

Opdrachtgever : ENEXIS NETBEHEER B.V.
Contactpersoon :
Adres : Zwaanhoefstraat 12
Plaats: : 4702 LC Roosendaal

Hoofdvesting (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

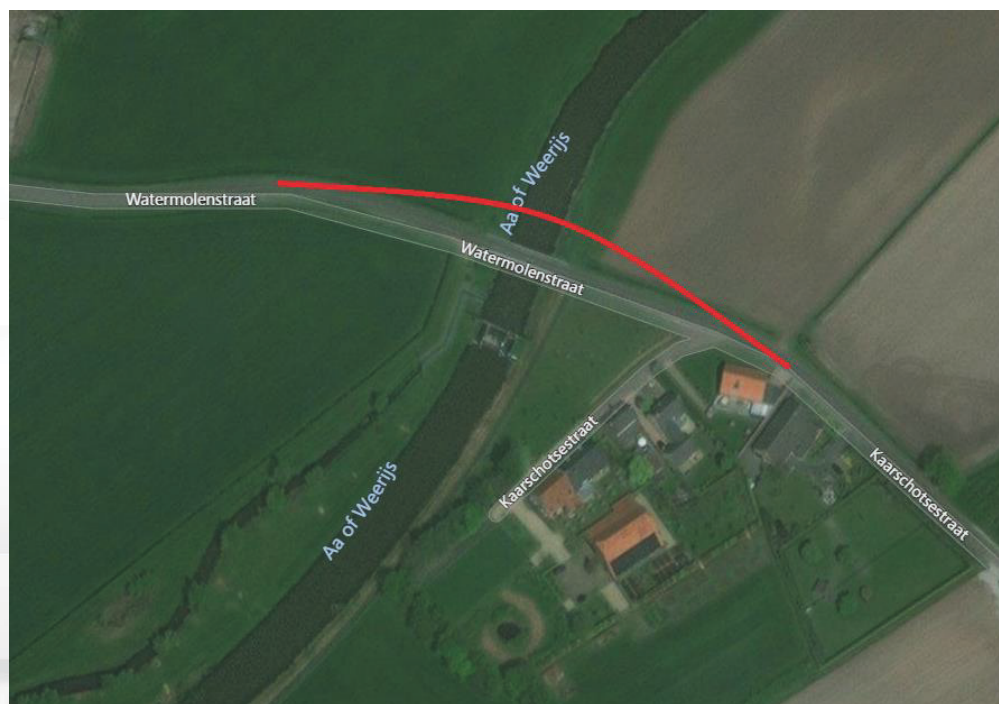
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

Onderwerp: Werkomschrijving horizontaal gestuurde boring te Rijsbergen

Horizontaal gestuurde boring HDD11

t.b.v. aanleg 20kV kabelverbinding

Watermolenstraat – Kaarschotsestraat te Rijsbergen



Figuur 1 overzicht werklocatie

Versie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Akkoord
1	22-04-2020	Voor vergunning	NN	BV	AvL

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	6
3.1	Algemeen	6
4.	Materieel	9
4.1	Voorstel in te zetten boormaterieel	9
4.2	In te zetten meetsysteem	9
4.3	Afwijkingen	10
4.4	Boortechnische wijze van uitvoeren	10
4.5	Kwaliteitsregistratie van de boring	10
4.6	Registratie bentoniet	11
4.7	Registratie aanmaakwater	11
4.8	Bouwmaterialen	11
5.	Beoordeling gestuurde boring	13
5.1	Tijdschema	13
5.2	Locatie in- en uittredepunt	13
5.3	Beschrijving grondgesteldheid	14
5.4	Grondwaterstanden	14
6.	Berekeningsresultaten	15
6.1	Boorspoeldrukken	15
6.2	Sterkteberekening	16
6.3	Trekkracht berekening	17

Lijst met tabellen

Tabel 1	Versie- en wijzigingsoverzicht	1
Tabel 2	Specificaties boring	4
Tabel 3	Specificaties mantelbuizen	5
Tabel 4	Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)	10
Tabel 5	Grondwaterstanden	14
Tabel 6	Toetsing materiaalspanningen 250mm	16
Tabel 7	Toetsing materiaalspanningen 110mm	16
Tabel 8	Voorspelling trekkracht	17

Lijst met figuren

Figuur 1	overzicht werklocatie	1
Figuur 2	pilotboring	6
Figuur 3	ruimfase	7
Figuur 4	intrekfase	8
Figuur 5	boor-rig	9
Figuur 6	schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)	14
Figuur 7	boorspoeldrukken tijdens pilotboring	15

Lijst met bijlagen

Bijlage 1	Boortekening	18
Bijlage 2	Grondonderzoek	19
Bijlage 3	Resultaten sterkteberekening D-Geo Pipeline	20
Bijlage 4	Beschrijving boorvloeistof	21



1. Inleiding

Enexis Netbeheer B.V. is momenteel bezig met de voorbereiding voor aanleg van een 20kV kabelverbinding voor een aansluiting van een windmolenpark Hazeldonk.

Ten behoeve van de aanleg van deze kabelverbinding is de realisatie van een aantal horizontaal gestuurde boringen noodzakelijk.

Dit rapport behandelt de aanleg van horizontaal gestuurde boring (HDD-11) en is uitsluitend opgesteld voor de vergunningaanvraag voor deze werkzaamheden.

Hoofdvesting (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

2. Uitgangspunten

2.1 Informatie

Voor dit schrijven hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
 - o 1911175 - PS ENX Zundert Rijsbergen-Blad 1-Versie 2.pdf
 - o B11352 Boring 11,12 en 13.dwg
- Document(en):
 - o -
- Grondonderzoek
 - o Grondonderzoek Geonius Geotechniek (GA200286.R01.v1.0)

2.2 Voorschriften en literatuur

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring 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 boortechnieken Rijkswaterstaat januari 2019
- DCA (Drilling Contractors Association) Technical Guidelines 2nd february 2001

2.3 Ontwerp

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

De uiteindelijke civiele aannemer dient de ontwerpen te beoordelen op uitvoerbaarheid, risico's en afwijkingen in het ontwerp, grondslag en KLIC. Na controle zal hij hiervoor de ontwerpverantwoordelijkheid overnemen van opdrachtgever.

Omschrijving	HDD	Eenheid
Lengte	191.8	m
Intredehoek	16	o
Uittredehoek	16	o
Neergaande bochtstraal	230	m
Opgaande bochtstraal	230	m
Horizontale bochtstraal	200	m

Tabel 2 Specificaties boring



Omschrijving	
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	250mm
Wanddikte	22.72mm
Aantal	3
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	110mm
Wanddikte	10.00mm
Aantal	2

Tabel 3 Specificaties mantelbuizen

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

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.

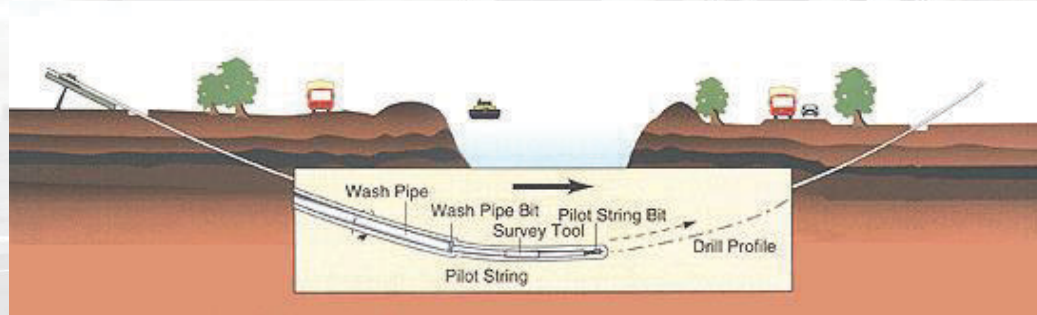
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- 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 mediumleiding;
- 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

ATRON-Engineering

Project: 2024-1119-01-HDD11

Datum: 22-04-2020

Versie: 01

Hoofdvesting (correspondentieadres)

Hulsenboschstraat 22 B-1

4251 LR Werkendam

Nevenvestiging

Tjalk 43

2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020

E info@atron-engineering.nl

www.atron-engineering.nl

KvK 70156689

BTW NL858166173B01

IBAN NL42INGB006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

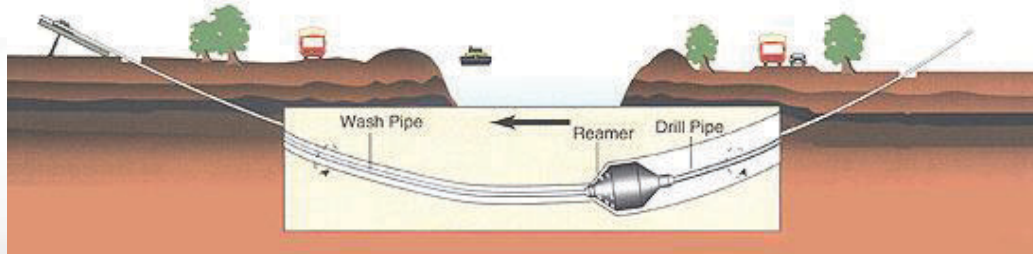
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing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

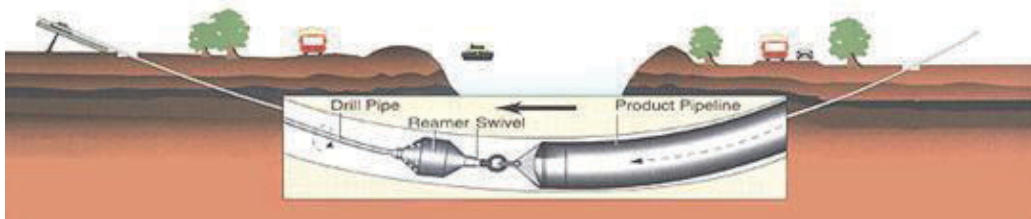
Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

Fase 3: Intrekken mantelbuizen:



Figuur 4 intrekfase

Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de mantelbuis 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 mantelbuis.

Ten behoeve van het inbrengen van de mantelbuis wordt tussen de ruimer en de mantelbuis een swivel (wartellager) gemonteerd zodat geen rotatie van de mantelbuis kan optreden. Nadat de 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.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

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.



Merk/type: GRUNDODRILL25Nplus

Motor:	224 kW T4i
Gewicht:	19000 kg
Max. draaimoment:	11000 Nm
Max. opneembare trekkracht:	28 ton
Max. drukkracht:	28 ton
Max. intrede:	11-25 graden

Figuur 5 boor-rig

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

Voor de uitvoering van deze gestuurde boringen is rekening gehouden met een boogstraal van minimaal 100meter zodat deze boring kan worden gerealiseerd met zowel een walk-over als een gyro steeringtool meetsysteem hierbij dient de civiele aannemer rekening te houden met eventuele aanvullende voorwaarden/eisen vanuit Enexis bij de keuze voor het in te zetten meetsysteem.

ATRON-Engineering

Project: 2024-1119-01-HDD11

Datum: 22-04-2020

Versie: 01

Hoofdvestiging (correspondentieadres)

Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging

Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020

E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689

BTW NL858166173B01

IBAN NL42INGB006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

4.3 Afwijkingen

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

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

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

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

Tabel 4 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)

4.4 Boortechnische wijze van uitvoeren

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

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

4.5 Kwaliteitsregistratie van de boring

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

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

- Azimuth (graden), Pitch (graden), Diepte (meter);

Deze meetgegevens dienen te worden opgenomen in een “drill-sheet” (of vergelijkbaar document) en door het boorbedrijf te worden gearhiveerd. 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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$);
- hardheid (-);
- Eventuele toevoegingen (soort – kg/M3);

4.8 Bouwmaterialen

Buizen

De buizen zullen in lengtes geleverd worden en door middel van lassen aan elkaar worden verbonden. De inwendige lasrillen dienen verwijderd te worden. Dit dient te gebeuren met gekwalificeerd personeel en gecertificeerd materieel. In voorliggend geval kunnen de mantelbuizen tevens van haspel worden ingetrokken.

Boorvloeistof

Boorvloeistof dient te bestaan uit een mengsel van schoon water en bentoniet. De mix hoeveelheid kan van variëren omdat de mengverhouding wordt aangepast aan de lokaal geconstateerde grondslag. Als bijlage is een voorbeeld toegevoegd voor de toepassing en eigenschappen van boorpoeling. Indien dit noodzakelijk is voor de uitvoering van de werkzaamheden of welslagen van de horizontaal gestuurde boring zal de aannemer eventueel benodigde toevoegstoffen gebruiken.

Vrijkomende grond / boorspoeling

Op de projectlocatie mag enkel gerecyclede boorspoeling worden toegepast mits deze is voorzien van een gelding keuringscertificaat. In andere gevallen dient de boorspoeling vers te worden aangemaakt op de projectlocatie.

Alle vrijkomende grond die, op basis van chemische verontreinigingen dan wel op basis van fysische eigenschappen, niet geschikt is om herverwerkt te worden, boorspoeling of overtollige grond wordt geacht voor de opdrachtgever geen waarde te hebben.

Aannemer dient overtollige boorspoeling of vrijgekomen cuttings af te voeren naar een bewerkings-, verwerkings- of eindverwerkingsinrichting, als bedoeld in de Wet milieubeheer. Hierbij behoort tevens het afgeven van de grond aan de desbetreffende inrichting inclusief alle kosten zoals leges, acceptatiekosten en vervoerskosten tot klasse industrie.

Bij oplevering zullen geleide bewijzen, transportbrieven, stortbewijzen etc. dienen te worden getoond dan wel als hard copy bij de opleverbescheiden te worden aangeleverd.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)

Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging

Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020

E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689

BTW NL858166173B01

IBAN NL42INGB006956686

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 tijdschema van toepassing zijn:

- Inrichten werkterrein	: 0.50	dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring	: 0.75	dag(en)
- Uitvoeren van de eerste ruimgang	: 0.50	dag(en)
- Intrekken van de mantelbuizen	: 0.50	dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein	: 0.50	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

Het intredepunt van de horizontaal gestuurde boring bevindt zich in het asfalt van de Watermolenstraat ten westen van de watergang de Aa of Weerij. Het asfalt dient gezaagd te worden en verwijderd ten behoeve van het maken van het intredepunt. In de berm en achter de boor-rig is voldoende ruimte aanwezig voor de opstelling van het benodigde materieel.

Het uittredepunt is gelegen aan de andere zijde van de Aa of Weerij. Het uittredepunt is gelegen in het asfalt van de Kaarschotsestraat, om het uittredepunt te maken dient asfalt te worden gezaagd en verwijderd. Achter het uittredepunt is voldoende ruimte voor het uitleggen en lassen van de mantelbuizen.

De aannemer dient rekening te houden met de bereikbaarheid voor belanghebbenden. Voor de uitvoering van de werkzaamheden zullen door de aannemer de benodigde verkeersplannen opgesteld dienen te worden om goedkeuring te verkrijgen van de wegbeheerders.

Het vaststellen van de precieze omvang van het werkterrein is onderdeel van de voorbereidingen voor de uitvoering en heeft goedkeuring van de opdrachtgever. Aannemer dient zich ten tijde van de aanbieding te vergewissen of er voldoende werkruimte aanwezig is.

Hoofdvesting (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

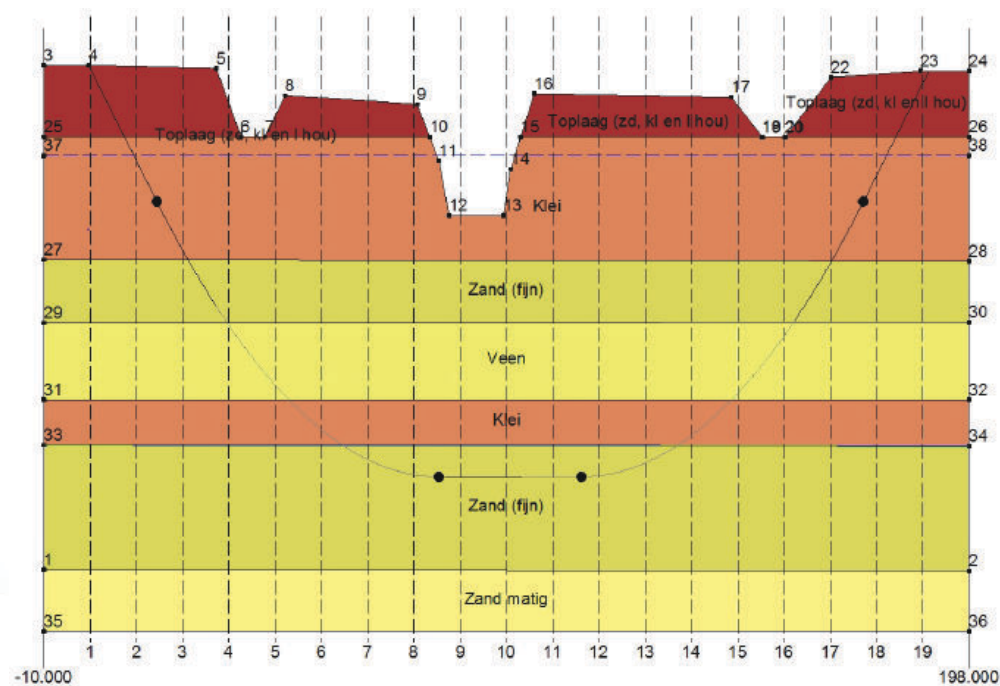
Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

5.3 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 afwisselende klei en veenlagen. De vloerbuis bevindt zich geheel in een matig-/vast zandpakket.

5.4 Grondwaterstanden

Ter plaatse van het in en uitredepunt 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 -MV
GWS SWW02	2,4m	ca. -1.7m

Tabel 5 Grondwaterstanden

Hoofdvesting (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

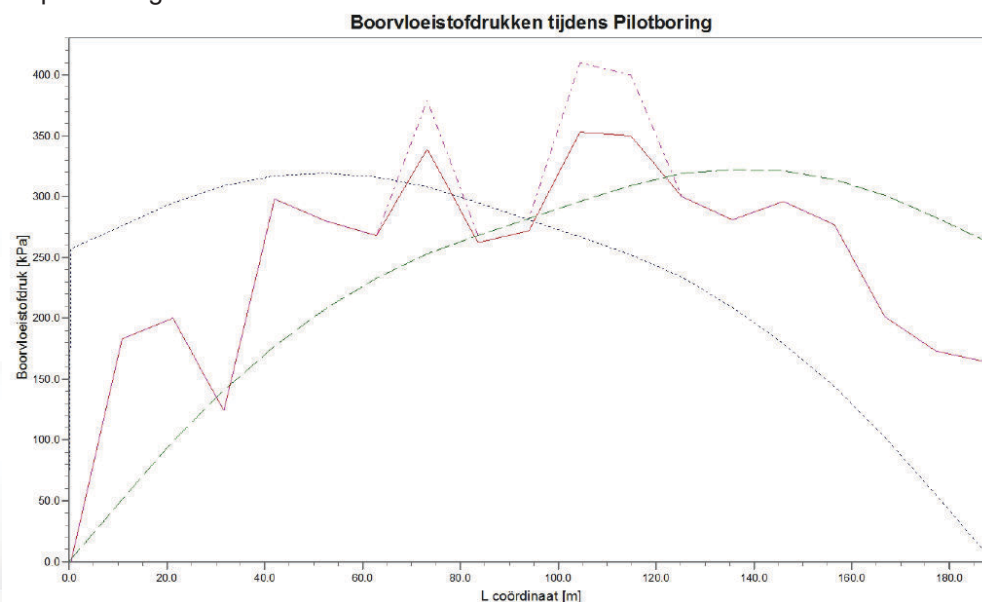
Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

6. Berekeningsresultaten

In onderstaande hoofdstukken zijn de resultaten weergegevens uit de sterkte en mud-druk berekeningen vervaardigd in het programma D-Geo Pipeline van Deltares conform de NEN 3650. Deze berekeningen zijn toegevoegd als Bijlage 3. De uiteindelijke civiele aannemer dient vooruitlopend op de werkzaamheden deze berekeningen te controleren en-/of controleberekeningen op te stellen ter verificatie van onderstaande conclusies.

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

Nabij het uittredepunt bestaat de kans op een mud uitbraak. De mud engineer dient tijdens het boor proces de mud-drukken nauwlettend in de gaten te houden en nabij uittrede dient de voortgangssnelheid en pompdruk te worden verlaagd om een mud uitbraak te voorkomen.

Hoofdvesting (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

6.2 Sterkteberekening

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

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

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.55	3.68	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.26	0.26
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	4.51	4.51

Tabel 6 Toetsing materiaalspanningen 250mm

De maximale deflectie op de mantelbuizen bedraagt 7,2 mm ($2,89\% \times D_o$) voor de 250mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 12,5mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	1.31	3.27	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.12	0.12
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.22	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	4.43	4.43

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen 110mm

De maximale deflectie op de mantelbuizen bedraagt 3,1 mm ($2,82\% \times D_o$) voor de 110mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 5,5mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar.

De uitwendige druk blijft tijdens uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk voor zowel de 250mm als de 110mm mantelbuis.

Het toegepaste materiaal: PE100 SDR11 is hiermee voldoende sterk. Dit geldt zowel tijdens het intrekken van de mantelbuizen als in de bedrijfsfase.

Hoofdvesting (correspondentieadres)
 Hulsboschstraat 22 B-1
 4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
 Tjalk 43
 2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
 E info@atron-engineering.nl
 www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
 BTW NL858166173B01
 IBAN NL42INGB006956686

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 mantelbuis tijdens de intrekfase 0% wordt gevuld met water.

De benodigde trekkraft voor het intrekken van de boorstreng bedraagt voor deze gestuurde boring circa 90kN.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	10
T2	16	15
T3	80	42
T4	112	55
T5	176	85
T6	192	90

Tabel 8 Voorspelling trekkraft

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

Bijlage 1 Boortekening

Hoofdvestiging (correspondentieadres)

Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging

Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

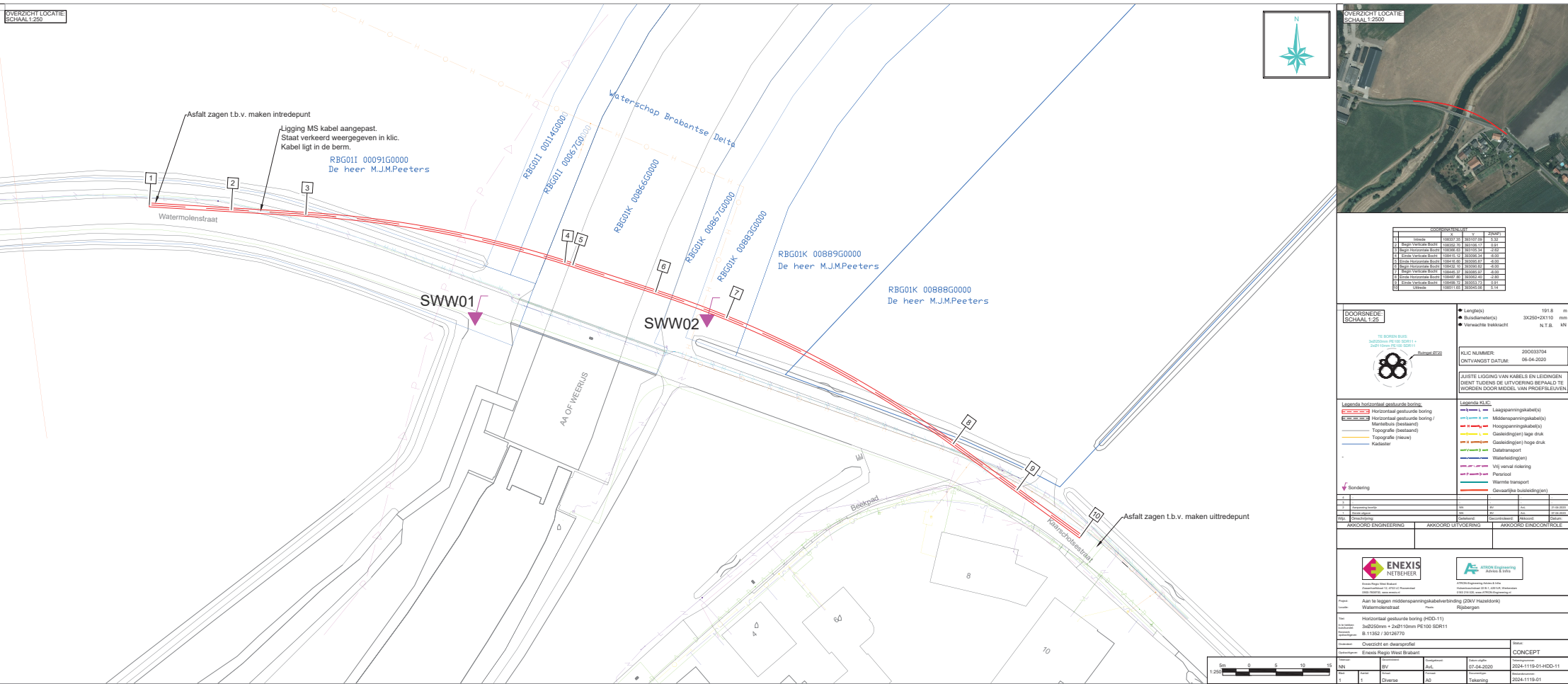
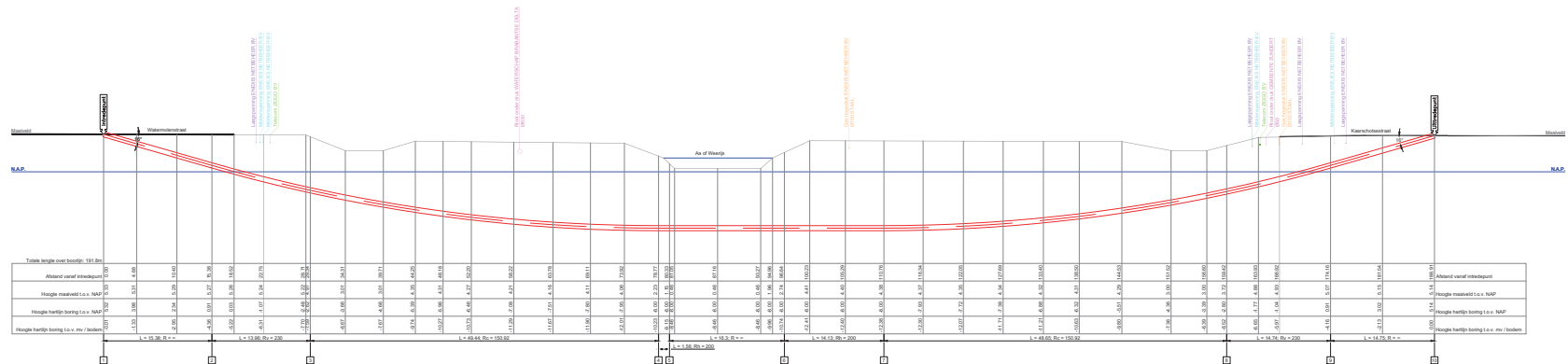
T 0183-216020

E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689

BTW NL858166173B01

IBAN NL42INGB006956686



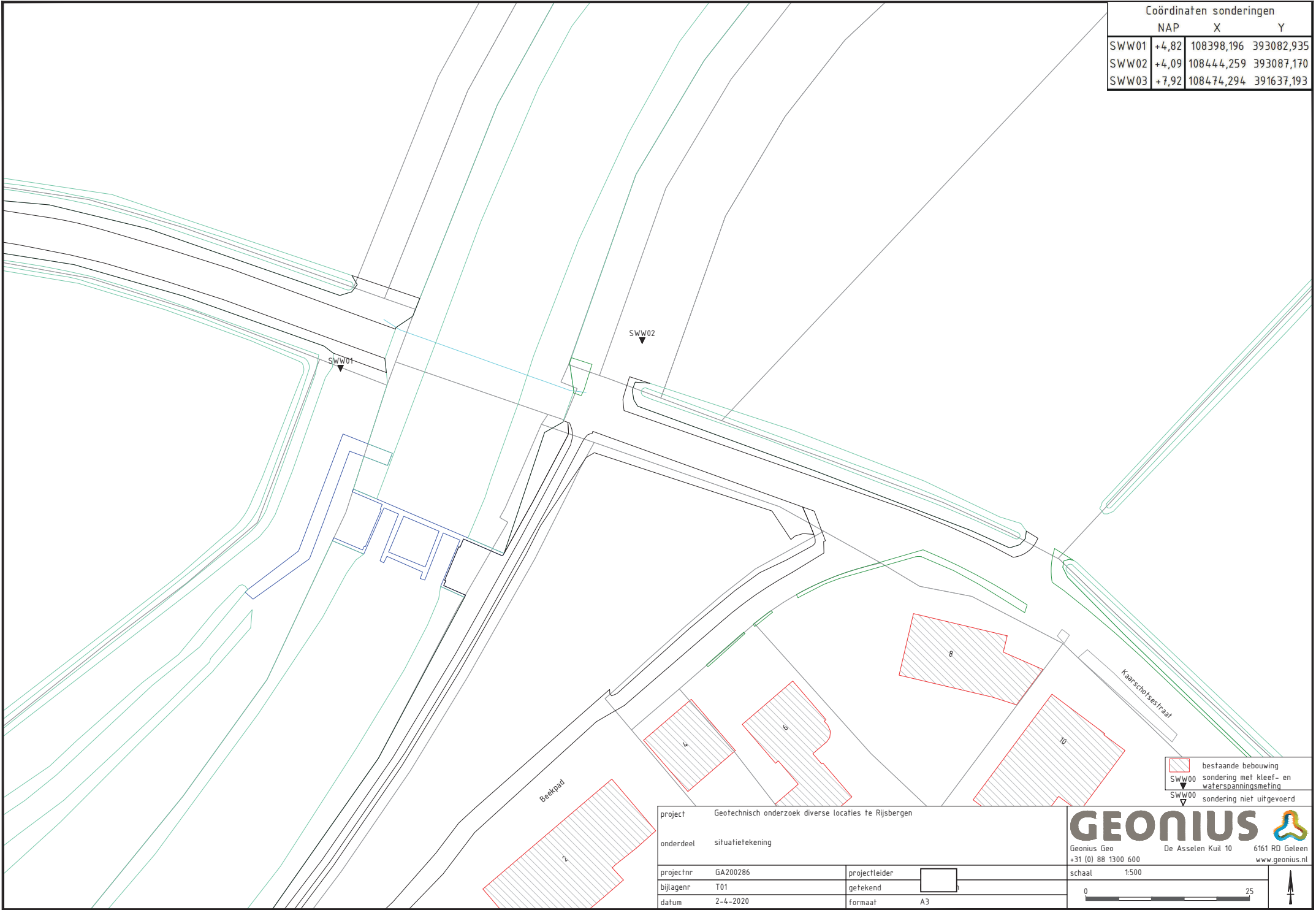
Bijlage 2 Grondonderzoek

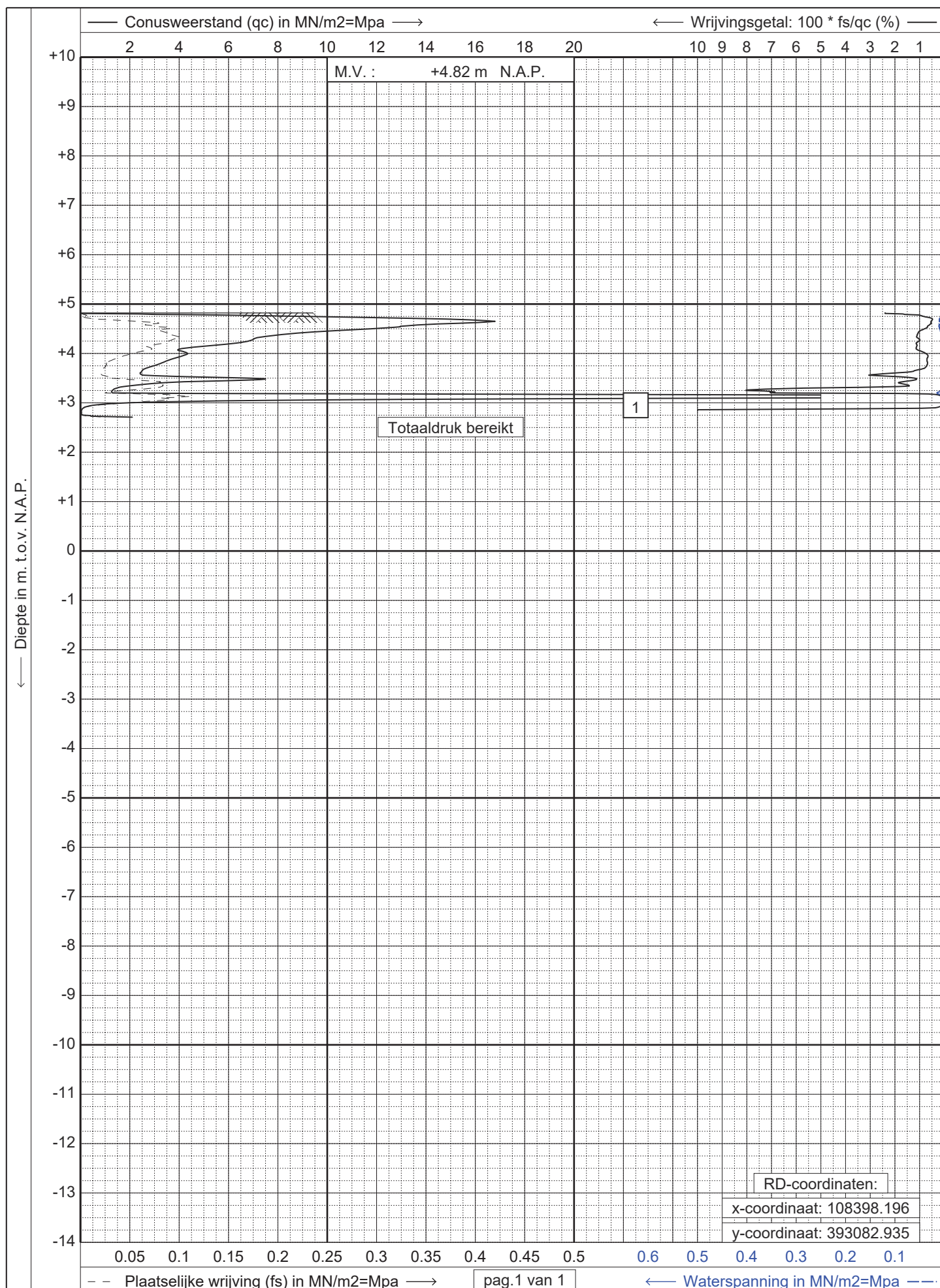
Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686





GEONIUS

www.geonius.eu
E-mail: info@geonius.eu
Tel.: 088-1300600
Fax.: 088-1300669

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2

Project : **Geotechnisch onderzoek diverse locaties**

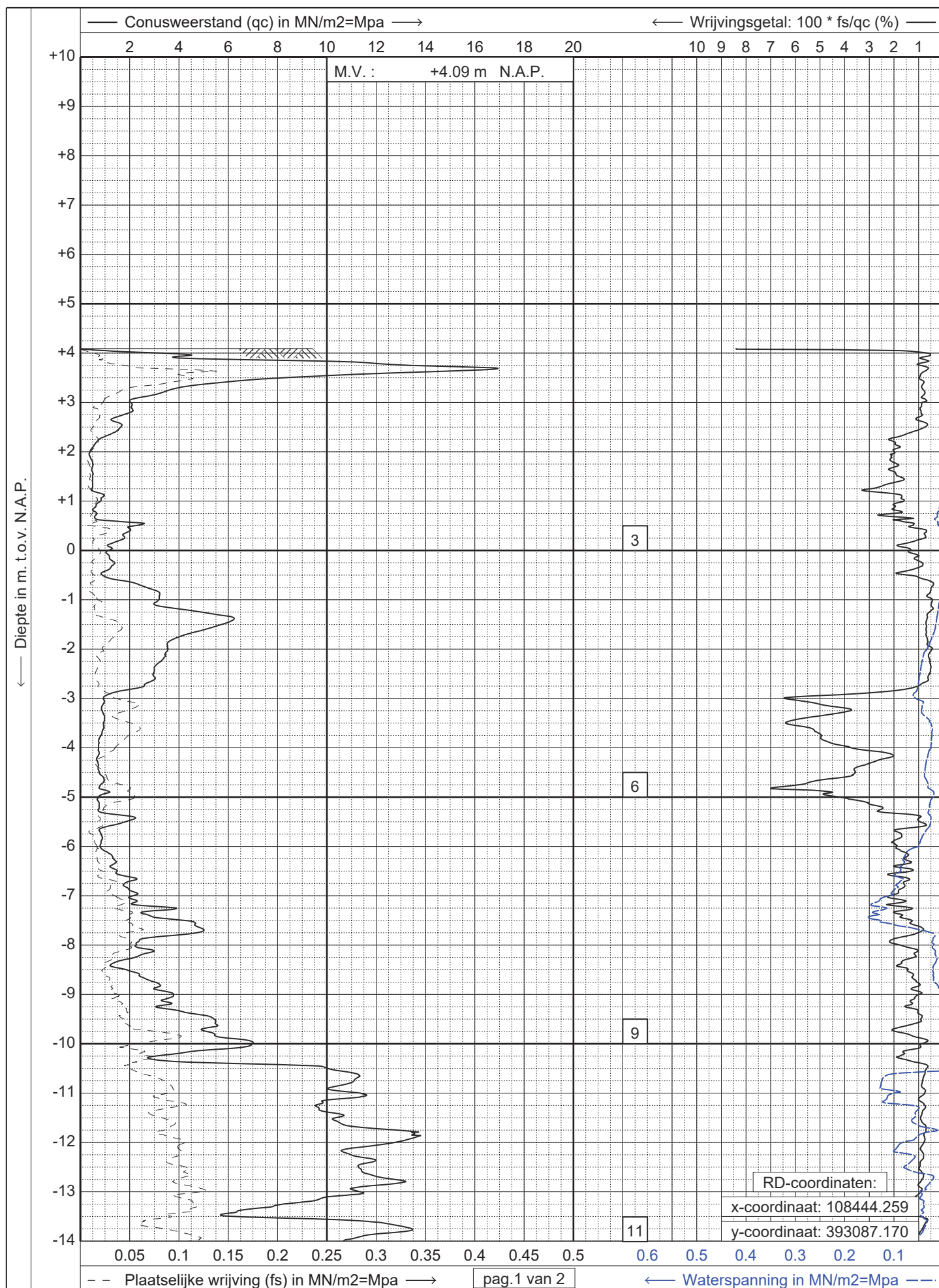
Locatie : **Oekelsestr en Kaarschotsestr Rijsbergen**

Datum : **01-04-2020**

Conus : **S15-CFIP.1616**

Opdracht : **GA200286**

Sondering : **01**



GEONIUS

www.geonius.eu
 E-mail: info@geonius.eu
 Tel.: 088-1300600
 Fax.: 088-1300669

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2

Project : **Geotechnisch onderzoek diverse locaties**

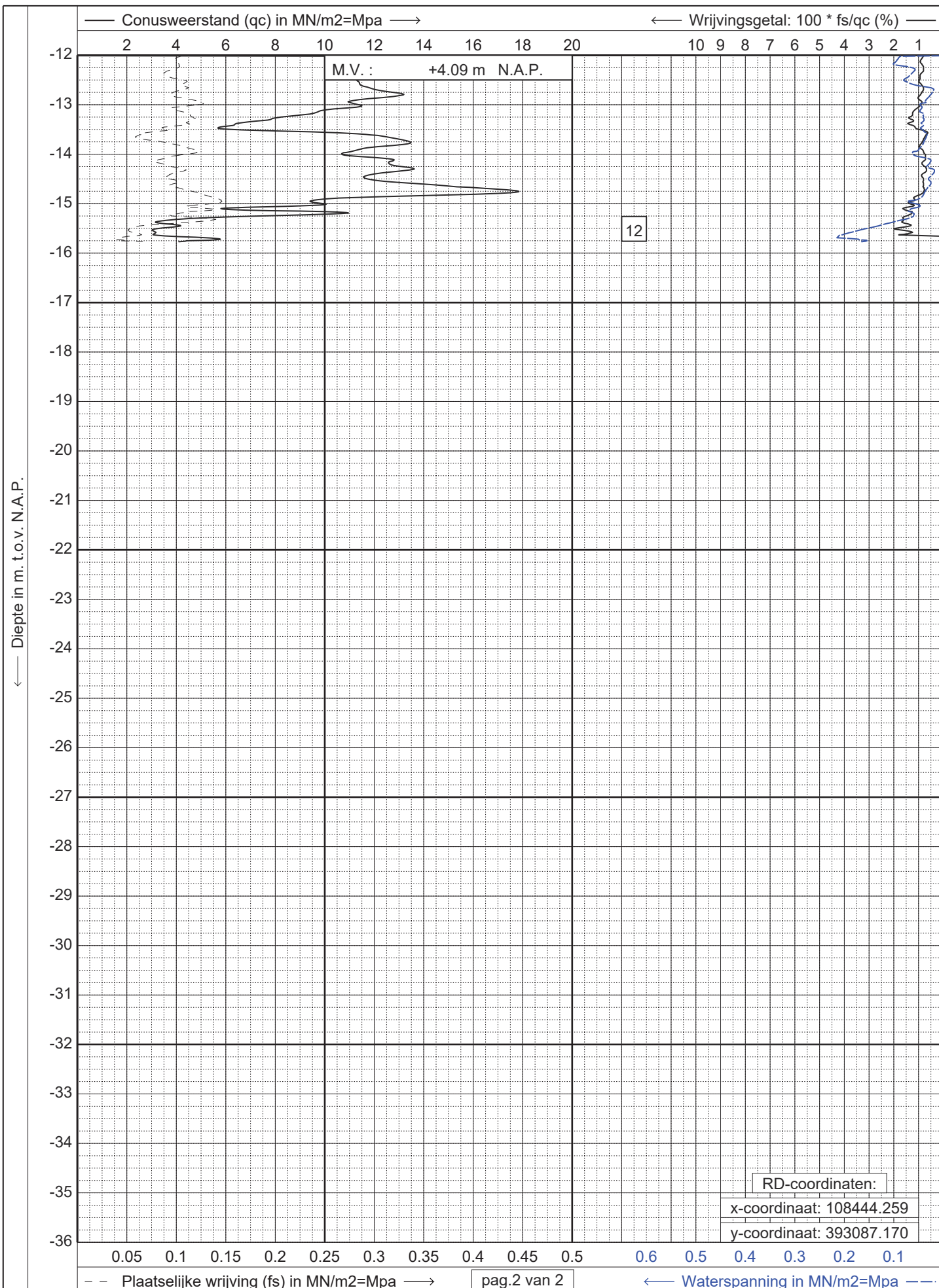
Locatie : **Oekelsestr en Kaarschotsestr Rijsbergen**

Datum : **01-04-2020**

Conus : **S15-CFIP.1616**

Opdracht : **GA200286**

Sondering : **02**



pag.2 van 2



GEONIUS

www.geonius.eu
 E-mail: info@geonius.eu
 Tel.: 088-1300600
 Fax.: 088-1300669

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2

Project : **Geotechnisch onderzoek diverse locaties**

Locatie : **Oekelsestr en Kaarschotsestr Rijsbergen**

Datum : **01-04-2020**

Conus : **S15-CFIP.1616**

Opdracht : **GA200286**

Sondering : **02**

2 Grondonderzoek

2.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in maart 2020 drie diepsonderingen uitgevoerd. Sondering SWW01 is tweemaal op ca. 2 m- maaiveld op een harde laag gestrand. Sondering SWW03 is eerst voorgeboord in verband met de ligging van kabels en leidingen. De geplande vierde sondering is niet uitgevoerd wegens gebrek aan werkruimte en aanwezige kabels en leidingen. Hieronder is het uitgevoerde onderzoek verder beschreven.

2.2 Diepsonderingen

De sonderingen zijn genummerd GA200286 SWW01 t/m SWW03. De diepsonderingen zijn gemaakt met een elektrische conus waarbij de conusweerstand continu wordt gemeten, elektrisch geregistreerd en digitaal vastgelegd. De sondering is uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1.

Bij de sonderingen zijn tevens de lokale wrijving en waterspanning gemeten. De continue registratie van de ondervonden bodemweerstand verzekert een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Dit niet alleen voor wat betreft de sterkte van de bodem maar tevens met betrekking tot de aard van de aanwezige ongeroerde grondlagen.

De verhouding tussen de wrijvingsweerstand van de kleefmantel en de weerstand aan de conuspunt, het zogenaamde wrijvingsgetal, heeft voor iedere grondsoort een andere waarde. Voor een gladde elektrische conus gelden bij veel voorkomende ongeroerde gronden onder de grondwaterstand ongeveer de navolgende relaties:

Tabel 2.1: interpretatie van het wrijvingsgetal

Wrijvingsgetal in %	Grondsoort
0.3 – 1.5	Zand, grof tot fijn
1.5 – 2.5	Silt (leem)
2.5 – 5.0	Klei
> 5.0	Veen

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen.

In de elektrische conus bevindt zich een hellingmeter. Hierdoor is controle mogelijk op een eventueel afwijken van de verticaal.

2.3 Boring

Sondering SWW03 is eerst voorgeboord in verband met de ligging van kabels en leidingen. De voorboring (genummerd GA200286 VB03) is tot ca. 1,2 m- maaiveld uitgevoerd. Tijdens de boorwerkzaamheden is het bodemmateriaal lithologisch onderzocht. Bij het lithologisch onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd volgens NEN 5104. De boorstaat is opgenomen in de bijlagen.

2.4 Inmeting

De ligging van de onderzoekspunten zijn op situatietekening GA200286.T01 t/m GA200286.T03 weergegeven. De resultaten van het grondonderzoek zijn in de bijlagen toegevoegd. De sondeergrafieken zijn getekend ten opzichte van NAP.

De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-GPS ingemeten t.o.v. het Rijksdriehoekstelsel en NAP (nauwkeurigheid ca. 0,10 m). Alle gegevens van de inmetingen zijn een momentopname en zijn alleen te gebruiken voor voorliggend onderzoek.

3 Grondslag

3.1 Terreingesteldheid

De sonderingen SWW01 en SWW02 zijn in de berm van de Kaarschotsestraat uitgevoerd. Ten tijde van het grondonderzoek lag het maaiveld ter plaatse van deze sondeerpunten op een niveau van ca. NAP +4,8 m en ca. NAP +4,1 m. Het terrein kent hiermee een hoogteverschil van ca. 0,7 m. De sondering SWW03 is in de berm van de Overasebaan uitgevoerd waarbij de eerste 1,2 m is voorgeboord in verband met kabels en leidingen. Het maaiveld lag ter plaatse van dit sondeerpunt op een niveau van ca. NAP +7,9 m. De voorboring is meegenomen in de bijlagen.

3.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw kan op basis van de sonderingen door middel van het volgende lagensysteem worden beschreven:

Locatie Kaarschotsestraat

Toplaag:

Vanaf maaiveld tot ca. NAP +2,5 m wordt de aanwezige verhardingslaag aangetroffen. De conusweerstand varieert tussen de 2,0 MPa en 6,0 MPa.

Tussenlaag 1:

Vanaf de toplaag tot ca. NAP -5,7 m wordt een slap kleipakket geregistreerd dat tussen ca. NAP -0,8 m en NAP -2,8 m wordt doorsneden door een losgepakte zandlaag met conusweerstand van ca. 3,0 à 5,0 MPa. De klei boven deze zandlaag is van zandig karakter. De klei aan de onderzijde van de zandlaag is schoner en weker. De conusweerstand in het kleipakket variëren tussen de 0,5 MPa en 2,0 MPa.

Onderlaag:

Vanaf ca. NAP -5,7 m tot maximaal verkende diepte van ca. NAP -15,8 m wordt een los tot matig vastgepakt zandpakket aangetroffen. De conusweerstand varieert van ca. 2,0 MPa in de silthoudende losgepakte lagen tot ca. 14,0 MPa in de matig vastgepakte zandige lagen.

Locatie Overasebaan:

Toplaag:

Vanaf maaiveld wordt tot een niveau van ca. NAP -0,7 m een matig tot vastgepakt zandpakket aangetroffen. De bovenste ca. 0,6 m is geroerd en heeft een humeus karakter. De conusweerstand bedragen ca. 8,0 MPa tot 24,0 MPa.

Tussenlaag:

Vanaf de toplaag tot ca. NAP -3,2 m wordt een leemlaag geregistreerd. De conusweerstand bedraagt hier gemiddeld ca. 1,5 MPa.

Onderlaag:

Vanaf ca. NAP -3,2 m tot maximaal verkende diepte van ca. NAP -11,7 m wordt een matig vastgepakte zandlaag geregistreerd. De conusweerstand variëren tussen de 4,0 MPa en 14,0 MPa.

3.3 Grondwater

Tijdens het grondonderzoek is in de sondeergaten naar de actuele grondwaterstand gepeild. Deze werd aangetroffen op een diepte van ca. 1,3 m- maaiveld bij SWW03. Dit komt overeen met ca. NAP +6,6 m. In SWW02 stortte het sondeergat vroegtijdig in rond ca. 1,7 m- maaiveld waardoor niet dieper gepeild kon worden. Dit komt overeen met ca. NAP +2,4 m. Dit kan een gevolg zijn van toestromend grondwater.

Het betreft hierbij slechts een eenmalige meting, waardoor deze waarneming slechts als indicatie kan gelden. Daarnaast kan als gevolg van spanningswater, lagenopbouw en lokale omstandigheden een afwijkende waarde worden aangetroffen.

Wij wijzen erop dat de grondwaterstand van seizoen tot seizoen kan verschillen en in nattere jaargetijden mogelijk hoger wordt aangetroffen dan thans het geval is. Exacte grondwaterstanden kunnen alleen middels peilbuismetingen worden verkregen.

Bijlage 3 Resultaten sterkteberekening D-Geo Pipeline

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB006956686

Rapport voor D-Geo Pipeline 19.3

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam:	ATRON-Engineering Advies & Infra
Datum van rapport:	4/22/2020
Tijd van rapport:	8:44:24 AM
Rapport met versie:	19.3.1.27177
Berekend met versie:	19.3.1.27177
Bestandsnaam:	2024-1119-01 HDD11 versie1
Projectbeschrijving:	Horizontaal gestuurde boring 3xØ250mm PE100 SDR11 + 2xØ110mm PE100 SDR11 Watermolenstraat te Rijsbergen HDD11

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	5
2.6 Grenslagen	5
2.7 Grondeigenschappen	5
2.8 Geometrie	6
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	6
2.8.2 Geometrie Boven aanzicht	7
2.9 Berekenings Verticalen	7
2.10 Configuratie van de Pijpleiding	7
2.11 Materiaalgegevens van de Leiding	8
2.12 Gegevens voor Leidingberekening	9
2.13 Boorvloeistof Gegevens	9
2.14 Factoren	10
2.15 Rekenopties	10
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	13
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	14
4 Grondmechanische Data	15
4.1 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	15
4.2 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	16
4.3 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	17
4.4 Grondmechanische Parameters 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4	18
4.5 Grondmechanische Parameters 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5	19
4.6 Young's Modulus per Laag per Verticaal	20
5 Gegevens voor Spanningsanalyse	22
5.1 Algemene gegevens	22
5.2 Ballasten Leiding	22
5.3 Trekkraftberekening	22
6 Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	24
6.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	24
6.2 Resultaten Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	24
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	24
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	25
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	25
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	25
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	25
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	26
6.3.1 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	26
7 Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	27
7.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	27
7.2 Resultaten Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	27
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	27
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: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	28
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	28
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	29
7.3.1 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	29
8 Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	30
8.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	30
8.2 Resultaten Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	30
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	30
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	31
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	31
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	31

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	31
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	32
8.3.1 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	32
9 Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4	33
9.1 Materiaalgegevens van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4	33
9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4	33
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	33
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	34
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	34
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	34
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	34
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4	35
9.3.1 Toetsing op Implosie van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4	35
10 Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5	36
10.1 Materiaalgegevens van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5	36
10.2 Resultaten Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5	36
10.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36
10.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	37
10.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	37
10.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	37
10.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
10.3 Controle van de Berekende Spanningen van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5	38
10.3.1 Toetsing op Implosie van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5	38

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
9 - X -	-10.000	0.000	28.770	34.310	39.710
9 - Y -	5.330	5.330	5.220	3.010	3.010
9 - X -	44.250	73.920	76.721	78.770	81.050
9 - Y -	4.350	4.060	3.003	2.230	0.460
9 - X -	93.270	94.960	97.204	100.230	144.530
9 - Y -	0.460	1.960	3.003	4.410	4.290
9 - X -	151.504	151.520	156.600	156.616	166.920
9 - Y -	3.003	3.000	3.000	3.003	4.930
9 - X -	187.000	198.000			
9 - Y -	5.140	5.140			
8 - X -	-10.000	76.721	78.770	81.050	93.270
8 - Y -	3.003	3.003	2.230	0.460	0.460
8 - X -	94.960	97.204	100.230	144.530	151.504
8 - Y -	1.960	3.003	4.410	4.290	3.003
8 - X -	151.520	156.600	156.616	166.920	187.000
8 - Y -	3.000	3.000	3.003	4.930	5.140
8 - X -	198.000				
8 - Y -	5.140				
7 - X -	-10.000	76.721	78.770	81.050	93.270
7 - Y -	3.003	3.003	2.230	0.460	0.460
7 - X -	94.960	97.204	151.504	151.520	156.600
7 - Y -	1.960	3.003	3.003	3.000	3.000
7 - X -	156.616	166.920	187.000	198.000	
7 - Y -	3.003	4.930	5.140	5.140	
6 - X -	-10.000	76.721	78.770	81.050	93.270
6 - Y -	3.003	3.003	2.230	0.460	0.460
6 - X -	94.960	97.204	151.504	151.520	156.600
6 - Y -	1.960	3.003	3.003	3.000	3.000
6 - X -	156.616	198.000			
6 - Y -	3.003	3.003			
5 - X -	-10.000	198.000			
5 - Y -	-0.975	-1.021			
4 - X -	-10.000	198.000			
4 - Y -	-3.012	-2.997			
3 - X -	-10.000	198.000			
3 - Y -	-5.500	-5.500			
2 - X -	-10.000	198.000			
2 - Y -	-6.972	-7.009			
1 - X -	-10.000	198.000			
1 - Y -	-11.004	-11.047			
0 - X -	-10.000	198.000			
0 - Y -	-13.000	-13.000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-10.000	198.000			
1 - Y -	2.400	2.400			

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
9	Toplaag (zd, kl en l ...	1	1
8	Toplaag (zd, kl en l ...	1	1
7	Toplaag (zd, kl en l ...	1	1
6	Klei	1	1
5	Zand (fijn)	1	1
4	Veen	1	1
3	Klei	1	1
2	Zand (fijn)	1	1
1	Zand matig	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand (fijn)

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

2.7 Grondeigenschappen

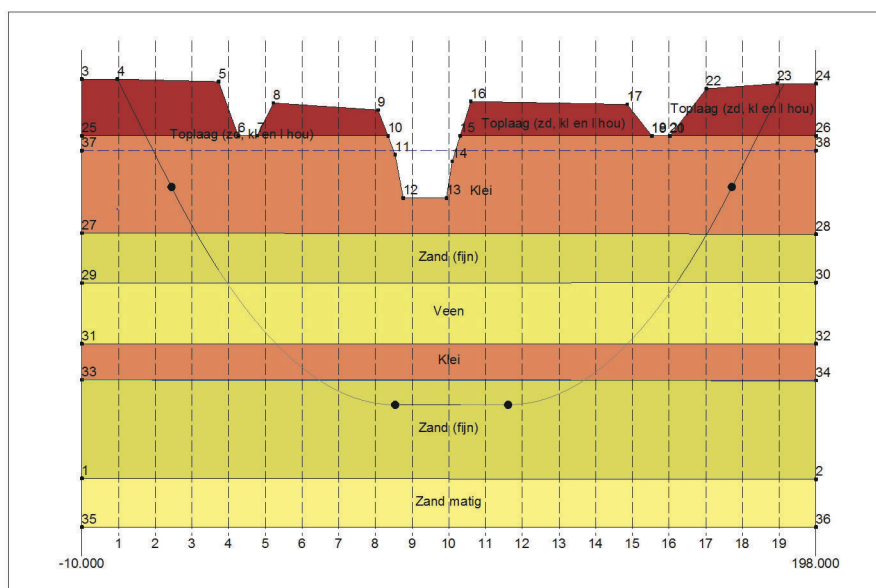
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [grd]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Klei (slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei	13.40	17.90	10.00	17.50	50.00	50.00
Toplaag (zd, kl en l hou)	19.00	19.00	25.00	17.50	100.00	100.00
Veen	2.30	10.30	1.00	15.00	100.00	100.00
Zand (fijn)	15.20	19.10	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand siltig	17.20	19.20	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (vast)	18.50	20.50	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig	15.60	19.30	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig	15.00	18.80	10.00	22.50	80.00	80.00
Zand matig	17.00	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Klei siltig	17.10	18.10	0.00	27.50	0.00	0.00
Leem	20.30	21.30	2.50	27.50	44.00	44.00
Zand zwak siltig (grind)	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Zand, zwak kleiig	18.20	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand, matig kleiig (1)	17.60	19.65	0.00	30.00	0.00	0.00
Toplaag (zand)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei	-	-	2000.00	2000.00
Toplaag (zd, kl en l hou)	-	-	4000.00	4000.00
Veen	-	-	200.00	200.00
Zand (fijn)	-	-	25000.00	25000.00
Zand siltig	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast)	-	-	50000.00	50000.00
Zand zwak siltig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig	-	-	3000.00	3000.00
Zand matig	-	-	30000.00	30000.00
Klei siltig	-	-	2000.00	2000.00
Leem	-	-	5000.00	5000.00
Zand zwak siltig (grind)	-	-	90000.00	90000.00
Zand, zwak kleiig	-	-	30000.00	30000.00
Zand, matig kleiig (1)	-	-	30000.00	30000.00
Toplaag (zand)	-	-	50000.00	50000.00

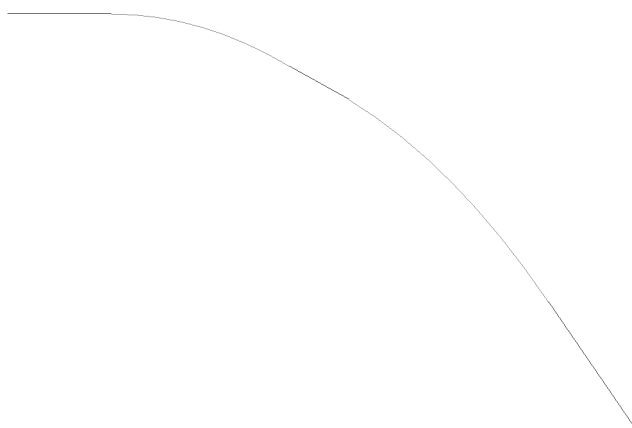
Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei	-	-	0.45
Toplaag (zd, kl en l hou)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40
Zand (fijn)	-	-	0.30
Zand siltig	-	-	0.30
Zand (vast)	-	-	0.30
Zand zwak siltig	-	-	0.30
Klei zwak zandig	-	-	0.45
Zand matig	-	-	0.30
Klei siltig	-	-	0.35
Leem	-	-	0.35
Zand zwak siltig (grind)	-	-	0.30
Zand, zwak kleiig	-	-	0.30
Zand, matig kleiig (1)	-	-	0.30
Toplaag (zand)	-	-	0.30

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Boven aanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	0.400	5.215
2	10.800	2.233
3	21.200	-0.668
4	31.600	-3.102
5	42.000	-5.035
6	52.400	-6.479
7	62.800	-7.442
8	73.200	-7.932
9	83.600	-8.000
10	94.000	-8.000
11	104.400	-8.000
12	114.800	-7.965
13	125.200	-7.549
14	135.600	-6.660
15	146.000	-5.291
16	156.400	-3.435
17	166.800	-1.080
18	177.200	1.770
19	187.600	4.752

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

2.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	5.330	[m]
X coördinaat rechter punt	177.700	[m]
Y coördinaat rechter punt	-51.500	[m]

Z coördinaat rechter punt	5.140	[m]
Hoek links	16.0000	[grd]
Hoek rechts	16.0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	230.000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	230.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	50.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-8.000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	2	
De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken.		

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	29.340	0.000	79.780	-6.470	200.000	links
2	96.560	-10.580	152.850	-35.610	200.000	links

2.11 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 5

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

2.12 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m ³]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5.00	[kN/m ²]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm ²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]
Speciale Spanningsanalyse	niet gebruikt	
Speciale Spanningsdata	niet gebruikt	

2.13 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.150	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.083	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.420	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.083	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.720	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.460	[m]
Debiet tijdens pilotboring	500.0	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	300.0	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	200.0	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0.30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0.20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0.20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11.5	[kN/m ³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.015	[kN/m ²]

Viscositeit boorvloeistof 0.000040 [kN.s/m²]

2.14 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3.0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1.5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1.25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q _{n;r} (Polyetheen)	1.50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1.10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1.35	[-]
Importantie factor (S)	1.00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15.00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegewicht water	10.00	[kN/m ³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0.50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0.50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7.50	[-]

2.15 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	0	2	257
2	183	183	51	276
3	200	200	99	295
4	124	124	141	309
5	298	298	177	317
6	280	280	208	319
7	268	268	233	316
8	339	379	253	308
9	262	268	268	295
10	272	282	282	281
11	353	410	296	267
12	350	400	309	252
13	300	300	319	234
14	281	281	322	209
15	296	296	321	179
16	277	277	314	144
17	201	201	301	102
18	173	173	283	55
19	164	164	263	6

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	0	1	2
2	183	183	38	51
3	200	200	73	98
4	124	124	103	124
5	298	298	127	145
6	280	280	146	159
7	230	230	159	168
8	257	257	166	172
9	193	193	169	171
10	201	201	171	169
11	275	275	173	167
12	269	269	174	165
13	223	223	172	158
14	281	281	163	146
15	296	296	150	128
16	277	277	130	105
17	201	201	102	76
18	173	173	55	41
19	0	0	6	5

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	0	1	1
2	170	170	38	38
3	200	200	74	73
4	122	122	105	103
5	298	298	129	127
6	280	280	149	146
7	230	230	162	159
8	214	214	170	166
9	177	177	171	169
10	180	180	169	171
11	227	227	167	172

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
12	223	223	165	169
13	223	223	158	161
14	281	281	146	149
15	296	296	128	130
16	269	269	105	107
17	201	201	76	77
18	165	165	41	42
19	0	0	5	5

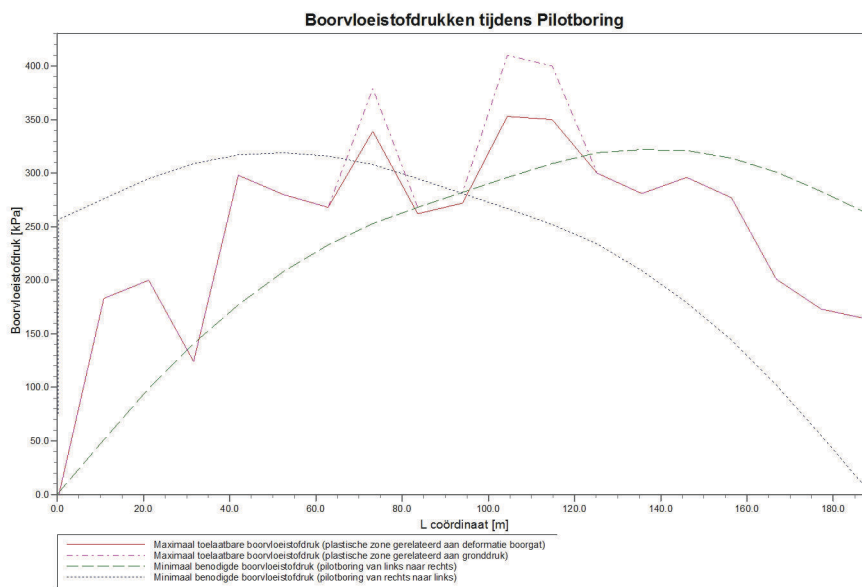
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	1	0	-	voldoet
2	36	2	21.34	voldoet
3	69	31	2.25	voldoet
4	97	55	1.76	voldoet
5	119	74	1.60	voldoet
6	135	89	1.52	voldoet
7	146	98	1.49	voldoet
8	152	103	1.47	voldoet
9	152	104	1.46	voldoet
10	152	104	1.46	voldoet
11	152	104	1.46	voldoet
12	152	104	1.46	voldoet
13	147	99	1.47	voldoet
14	136	91	1.50	voldoet
15	120	77	1.56	voldoet
16	99	58	1.69	voldoet
17	72	35	2.06	voldoet
18	39	6	6.15	voldoet
19	4	0	-	voldoet

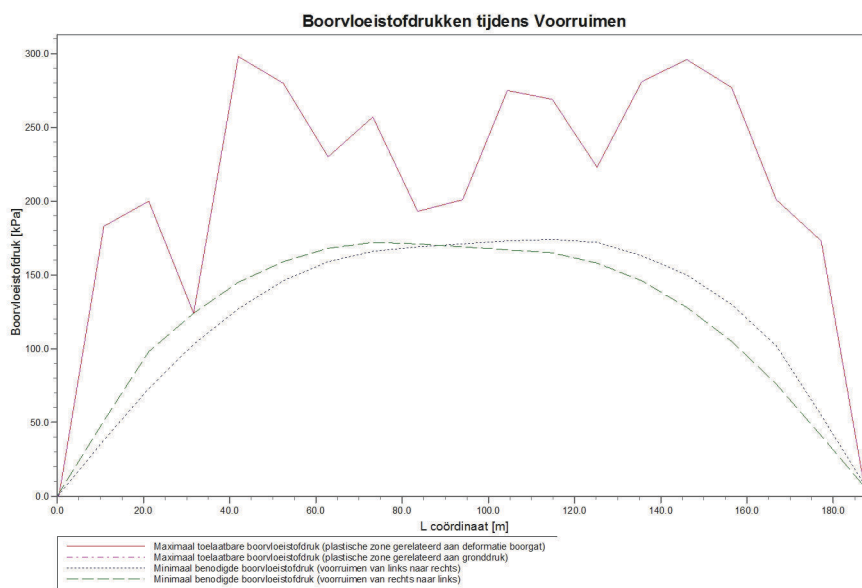
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

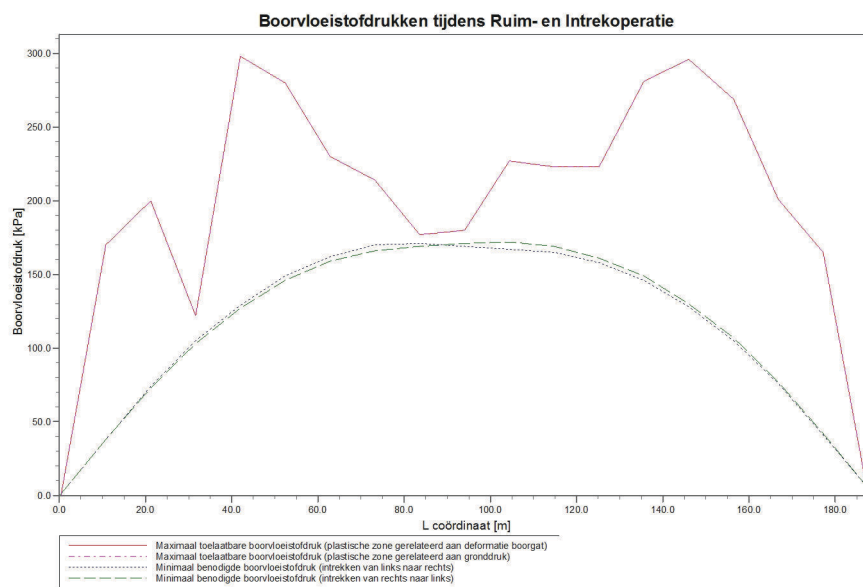
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeiستفدrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m ²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]	q_h;e [kN/m ²]
1	0	0	0	0	369	125
2	184	52	39	52	570	184
3	227	74	25	33	1223	227
4	111	74	24	33	429	111
5	102	67	22	29	390	102
6	246	85	24	32	817	246
7	669	91	23	31	2436	669
8	682	94	24	32	2503	682
9	444	51	15	20	1358	444
10	476	56	16	22	1494	476
11	715	101	25	34	2686	715
12	711	100	25	34	2663	711
13	690	95	24	33	2548	690
14	250	87	24	32	1306	250
15	110	73	23	31	646	110
16	86	53	19	26	314	86
17	546	71	24	32	1893	546
18	183	51	17	23	563	183
19	7	5	4	5	472	206

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	52009	0	36406	0.05	7.5
2	4843	7413	3390	0.05	7.5
3	56441	4843	39509	0.05	7.5
4	393	65405	275	0.05	7.5
5	3524	393	2467	0.05	7.5
6	47335	3312	33135	0.05	7.5
7	65405	21067	45783	0.05	7.5
8	65405	44895	45783	0.05	7.5
9	65405	48102	45783	0.05	7.5
10	65405	48013	45783	0.05	7.5
11	65405	47924	45783	0.05	7.5
12	65405	46165	45783	0.05	7.5
13	65405	25797	45783	0.05	7.5
14	55291	3998	38704	0.05	7.5
15	4511	393	3158	0.05	7.5
16	393	48881	275	0.05	7.5
17	65405	4843	45783	0.05	7.5
18	4843	5437	3390	0.05	7.5
19	62034	221	43424	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	$q_{v;n;max} = 101 \text{ kN/m}^2$
Maximale gereduceerde grondspanning	:	$q_{v;r;n;max} = 52 \text{ kN/m}^2$
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;max} = 65405 \text{ kN/m}^3$
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;max} = 130809 \text{ kN/m}^3$

4.2 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

$q_{v;p}$	Passieve grondspanning	kN/m^2
$q_{v;n}$	Neutrale grondspanning	kN/m^2
$q_{h;n}$	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m^2
$q_{v;r;n}$	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m^2
$q_{v;e}$	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m^2
$q_{h;e}$	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m^2
$k_{v;bot}$	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m^3
$k_{v;top}$	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m^3
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m^3
t_{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m^2
d_{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	$q_{v;p}$ [kN/m ²]	$q_{v;n}$ [kN/m ²]	$q_{h;n}$ [kN/m ²]	$q_{v;r;n}$ [kN/m ²]	$q_{v;e}$ [kN/m ²]	$q_{h;e}$ [kN/m ²]
1	0	0	0	0	369	125
2	184	52	39	52	570	184
3	227	74	25	33	1223	227
4	111	74	24	33	429	111
5	102	67	22	29	390	102
6	246	85	24	32	817	246
7	669	91	23	31	2436	669
8	682	94	24	32	2503	682
9	444	51	15	20	1358	444
10	476	56	16	22	1494	476
11	715	101	25	34	2686	715
12	711	100	25	34	2663	711
13	690	95	24	33	2548	690
14	250	87	24	32	1306	250
15	110	73	23	31	646	110
16	86	53	19	26	314	86
17	546	71	24	32	1893	546
18	183	51	17	23	563	183
19	7	5	4	5	472	206

Verticaal nr.	$k_{v;bot}$ [kN/m ³]	$k_{v;top}$ [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_{max} [kN/m ²]	d_{max} [mm]
1	52009	0	36406	0.05	7.5
2	4843	7413	3390	0.05	7.5
3	56441	4843	39509	0.05	7.5
4	393	65405	275	0.05	7.5
5	3524	393	2467	0.05	7.5
6	47335	3312	33135	0.05	7.5
7	65405	21067	45783	0.05	7.5
8	65405	44895	45783	0.05	7.5
9	65405	48102	45783	0.05	7.5
10	65405	48013	45783	0.05	7.5
11	65405	47924	45783	0.05	7.5
12	65405	46165	45783	0.05	7.5
13	65405	25797	45783	0.05	7.5
14	55291	3998	38704	0.05	7.5
15	4511	393	3158	0.05	7.5
16	393	48881	275	0.05	7.5
17	65405	4843	45783	0.05	7.5

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
18	4843	5437	3390	0.05	7.5
19	62034	221	43424	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 101 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 52 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 65405 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 130809 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	0	0	0	0	369	125
2	184	52	39	52	570	184
3	227	74	25	33	1223	227
4	111	74	24	33	429	111
5	102	67	22	29	390	102
6	246	85	24	32	817	246
7	669	91	23	31	2436	669
8	682	94	24	32	2503	682
9	444	51	15	20	1358	444
10	476	56	16	22	1494	476
11	715	101	25	34	2686	715
12	711	100	25	34	2663	711
13	690	95	24	33	2548	690
14	250	87	24	32	1306	250
15	110	73	23	31	646	110
16	86	53	19	26	314	86
17	546	71	24	32	1893	546
18	183	51	17	23	563	183
19	7	5	4	5	472	206

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	52009	0	36406	0.05	7.5
2	4843	7413	3390	0.05	7.5
3	56441	4843	39509	0.05	7.5
4	393	65405	275	0.05	7.5
5	3524	393	2467	0.05	7.5
6	47335	3312	33135	0.05	7.5
7	65405	21067	45783	0.05	7.5
8	65405	44895	45783	0.05	7.5
9	65405	48102	45783	0.05	7.5
10	65405	48013	45783	0.05	7.5
11	65405	47924	45783	0.05	7.5
12	65405	46165	45783	0.05	7.5
13	65405	25797	45783	0.05	7.5

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
14	55291	3998	38704	0.05	7.5
15	4511	393	3158	0.05	7.5
16	393	48881	275	0.05	7.5
17	65405	4843	45783	0.05	7.5
18	4843	5437	3390	0.05	7.5
19	62034	221	43424	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 101 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 52 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 65405 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 130809 kN/m³

4.4 Grondmechanische Parameters 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	1	1	1	1	419	167
2	186	52	39	52	579	186
3	227	75	25	33	741	227
4	111	74	24	33	431	111
5	102	67	22	29	392	102
6	246	85	24	32	821	246
7	675	92	23	31	2446	675
8	687	94	24	32	2513	687
9	456	51	15	20	1367	456
10	486	56	16	22	1503	486
11	720	101	25	34	2697	720
12	716	100	25	34	2674	716
13	695	96	24	33	2558	695
14	250	88	24	32	837	250
15	110	73	23	31	427	110
16	86	53	19	26	315	86
17	568	71	24	32	1906	568
18	184	51	17	23	571	184
19	12	7	5	7	515	268

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	133081	42	93157	0.05	7.5
2	11006	11006	7704	0.05	7.5
3	84539	11006	59177	0.05	7.5
4	893	138095	625	0.05	7.5
5	3207	893	2245	0.05	7.5
6	36233	11006	25363	0.05	7.5
7	148634	112299	104044	0.05	7.5
8	148634	148634	104044	0.05	7.5
9	148634	148634	104044	0.05	7.5

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
10	148634	148634	104044	0.05	7.5
11	148634	148634	104044	0.05	7.5
12	148634	148634	104044	0.05	7.5
13	148634	135934	104044	0.05	7.5
14	78459	11006	54921	0.05	7.5
15	7926	893	5548	0.05	7.5
16	893	44377	625	0.05	7.5
17	148634	13583	104044	0.05	7.5
18	11006	11006	7704	0.05	7.5
19	152749	2979	106924	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 101 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 52 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 148634 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 297269 kN/m³

4.5 Grondmechanische Parameters 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	1	1	1	1	419	167
2	186	52	39	52	579	186
3	227	75	25	33	741	227
4	111	74	24	33	431	111
5	102	67	22	29	392	102
6	246	85	24	32	821	246
7	675	92	23	31	2446	675
8	687	94	24	32	2513	687
9	456	51	15	20	1367	456
10	486	56	16	22	1503	486
11	720	101	25	34	2697	720
12	716	100	25	34	2674	716
13	695	96	24	33	2558	695
14	250	88	24	32	837	250
15	110	73	23	31	427	110
16	86	53	19	26	315	86
17	568	71	24	32	1906	568
18	184	51	17	23	571	184
19	12	7	5	7	515	268

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	133081	42	93157	0.05	7.5
2	11006	11006	7704	0.05	7.5
3	84539	11006	59177	0.05	7.5
4	893	138095	625	0.05	7.5
5	3207	893	2245	0.05	7.5

Verticaal nr.	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
6	36233	11006	25363	0.05	7.5
7	148634	112299	104044	0.05	7.5
8	148634	148634	104044	0.05	7.5
9	148634	148634	104044	0.05	7.5
10	148634	148634	104044	0.05	7.5
11	148634	148634	104044	0.05	7.5
12	148634	148634	104044	0.05	7.5
13	148634	135934	104044	0.05	7.5
14	78459	11006	54921	0.05	7.5
15	7926	893	5548	0.05	7.5
16	893	44377	625	0.05	7.5
17	148634	13583	104044	0.05	7.5
18	11006	11006	7704	0.05	7.5
19	152749	2979	106924	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 101 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 52 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 148634 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 297269 kN/m³

4.6 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
9	Toplaag (zd, kl en l hou)	Gebruikerswaarden
8	Toplaag (zd, kl en l hou)	Gebruikerswaarden
7	Toplaag (zd, kl en l hou)	Gebruikerswaarden
6	Klei	Gebruikerswaarden
5	Zand (fijn)	Gebruikerswaarden
4	Veen	Gebruikerswaarden
3	Klei	Gebruikerswaarden
2	Zand (fijn)	Gebruikerswaarden
1	Zand matig	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (X=0.4 m)		Verticaal 2 (X=10.8 m)		Verticaal 3 (X=21.2 m)		Verticaal 4 (X=31.6 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
9	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
5	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
3	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
2	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
1	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Laag nummer	Verticaal 5 (X=42 m)		Verticaal 6 (X=52.4 m)		Verticaal 7 (X=62.8 m)		Verticaal 8 (X=73.2 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
9	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
5	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
3	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
2	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
1	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Laag nummer	Verticaal 9 (X=83.6 m)		Verticaal 10 (X=94 m)		Verticaal 11 (X=104.4 m)		Verticaal 12 (X=114.8 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
9	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4.000	4.000	4.000	4.000
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
5	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
3	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
2	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
1	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Laag nummer	Verticaal 13 (X=125.2 m)		Verticaal 14 (X=135.6 m)		Verticaal 15 (X=146 m)		Verticaal 16 (X=156.4 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
9	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
5	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
3	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
2	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
1	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Laag nummer	Verticaal 17 (X=166.8 m)		Verticaal 18 (X=177.2 m)		Verticaal 19 (X=187.6 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
9	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
6	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
5	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
3	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
2	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
1	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

5 Gegevens voor Spanningsanalyse

5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 5 [-]
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.50 kN/m ³
Gecombineerde kromtestraal	:	Rmin = 150.921 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 50.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0.20
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 35933 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	:	191	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	52	[kg/m]
Resultaat	:	139	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

5.3 Trekkrachtberekening

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

- wrijving tussen buis en rollenbaan ($f_1 = 0.10$)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof ($f_2 = 0.000050$ [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond ($f_3 = 0.20$)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding. De pijpleiding wordt van links naar rechts 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 trekkracht wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	10
T2	16	15
T3	80	42
T4	112	55
T5	176	85
T6	192	90

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaal factor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2012. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1.80 gebruikt en een belasting factor van 1.00.

6 Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 192 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 52 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 65405 kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Spanningsanalyse van 250mm 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 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	3.41	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.33	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.55	N/mm ²

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 1.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3.68 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3.0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0.0086 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.41 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.26 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 6.63 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 4.51 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.41 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma_ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma_Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0.00	N/mm ²
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	0.26	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma_qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.31	N/mm ²
$\text{Sigma_qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	6.63	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1.000	
$\text{Sigma_t,max} = \text{Sigma_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma_qn}))$			
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	4.51	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.55	3.68	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.26	0.26
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	4.51	4.51

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.2 mm (2.89% x D_o). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x $S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x D_o). De deflectie is toelaatbaar.

6.3.4 Toetsing op Implosie van 250mm 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 171 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 104 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

7 Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 192 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 52 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 65405 kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Spanningsanalyse van 250mm 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 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 3.41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.33 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.55	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1.13	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.94	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.68	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3.0E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0.0086	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.51	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.51	N/mm ²
---	---	------	-------------------

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.41	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.26	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	6.63	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	4.51	N/mm ²
---	---	------	-------------------

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.41	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0.00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.26	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.31	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	6.63	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	4.51	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{py}	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{axiaal}	10.00 (kort)	2.55	3.68	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8.00 (lang)	-	-	-	0.26	0.26
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	4.51	4.51

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.2 mm (2.89% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.3.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 171 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 104 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

8 Spanningsanalyse van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 192 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 52 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 65405 kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Spanningsanalyse van 250mm 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 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 3.41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.33 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.55	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 1.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3.68 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3.0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0.0086 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.41 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.26 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 6.63 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 4.51 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.41 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0.00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.26	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.31	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	6.63	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	4.51	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{py}	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{axiaal}	10.00 (kort)	2.55	3.68	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8.00 (lang)	-	-	-	0.26	0.26
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	4.51	4.51

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.2 mm (2.89% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.3.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 171 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 104 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

9 Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 192 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 52 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 148634 kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (1): 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 10.0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	1.50	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.33	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.31	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.50 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3.27 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6.8E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0.0038 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0.22 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.12 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 6.68 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 4.43 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.18 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0.00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.12	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.13	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	6.68	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	4.43	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{py}	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{axiaal}	10.00 (kort)	1.31	3.27	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8.00 (lang)	-	-	-	0.12	0.12
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.22	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	4.43	4.43

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3.1 mm (2.82% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

9.3.4 Toetsing op Implosie van 110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 171 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 104 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

10 Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5

10.1 Materiaalgegevens van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 192 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 52 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 148634 kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

10.2 Resultaten Spanningsanalyse van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5

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 10.0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

10.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 1.50 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.33 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.31	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

10.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.50	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.94	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.27	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	6.8E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0.0038	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.22	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.22	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.18	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.12	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.13	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	6.68	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	4.43	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.18	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0.00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.12	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.13	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	6.68	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	4.43	N/mm ²

10.3 Controle van de Berekende Spanningen van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
Sigma_{ptest}	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{py}	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
Sigma_{axiaal}	10.00 (kort)	1.31	3.27	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8.00 (lang)	-	-	-	0.12	0.12
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.22	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	4.43	4.43

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3.1 mm (2.82% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

10.3.4 Toetsing op Implosie van 110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 5

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 171 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 104 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

Einde Rapport

Bijlage 4 Beschrijving boorvloeistof

Hoofdvestiging (correspondentieadres)

Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging

Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020

E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689

BTW NL858166173B01

IBAN NL42INGB006956686

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.

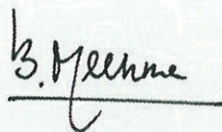
Nummer	K2112/03	Vervangt	K2112/02
Uitgegeven	2006-07-01	D.d.	2004-11-01

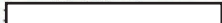
Kiwa-ATA
Cebogel OCMA

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.




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).