

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 2)

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

Polderweg, Ouderkerk aan den Amstel



Figuur 1 overzicht werklocatie

Versie	Datum	Status	Opgesteld door	Gecontroleerd	Voor akkoord
1	07-02-2017	Definitief	MvE	BV	JV
2	15-03-2017	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 Holendrechtse Zijweg. 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 2) onder de 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 boortechneken 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	101.3	m
Intredehoek	18	°
Uittredehoek	18	°
Neergaande bochtstraal	130	m
Opgaande bochtstraal	130	m
Horizontale bochtstraal	-	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.

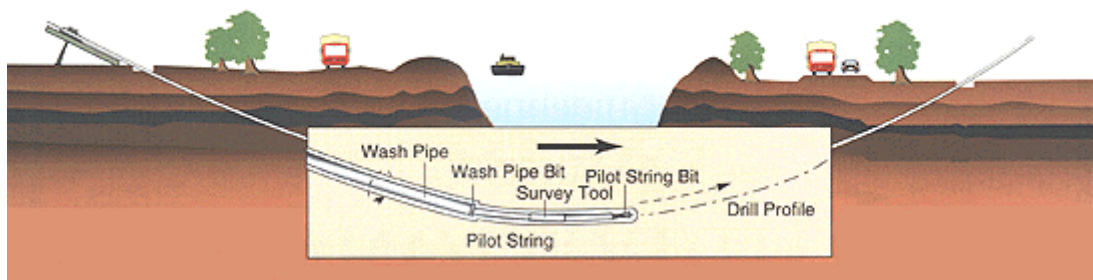
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- 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

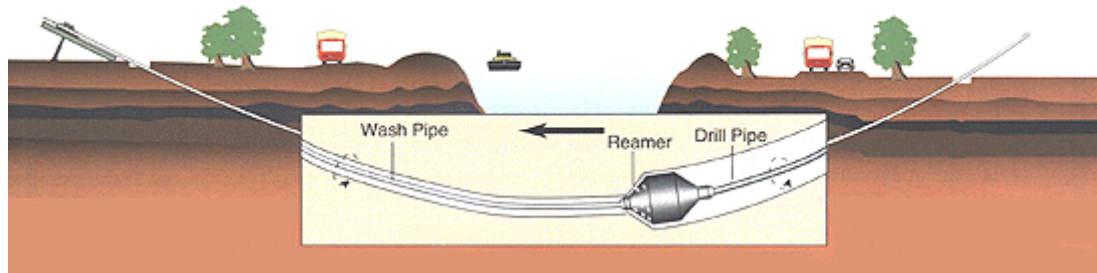
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing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

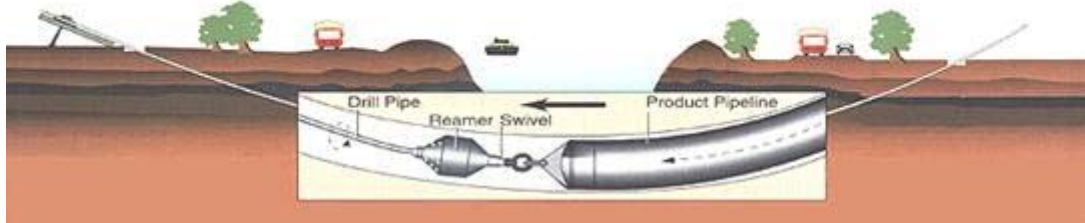
Fase 2: Ruimen van het boorgat



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:	D36x50 DR
Trekkraft:	169Kn
Torque:	7,5Knm
Drive:	210rpm
Motor:	104.4 kW
Gewicht:	13.108kg
Lengte:	7.24m
Breedte:	2,28m
Hoogte:	2,54m
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 uittredegangen, 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:

- Opstellen boorequipement	: ½	dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring	: ½	dag(en)
- Uitvoeren eerste ruimgang	: ½	dag(en)
- Intrekken van de mantelbuizen	: ½	dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein	: ½	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 intredelocatie bevindt zich ter hoogte van de Polderweg nr. 23. Vanaf de Polderweg zal een inrit moeten worden gemaakt voor het bereiken van de intredelocatie. Het uittredepunt bevindt zich onder het viaduct van de A9 en is tevens bereikbaar via de Polderweg.

Voor het uitleggen en samenstellen van de mantelbuizen kan gekozen worden om dit te doen achter het uittredepunt in de aanwezige watergang langs de Jan Benninghweg.

In Bijlage 4 is een fotorapportage toegevoegd van de boorlocaties.

5.3 Geotechnisch onderzoek

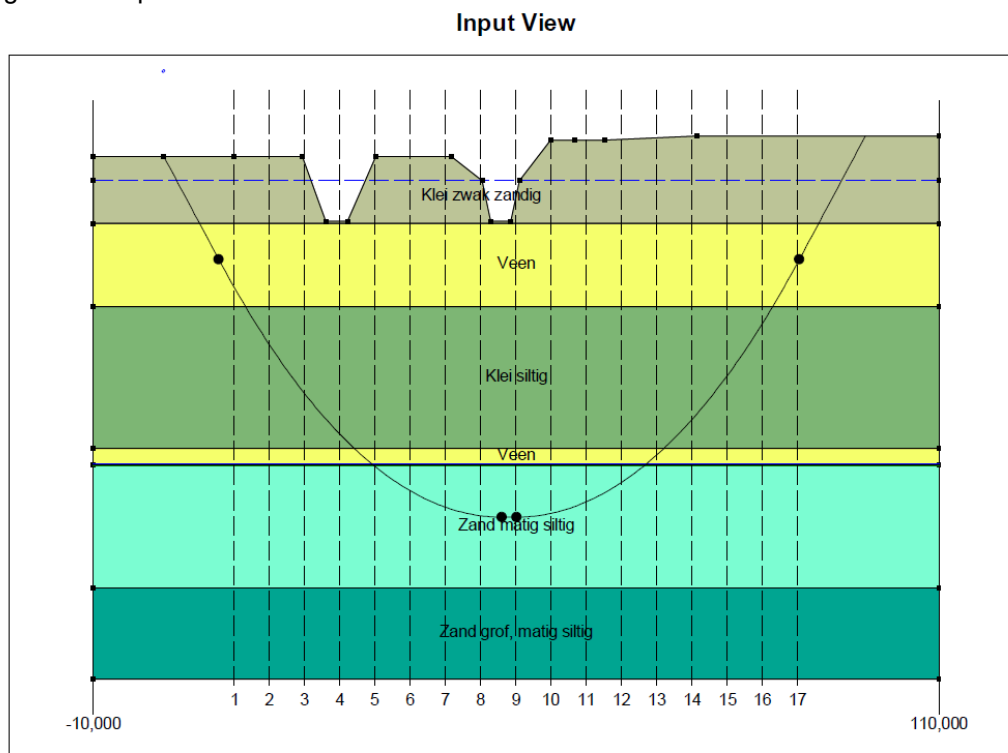
Voorafgaand aan de uitvoering van de gestuurde boring dient de lokale geotechnische informatie te worden verzameld. Indien er geen geotechnische informatie beschikbaar is kan een geotechnisch onderzoek worden uitgevoerd.

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 gedeeltelijk 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.

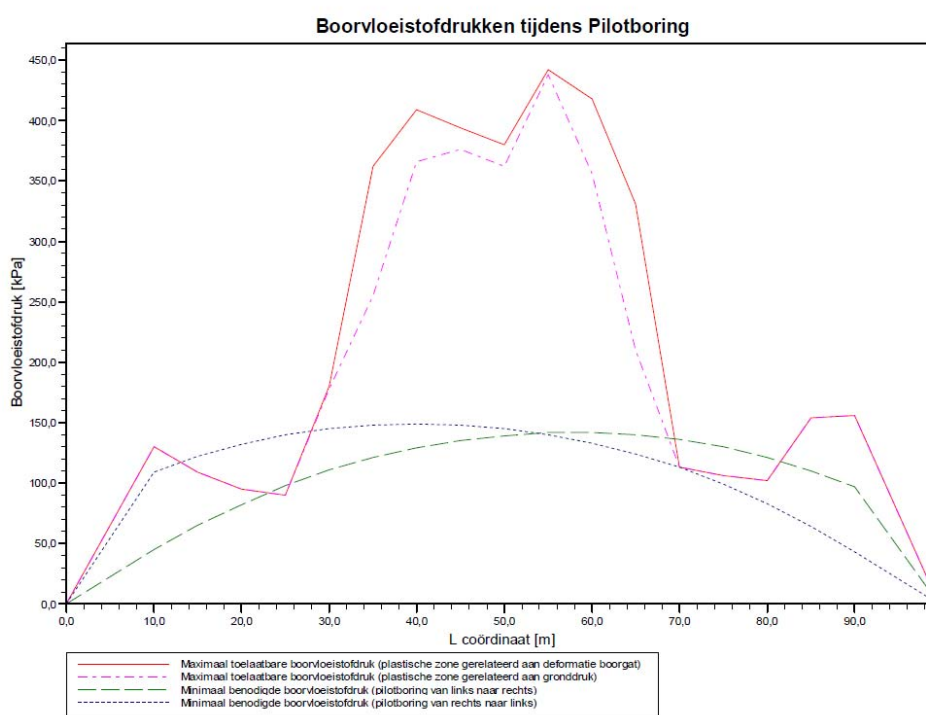
Omschrijving	+/- N.A.P.	Waarde
GWS intredepunt (watergang)	-	2,7m

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 boorfasen:

- 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)	1,1	2,3	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,9	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,7	1,7

Tabel 6 Toetsing materiaalspanningen (HDPE 200mm)

De maximale deflectie op de 200mm mantelbuis bedraagt 2,2mm (1.11% 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.

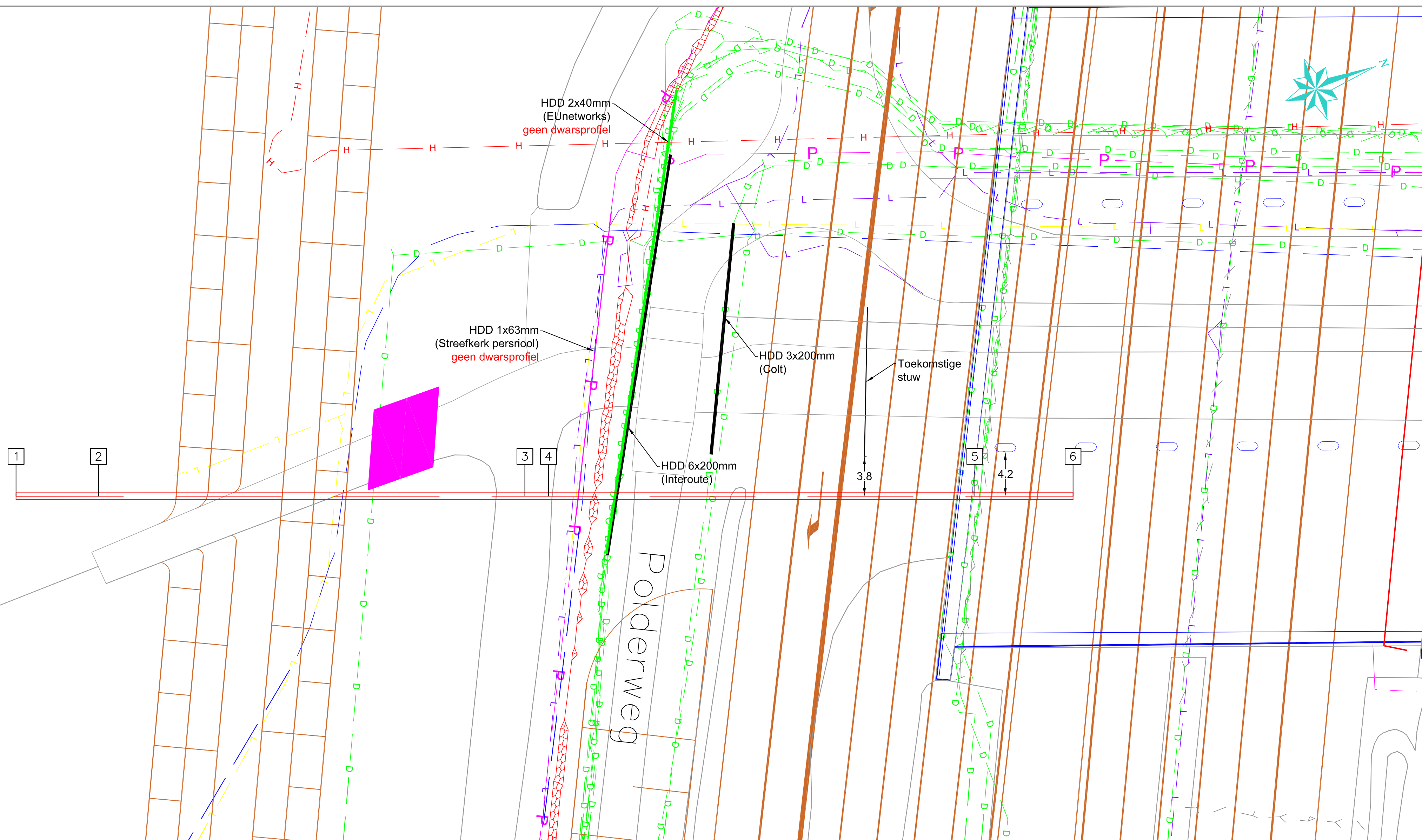
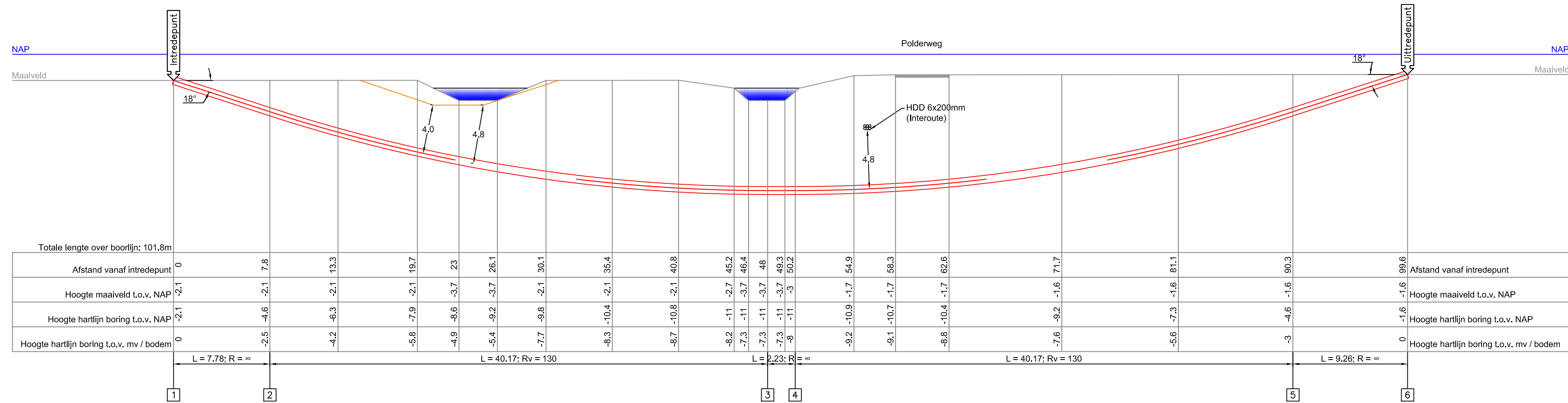
6.3 Trekkraft berekening

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 3,7 ton.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Verwachtingswaarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	4
T2	10	7
T3	51	20
T4	53	21
T5	94	35
T6	102	37

Tabel 7 Voorspelling trekkraft

Bijlage 1 Boortekening



COÖRDINATENLIJST ATRON-ENGINEERING				
		X	Y	Z(NAP)
1	Intrede	121667.3	478250.8	-2.1
2	Begin Verticale Bocht	121670.1	478258.1	-4.6
3	Einde Verticale Bocht	121684.5	478295.6	-11
4	Begin Verticale Bocht	121685.3	478297.7	-11
5	Einde Verticale Bocht	121699.7	478335.2	-4.6
6	Ultrrede	121703	478343.8	-1.6

- Lengte boring 101.8 mtr
- Buisdiameter(s) 4X200 mm
- Verwachte trekkracht N.T.B. KN

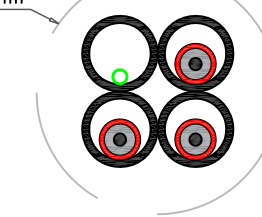
KLIC NUMMER: 160077492
ONTVANGST DATUM: 28-12-2016

JUISTE LIGGING VAN KABELS EN LEIDINGEN
DIENT TIJDENS DE UITVOERING BEPAALD TE
WORDEN DOOR MIDDEL VAN PROEFSLEUVEN

DOORSNEDE
SCHAAL 1:20

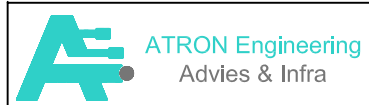
TE BOREN BUIZEN

Boorgat Ø640mm



- | | |
|---|-----------------------------|
|  | Laagspanningskabel(s) |
|  | Middenspanningskabel(s) |
|  | Hoogspanningskabel(s) |
|  | Gasleiding(en) lage druk |
|  | Gasleiding(en) hoge druk |
|  | Datatransport |
|  | Waterleiding(en) |
|  | Vrij verval riolering |
|  | Persiool |
|  | Warmte transport |
|  | Gevaarlijke buisleiding(en) |

4	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
2	Boorlijn aangepast	AvZ	BV	RB	03-03-201
1	Eerste uitgave	AvZ	BV	RB	17-01-201
Wijz	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord	Datum

REDDYDYN

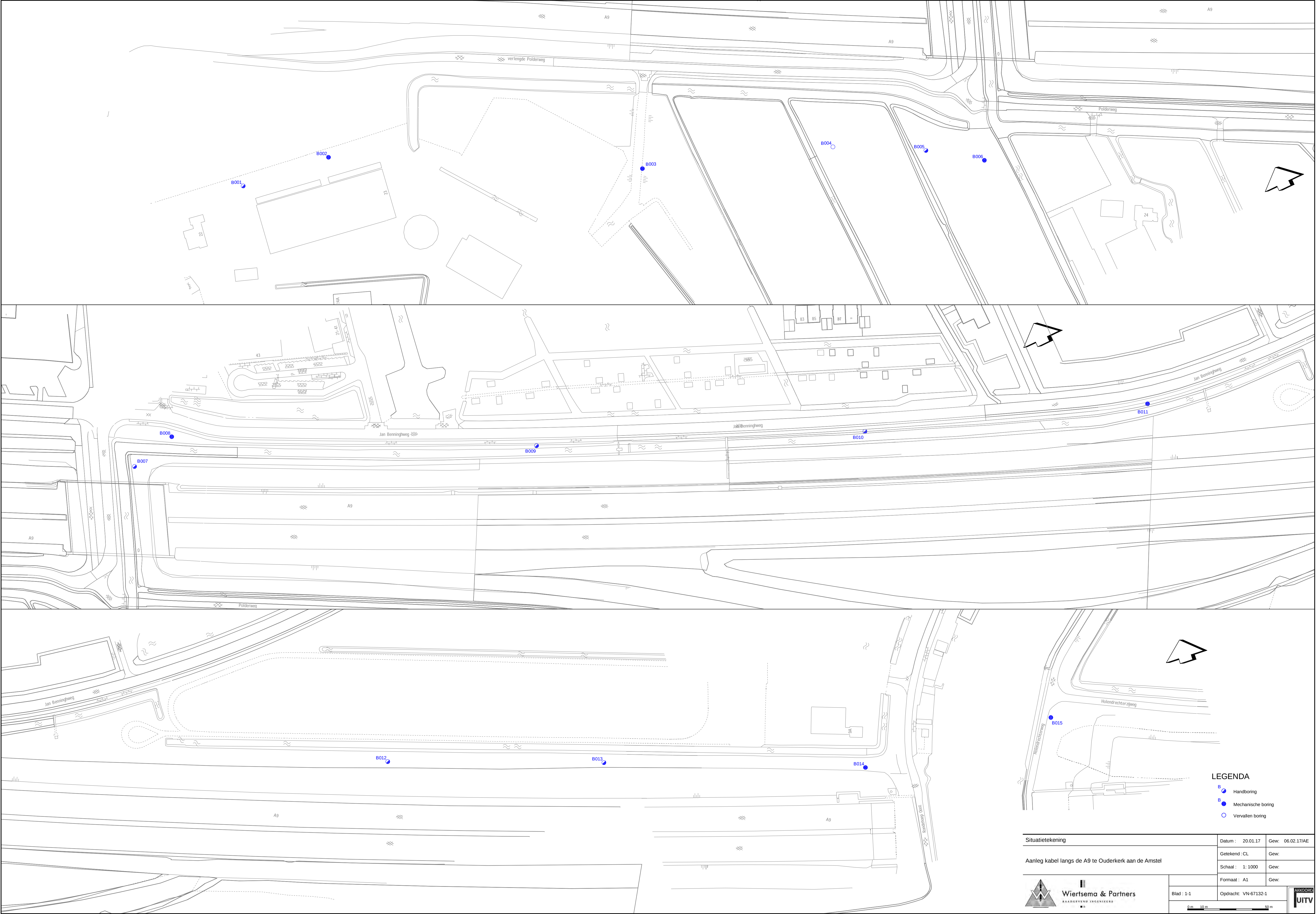
Leemansstraat 19, 4251 LD Werkendam
Telefoon 0183 21 60 20 / Fax 0183 21 60 21 / www.atron-engineering.nl

Project	VERLEGGING 150KV- KABELVERBINING AMV-BZ SAA A9 I.V.M. VERBREIDING A9 AMSTELVEEN (POLDERWEG)
---------	--

Titel	HORIZONTAAL GESTUURDE BORING OVERZICHT EN DWARSPROFIEL (HDD-2) 4xØ200mm PE100 SDR11
-------	---

Onderdeel HORIZONTAAL GESTUURDE BORING					Status
Opdrachtgever REDDYN B.V.					CONCEPT
Tekenaar AvZ	Gecontroleerd BV	Goedgekeurd RB	Datum uitgifte 17-01-2017	Tekeningsnummer 1102-0117-02-HDD2	
Blad 1	Aantal 1	Schaal 1:250	Formaat A1	Documenttype TEKENING	Bestandsnummer 1102-0117-02

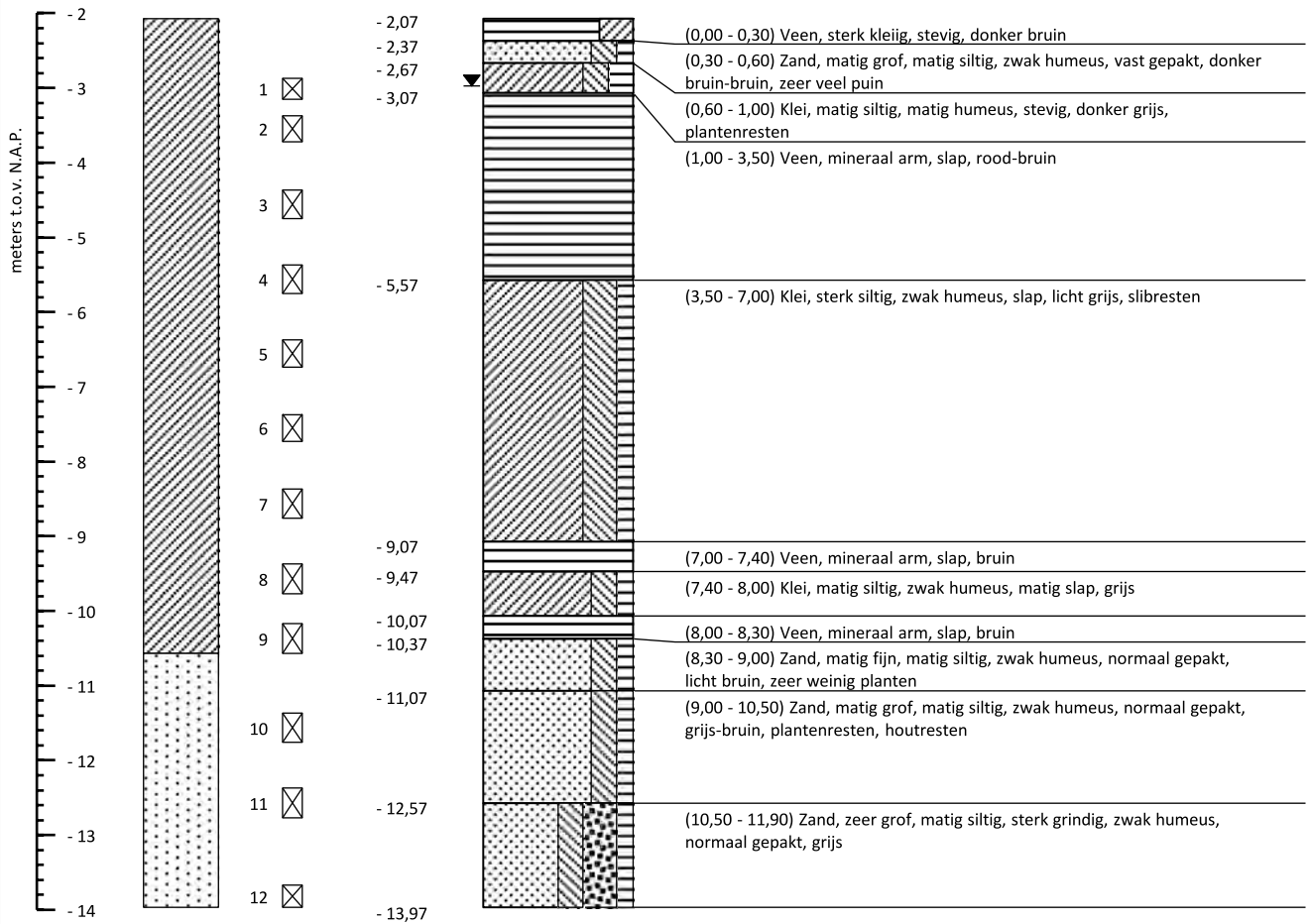
Bijlage 2 Grondonderzoek



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:
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS ■				
	Blad : 1-1	Opdracht: VN-67132-1		
				

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)

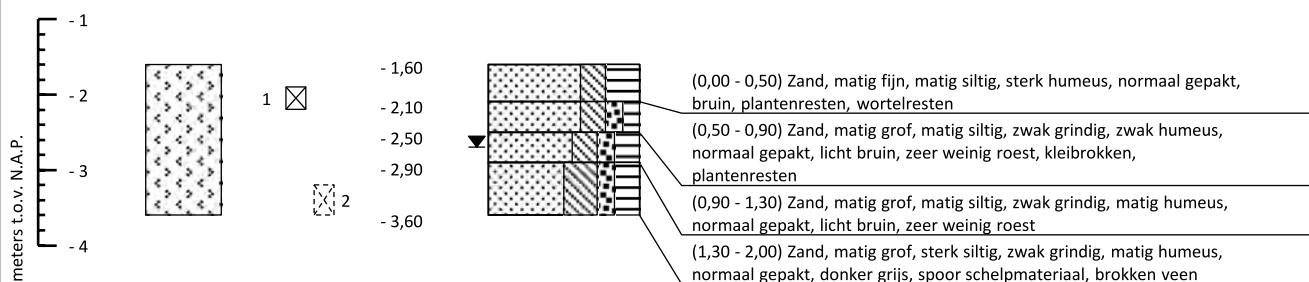
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

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



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (26-1-2017): N.A.P. - 2,70 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



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

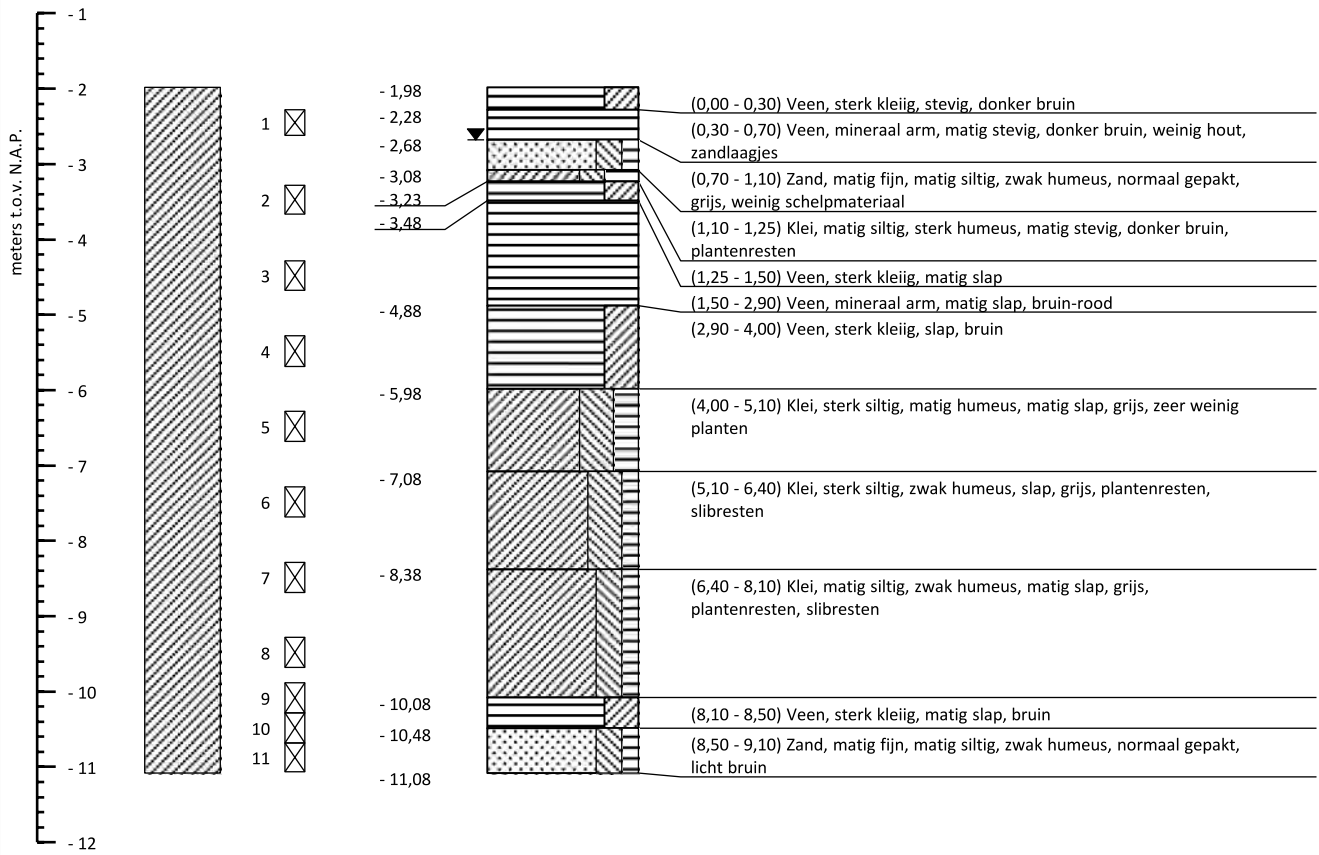
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Aanleg kabel langs de A9	RD coördinatensysteem	Ouderkerk aan de Amstel
Liandon B.V.	X = 121 716	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 478 387	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 26-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B007



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (25-1-2017): N.A.P. - 2,68 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 = 121 745	Pulsboring
	Y = 478 394	Boormeester: Arthur Zwart
	Uitgevoerd: 25-1-2017	Opdrachtnr.: 67132
	Blad 1 van 1	Boornummer: B008



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 Advies & Infra

Datum van rapport: 15-3-2017
Tijd van rapport: 15:28:57

Bestandsnaam: \\Client\D\$\D-Geo\D-Geo HDD 2 Amstelveen

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring
4xØ200mm PE100 SDR11
HDD 2 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	5
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 Bovenaanzicht	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	12
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	13
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	13
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	14
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	15
4 Grondmechanische Parameters	16
4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	16
4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	17
4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	18
4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	19
5 Gegevens voor Spanningsanalyse	21
5.1 Algemene gegevens	21
5.2 Ballasten Leiding	21
5.3 Trekkkrachtberekening	21
6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	23
6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	23
6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	23
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	24
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	24
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	24
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie	24
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk	25
6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	25
6.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	26
7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	27
7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	27
7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	27
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	28
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	28
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie	28
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk	29
7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	29
7.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	31
8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	31
8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	31
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	32
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	32
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	32
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	33
8.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	35
9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	35
9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	35
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	36
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	36
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	36
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	38

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
6 - X -	-10,000	0,000	10,000	19,700	23,000
6 - Y -	-2,100	-2,100	-2,100	-2,100	-3,700
6 - X -	26,100	30,100	40,800	45,200	46,400
6 - Y -	-3,700	-2,100	-2,100	-2,700	-3,700
6 - X -	49,300	50,500	54,900	58,300	62,600
6 - Y -	-3,700	-2,700	-1,700	-1,700	-1,700
6 - X -	75,700	110,000			
6 - Y -	-1,600	-1,600			
5 - X -	-10,000	110,000			
5 - Y -	-3,750	-3,750			
4 - X -	-10,000	110,000			
4 - Y -	-5,810	-5,810			
3 - X -	-10,000	110,000			
3 - Y -	-9,310	-9,310			
2 - X -	-10,000	110,000			
2 - Y -	-9,710	-9,710			
1 - X -	-10,000	110,000			
1 - Y -	-12,750	-12,750			
0 - X -	-10,000	110,000			
0 - Y -	-15,000	-15,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-10,000	110,000			
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	-2,10	[m]
Z coördinaat linker punt	0,00	[m]
X coördinaat rechter punt	99,60	[m]
Y coördinaat rechter punt	-1,60	[m]
Z coördinaat rechter punt	0,00	[m]
Hoek links	18,00	[graden]
Hoek rechts	18,00	[graden]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-11,00	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,00	[graden]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100,00	[m]
Kromtestraal links, vertikaal in/uit	130,00	[m]
Kromtestraal rechts, vertikaal in/uit	130,00	[m]
Aantal horizontale bochten:	0	[-]

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken

2.8 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
1	10,00	-5,33	0,00
2	15,00	-6,75	0,00
3	20,00	-7,95	0,00
4	25,00	-8,95	0,00
5	30,00	-9,75	0,00
6	35,00	-10,35	0,00
7	40,00	-10,75	0,00
8	45,00	-10,97	0,00
9	50,00	-11,00	0,00
10	55,00	-10,91	0,00
11	60,00	-10,62	0,00
12	65,00	-10,14	0,00
13	70,00	-9,46	0,00
14	75,00	-8,59	0,00
15	80,00	-7,51	0,00
16	85,00	-6,22	0,00
17	90,00	-4,72	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]	E _{mod} top [kN/m ²]	E _{mod} 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

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 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/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]
Volumegegewicht 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]
Volumegegewicht 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

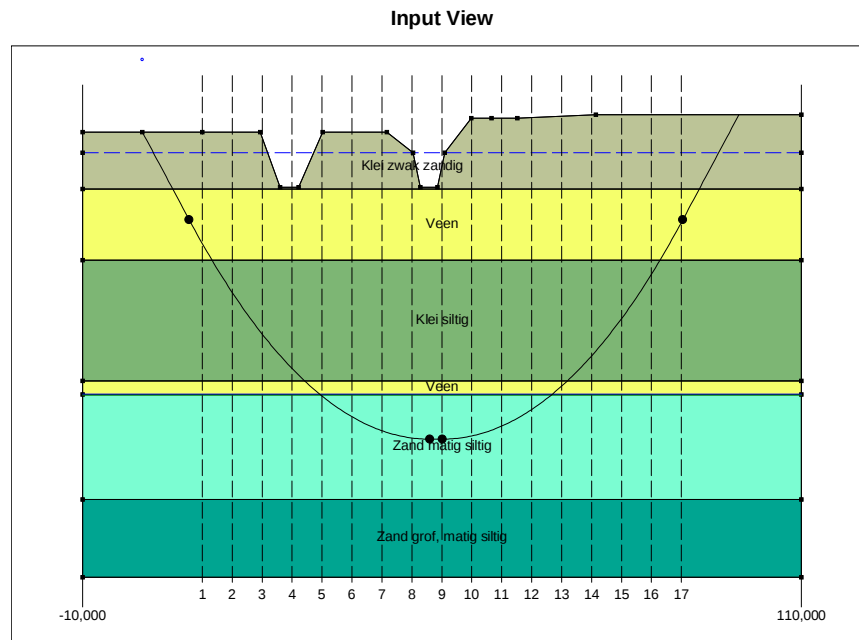
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[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



2.12.2 Geometrie Bovenaaanzicht

Top View

2.13 Boorvloeistof Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,160	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,060	[m]
Diameter boorgat voorruimen	0,640	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,060	[m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,640	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,400	[m]
Debiet tijdens pilotboring	250,2	[liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	199,8	[liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	199,8	[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	130	130	45	109
2	109	109	65	122
3	95	95	82	132
4	90	90	98	140
5	180	178	111	145
6	362	255	121	148
7	409	366	129	149
8	394	376	135	148
9	380	362	139	145
10	442	438	142	140
11	418	356	142	133
12	331	210	140	124
13	113	113	136	113
14	106	106	130	99
15	102	102	121	83
16	154	154	110	64
17	156	156	97	43

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	130	130	38	45
2	109	109	55	65
3	95	95	69	82
4	90	90	82	93
5	180	178	91	101
6	362	168	99	108
7	409	189	104	112
8	394	194	107	114
9	380	189	108	113
10	442	218	107	112
11	418	185	104	108
12	331	205	99	102
13	113	113	92	94
14	106	106	83	83
15	102	102	71	70
16	154	154	56	55
17	156	156	40	37

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	130	130	40	38
2	109	109	58	55
3	95	95	73	69
4	90	90	86	82
5	180	178	96	91
6	362	168	104	99
7	409	189	110	104
8	394	194	114	107
9	380	189	113	108
10	442	218	112	107

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
11	418	185	108	104
12	331	205	102	99
13	113	113	94	92
14	106	106	83	83
15	102	102	70	71
16	154	154	55	56
17	156	156	37	38

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.

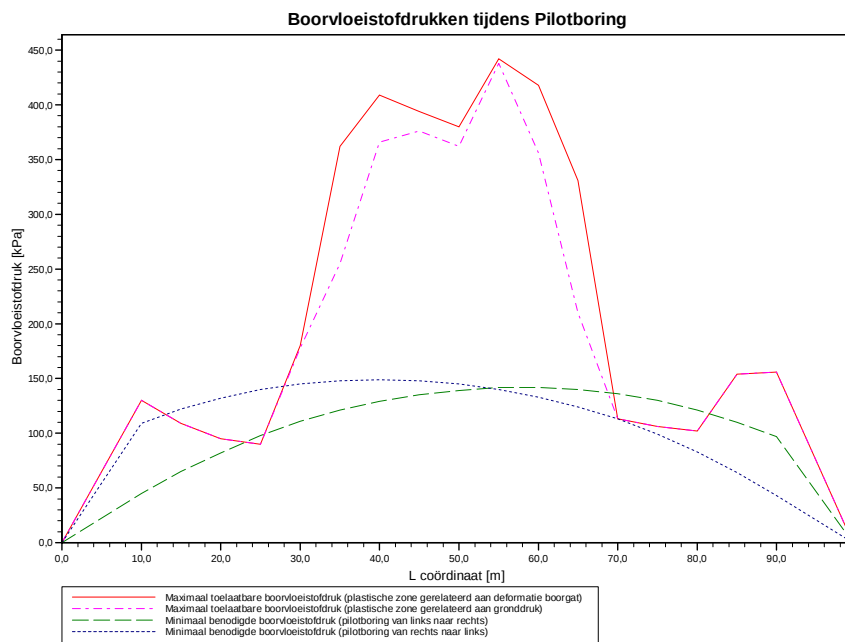
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	37	26	1,42	voldoet
2	54	40	1,33	voldoet
3	68	53	1,30	voldoet
4	80	63	1,28	voldoet
5	90	71	1,27	voldoet
6	97	77	1,26	voldoet
7	102	81	1,26	voldoet
8	105	83	1,26	voldoet
9	105	83	1,27	voldoet
10	105	82	1,27	voldoet
11	102	79	1,28	voldoet
12	96	74	1,30	voldoet
13	89	68	1,32	voldoet
14	79	59	1,35	voldoet
15	67	48	1,40	voldoet
16	53	35	1,50	voldoet
17	36	20	1,78	voldoet

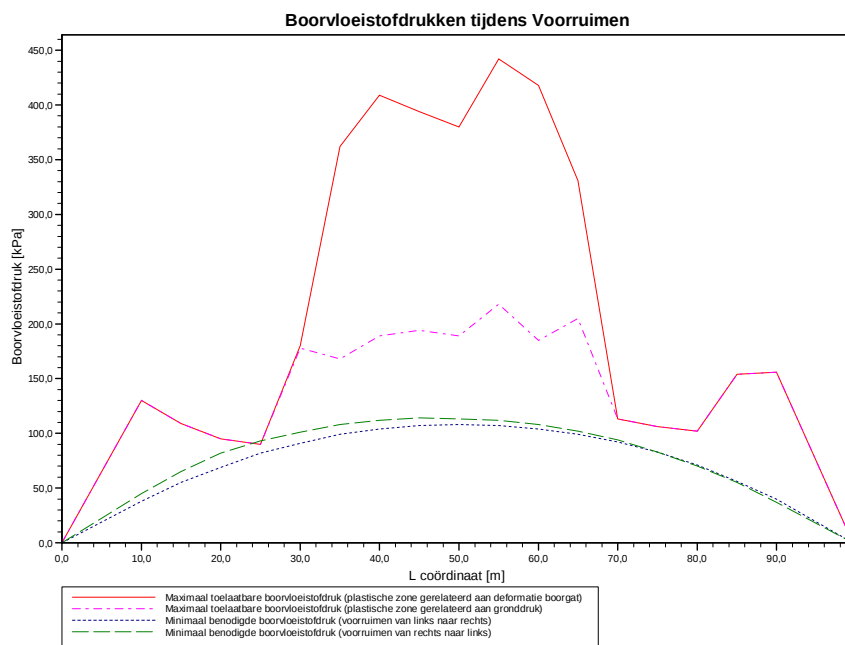
De statische mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van mud druk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

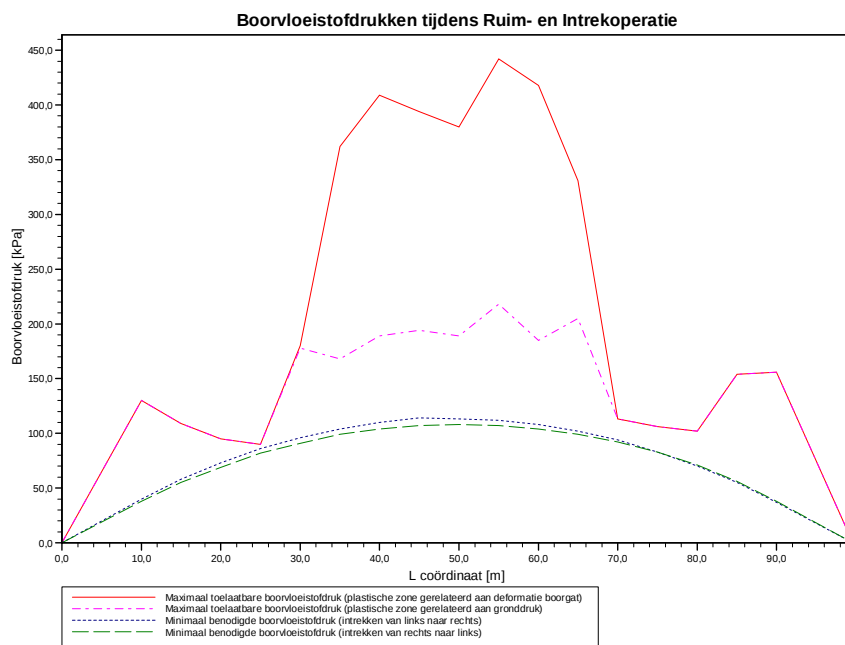
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



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	39	19	8	11	491
2	117	26	11	15	4635
3	140	33	13	17	5459
4	117	26	12	16	5459
5	573	47	14	19	3742
6	705	54	15	20	176640
7	799	58	15	21	316619
8	684	52	14	19	335771
9	605	48	13	18	335771
10	959	66	17	23	335771
11	886	62	16	22	270232
12	775	57	16	21	105791
13	87	54	16	22	5183
14	179	48	16	21	5459
15	156	39	15	20	5459
16	127	29	12	16	2002
17	50	26	10	13	1496

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	3532	121	2472	39	0,05	8
2	0	5459	543	3822	117	0,05	8
3	0	5459	697	3822	140	0,05	8
4	0	109648	459	76753	117	0,05	8
5	0	335771	3020	235040	804	0,05	8
6	0	335771	3474	235040	899	0,05	8
7	0	335771	3755	235040	954	0,05	8
8	0	335771	3360	235040	879	0,05	8
9	0	335771	3126	235040	829	0,05	8
10	0	335771	4239	235040	1044	0,05	8
11	0	335771	4041	235040	1007	0,05	8
12	0	335771	3725	235040	946	0,05	8
13	0	285405	1341	199783	87	0,05	8
14	0	3547	998	2483	179	0,05	8
15	0	5459	821	3822	156	0,05	8
16	0	5459	608	3822	127	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]
17	0	533	162	373	50	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 66 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 23 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	39	19	8	11	491
2	117	26	11	15	4635
3	140	33	13	17	5459
4	117	26	12	16	5459
5	573	47	14	19	3742
6	705	54	15	20	176640
7	799	58	15	21	316619
8	684	52	14	19	335771
9	605	48	13	18	335771
10	959	66	17	23	335771
11	886	62	16	22	270232
12	775	57	16	21	105791
13	87	54	16	22	5183
14	179	48	16	21	5459
15	156	39	15	20	5459
16	127	29	12	16	2002
17	50	26	10	13	1496

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	3532	121	2472	39	0,05	8
2	0	5459	543	3822	117	0,05	8
3	0	5459	697	3822	140	0,05	8
4	0	109648	459	76753	117	0,05	8
5	0	335771	3020	235040	804	0,05	8
6	0	335771	3474	235040	899	0,05	8
7	0	335771	3755	235040	954	0,05	8
8	0	335771	3360	235040	879	0,05	8
9	0	335771	3126	235040	829	0,05	8
10	0	335771	4239	235040	1044	0,05	8
11	0	335771	4041	235040	1007	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]
12	0	335771	3725	235040	946	0,05	8
13	0	285405	1341	199783	87	0,05	8
14	0	3547	998	2483	179	0,05	8
15	0	5459	821	3822	156	0,05	8
16	0	5459	608	3822	127	0,05	8
17	0	533	162	373	50	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 66 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 23 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	39	19	8	11	491
2	117	26	11	15	4635
3	140	33	13	17	5459
4	117	26	12	16	5459
5	573	47	14	19	3742
6	705	54	15	20	176640
7	799	58	15	21	316619
8	684	52	14	19	335771
9	605	48	13	18	335771
10	959	66	17	23	335771
11	886	62	16	22	270232
12	775	57	16	21	105791
13	87	54	16	22	5183
14	179	48	16	21	5459
15	156	39	15	20	5459
16	127	29	12	16	2002
17	50	26	10	13	1496

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	3532	121	2472	39	0,05	8
2	0	5459	543	3822	117	0,05	8
3	0	5459	697	3822	140	0,05	8
4	0	109648	459	76753	117	0,05	8
5	0	335771	3020	235040	804	0,05	8
6	0	335771	3474	235040	899	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]
7	0	335771	3755	235040	954	0,05	8
8	0	335771	3360	235040	879	0,05	8
9	0	335771	3126	235040	829	0,05	8
10	0	335771	4239	235040	1044	0,05	8
11	0	335771	4041	235040	1007	0,05	8
12	0	335771	3725	235040	946	0,05	8
13	0	285405	1341	199783	87	0,05	8
14	0	3547	998	2483	179	0,05	8
15	0	5459	821	3822	156	0,05	8
16	0	5459	608	3822	127	0,05	8
17	0	533	162	373	50	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 66 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 23 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	39	19	8	11	491
2	117	26	11	15	4635
3	140	33	13	17	5459
4	117	26	12	16	5459
5	573	47	14	19	3742
6	705	54	15	20	176640
7	799	58	15	21	316619
8	684	52	14	19	335771
9	605	48	13	18	335771
10	959	66	17	23	335771
11	886	62	16	22	270232
12	775	57	16	21	105791
13	87	54	16	22	5183
14	179	48	16	21	5459
15	156	39	15	20	5459
16	127	29	12	16	2002
17	50	26	10	13	1496

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	3532	121	2472	39	0,05	8
2	0	5459	543	3822	117	0,05	8
3	0	5459	697	3822	140	0,05	8
4	0	109648	459	76753	117	0,05	8
5	0	335771	3020	235040	804	0,05	8
6	0	335771	3474	235040	899	0,05	8
7	0	335771	3755	235040	954	0,05	8
8	0	335771	3360	235040	879	0,05	8
9	0	335771	3126	235040	829	0,05	8
10	0	335771	4239	235040	1044	0,05	8
11	0	335771	4041	235040	1007	0,05	8
12	0	335771	3725	235040	946	0,05	8
13	0	285405	1341	199783	87	0,05	8
14	0	3547	998	2483	179	0,05	8
15	0	5459	821	3822	156	0,05	8
16	0	5459	608	3822	127	0,05	8
17	0	533	162	373	50	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 66 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 23 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 = 130 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	4
T2	10	7
T3	51	20
T4	53	21
T5	94	35
T6	102	37

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	: $L = 102 \text{ m}$
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	: $P_{v;r;n;\max} = 23 \text{ kN/m}^2$
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:

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

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

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

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

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

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

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

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,01495 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,9 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,9 \quad N/mm^2$$

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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,7	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

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:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

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)	1,1	2,3	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,9	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,7	1,7

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (1,11% 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 108 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 83 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	: $L = 102 \text{ m}$
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	: $P_{v;r;n;\max} = 23 \text{ kN/m}^2$
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:

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

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

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

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

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

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

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

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,01495 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,9 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,9 \quad N/mm^2$$

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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,7	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

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:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

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)	1,1	2,3	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,9	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,7	1,7

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (1,11% 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 108 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 83 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	: $D_o = 200,00 \text{ mm}$
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	: $L = 102 \text{ m}$
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	: $P_{v;r;n;\max} = 23 \text{ kN/m}^2$
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	: $\alpha_g = 0,00018 \text{ mm/mmK}$

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:

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

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

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

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

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

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

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

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,01495 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,9 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,9 \quad N/mm^2$$

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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,7	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

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:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

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)	1,1	2,3	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,9	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,7	1,7

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (1,11% 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 108 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 83 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	: $L = 102 \text{ m}$
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	: $P_{v;r;n;\max} = 23 \text{ kN/m}^2$
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	: $f_{p_d} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{p_d;\text{comb}} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{p_t} = 1,00$
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	: $f_{k_v} = 1,60$
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:

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

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

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

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

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

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

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

Tangentele spanning:

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

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

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

$$q_r = 0,01495 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,9 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,9 \quad N/mm^2$$

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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	1,7	N/mm ²
---	---	-----	-------------------

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

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:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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)	1,1	2,3	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,9	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	1,7	1,7

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (1,11% 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 108 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 83 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 uitredepunt 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 Browline magnetometer based system, which was developed in the years 1999 / 2000. Navigation is achieved by the use of three magneto-resistive magnetometers and three accelerometers. This is a well-known configuration. However the wireless signal transmission developed for this probe uses new technology. Downhole electronics are used to modulate the signals. A downhole transmitter sends signals via the drillstring. The negative pole can be placed anywhere above the drillstring at the surface. the signals are demodulated at the surface in the receiver electronics. This wireless transmission system sends three times per second data to the surface. The data string contains the azimuth, pitch and roll angles of the drillhead, as well as downhole internal probe temperature and the mud pressure.

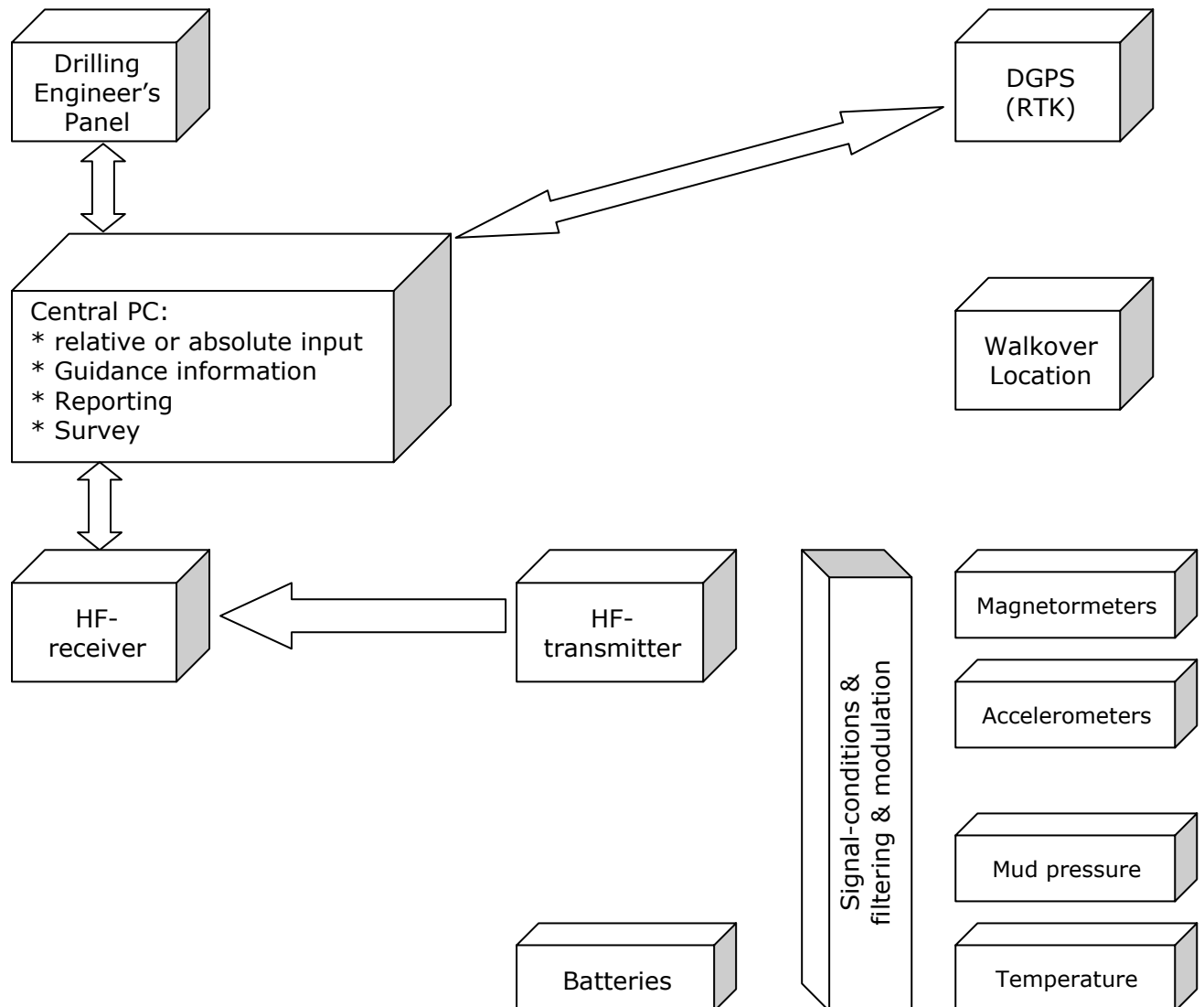


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

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

2. GYROSCOPIC SENSORS.

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

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



Figure 2.

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

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

The total unit is built 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 built. 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.

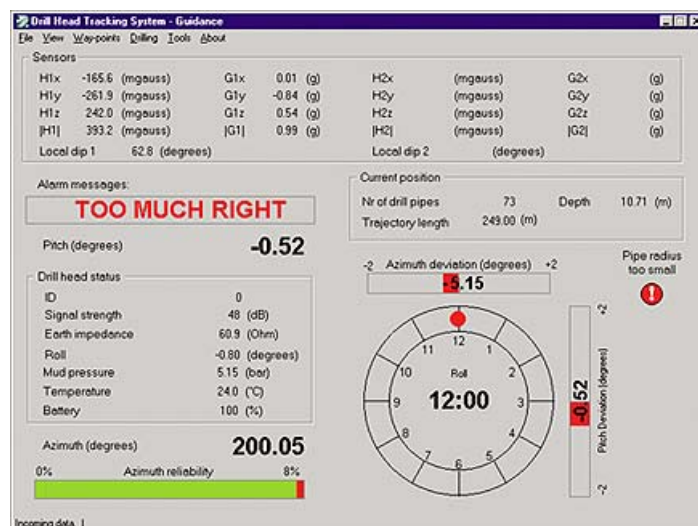


Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

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
- Gecertificeerd volgens KIWA-ATA, dus veilig voor gebruik in drinkwatergebieden.

Specificatie

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

Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Yield	OCMA DFCP-4	$\geq 16,0 \text{ m}^3/\text{ton}$	$17,4 \text{ m}^3/\text{ton}$
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.

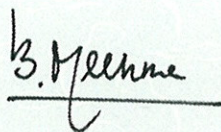
Nummer	K2112/03	Vervangt	K2112/02
Uitgegeven	2006-07-01	D.d.	2004-11-01

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).