opvang en / of buffering van de boorspoeling;
- Eventueel kan door de aannemer gekozen worden voor hergebruik van boorspoeling. In dit geval zal een recyclinginstallatie geplaatst worden;
- Leegzuigen van de boorgaten en / of vloeistofdichte bakken met vloeistofdichte zuigwagens;
- Afvoeren overgebleven / overtollige boorspoeling naar een erkend verwerker.

4.5 Kwaliteitsregistratie van de boring

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de mantelbuis zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

- Begintijd, stoptijd, koppel en de pomp tijd (uur:min);
- debiet boorvloeistof (ltr/min);
- druk boorvloeistof aan de pomp (bar);
- duwkracht aan de boorinstallatie (ton);
- trekkracht aan de boorinstallatie (ton);
- tevens vindt registratie van de locatie en de hoogteligging (RD coördinaten t.o.v NAP) plaats.
- Azimuth (graden), Pitch (graden), Diepte (meter);

Deze meetgegevens dienen te worden opgenomen in een "drill-sheet" (of vergelijkbaar document) en door het boorbedrijf te worden gearchiveerd. Deze meetgegevens worden samen met de veldmetingen verwerkt tot de vereiste revisie gegevens voor de opdrachtgever.

4.6 Registratie bentoniet

Van de bentoniet welke tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de mantelbuis wordt toegepast zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

- Meettijdstop (uur : min);
- Viscositeit (sec);
- Soortelijk gewicht (kg/M3);
- Cuttings in/ Cuttings uit (-);
- Soort grond (visueel) (-);
- Eventuele toevoegingen (soort – kg/M3);

4.7 Registratie aanmaakwater

Van het water wat tijdens het aanmaken van bentoniet of andere toevoegstoffen wordt gebruikt tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de mantelbuis, zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

- Datum (dd-mm-jj);
- meettijdstop (uur : min);
- PH waarde (-);
- chloride gehalte (μ S/cm);
- hardheid (-);
- Eventuele toevoegingen (soort – kg/M3);

4.8 Bouwmaterialen

Buizen

De buizen zullen in lengtes geleverd worden en door middel van spiegellassen aan elkaar worden verbonden. Dit dient te gebeuren met gekwalificeerd personeel en gecertificeerd materiaal. Tevens dienen de inwendige rillen verwijderd te worden.

Boorvloeistof

Voorafgaand aan de uitvoering zal er door de aannemer in het werkplan aangegeven dienen te worden welke boorvloeistof hij toe zal passen en wat de samenstelling hiervan is.

Boorvloeistof bestaat uit een mengsel van schoon water en bentoniet. De mix hoeveelheid kan van variëren omdat de mengverhouding wordt aangepast aan de lokaal geconstateerde grondslag. In Bijlage 6 is een voorbeeld toegevoegd voor de toepassing en eigenschappen van boorpoeling.

5. Beoordeling gestuurde boring

5.1 Tijdschema

De bepaling van de tijdsduur voor het realiseren van de gestuurde boring is mede afhankelijk van het in te zetten materieel, locatie, in te trekken leiding(en) en de grondslag. Voor de uitvoering van deze gestuurde boring zal onderstaand gemiddelde tijdsschema van toepassing zijn:

- Inrichten werkterrein in- en uittredepunt	: 1	dag(en)
- Opstellen boorequipement	: 1	dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring	: 1 ½	dag(en)
- Uitvoeren eerste ruimgang	: 1 ½	dag(en)
- Intrekken van de mantelbuizen	: 1	dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein	: 2	dag(en)

De startdatum wordt bepaald in overleg met de opdrachtgever. Hierbij dient rekening gehouden te worden met eventuele vergunningen en toestemmingen. De boorwerkzaamheden mogen pas aanvangen na het verkrijgen van alle goedkeuringen / toestemmingen.

5.2 Locatie in- en uittredepunt

De locatie van het intredepunt is toegankelijk voor het betreffende materieel via de Rondhoep West of de Verlengde Polderweg. Het intredepunt bevond zich ten tijde van de locatieopname in bestaande bosschages. Vooruitlopend op de uitvoering zullen deze bosschages verwijderd dienen te worden voor het opstellen van het benodigde materieel.

De uittredelocatie bevindt zich ter hoogte van de Polderweg nr. 23. Vanaf de Polderweg zal een inrit moeten worden gemaakt voor het bereiken van de uittredelocatie. Voor het uitleggen en samenstellen van de mantelbuizen kan gekozen worden om dit te doen achter het uittredepunt in de aanwezige watergangen of middels een lus terug langs de Verlengde Polderweg.

In Bijlage 4 is een fotorapportage toegevoegd van de boorlocaties.

5.3 Geotechnisch onderzoek

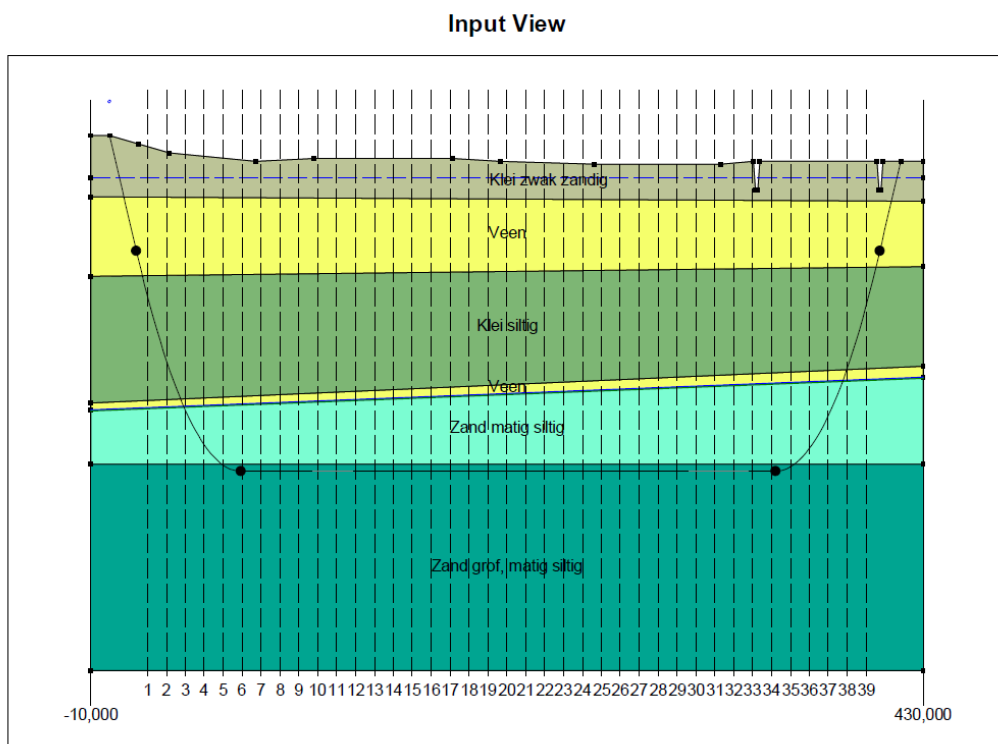
Voorafgaand aan de uitvoering van de gestuurde boring dient de lokale geotechnische informatie te worden verzameld. Indien er geen geotechnische informatie beschikbaar is kan een geotechnisch onderzoek worden uitgevoerd.

Voor deze gestuurde boring zijn gegevens gebruikt vanuit het uitgevoerde grondonderzoek door Wiertsema & Partners. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in Bijlage 2.

Deze geotechnische informatie is als input gebruikt voor de sterkte- en mud-druk berekeningen welke middels het programma D-Geo pipeline zijn vervaardigd.

5.4 Beschrijving grondgesteldheid

Onderstaande figuur is afkomstig uit de D-Geo pipeline berekening en geeft een indicatie van de aanwezige bodemopbouw.



Figuur 6 schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)

Op basis van de beschikbare grondonderzoeken kan worden aangenomen dat de boring zich in de bovengrond voornamelijk bevindt in een pakket van zand (zwak kleiig). Vervolgens wordt een veen/kleilaag gepasseerd waarna de vloerbuis zich geheel in matig vast zand bevindt.

5.5 Grondwaterstanden

Ter plaatse van het in en uittredepunt zijn de grondwaterstanden gemeten. Deze waarden worden gebruikt voor de berekeningen zoals beschreven in hoofdstuk 6. In onderstaande tabel zijn de gemeten waarden weergegeven.

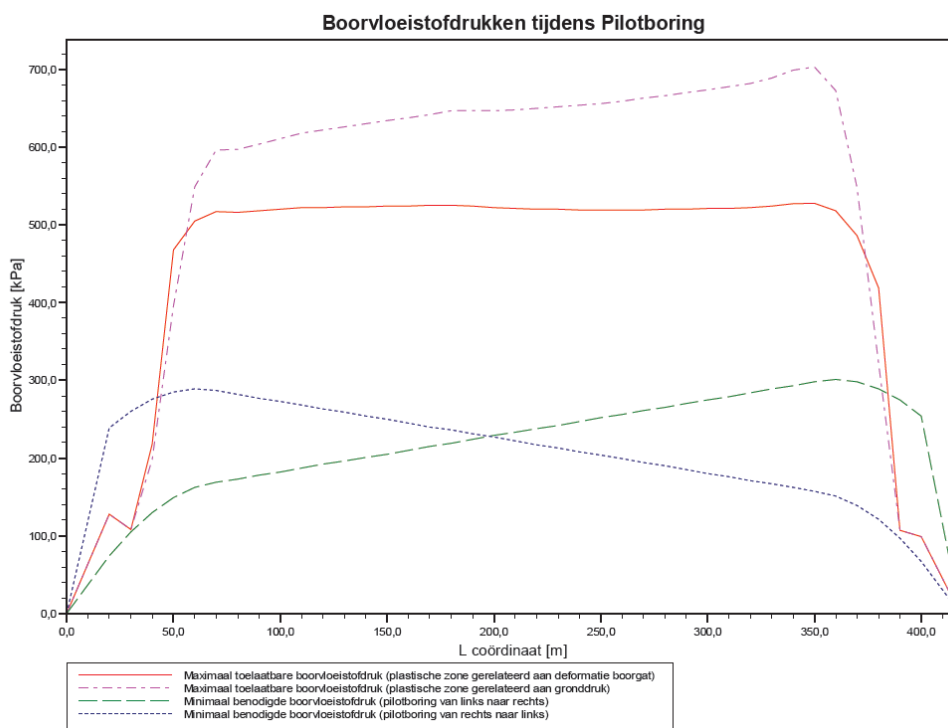
Omschrijving	+/- N.A.P.	Waarde
GWS intredepunt (watergang)	-	2,7m

6. Berekeningsresultaten

In onderstaande hoofdstukken zijn de resultaten weergegevens uit de sterkte en mud-druk berekeningen vervaardig in het programma D-Geo Pipeline van Deltares conform de NEN 3650. Deze berekeningen zijn toegevoegd als Bijlage 3.

6.1 Boorspoeldrukken

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is getoetst door middel van de uitvoering van een mud-druk berekening. Onderstaande figuur geeft de verwachtingswaarde weer voor de boorspoeldrukken gedurende de realisatie van de pilotboring:



Figuur 7 boorspoeldrukken tijdens pilotboring

De benodigde boorspoeldrukken zijn indicatief en onder andere afhankelijk van de boorapparatuur die de aannemer zal inzetten. Uit de grafieken blijkt dat de pilotboring de meest kritische fase is, in bovenstaande figuur is deze fase weergegeven.

6.2 Sterkteberekening

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is getoetst door middel van de uitvoering van een sterkte berekening. In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden weergegeven van de materiaalspanningen. De toetsing van de spanningen heeft betrekking op de volgende boorfases:

- 1A: Begin trekoperatie
- 1B: Einde trekoperatie
- 2: Intern op druk brengen
- 3: Bedrijfsfase, drukloos
- 4: Bedrijfsfase, onder druk

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,6	6,5	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,6	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,6	1,6

Tabel 6 Toetsing materiaalspanningen (HDPE 200mm)

De maximale deflectie op de 200mm mantelbuis bedraagt 2,1mm (1.04% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 16.0mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar. De uitwendige druk blijft tijdens de uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk.

Het toegepaste materiaal PE100 SDR11 is hiermee voldoende sterk voor toepassing in deze boring. Dit geldt zowel tijdens het intrekken van de mantelbuis als in de bedrijfsfase.

6.3 Trekkraft berekening

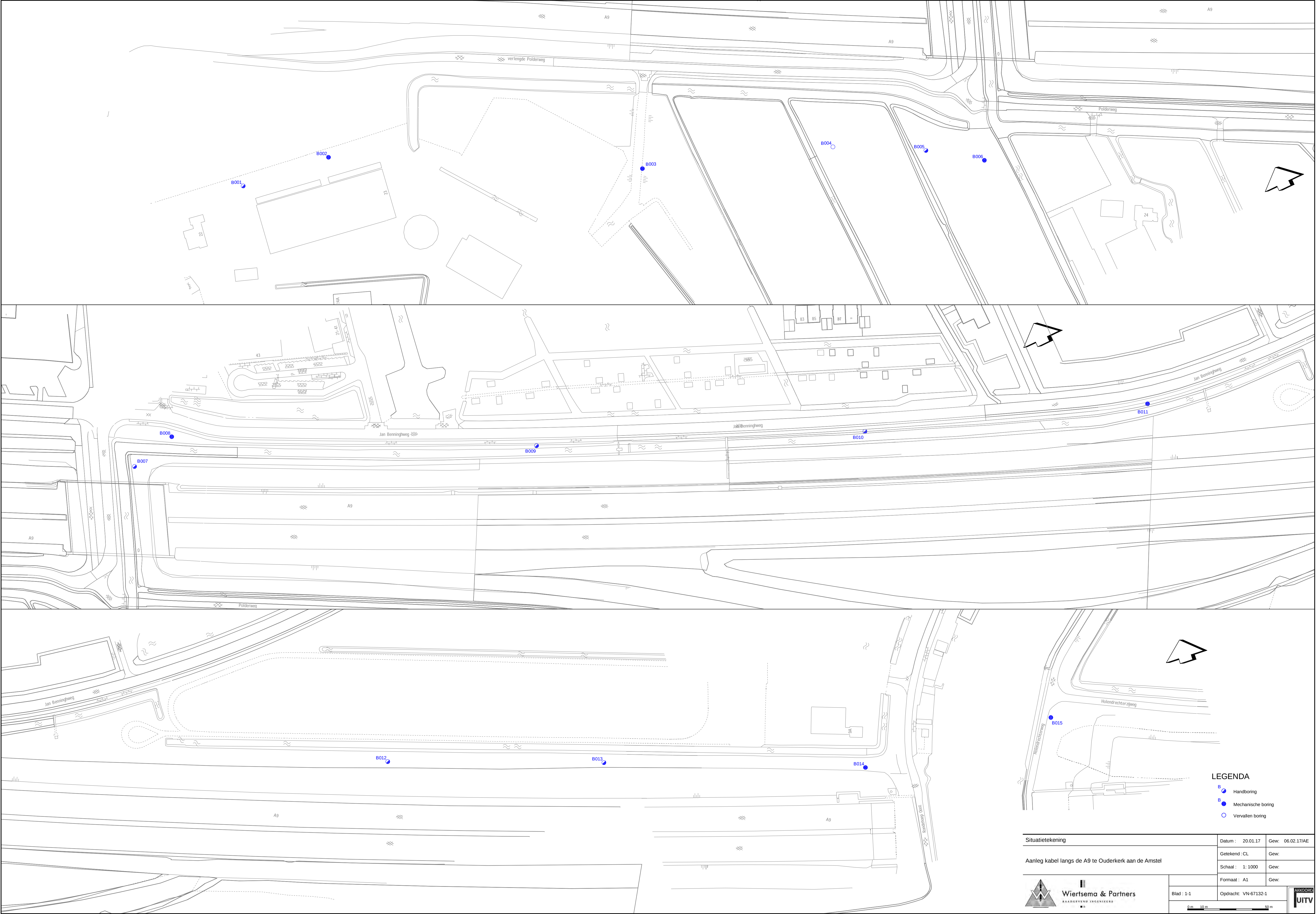
In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden t.a.v. de trekkraft weergegeven. In de berekening wordt ervan uit gegaan dat de mantelbuizen tijdens de intrekfase niet worden afgevuld met water. De benodigde trekkraft voor het intrekken van de boorstreng bedraagt voor de gestuurde boring circa 14 ton.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Verwachtingswaarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	17
T2	11	20
T3	67	37
T4	350	114
T5	406	136
T6	421	140

Tabel 7 Voorspelling trekkraft

Bijlage 1 Boortekening

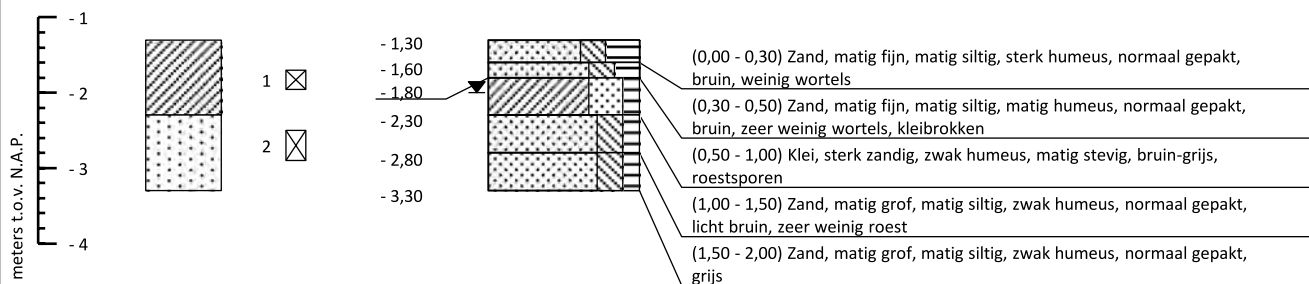
Bijlage 2 Grondonderzoek



Situatietekening			Datum : 20.01.17		Gew: 06.02.17/AE	
Aanleg kabel langs de A9 te Ouderkerk aan de Amstel			Getekend : CL		Gew:	
			Schaal : 1: 1000		Gew:	
			Formaat : A1		Gew:	
			Blad : 1-1		Opdracht: VN-67132-1	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS			0 m10 m50 m		AKKOORD UITV	

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (30-1-2017): N.A.P. - 2,00 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

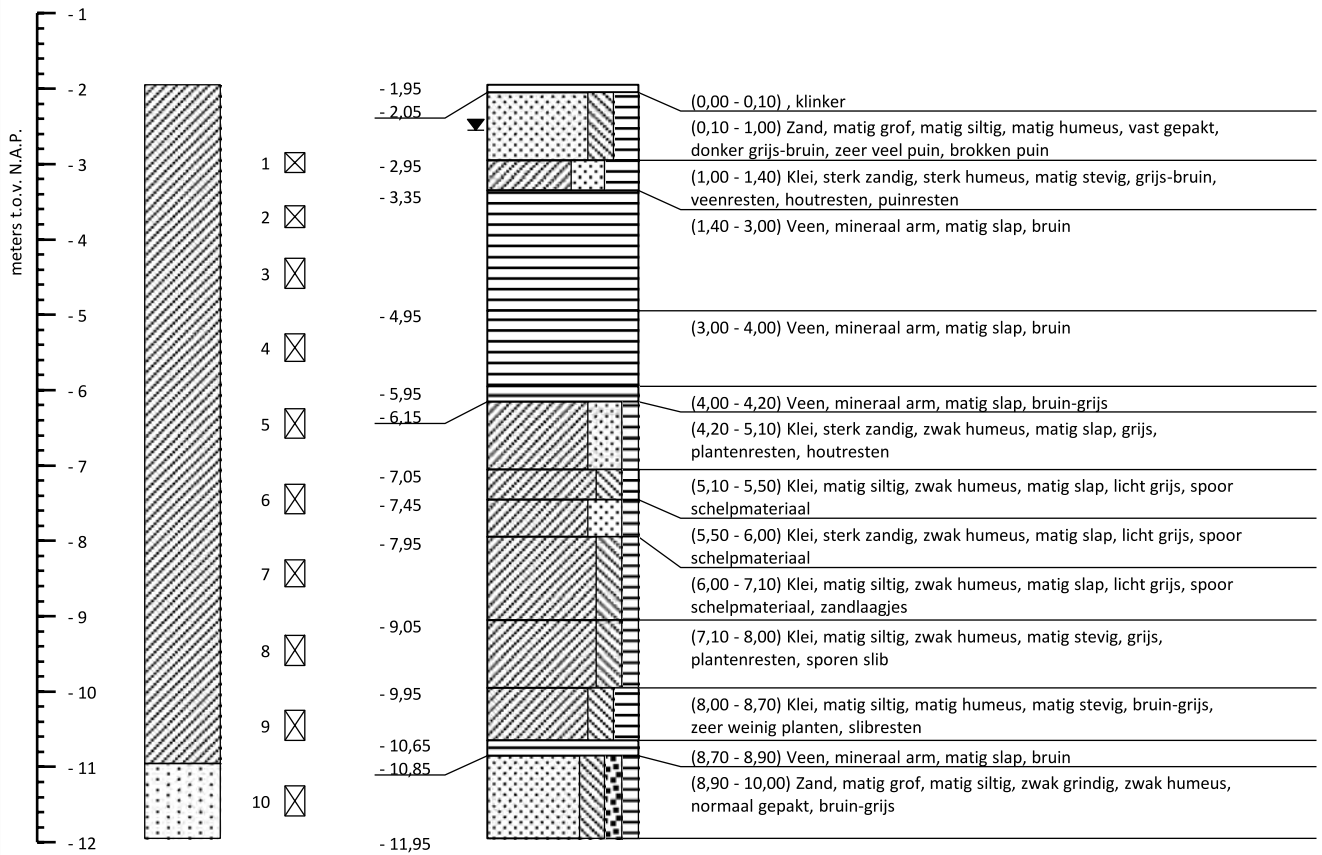
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Aanleg kabel langs de A9	RD coördinatensysteem	Ouderkerk aan de Amstel
Liandon B.V.	X = 121 240	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 478 467	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 30-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B001



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (24-1-2017): N.A.P. - 2,55 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

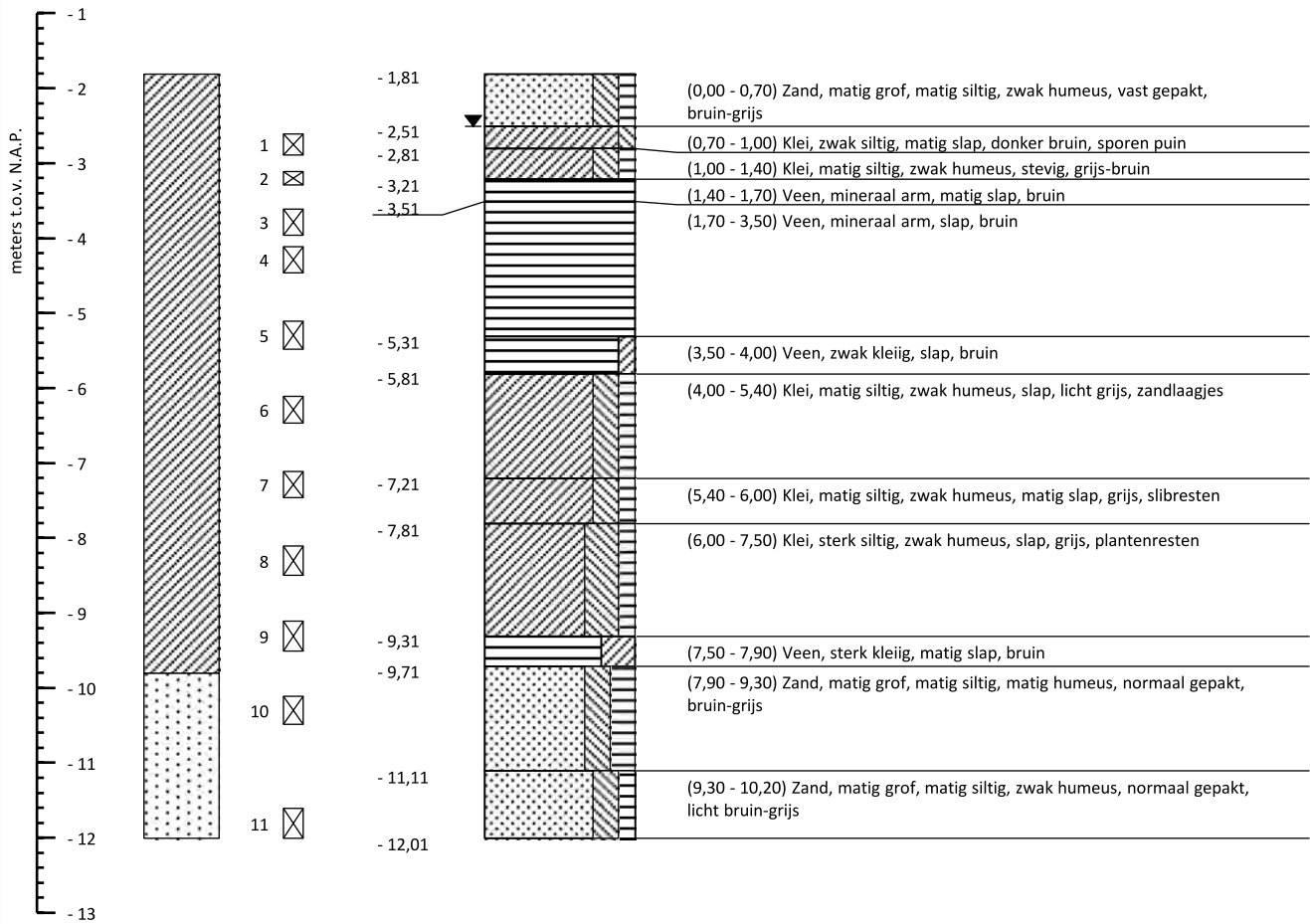
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Aanleg kabel langs de A9	RD coördinatensysteem	Ouderkerk aan de Amstel
Liandon B.V.	X = 121 296	Pulsboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 478 460	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 24-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B002



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (24-1-2017): N.A.P. - 2,51 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

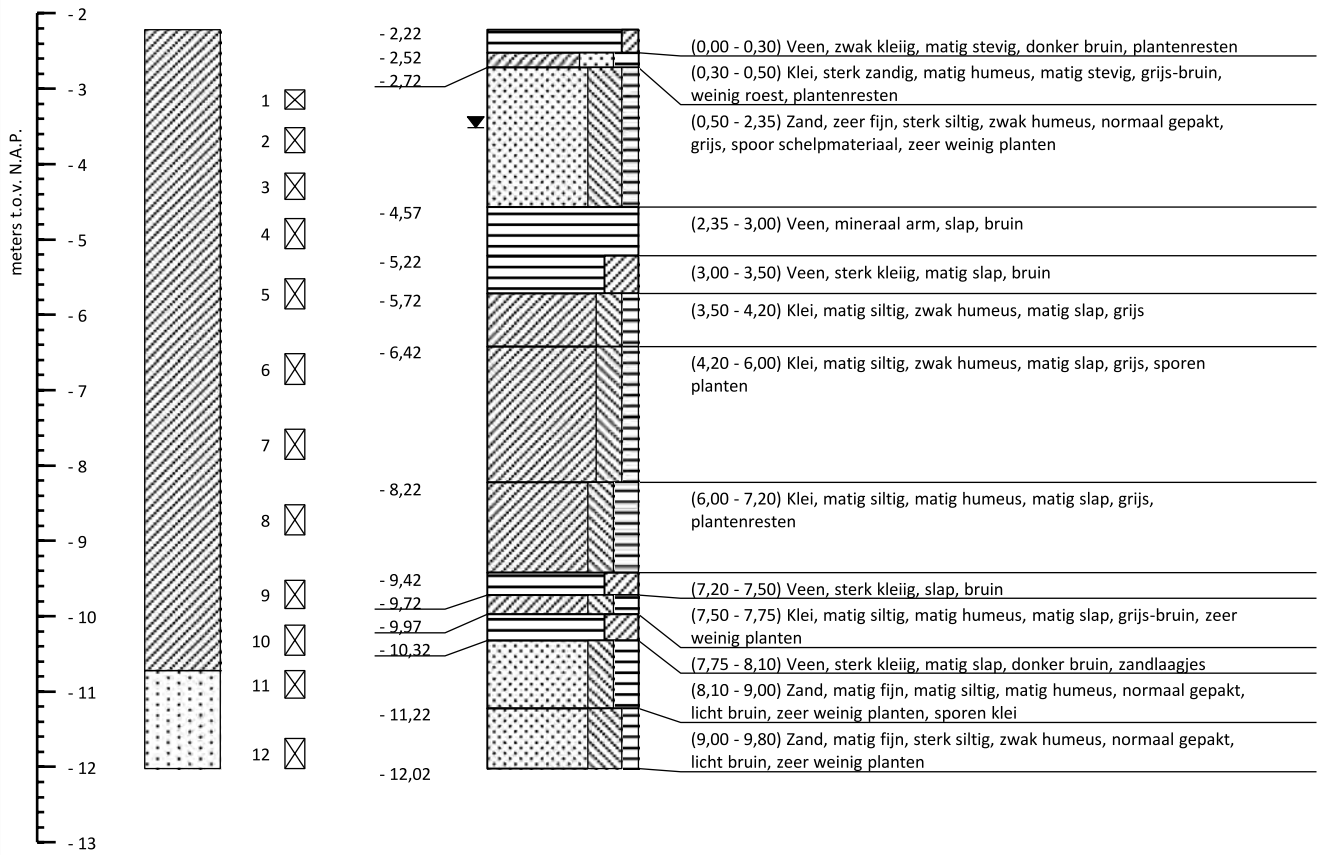
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Aanleg kabel langs de A9	RD coördinatensysteem	Ouderkerk aan de Amstel
Liandon B.V.	X = 121 468	Pulsboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 478 370	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 24-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B003



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (25-1-2017): N.A.P. - 3,52 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

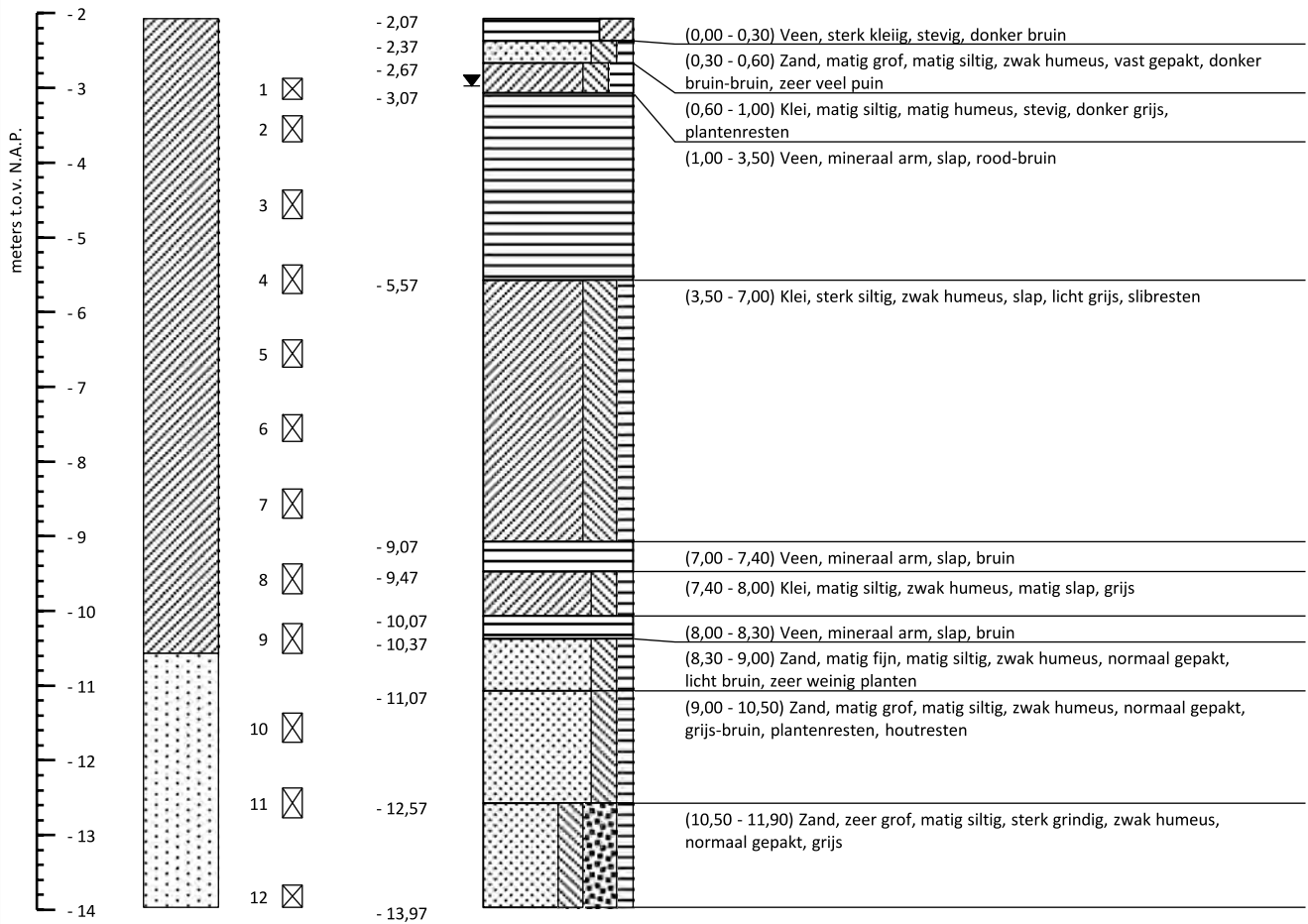
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Aanleg kabel langs de A9	RD coördinatensysteem	Ouderkerk aan de Amstel
Liandon B.V.	X = 121 630	Pulsboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 478 305	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 25-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B005



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (24-1-2017): N.A.P. - 2,97 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Aanleg kabel langs de A9	RD coördinatensysteem	Ouderkerk aan de Amstel
Liandon B.V.	X = 121 660	Pulsboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 478 284	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 24-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B006



NEN 5104 Grondsoorten Hoofdgrondsoort / bijmenging

	Grind / grindig
	Zand / zandig
	Leem / siltig
	Klei / kleiig
	Veen / humeus

Geohydrologische gegevens

	Actuele grondwaterstand direct na boren bepaald
	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)
	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)

Monsternamen

	Geroerd monster
	Ongeroid monster

Peilbuizen

	Blinde buis / stijgbuis
	Filter
	Zandvang

Hellingmeetbuizen

	Hellingmeetbuis
--	-----------------

Niet NEN 5104 hoofdbestanddelen

	Gesloten verharding
	Puin
	Schelpen
	Hout
	Water
	Overige niet binnen NEN 5104 gedefinieerde hoofdbestanddelen

Aanvullingen

	Filterzand
	Filtergrind / Aanvulgrind
	Zwelkleikorrels
	Mikolit / Mikolit 00 / Mikolit 300
	Mikolit B / Bentoniet
	QSE
	Grond (vrijgekomen / opgeboord)
	Aanvulzand
	Klei
	Grout

Legenda boorprofiel met aanvullende gegevens



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

AKKOORD
UITV

Bijlage 3 Resultaten D-Geo Pipeline berekening

Rapport voor D-Geo Pipeline 16.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: ATRON-Engineering

Datum van rapport: 8-2-2017
Tijd van rapport: 16:29:05

Bestandsnaam: \\Client\D\$\D-Geo\D-Geo HDD 1 Amstelveen

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring
4xØ200mm PE100 SDR11
HDD 1 Verlengde Polderweg Ouderkerk aan den Amstel

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 Configuratie van de Pijpleiding	5
2.8 Berekenings Verticalen	5
2.9 Materiaaltypen	6
2.10 Materiaalgegevens van de Leiding	6
2.11 Gegevens voor Leidingberekening	7
2.12 Geometrie	8
2.12.1 Geometrie Sectie, Detail	8
2.12.2 Geometrie Boven aanzicht	9
2.13 Boorvloeistof Gegevens	9
2.14 Factoren	9
3 Boorvloeistofdrukken	11
3.1 Boorvloeistof Gegevens	11
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	13
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	14
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	14
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	15
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	16
4 Grondmechanische Parameters	17
4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	17
4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	18
4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	20
4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	22
5 Gegevens voor Spanningsanalyse	25
5.1 Algemene gegevens	25
5.2 Ballasten Leiding	25
5.3 Trekkraftberekening	25
6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	28
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	28
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	28
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29
6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	29
6.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	30
7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	32
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	32
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	32
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	33
7.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	34
8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	36
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	36
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	36
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	37
8.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	38
9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	40
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	40
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	40
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	40
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	41
9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	41
9.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	42

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
6 - X -	-10,000	0,000	15,400	31,500	77,200
6 - Y -	-1,200	-1,200	-1,500	-1,800	-2,100
6 - X -	107,900	181,500	206,500	256,500	323,300
6 - Y -	-2,000	-2,000	-2,100	-2,200	-2,200
6 - X -	340,500	341,500	342,700	343,900	405,700
6 - Y -	-2,100	-3,100	-3,100	-2,100	-2,100
6 - X -	406,800	407,900	409,000	418,300	430,000
6 - Y -	-3,100	-3,100	-2,100	-2,100	-2,100
5 - X -	-10,000	430,000			
5 - Y -	-3,350	-3,510			
4 - X -	-10,000	430,000			
4 - Y -	-6,150	-5,810			
3 - X -	-10,000	430,000			
3 - Y -	-10,600	-9,310			
2 - X -	-10,000	430,000			
2 - Y -	-10,850	-9,710			
1 - X -	-10,000	430,000			
1 - Y -	-12,750	-12,750			
0 - X -	-10,000	430,000			
0 - Y -	-20,000	-20,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-10,000	430,000			
1 - Y -	-2,700	-2,700			

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
6	Klei zwak zandig	1	1
5	Veen	1	1
4	Klei siltig	1	1
3	Veen	1	1
2	Zand matig siltig	1	1
1	Zand grof, matig siltig	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen cohesieve toplagen en onderliggende niet-cohesieve gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand matig siltig

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand matig siltig

2.7 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,00	[m]
Y coördinaat linker punt	-1,20	[m]
Z coördinaat linker punt	0,00	[m]
X coördinaat rechter punt	415,48	[m]
Y coördinaat rechter punt	-2,10	[m]
Z coördinaat rechter punt	37,21	[m]
Hoek links	16,00	[graden]
Hoek rechts	16,00	[graden]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-13,00	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,00	[graden]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100,00	[m]
Kromtestraal links, vertikaal in/uit	200,00	[m]
Kromtestraal rechts, vertikaal in/uit	200,00	[m]
Aantal horizontale bochten:	2	[-]

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken

Bocht nr.	X1-coord [m]	Z1-coord [m]	X2-coord [m]	Z2-coord [m]	Kromtestraal [m]	Richting [-]
1	107,94	0,00	129,04	0,89	250,00	rechts
2	306,36	15,91	337,53	20,54	250,00	rechts

2.8 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
1	20,00	-6,84	0,00
2	30,00	-9,11	0,00
3	40,00	-10,85	0,00
4	50,00	-12,07	0,00
5	60,00	-12,79	0,00
6	70,00	-13,00	0,00
7	80,00	-13,00	0,00
8	90,00	-13,00	0,00
9	100,00	-13,00	0,00
10	110,00	-13,00	0,00
11	120,00	-13,00	0,00
12	130,00	-13,00	0,00
13	140,00	-13,00	0,00
14	150,00	-13,00	0,00
15	160,00	-13,00	0,00
16	170,00	-13,00	0,00
17	180,00	-13,00	0,00
18	190,00	-13,00	0,00
19	200,00	-13,00	0,00
20	210,00	-13,00	0,00
21	220,00	-13,00	0,00
22	230,00	-13,00	0,00
23	240,00	-13,00	0,00
24	250,00	-13,00	0,00
25	260,00	-13,00	0,00
26	270,00	-13,00	0,00
27	280,00	-13,00	0,00
28	290,00	-13,00	0,00
29	300,00	-13,00	0,00
30	310,00	-13,00	0,00
31	320,00	-13,00	0,00
32	330,00	-13,00	0,00

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
33	340,00	-13,00	0,00
34	350,00	-13,00	0,00
35	360,00	-12,85	0,00
36	370,00	-12,20	0,00
37	380,00	-11,05	0,00
38	390,00	-9,38	0,00
39	400,00	-7,19	0,00

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

2.9 Materiaaltypen

Naam	Gamma onverz [kN/m ³]	Gamma verz [kN/m ³]	Cohesie [kN/m ²]	Phi [graden]	Cu top [kN/m ²]	Cu onder [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod onder [kN/m ²]
Klei (slap)	14,00	14,00	0,00	17,50	25,00	25,00	1000	1000
Klei	13,40	17,90	10,00	17,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei (vast)	19,00	19,00	25,00	17,50	100,00	100,00	4000	4000
Veen	2,30	10,30	1,00	15,00	100,00	100,00	200	200
Zand (fijn)	15,20	19,10	0,00	30,00	0,00	0,00	25000	25000
Zand siltig	17,20	19,20	0,00	32,50	0,00	0,00	50000	50000
Zand (vast)	18,50	20,50	0,00	35,00	0,00	0,00	50000	50000
Zand zwak siltig	15,60	19,30	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	35000
Klei zwak zandig	15,00	18,80	10,00	22,50	80,00	80,00	3000	3000
Zand matig	17,00	19,40	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Klei siltig	17,10	18,10	0,00	27,50	0,00	0,00	2000	2000
Leem	20,30	21,30	2,50	27,50	44,00	44,00	5000	5000
Zand matig siltig	19,00	21,00	0,00	37,50	0,00	0,00	90000	90000
Zand grof, mati...	19,00	21,00	0,00	37,50	0,00	0,00	90000	90000

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [graden]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0,45
Klei	-	-	0,45
Klei (vast)	-	-	0,45
Veen	-	-	0,40
Zand (fijn)	-	-	0,30
Zand siltig	-	-	0,30
Zand (vast)	-	-	0,30
Zand zwak siltig	-	-	0,30
Klei zwak zandig	-	-	0,45
Zand matig	-	-	0,30
Klei siltig	-	-	0,35
Leem	-	-	0,35
Zand matig siltig	-	-	0,30
Zand grof, mati...	-	-	0,30

2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal

Polyetheen

Kwaliteit

PE100

Elasticiteitsmodulus (kort)

975 [N/mm²]

Elasticiteitsmodulus (lang)

350 [N/mm²]

Toelaatbare spanning (kort)

10,0 [N/mm²]

Toelaatbare spanning (lang)

8,0 [N/mm²]

Tensile factor (alfa)

0,65 [-]

Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[deg C]

2.11 Gegevens voor Leidingberekening

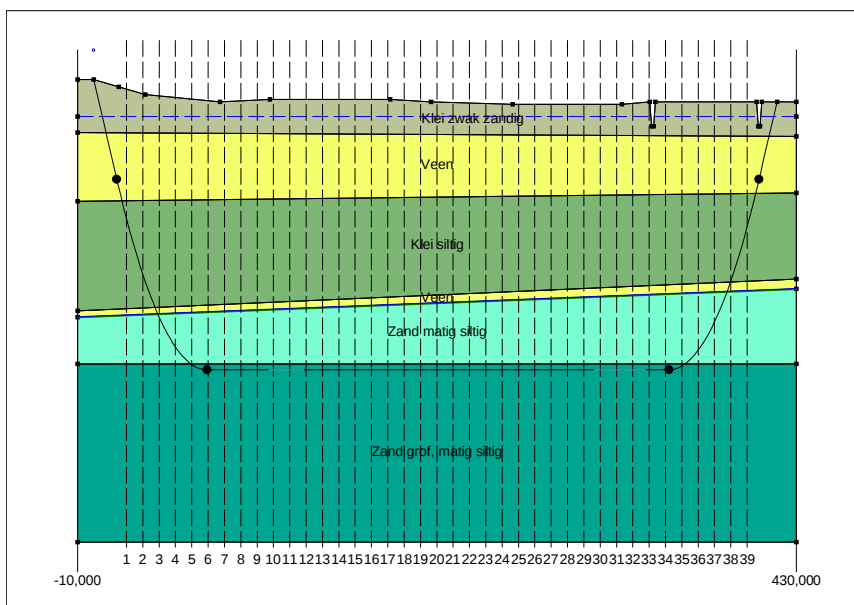
Leiding gevuld met water op rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld (alpha_g) voor stalen,	0,00	[mm/mmK]

Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld (alpha_g) voor PE,	0,00	[mm/mmK]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m ²]
Opleghoek	30	[graden]
Belastingshoek	30	[graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]
Speciale spannings analyse	niet gebruikt	

2.12 Geometrie

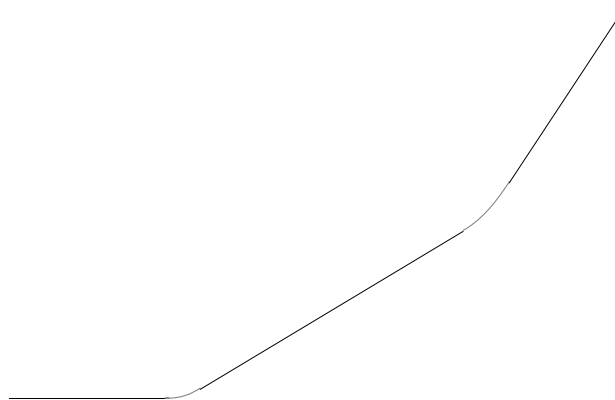
2.12.1 Geometrie Sectie, Detail

Input View



2.12.2 Geometrie Bovenaaanzicht

Top View



2.13 Boorvloeistof Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,251	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,090	[m]
Diameter boorgat voorruimen	0,640	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,090	[m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,640	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,400	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1249,8	[liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	1000,2	[liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	799,8	[liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegegewicht boorvloeistof	11,5	[kN/m ³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,015	[kN/m ²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m ²]

2.14 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]

Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60	[-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor druk boorgat	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor buigend moment (Staal)	1,27	[-]
Onzekerheidsfactor buigend moment (Polyetheen)	1,40	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	5,00	[%]
Toelaatbare 'piggability' stalen leiding	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaatbare piggability polyetheen leiding	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67	[-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	128	128	74	239
2	108	108	105	260
3	218	198	130	276
4	468	396	149	285
5	505	549	162	289
6	517	596	169	287
7	516	597	173	282
8	518	604	178	277
9	520	611	182	273
10	522	618	187	268
11	522	622	192	263
12	523	626	196	259
13	523	630	201	254
14	524	634	205	250
15	524	638	210	245
16	525	642	215	240
17	525	647	219	236
18	524	647	224	231
19	522	647	229	227
20	521	648	233	222
21	520	650	238	217
22	520	652	242	213
23	519	654	247	208
24	519	656	252	204
25	519	659	256	199
26	519	663	261	194
27	520	666	265	190
28	520	670	270	185
29	521	674	275	180
30	521	678	279	176
31	522	682	284	171
32	524	689	289	167
33	527	699	293	162
34	528	703	298	157
35	518	673	301	151
36	486	548	298	139
37	419	321	289	121
38	107	107	275	97
39	99	99	254	67

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	128	128	67	74
2	108	108	94	105
3	218	198	116	130
4	468	250	131	149
5	505	337	140	162
6	517	365	144	165
7	516	365	145	164
8	518	370	146	163
9	520	374	147	162

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
10	522	378	148	160
11	522	380	149	159
12	523	383	151	158
13	523	385	152	157
14	524	388	153	156
15	524	390	154	155
16	525	393	155	154
17	525	395	156	152
18	524	396	157	151
19	522	396	158	150
20	521	397	160	149
21	520	398	161	148
22	520	400	162	147
23	519	401	163	146
24	519	402	164	145
25	519	404	165	143
26	519	406	166	142
27	520	409	168	141
28	520	411	169	140
29	521	414	170	139
30	521	416	171	138
31	522	419	171	137
32	524	424	167	135
33	527	429	162	134
34	528	432	157	133
35	518	413	151	130
36	486	336	139	122
37	419	206	121	107
38	107	107	97	87
39	99	99	67	61

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	128	128	70	67
2	108	108	99	94
3	218	198	122	116
4	468	250	139	131
5	505	337	150	140
6	517	365	155	144
7	516	365	157	145
8	518	370	160	146
9	520	374	162	147
10	522	378	160	148
11	522	380	159	149
12	523	383	158	151
13	523	385	157	152
14	524	388	156	153
15	524	390	155	154
16	525	393	154	155
17	525	395	152	156
18	524	396	151	157
19	522	396	150	158
20	521	397	149	160
21	520	398	148	161
22	520	400	147	162
23	519	401	146	163
24	519	402	145	164
25	519	404	143	165

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
26	519	406	142	165
27	520	409	141	163
28	520	411	140	160
29	521	414	139	157
30	521	416	138	155
31	522	419	137	152
32	524	424	135	149
33	527	429	134	147
34	528	432	133	144
35	518	413	130	140
36	486	336	122	129
37	419	206	107	113
38	107	107	87	92
39	99	99	61	64

De minimaal vereiste mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende maximaal toelaatbare mud drukken. De maximale druk gebaseerd op deformatie houdt rekening met de vorming van scheuren rond het boorgat, terwijl de maximale druk gebaseerd op gronddruk een frac-out aangeeft richting maaiveld.

3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

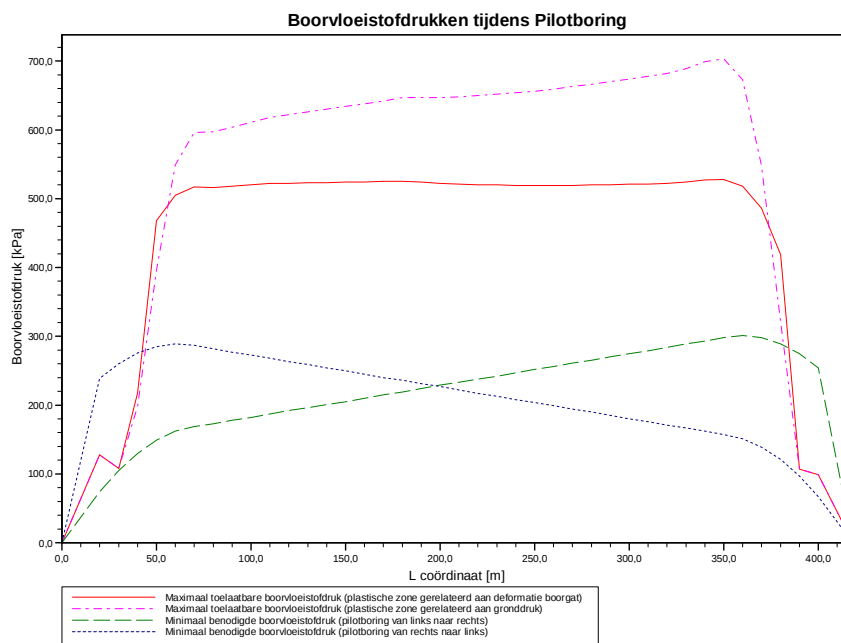
Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	65	41	1,56	voldoet
2	91	64	1,41	voldoet
3	110	81	1,35	voldoet
4	124	94	1,32	voldoet
5	132	101	1,31	voldoet
6	134	103	1,30	voldoet
7	134	103	1,30	voldoet
8	134	103	1,30	voldoet
9	133	103	1,30	voldoet
10	133	103	1,29	voldoet
11	133	103	1,29	voldoet
12	133	103	1,29	voldoet
13	132	103	1,29	voldoet
14	132	103	1,28	voldoet
15	132	103	1,28	voldoet
16	132	103	1,28	voldoet
17	131	103	1,28	voldoet
18	131	103	1,27	voldoet
19	131	103	1,27	voldoet
20	131	103	1,27	voldoet
21	130	103	1,26	voldoet
22	130	103	1,26	voldoet
23	130	103	1,26	voldoet
24	129	103	1,26	voldoet
25	129	103	1,25	voldoet
26	129	103	1,25	voldoet
27	129	103	1,25	voldoet
28	128	103	1,25	voldoet
29	128	103	1,24	voldoet
30	128	103	1,24	voldoet
31	128	103	1,24	voldoet
32	127	103	1,24	voldoet
33	127	103	1,23	voldoet
34	127	103	1,23	voldoet

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
35	125	101	1,23	voldoet
36	117	95	1,23	voldoet
37	104	84	1,24	voldoet
38	84	67	1,26	voldoet
39	59	45	1,31	voldoet

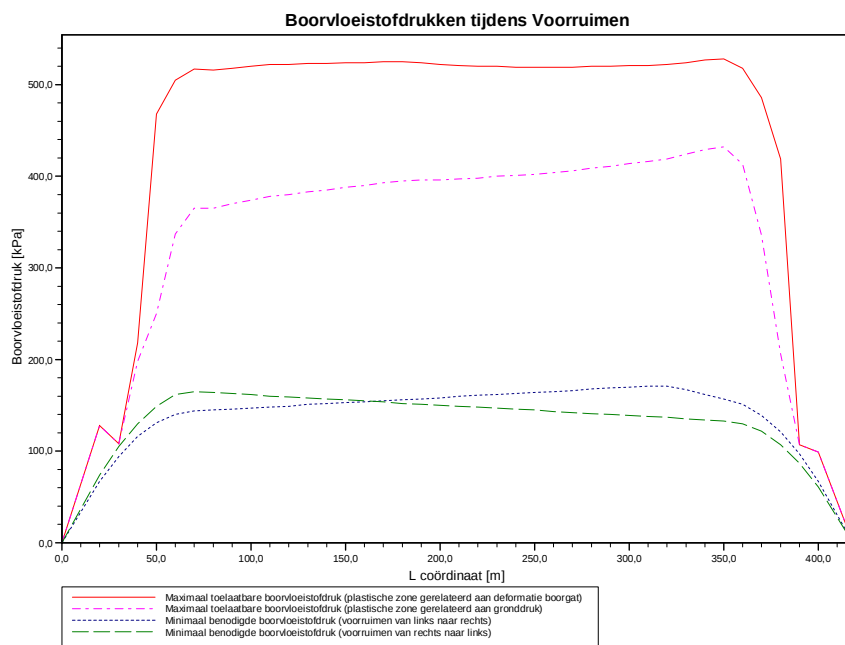
De statische mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van mud druk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

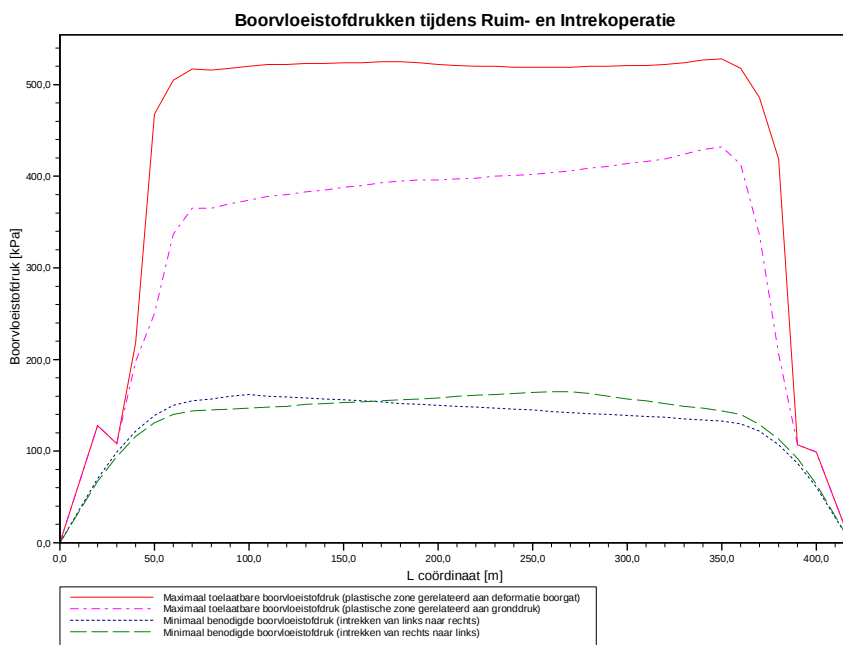
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Parameters

4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv,r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv,e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph,e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv,r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	125	28	12	16	3502
2	169	44	16	21	5459
3	787	55	16	22	11500
4	1075	68	17	24	335771
5	1151	75	14	19	335771
6	1167	76	13	18	335771
7	1162	76	13	17	335771
8	1169	76	13	17	335771
9	1175	77	13	17	335771
10	1180	78	13	17	335771
11	1182	78	13	17	335771
12	1183	78	12	17	335771
13	1185	78	12	17	335771
14	1186	78	12	16	335771
15	1187	78	12	16	335771
16	1189	78	12	16	335771
17	1190	79	12	16	335771
18	1186	78	12	16	335771
19	1181	78	12	16	335771
20	1178	77	12	16	335771
21	1176	77	11	15	335771
22	1174	77	11	15	335771
23	1173	77	11	15	335771
24	1171	77	11	15	335771
25	1170	77	11	15	335771
26	1172	77	11	15	335771
27	1173	77	11	15	335771
28	1174	77	11	15	335771
29	1176	77	11	15	335771
30	1177	77	11	15	335771
31	1179	78	11	14	335771
32	1186	78	11	14	335771
33	1196	79	11	14	335771
34	1198	80	11	14	335771
35	1182	78	11	15	335771
36	1108	71	13	17	335771

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
37	831	58	15	21	335771
38	171	45	15	20	5459
39	121	27	11	15	5459

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv,e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph,e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	5459	597	3822	125	0,05	8
2	0	5459	917	3822	169	0,05	8
3	0	335771	3579	235040	927	0,05	8
4	0	335771	4375	235040	1075	0,05	8
5	0	335771	4818	235040	1151	0,05	8
6	0	335771	4913	235040	1167	0,05	8
7	0	335771	4886	235040	1162	0,05	8
8	0	335771	4926	235040	1169	0,05	8
9	0	335771	4965	235040	1175	0,05	8
10	0	335771	4999	235040	1180	0,05	8
11	0	335771	5007	235040	1182	0,05	8
12	0	335771	5016	235040	1183	0,05	8
13	0	335771	5025	235040	1185	0,05	8
14	0	335771	5034	235040	1186	0,05	8
15	0	335771	5043	235040	1187	0,05	8
16	0	335771	5051	235040	1189	0,05	8
17	0	335771	5060	235040	1190	0,05	8
18	0	335771	5037	235040	1186	0,05	8
19	0	335771	5008	235040	1181	0,05	8
20	0	335771	4985	235040	1178	0,05	8
21	0	335771	4975	235040	1176	0,05	8
22	0	335771	4965	235040	1174	0,05	8
23	0	335771	4955	235040	1173	0,05	8
24	0	335771	4945	235040	1171	0,05	8
25	0	335771	4941	235040	1170	0,05	8
26	0	335771	4950	235040	1172	0,05	8
27	0	335771	4959	235040	1173	0,05	8
28	0	335771	4968	235040	1174	0,05	8
29	0	335771	4977	235040	1176	0,05	8
30	0	335771	4985	235040	1177	0,05	8
31	0	335771	4994	235040	1179	0,05	8
32	0	335771	5040	235040	1186	0,05	8
33	0	335771	5104	235040	1196	0,05	8
34	0	335771	5115	235040	1198	0,05	8
35	0	335771	5017	235040	1182	0,05	8
36	0	335771	4578	235040	1108	0,05	8
37	0	335771	3788	235040	964	0,05	8
38	0	221815	271	155270	171	0,05	8
39	0	5459	569	3822	121	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 80 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 24 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 335771 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 688060 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²

Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	125	28	12	16	3502
2	169	44	16	21	5459
3	787	55	16	22	11500
4	1075	68	17	24	335771
5	1151	75	14	19	335771
6	1167	76	13	18	335771
7	1162	76	13	17	335771
8	1169	76	13	17	335771
9	1175	77	13	17	335771
10	1180	78	13	17	335771
11	1182	78	13	17	335771
12	1183	78	12	17	335771
13	1185	78	12	17	335771
14	1186	78	12	16	335771
15	1187	78	12	16	335771
16	1189	78	12	16	335771
17	1190	79	12	16	335771
18	1186	78	12	16	335771
19	1181	78	12	16	335771
20	1178	77	12	16	335771
21	1176	77	11	15	335771
22	1174	77	11	15	335771
23	1173	77	11	15	335771
24	1171	77	11	15	335771
25	1170	77	11	15	335771
26	1172	77	11	15	335771
27	1173	77	11	15	335771
28	1174	77	11	15	335771
29	1176	77	11	15	335771
30	1177	77	11	15	335771
31	1179	78	11	14	335771
32	1186	78	11	14	335771
33	1196	79	11	14	335771
34	1198	80	11	14	335771
35	1182	78	11	15	335771
36	1108	71	13	17	335771
37	831	58	15	21	335771
38	171	45	15	20	5459
39	121	27	11	15	5459

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	5459	597	3822	125	0,05	8
2	0	5459	917	3822	169	0,05	8
3	0	335771	3579	235040	927	0,05	8
4	0	335771	4375	235040	1075	0,05	8
5	0	335771	4818	235040	1151	0,05	8
6	0	335771	4913	235040	1167	0,05	8
7	0	335771	4886	235040	1162	0,05	8

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
8	0	335771	4926	235040	1169	0,05	8
9	0	335771	4965	235040	1175	0,05	8
10	0	335771	4999	235040	1180	0,05	8
11	0	335771	5007	235040	1182	0,05	8
12	0	335771	5016	235040	1183	0,05	8
13	0	335771	5025	235040	1185	0,05	8
14	0	335771	5034	235040	1186	0,05	8
15	0	335771	5043	235040	1187	0,05	8
16	0	335771	5051	235040	1189	0,05	8
17	0	335771	5060	235040	1190	0,05	8
18	0	335771	5037	235040	1186	0,05	8
19	0	335771	5008	235040	1181	0,05	8
20	0	335771	4985	235040	1178	0,05	8
21	0	335771	4975	235040	1176	0,05	8
22	0	335771	4965	235040	1174	0,05	8
23	0	335771	4955	235040	1173	0,05	8
24	0	335771	4945	235040	1171	0,05	8
25	0	335771	4941	235040	1170	0,05	8
26	0	335771	4950	235040	1172	0,05	8
27	0	335771	4959	235040	1173	0,05	8
28	0	335771	4968	235040	1174	0,05	8
29	0	335771	4977	235040	1176	0,05	8
30	0	335771	4985	235040	1177	0,05	8
31	0	335771	4994	235040	1179	0,05	8
32	0	335771	5040	235040	1186	0,05	8
33	0	335771	5104	235040	1196	0,05	8
34	0	335771	5115	235040	1198	0,05	8
35	0	335771	5017	235040	1182	0,05	8
36	0	335771	4578	235040	1108	0,05	8
37	0	335771	3788	235040	964	0,05	8
38	0	221815	271	155270	171	0,05	8
39	0	5459	569	3822	121	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 80 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 24 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 335771 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 688060 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	125	28	12	16	3502
2	169	44	16	21	5459
3	787	55	16	22	11500
4	1075	68	17	24	335771
5	1151	75	14	19	335771
6	1167	76	13	18	335771
7	1162	76	13	17	335771
8	1169	76	13	17	335771
9	1175	77	13	17	335771
10	1180	78	13	17	335771
11	1182	78	13	17	335771
12	1183	78	12	17	335771
13	1185	78	12	17	335771
14	1186	78	12	16	335771
15	1187	78	12	16	335771
16	1189	78	12	16	335771
17	1190	79	12	16	335771
18	1186	78	12	16	335771
19	1181	78	12	16	335771
20	1178	77	12	16	335771
21	1176	77	11	15	335771
22	1174	77	11	15	335771
23	1173	77	11	15	335771
24	1171	77	11	15	335771
25	1170	77	11	15	335771
26	1172	77	11	15	335771
27	1173	77	11	15	335771
28	1174	77	11	15	335771
29	1176	77	11	15	335771
30	1177	77	11	15	335771
31	1179	78	11	14	335771
32	1186	78	11	14	335771
33	1196	79	11	14	335771
34	1198	80	11	14	335771
35	1182	78	11	15	335771
36	1108	71	13	17	335771
37	831	58	15	21	335771
38	171	45	15	20	5459
39	121	27	11	15	5459

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	5459	597	3822	125	0,05	8
2	0	5459	917	3822	169	0,05	8
3	0	335771	3579	235040	927	0,05	8
4	0	335771	4375	235040	1075	0,05	8
5	0	335771	4818	235040	1151	0,05	8
6	0	335771	4913	235040	1167	0,05	8
7	0	335771	4886	235040	1162	0,05	8
8	0	335771	4926	235040	1169	0,05	8
9	0	335771	4965	235040	1175	0,05	8
10	0	335771	4999	235040	1180	0,05	8
11	0	335771	5007	235040	1182	0,05	8
12	0	335771	5016	235040	1183	0,05	8
13	0	335771	5025	235040	1185	0,05	8
14	0	335771	5034	235040	1186	0,05	8
15	0	335771	5043	235040	1187	0,05	8
16	0	335771	5051	235040	1189	0,05	8
17	0	335771	5060	235040	1190	0,05	8

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
18	0	335771	5037	235040	1186	0,05	8
19	0	335771	5008	235040	1181	0,05	8
20	0	335771	4985	235040	1178	0,05	8
21	0	335771	4975	235040	1176	0,05	8
22	0	335771	4965	235040	1174	0,05	8
23	0	335771	4955	235040	1173	0,05	8
24	0	335771	4945	235040	1171	0,05	8
25	0	335771	4941	235040	1170	0,05	8
26	0	335771	4950	235040	1172	0,05	8
27	0	335771	4959	235040	1173	0,05	8
28	0	335771	4968	235040	1174	0,05	8
29	0	335771	4977	235040	1176	0,05	8
30	0	335771	4985	235040	1177	0,05	8
31	0	335771	4994	235040	1179	0,05	8
32	0	335771	5040	235040	1186	0,05	8
33	0	335771	5104	235040	1196	0,05	8
34	0	335771	5115	235040	1198	0,05	8
35	0	335771	5017	235040	1182	0,05	8
36	0	335771	4578	235040	1108	0,05	8
37	0	335771	3788	235040	964	0,05	8
38	0	221815	271	155270	171	0,05	8
39	0	5459	569	3822	121	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 80 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 24 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 335771 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 688060 kN/m³

4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	125	28	12	16	3502
2	169	44	16	21	5459
3	787	55	16	22	11500
4	1075	68	17	24	335771
5	1151	75	14	19	335771
6	1167	76	13	18	335771
7	1162	76	13	17	335771
8	1169	76	13	17	335771
9	1175	77	13	17	335771
10	1180	78	13	17	335771

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
11	1182	78	13	17	335771
12	1183	78	12	17	335771
13	1185	78	12	17	335771
14	1186	78	12	16	335771
15	1187	78	12	16	335771
16	1189	78	12	16	335771
17	1190	79	12	16	335771
18	1186	78	12	16	335771
19	1181	78	12	16	335771
20	1178	77	12	16	335771
21	1176	77	11	15	335771
22	1174	77	11	15	335771
23	1173	77	11	15	335771
24	1171	77	11	15	335771
25	1170	77	11	15	335771
26	1172	77	11	15	335771
27	1173	77	11	15	335771
28	1174	77	11	15	335771
29	1176	77	11	15	335771
30	1177	77	11	15	335771
31	1179	78	11	14	335771
32	1186	78	11	14	335771
33	1196	79	11	14	335771
34	1198	80	11	14	335771
35	1182	78	11	15	335771
36	1108	71	13	17	335771
37	831	58	15	21	335771
38	171	45	15	20	5459
39	121	27	11	15	5459

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	5459	597	3822	125	0,05	8
2	0	5459	917	3822	169	0,05	8
3	0	335771	3579	235040	927	0,05	8
4	0	335771	4375	235040	1075	0,05	8
5	0	335771	4818	235040	1151	0,05	8
6	0	335771	4913	235040	1167	0,05	8
7	0	335771	4886	235040	1162	0,05	8
8	0	335771	4926	235040	1169	0,05	8
9	0	335771	4965	235040	1175	0,05	8
10	0	335771	4999	235040	1180	0,05	8
11	0	335771	5007	235040	1182	0,05	8
12	0	335771	5016	235040	1183	0,05	8
13	0	335771	5025	235040	1185	0,05	8
14	0	335771	5034	235040	1186	0,05	8
15	0	335771	5043	235040	1187	0,05	8
16	0	335771	5051	235040	1189	0,05	8
17	0	335771	5060	235040	1190	0,05	8
18	0	335771	5037	235040	1186	0,05	8
19	0	335771	5008	235040	1181	0,05	8
20	0	335771	4985	235040	1178	0,05	8
21	0	335771	4975	235040	1176	0,05	8
22	0	335771	4965	235040	1174	0,05	8
23	0	335771	4955	235040	1173	0,05	8
24	0	335771	4945	235040	1171	0,05	8
25	0	335771	4941	235040	1170	0,05	8
26	0	335771	4950	235040	1172	0,05	8
27	0	335771	4959	235040	1173	0,05	8
28	0	335771	4968	235040	1174	0,05	8

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
29	0	335771	4977	235040	1176	0,05	8
30	0	335771	4985	235040	1177	0,05	8
31	0	335771	4994	235040	1179	0,05	8
32	0	335771	5040	235040	1186	0,05	8
33	0	335771	5104	235040	1196	0,05	8
34	0	335771	5115	235040	1198	0,05	8
35	0	335771	5017	235040	1182	0,05	8
36	0	335771	4578	235040	1108	0,05	8
37	0	335771	3788	235040	964	0,05	8
38	0	221815	271	155270	171	0,05	8
39	0	5459	569	3822	121	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 80 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 24 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 335771 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 688060 kN/m³

5 Gegevens voor Spanningsanalyse

5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,50 kN/m ³
Minimale kromtestraal	:	Rmin = 200 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20
Maximale beddingsconstante	:	kv, max = 349528 kN/m ³

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 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	145	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	40	[kg/m]

Resultaat	:	105	[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)	Verwachtingswaarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	17
T2	11	20
T3	67	37
T4	350	114
T5	406	136
T6	421	140

De berekende waarden van de trekkracht zijn verwachtingswaarden waarop nog een minimale onzekerheidsfactor van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00 (alleen voor staal).

6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00 \text{ mm}$
Nominale wanddikte	: $t = 18,20 \text{ mm}$
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00 \text{ bar}$
Test druk	: $p_t = 0,00 \text{ bar}$
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00 \text{ deg Celcius}$
Lengte leiding	: $L = 421 \text{ m}$
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975 \text{ N/mm}^2$
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8 \text{ N/mm}^2$
Importantie factor (S)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54 \text{ kN/m}^3$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30 \text{ graden}$
Belastingshoek	: $\alpha = 30 \text{ graden}$
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;\max} = 24 \text{ kN/m}^2$
Maximale beddingsconstante	: $k_v;\max = 688060 \text{ kN/m}^3$
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{Install}} = 1,00$
Belastingsfactor Q_n	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Q_n	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{\text{Install}} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018 \text{ mm/mmK}$

6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (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 18,2 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 1,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T1/A = 0,7 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 1,6 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,7 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 6,1 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 6,5 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,009722 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,6 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,6 \quad N/mm^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

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

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,6	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

$$\Sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\text{Rerounding factor } F_{rr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor } F'_{rr} = 1,000$$

$$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,6	6,5	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,6	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,6	1,6

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,04% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

6.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (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 165 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 103 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00 \text{ mm}$
Nominale wanddikte	: $t = 18,20 \text{ mm}$
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00 \text{ bar}$
Test druk	: $p_t = 0,00 \text{ bar}$
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00 \text{ deg Celcius}$
Lengte leiding	: $L = 421 \text{ m}$
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975 \text{ N/mm}^2$
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8 \text{ N/mm}^2$
Importantie factor (S)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54 \text{ kN/m}^3$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30 \text{ graden}$
Belastingshoek	: $\alpha = 30 \text{ graden}$
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;\max} = 24 \text{ kN/m}^2$
Maximale beddingsconstante	: $k_v;\max = 688060 \text{ kN/m}^3$
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{Install}} = 1,00$
Belastingsfactor Q_n	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Q_n	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{\text{Install}} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018 \text{ mm/mmK}$

7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (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 18,2 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 1,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T1/A = 0,7 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 1,6 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,7 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 6,1 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 6,5 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,009722 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,6 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,6 \quad N/mm^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

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

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,6	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

$$\Sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\text{Rerounding factor } F_{rr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor } F'_{rr} = 1,000$$

$$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,6	6,5	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,6	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,6	1,6

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,04% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (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 165 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 103 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 421$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 24$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_v;max = 688060$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Q_n	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Q_n	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (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 18,2 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 1,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T1/A = 0,7 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 1,6 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,7 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 6,1 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 6,5 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,009722 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,6 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,6 \quad N/mm^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

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

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,6	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

$$\Sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\text{Rerounding factor } F_{rr} = 1,000$$

$$\text{Rerounding factor } F'_{rr} = 1,000$$

$$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,6	6,5	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,6	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,6	1,6

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,04% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): 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 165 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 103 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00 \text{ mm}$
Nominale wanddikte	: $t = 18,20 \text{ mm}$
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00 \text{ bar}$
Test druk	: $p_t = 0,00 \text{ bar}$
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00 \text{ deg Celcius}$
Lengte leiding	: $L = 421 \text{ m}$
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975 \text{ N/mm}^2$
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8 \text{ N/mm}^2$
Importantie factor (S)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54 \text{ kN/m}^3$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30 \text{ graden}$
Belastingshoek	: $\alpha = 30 \text{ graden}$
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;\max} = 24 \text{ kN/m}^2$
Maximale beddingsconstante	: $k_v;\max = 688060 \text{ kN/m}^3$
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{Install}} = 1,00$
Belastingsfactor Q_n	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Q_n	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{\text{Install}} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018 \text{ mm/mmK}$

9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (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 18,2 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 1,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T1/A = 0,7 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 1,6 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,7 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 6,1 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 6,5 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,009722 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,6 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,6 \quad N/mm^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

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

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,6	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

$\Sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
--	---	-----	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

Tangentele spanning:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0,3	N/mm ²
--	---	-----	-------------------

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

Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
----------------------------	---	-------	--

Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
-----------------------------	---	-------	--

$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$			
---	--	--	--

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,6	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- $\Sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\Sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	1,6	6,5	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,6	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,6	1,6

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,04% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

9.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (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 165 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 103 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

Einde Rapport

Bijlage 4 Foto's locatie

Opdrachtgever : Liandon B.V.
Contactpersoon : Dhr. H. Sattari
Adres : Basisweg 10
Plaats: : 1043 AP Amsterdam

MEMO

Onderwerp : Foto's locatieopname Ouderkerk aan den Amstel (RTO-621)



Figuur 1 overzicht intredepunt HDD 1 (Roendehoep West - Polderweg)



Figuur 2 overzicht uittredepunt HDD 1 (Polderweg)



Figuur 3 overzicht intredepunt HDD 2 (Polderweg)



Figuur 4 overzicht uittredepunt HDD 2 (Polderweg)



Figuur 5 overzicht intredepunt HDD 3 (Jan Benninghweg)



Figuur 6 overzicht uittredepunt HDD 3 (Jan Benninghweg)



Figuur 7 overzicht intredepunt HDD 4 (Jan Benninghweg)



Figuur 8 zicht richting intredepunt HDD 4 (Jan Benninghweg)



Figuur 9 overzicht uittredepunt HDD 4 (Jan Benninghweg)



Figuur 10 overzicht uittredepunt HDD 5 (vanaf Rondehoep Oost)



Figuur 11 Rondehoep Oost



Figuur 12 Rondehoep Oost (richting intredepunt Bullewijk)



Figuur 13 Holendrachterweg (langs Bullewijk)



Figuur 14 Holendrechteweg (zicht op intreidelocatie)



Figuur 15 Holendrechteweg (zicht op A9)



Figuur 16 Holendrechteweg (richting uittredepunt Bullewijk)

Bijlage 5 Specificaties gyro 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 Brownline 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.

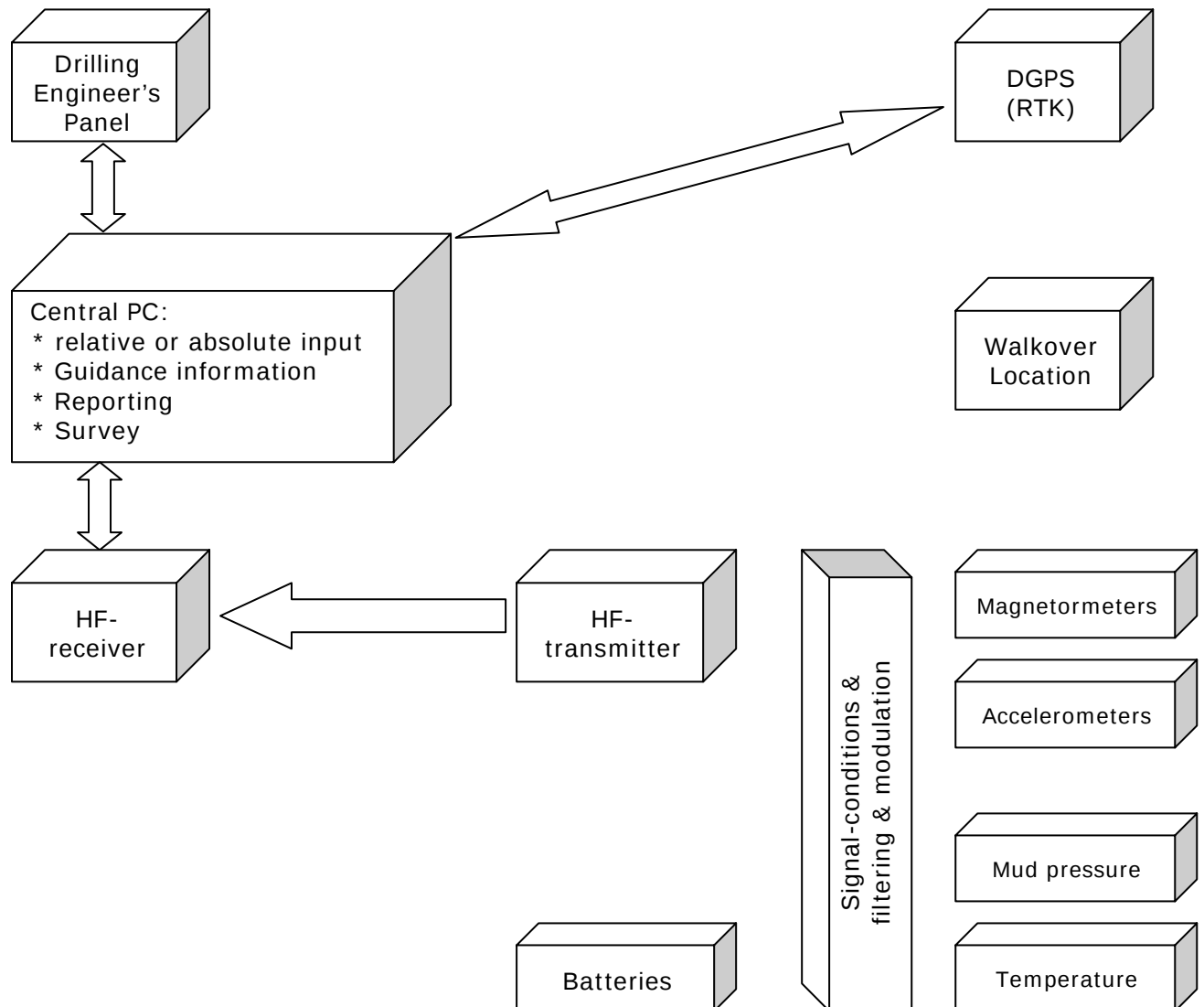


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

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.

The gyroscopic navigation tool gives the following signals at a rate of ten times per second via a wireline to the surface receiver :

- Roll, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,02 [degr.]
- Pitch, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,01 [degr.]
- Azimuth , accuracy (3 Sigma) : +/- 0,04 [degr.]
- Vibration level
- Temperature, accuracy : +/- 0,5 [degr. C]
- Mud pressure, accuracy : +/- 0.05 [bar]
- E-power state
- Too high RPM (binary : TRUE or FALSE)
- Error message
- Status message
- North seeking state
- Pulling / pushing force.
- Bending moment (radius).
- Steering torque.

The wireline connection is a single wire used for electric power supply to the downhole system and used for signal transmission to the surface. Downhole batteries are provided for continuation of power supply, while a drill pipe is connected. The wireless option, as used for the magnetometer based systems could also be used, but the update rate is lower and larger downhole battery packs are required.

The downhole processing is very powerful, extensive filter technologies are used, based on iMAR's well-known system algorithm for sea and land navigation systems.

3.SIGNAL PROCESSING AND HUMAN MACHINE INTERFACES (HMI).

For both the magnetometer based and the gyroscopic navigation systems, Brownline uses a receiver unit at the surface. This receiver unit receives the downline string, either wireless or via a wireline and demodulates the signals. Also the cylinder stroke measurement signal of the drilling machine is received on this receiver unit. The receiver unit is connected with a PC, where the trajectory advice is computed. The planned trajectory is compared with the trajectory calculated from the measured downhole pipe length, the actual azimuth angle and the actual pitch.

Figure 3 depicts the HMI guidance display for the magnetometer based system.



Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

At the drilling machine a drilling engineer display is installed giving information on the actual difference between the desired and the actual track and the roll angle of the tool face. Also warnings etc. are given in case of dangerous steering actions. Figure 4 shows the drilling engineer's display. At the surveyors' display, at different pages, also information (graphical and numerical) is given on the planned and the actual track.

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.

Bijlage 6 Beschrijving boorvloeistof

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 : $\leq 1000 \mu\text{S/cm}$
- 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
- Verbeterd de afvoer van boorgruis
- Vermindert de torsie
- Makkelijk te recyclen
- Uitstekende prijs-kwaliteitverhouding
- Ge certificeerd 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	$\geq 16,0 \text{ m}^3/\text{ton}$	$17,4 \text{ m}^3/\text{ton}$
API Filtraatwaterverlies	OCMA DFCP-4	$\leq 15 \text{ ml}$	13 ml
Droge zeefanalyse door $150 \mu\text{m}$	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.

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.

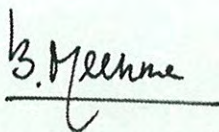
Nummer	K2112/03	Vervangt	K2112/02
Uitgegeven	2006-07-01	D.d.	2004-11-01

Kiwa-ATA
Cebogel OCMA

Op grond van onderzoek, alsmede regelmatig door Kiwa uitgevoerde controles, wordt elk door

Cebo Holland B.V.

geleverd product, dat gespecificeerd is in dit certificaat, en dat voorzien is van het onder 'MERKEN' aangegeven Kiwa-ATA-keur, bij aflevering geacht te voldoen aan de Kiwa-ATA-criteria, zoals die zijn vastgelegd in de Kiwa-ATA-certificatieovereenkomst nr. K2112.



ing. B. Meekma
Directeur Certificatie en Keuringen, Kiwa N.V.

Dit certificaat is afgegeven conform het 'Kiwa-Reglement voor ATA-Product-certificatie: 2004' van 1 december 2004.
Dit certificaat bestaat uit 2 pagina's.
Openbaarmaking van het certificaat is toegestaan.

Kiwa N.V.
Certificatie en Keuringen
Sir W. Churchill-laan 273
Postbus 70
2280 AB Rijswijk ZH

Tel. (070) 414 44 00
Fax (070) 414 44 20
E-mail certif@kiwa.nl
www.kiwa.nl

kiwa



Leverancier

Cebo Holland B.V.
Postbus 70
1970 AB IJmuiden

Telefoon (0255) 54 62 62
Telefax (0255) 54 62 02
Internet site www.ceboholland.nl

Cebogel OCMA

PRODUCTSPECIFICATIE

Dit certificaat heeft betrekking op de bentoniet 'Cebogel OCMA'.

TOELATING

De producten zijn toegelaten op basis van de eisen die zijn vastgelegd in de 'Regeling materialen en chemicaliën leidingwatervoorziening' (gepubliceerd in de Staatscourant).

ATA-CRITERIA

Aan de ATA-productcertificering liggen twee hoofdcriteria ten grondslag. Permanent dient voldaan te worden aan de:

- tijdens de toelatingsprocedure goedgekeurde productreceptuur. Wijzigingen hierin mogen uitsluitend doorgevoerd worden nadat de hiervoor geldende toelatingsprocedure met goed gevolg is doorlopen;
- specifieke producteisen (zie 'ATA-PRODUCTEISEN').

ATA-PRODUCTEISEN

De gehalten aan zware metalen mogen niet meer bedragen dan:

	mg/kg
Arseen	100
Cadmium	20
Chroom	100
Kwik	1
Lood	100
Nikkel	100

TOEPASSING EN GEBRUIK

'Cebogel OCMA' wordt gebruikt voor:

- spoelingen bij diepteboringen (voor aardoliewinning), geologisch bodemonderzoek, plaatsen van bronnen en (gestuurde) horizontale boringen;
- bentoniet-suspensies als steunvloeistof bij het maken van diepen dichtwanden;
- bentoniet-cement-suspensies bij het aanbrengen van diep- en dichtwanden;
- glijmiddel bij het neerlaten van schachten en bij doorpersingen.

MERKEN

Uitvoering van het voorgeschreven Kiwa-ATA-merk:

- Kiwa-ATA, opdruk met inkt of zegel.

Plaats van het merk:

- op het product, op de verpakking of op de begeleidende vrachtbrief (afleverbon).

Verplichte merken:

- 'Kiwa-ATA';
- 'Cebogel OCMA';
- 'K2112'.

WENKEN VOOR DE AFNEMER

1. Inspecteer bij de aflevering of:
 - 1.1 geleverd is wat is overeengekomen;
 - 1.2 het merk en wijze van merken juist zijn;
 - 1.3 de producten geen zichtbare gebreken vertonen als gevolg van transport en dergelijke.
2. Indien u op grond van het hiervoor gestelde tot afkeuring overgaat, neem dan contact op met
 - 2.1 Cebo Holland B.V.
en zo nodig met:
 - 2.2 Kiwa N.V.
3. Raadpleeg voor de juiste wijze van opslag en transport de (verwerkings)richtlijnen van de leverancier.
4. Controleer of dit certificaat nog geldig is. Raadpleeg hiertoe www.kiwa.nl.

OVERIGE VOORWAARDEN

De middelen voor en de wijze van transporteren, opslaan en verpakken dienen in overeenstemming te zijn met de door de afnemer, met het oog op de toepassing van het product, gegeven richtlijnen (deze richtlijnen maken geen deel uit van de ATA-criteria).