



Opdrachtgever : Universiteit Leiden
Contactpersoon : Dhr. van der Lelie
Adres : Rapenburg 70
Plaats: : 2300 RA Leiden

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 NL42INGB0006956686

Onderwerp: Werkschrijving horizontaal gestuurde boring te Leiden

Horizontaal gestuurde boring

t.b.v. aanleg WKO ring Universiteit Leiden (UL)

Witte Singel te Leiden



Figuur 1 overzicht werklocatie

Versie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Akkoord
1	29-03-2021	Voor vergunning	NN	BV	FJ

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	11
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 medium/mantelbuizen	5
Tabel 4	Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)	10
Tabel 5	Grondwaterstanden	14
Tabel 6	Toetsing materiaalspanningen 315mm	16
Tabel 7	Toetsing materiaalspanningen 200mm	16
Tabel 7	Toetsing materiaalspanningen 160mm	16
Tabel 8	Voorspelling trekkracht	17

Lijst met figuren

Figuur 1	overzicht werklocatie	1
Figuur 2	Doorsnede bundel	5
Figuur 3	pilotboring	6
Figuur 4	ruimfase	7
Figuur 5	intrekfase	8
Figuur 6	boor-rig	9
Figuur 7	schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)	14
Figuur 8	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 meetsysteem	21
Bijlage 5	Beschrijving boorvloeistof	22

1. Inleiding

Universiteit Leiden is momenteel bezig met de voorbereiding voor aanleg van een WKO ring op het terrein van Universiteit Leiden.

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

Dit rapport behandelt de aanleg van een horizontaal gestuurde boring en is uitsluitend opgesteld voor de vergunningaanvraag voor deze werkzaamheden.

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 NL42INGB0006956686

2. Uitgangspunten

2.1 Informatie

Voor dit schrijven hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
 - o Eigendoms grenzen gebied binnenstad.dwg
 - o leidingtracé situatietekening.pdf
 - o 2123-0120-01 TT versie1.pdf
 - o 2123-0120-01 TT versie1.dwg
 - o 10020-1N-BBPO-1_100.pdf
- Document(en):
 - o Oriëntatie klic melding:
 - 200052846
 - o 20191113 Haalbaarheid gestuurde boring.pdf
- Grondonderzoek
 - o DINOloket Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond:
 - Grondboring B30F0394
 - Grondwaterstand B30F4641

2.2 Voorschriften en literatuur

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

- NEN3650-1:2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen
- NEN3650-3:2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Kunststoffen
- NEN3651:2020 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 ontwerptekening welke is opgenomen in Bijlage 1. In onderstaande tabel zijn de eigenschappen van de horizontaal gestuurde boring gespecificeerd:

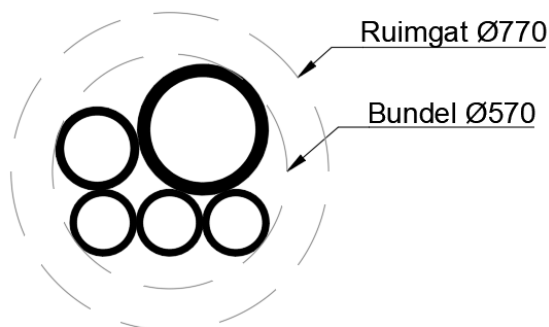
De uiteindelijke civiele aannemer dient de ontwerpen te beoordelen op uitvoerbaarheid, risico's en afwijkingen in het ontwerp, grondslag en KLIC. Na controle zal hij hiervoor de ontwerpverantwoordelijkheid overnemen van opdrachtgever.

Omschrijving	HDD	Eenheid
Lengte over maaiveld	94.62	m
Lengte over boorlijn	96.30	m
Intredehoek	18	°
Uittredehoek	18	°
Neergaande bochtstraal	90	m
Opgaande bochtstraal	90	m
Horizontale bochtstraal	150	m
Gecombineerde bochtstraal	77.17	m

Tabel 2 Specificaties boring

TE BOREN BUIZEN:

1xØ315mm PE100 SDR11 (WKO koud) +
 1xØ200mm PE100 SDR11 (spuileiding) +
 1xØ160mm PE100 SDR11 (WKO warm) +
 1xØ160mm PE100 SDR11 (signaalkabel) +
 1xØ160mm PE100 SDR11 (voedingskabel)



Figuur 2 Doorsnede bundel

Omschrijving	
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	315mm
Wanddikte	28.63mm
Aantal	1
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	200mm
Wanddikte	18.18mm
Aantal	1
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	160mm
Wanddikte	14.54mm
Aantal	3

Tabel 3 Specificaties medium/mantelbuizen

Hoofdvestiging [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 NL42INGB0006956686

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 medium/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.

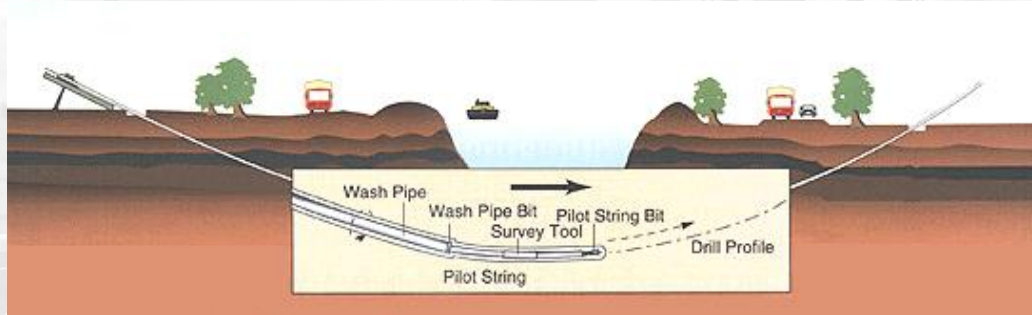
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- 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 medium/mantelbuizen samengesteld en klaargelegd worden.

Fase 1: De pilotboring



Figuur 3 pilotboring

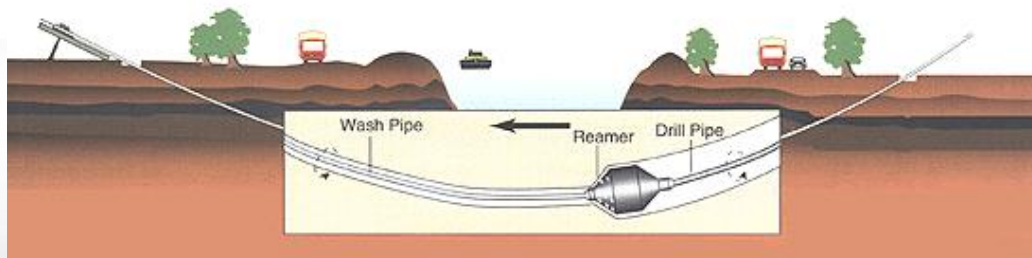
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing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

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

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

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

Fase 2: Ruimen van het boorgat



Figuur 4 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.

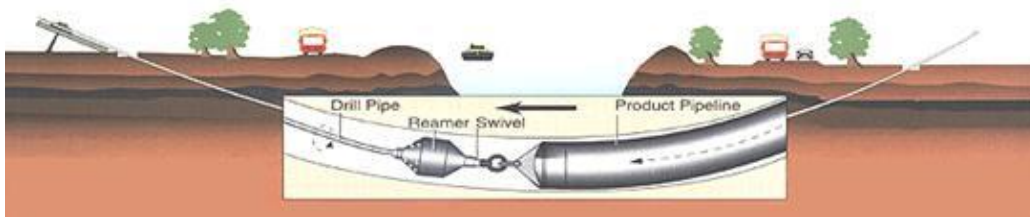
Hoofdvestiging [correspondentieadres]
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Fase 3: Intrekken medium/mantelbuizen:



Figuur 5 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 boerspoeling. 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 boerspoeldrukken gecontroleerd en geregistreerd. Bij alle fasen dient de gehele boortunnel gevuld te blijven met boerspoeling 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 NL42INGB0006956686

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

Voor de uitvoering van deze gestuurde boringen wordt een walk over meetsysteem geadviseerd. Een voorbeeld hiervan is toegevoegd als bijlage.

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.

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 NL42INGB0006956686

4.5 Kwaliteitsregistratie van de boring

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

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

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

4.6 Registratie bentoniet

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

- Meettijdstip (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);
- meettijdstip (uur : min);
- PH waarde (-);
- chloride gehalte (µS/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.

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 / boorpoeling

Op de projectlocatie mag enkel gerecyclede boorpoeling worden toegepast mits deze is voorzien van een gelding keuringscertificaat. In andere gevallen dient de boorpoeling 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, boorpoeling of overtollige grond wordt geacht voor de opdrachtgever geen waarde te hebben.

Aannemer dient overtollige boorpoeling 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 NL42INGB0006956686

5. Beoordeling gestuurde boring

5.1 Tijdschema

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

- Lassen in te trekken medium/mantelbuizen	: 5.00	dag(en)
- Inrichten werkterrein	: 0.50	dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring	: 0.50	dag(en)
- Uitvoeren van de eerste ruimgang	: 1.00	dag(en)
- Intrekken van de medium/mantelbuizen	: 1.00	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 is gelegen op het terrein van Universiteit Leiden op het plein aan de Matthias de Vrieshoek parallel aan de Witte Singel. De boor-rig wordt geplaatst op het vrije gedeelte van het plein, de fietsen beugels nabij het intredepunt dienen tijdelijk te worden verwijderd voor het creëren van het intredepunt. Daarnaast dient er rekening te worden gehouden met de brandkraan en verkeersbord naast de Witte Singel. Naast de boor-rig staat een reclamezuil de boor-rig dient hiernaast te worden opgesteld. Alle kabels en leidingen nabij het intredepunt dienen te worden opgezocht.

Het uittredepunt is gelegen aan de andere zijde van het gebouw bij het Jacob Geelstraatje. De fietsen beugels ter plaatsen van het uittredepunt dienen voor uitvoering tijdelijk te worden verwijderd.

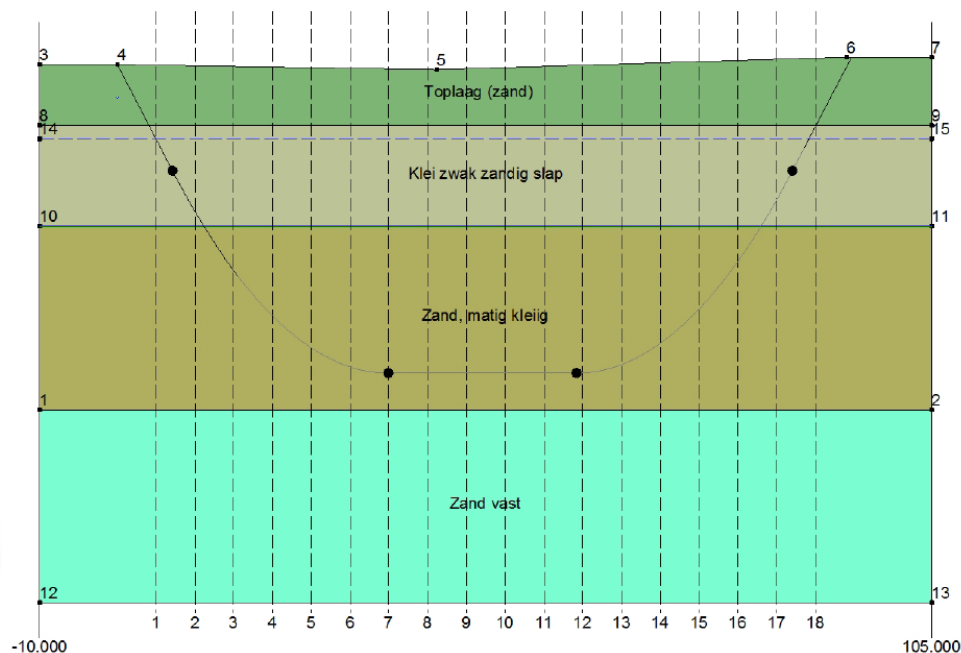
De las en uitleglocatie van de in te trekken medium/mantelbuizen is gelegen op de boorlijn van de te realiseren horizontaal gestuurde boring. Naast het uittredepunt wordt de las bus en eventueel las container geplaatst. Tijdens het intrekken dient de bundel te worden uitgelegd langs de Witte Singel. De Groenhovenstraat wordt hierbij gekruist, de Groenhovenstraat dient tijdelijk te worden afgesloten voor doorgaand verkeer.

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 behoeft goedkeuring van de opdrachtgever. Aannemer dient zich ten tijde van de aanbieding te vergewissen of er voldoende werkruimte aanwezig is.

5.3 Beschrijving grondgesteldheid

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



Figuur 7 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 zandlagen. De vloerbuis bevindt zich geheel in een laag zand matig kleig.

5.4 Grondwaterstanden

Nabij de te realiseren horizontaal gestuurde boring is de grondwaterstand 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 B30F4641	-0.9m	ca. -1.3m

Tabel 5 Grondwaterstanden

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

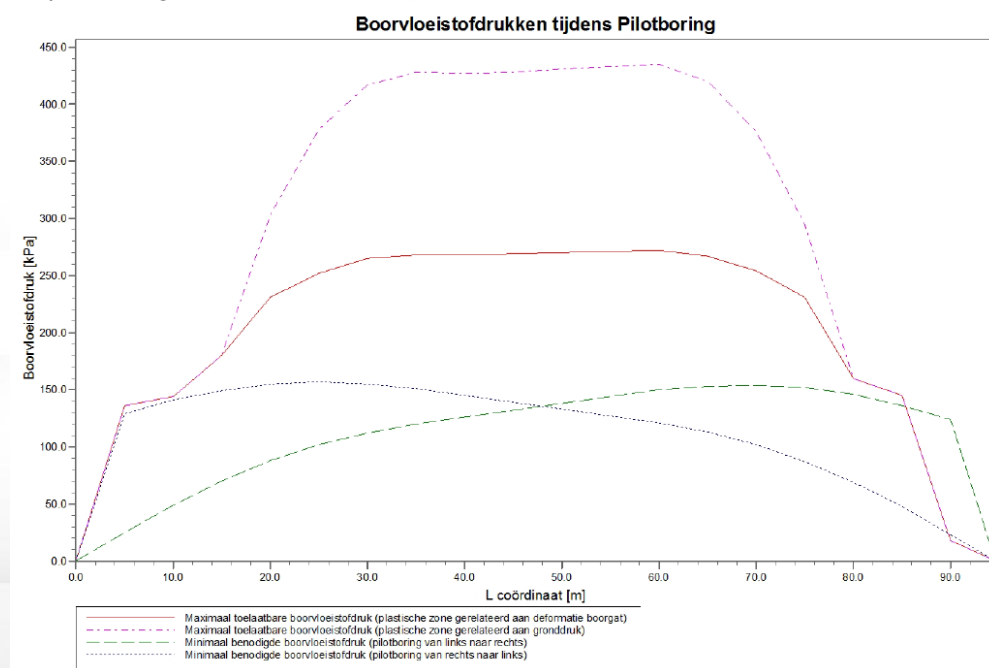
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

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 8 boorspoeldrukken tijdens pilotboring

Nabij het in en 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 uitrede dient de voortgangssnelheid en pompdruk te worden verlaagd om een mud uitbraak 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 NL42INGB0006956686

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)	-	-	3.03	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	3.03	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.96	3.81	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.65	4.01
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.59	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	2.03	4.46

Tabel 6 Toetsing materiaalspanningen 315mm

De maximale deflectie op de medium/mantelbuizen bedraagt 3,4 mm (1,08% x Do) voor de 315mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 25,2mm. 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)	-	-	3.03	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	3.03	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	1.94	3.15	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.41	3.78
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.33	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	1.88	4.34

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen 200mm

De maximale deflectie op de medium/mantelbuizen bedraagt 1,8 mm (0,90% x Do) voor de 200mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 16,0mm. 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)	1.58	2.92	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.33	0.33
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.28	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	1.86	1.86

Tabel 8 Toetsing materiaalspanningen 160mm

De maximale deflectie op de medium/mantelbuizen bedraagt 1,4 mm (0,87% x Do) voor de 160mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 12,8mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar.

Hoofdvestiging [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 NL42INGB0006956686

De uitwendige druk blijft tijdens uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk voor de 315mm, 200mm en 160mm mantelbuis.

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

6.3 Trekkraft berekening

In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden t.a.v. de trekkraft weergegeven. In de berekening wordt ervan uitgegaan 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 62kN.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	5
T2	8	10
T3	36	26
T4	61	38
T5	89	60
T6	96	62

Tabel 9 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 NL42INGB0006956686

Bijlage 1 Boortekening

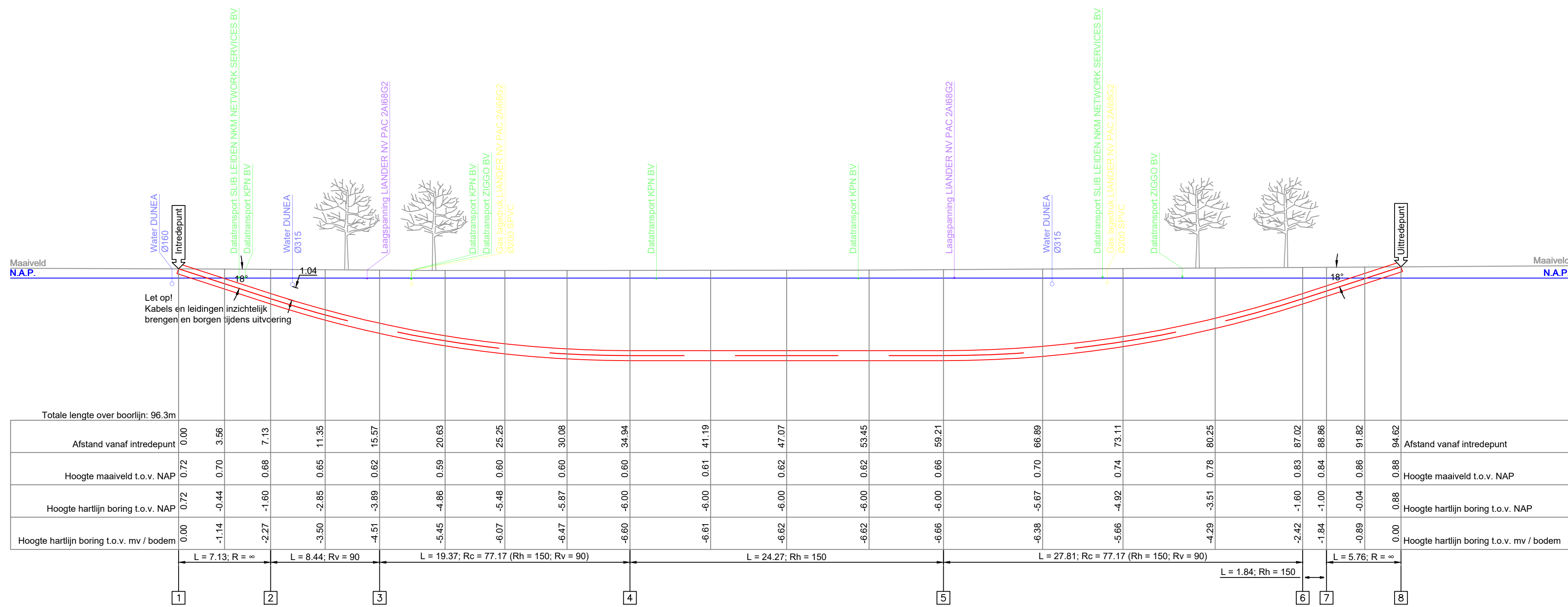
Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

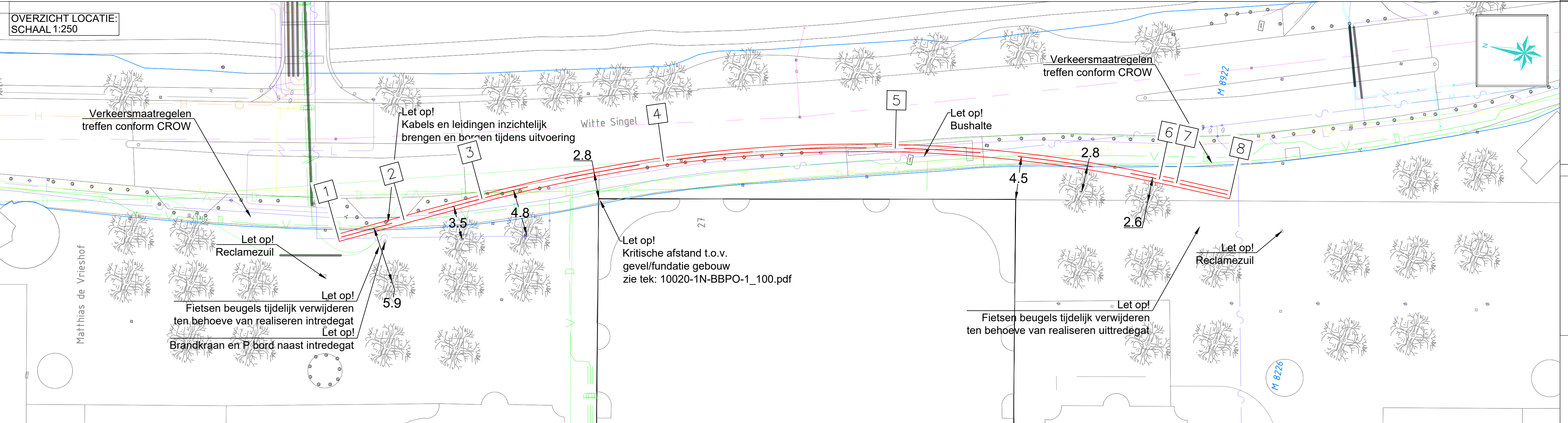
DWARSPROFIEL:
SCHAAL 1:250



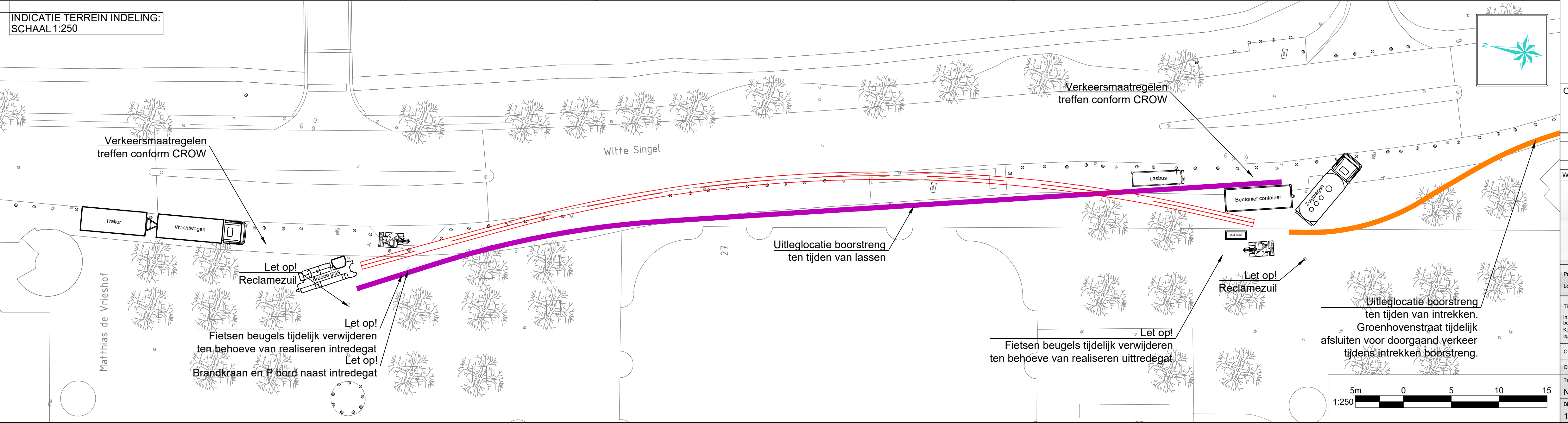
OVERZICHT LOCATIE:
SCHAAL 1:1000



OVERZICHT LOCATIE:
SCHAAL 1:250



INDICATIE TERREIN INDELING:
SCHAAL 1:250



COORDINATENLIJST			
	X	Y	Z(NAP)
1	Intrede	93031.74	463701.19 0.72
2	Begin Verticale Bocht	93034.86	463694.78 -1.60
3	Begin Horizontale Bocht	93038.56	463687.19 -3.89
4	Einde Verticale Bocht	93045.89	463669.28 -6.00
5	Begin Verticale Bocht	93051.73	463645.75 -6.00
6	Einde Verticale Bocht	93053.65	463618.04 -1.60
7	Einde Horizontale Bocht	93053.60	463616.20 -1.00
8	Uitrede	93053.40	463610.44 0.88

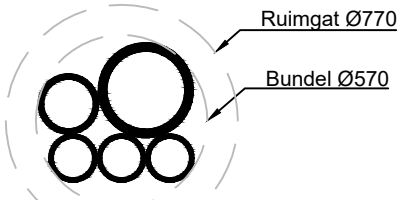
DOORSNEDE:
SCHAAL 1:25

- Lengte(s) 96.3 m
- Buisdiameter(s) 1X315, 1X200, 3X160 mm
- Verwachte trekkracht N.T.B. kN

KLIC NUMMER: 200052846
ONTVANGST DATUM: 11-06-2020

DE HOOGTEMATEN ZIJN VERKREGEN UIT AHN.
DEZE ZIJN INDICATIEF

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



- Legenda horizontaal gestuurde boring:
- Horizontaal gestuurde boring
 - Horizontaal gestuurde boring / boogzinker / mantelbuis (bestaand)
 - Topografie (bestaand)
 - Kadaster
 - Las + uitleg locatie boorstreng
 - Boorstreng ten tijden van intrekken

- Legenda KLIC:
- Laagspanningskabel(s)
 - Middenspanningskabel(s)
 - Hoogspanningskabel(s)
 - Gasleiding(en) lage druk
 - Gasleiding(en) hoge druk
 - Datatransport
 - Waterleiding(en)
 - Vrij verval riolering
 - Persriool
 - Warmte transport
 - Gevaarlijke buisleiding(en)

Opmerkingen:

Wijz.	Omschrijving:	Getekend:	Gecontroleerd:	Akkoord:	Datum:
4	Derde uitgave	NN	WH	FJ	10-03-2021
3	Tweede uitgave	NN	WH	FJ	10-02-2021
1	Eerste uitgave	NN	WH	FJ	14-01-2021



Project:	WKO ring Universiteit Leiden (UL)	Plaats:	Leiden
Locatie:	Witte Singel		
Titel:	Horizontaal gestuurde boring HDD03		
In te trekken buisbundel:	1xØ315mm, 1xØ200mm, 3xØ160mm PE100 SDR11		
Kaartmerk:			
Opdrachtgever:	IF Technology B.V.	Status:	CONCEPT
Tekenaar:	NN	Gecontroleerd:	WH
Blad:	1	Schaal:	Diverse
Aantal:	1	Formaat:	A1
Datum uitgifte:	14-01-2021	Tekeningnummer:	2123-0120-01-HDD03
Documenttype:	Tekening	Beeldnummer:	2123-0120-01

Indien werkzaamheden door derden worden uitgevoerd, kunnen aan deze tekening geen rechten worden ontleend.

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

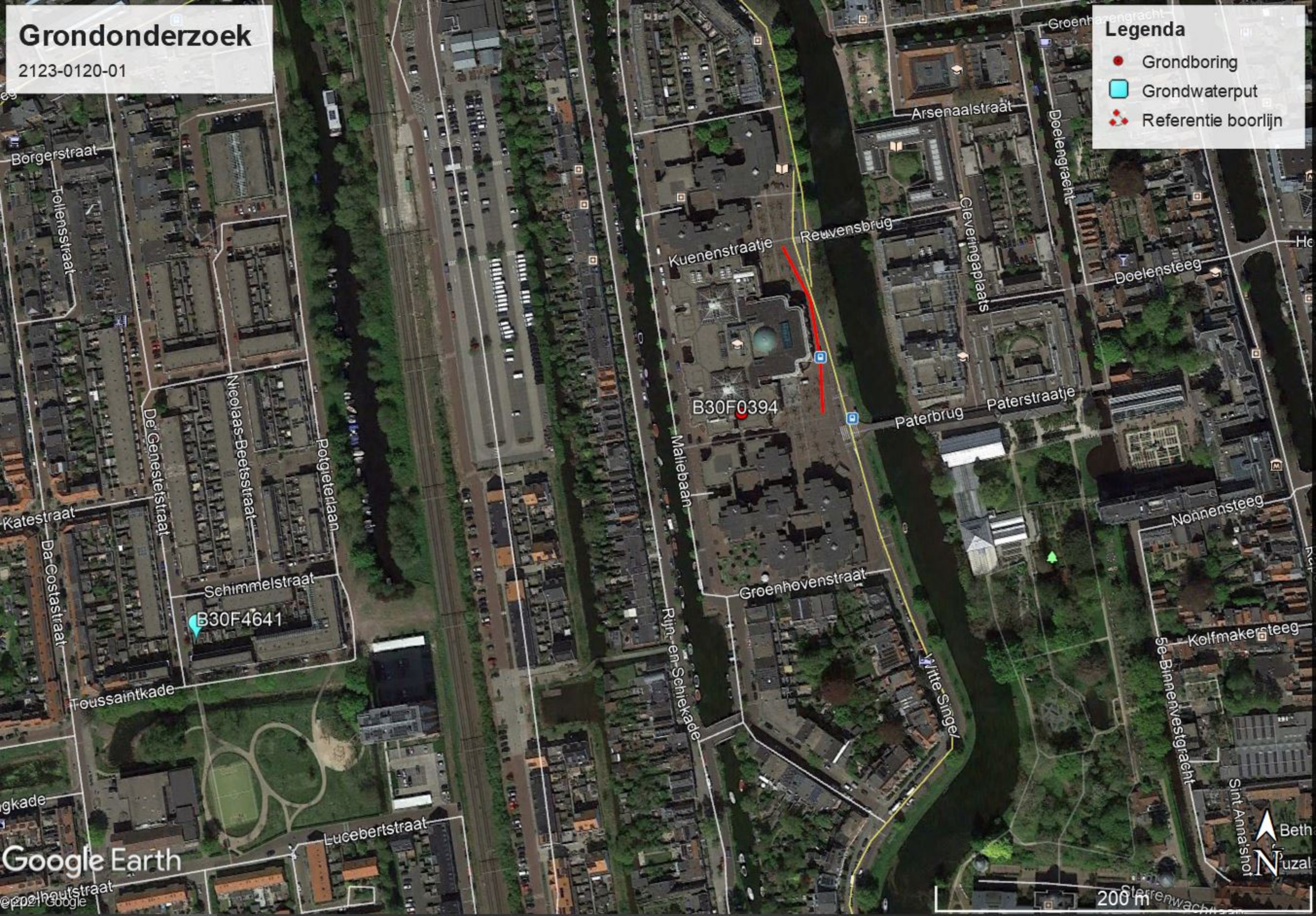
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Grondonderzoek

2123-0120-01

Legenda

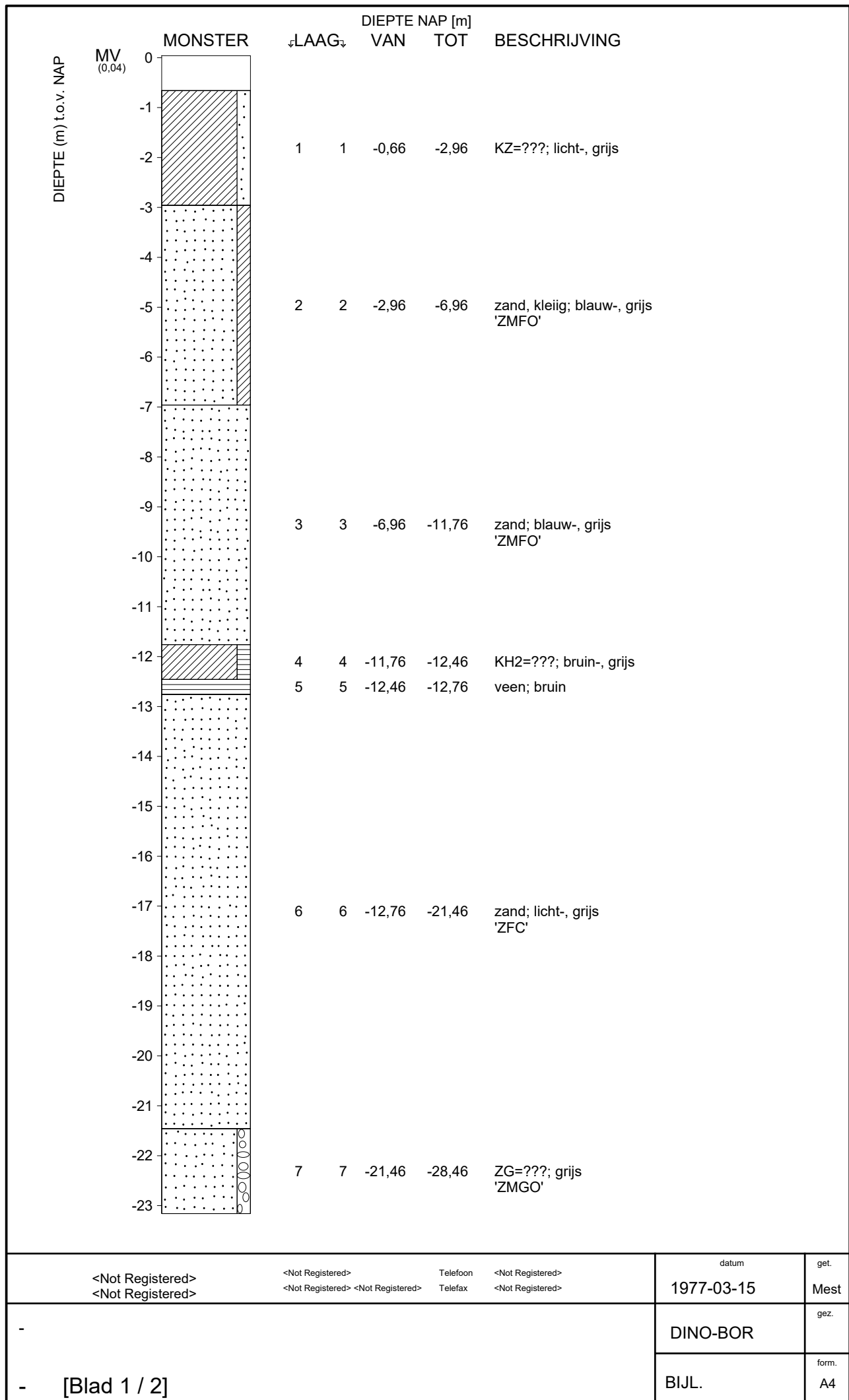
- Grondboring
- Grondwaterput
- ⬢ Referentie boorlijn



Google Earth

200 m

Beth
Nuzal



		DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING		
		↓LAAG↓	VAN	TOT		
DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MONSTER					
		7	7	-21,46	-28,46	ZG=???; grijs 'ZMGO'
		8	8	-28,46	-28,96	zand; grijs 'ZGC'
		9	9	-28,96	-30,76	zand; grijs 'ZMGO'
Geboord tot NAP -30,76 m Aantal peilbuizen:2		Einde Boring B30F0394				
maaiveld: NAP 0,04 m X = 93010 m Y = 463610 m (RD)						
<Not Registered> <Not Registered>		<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1977-03-15 get. Mest	
-					gez. DINO-BOR	
- [Blad 2 / 2]					form. BIJL. A4	

Grondwaterstanden

Identificatie: B30F4641

Identificatie buis: B30F4641-001

Coördinaten: 92709, 463468 (RD)

Maaiveld: 0.25 m t.o.v. NAP



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 NL42INGB0006956686

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam:	ATRON Engineering Advies & Infra
Datum van rapport:	3/23/2021
Tijd van rapport:	8:38:24 AM
Rapport met versie:	20.1.2.31161
Berekend met versie:	20.1.2.31161
Bestandsnaam:	2123-0120-01 HDD3 DGEO versie1
Projectbeschrijving:	Horizontaal gestuurde boring HDD03 v1 Witte Singel te Leiden 1x315mm, 1x200mm, 3x160mm PE100 SDR11

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Berichten	4
2.1 Berekeningswaarschuwingen	4
3 Invoergegevens	5
3.1 Gebruikt Model	5
3.2 Laagscheidingen	5
3.3 PN-Lijnen	5
3.4 Freatische Lijn	5
3.5 Grondprofielen	5
3.6 Grenslagen	5
3.7 Grondeigenschappen	5
3.8 Geometrie	7
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail	7
3.8.2 Geometrie Boven aanzicht	8
3.9 Berekenings Verticalen	8
3.10 Configuratie van de Pijpleiding	8
3.11 Materiaalgegevens van de Leiding	9
3.12 Gegevens voor Leidingberekening	10
3.13 Boorvloeistof Gegevens	10
3.14 Factoren	11
3.15 Rekenopties	11
4 Boorvloeistofdrukken	12
4.1 Boorvloeistof Gegevens	12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	14
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	14
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	15
5 Grondmechanische Data	16
5.1 Grondmechanische Parameters 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1	16
5.2 Grondmechanische Parameters 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2	17
5.3 Grondmechanische Parameters 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3	18
5.4 Grondmechanische Parameters 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4	19
5.5 Grondmechanische Parameters 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5	20
5.6 Young's Modulus per Laag per Verticaal	21
6 Gegevens voor Sterkteberekening	23
6.1 Algemene Gegevens	23
6.2 Ballasten Leiding	23
6.3 Trekkkrachtberekening	23
7 Sterkteberekening van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1	25
7.1 Materiaalgegevens van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1	25
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1	25
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	25
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	26
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	26
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	26
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	26
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1	27
7.4 Toetsing op Implosie van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1	27
8 Sterkteberekening van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2	28
8.1 Materiaalgegevens van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2	28
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2	28
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	29
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	29
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	29
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2	30
8.4 Toetsing op Implosie van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2	30
9 Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3	32
9.1 Materiaalgegevens van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3	32
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3	32
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	33

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	33
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	33
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3	34
9.4 Toetsing op Implosie van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3	34
10 Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4	35
10.1 Materiaalgegevens van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4	35
10.2 Resultaten Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4	35
10.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	35
10.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	36
10.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	36
10.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	36
10.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	36
10.3 Controle van de Berekende Spanningen van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4	37
10.4 Toetsing op Implosie van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4	37
11 Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5	39
11.1 Materiaalgegevens van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5	39
11.2 Resultaten Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5	39
11.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	39
11.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	40
11.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	40
11.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	40
11.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	40
11.3 Controle van de Berekende Spanningen van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5	41
11.4 Toetsing op Implosie van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5	41

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

Een of meer lagen boven de grens tussen de ongedraineerde toplagen en de onderliggende gedraineerde lagen hebben een Su-waarde van 0.

3 Invoergegevens

3.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

3.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
4 - L -	-10.000	0.000	41.190	94.000	105.000
4 - Z -	0.720	0.720	0.610	0.880	0.880
3 - L -	-10.000	105.000			
3 - Z -	-0.600	-0.600			
2 - L -	-10.000	105.000			
2 - Z -	-2.800	-2.800			
1 - L -	-10.000	105.000			
1 - Z -	-6.800	-6.800			
0 - L -	-10.000	105.000			
0 - Z -	-11.000	-11.000			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10.000	105.000			
1 - Z -	-0.900	-0.900			

3.4 Freatische Lijn

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

3.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
4	Toplaag (zand)	1	1
3	Klei zwak zandig slap	1	1
2	Zand, matig kleiig	1	1
1	Zand vast	1	1

3.6 Grenslagen

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

3.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [grad]	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
Klei (vast)	20.00	20.00	15.00	25.00	200.00	200.00
Veen	13.00	13.00	5.00	15.00	30.00	30.00
Zand (fijn)	17.00	19.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand siltig	17.20	19.20	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (siltig)	18.50	20.50	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig kleiig	18.00	20.00	0.00	27.00	0.00	0.00
Klei zwak zandig slap	15.00	15.00	0.00	22.50	40.00	40.00
Zand matig	18.00	20.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei siltig (leem)	17.10	18.10	0.00	27.50	0.00	0.00
Leem (Zwak zandig Sla...	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00

Naam	Gamma onverz [kN/m ³]	Gamma verz [kN/m ³]	Cohesie [kN/m ²]	Phi [grd]	Su top [kN/m ²]	Su onder [kN/m ²]
Zand vast	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand, zwak kleiig	18.20	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand, matig kleiig	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
Klei siltig	16.00	17.50	0.00	27.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig matig	18.00	18.00	5.00	22.50	80.00	80.00
Klei zwak zandig vast	20.00	20.00	13.00	22.50	120.00	120.00
Klei sterk zandig	18.00	18.00	0.00	27.50	120.00	120.00
Leem (Zwak zandig Ma...	20.00	20.00	1.00	27.50	100.00	100.00
Leem (Zwak zandig Va...	21.00	21.00	2.50	27.50	200.00	200.00
Klei (organisch matig)	15.00	15.00	0.00	15.00	25.00	25.00
Klei (organisch slap)	13.00	13.00	0.00	15.00	10.00	10.00
Zand sterk siltig kleiig)	18.00	20.00	0.00	25.00	0.00	0.00

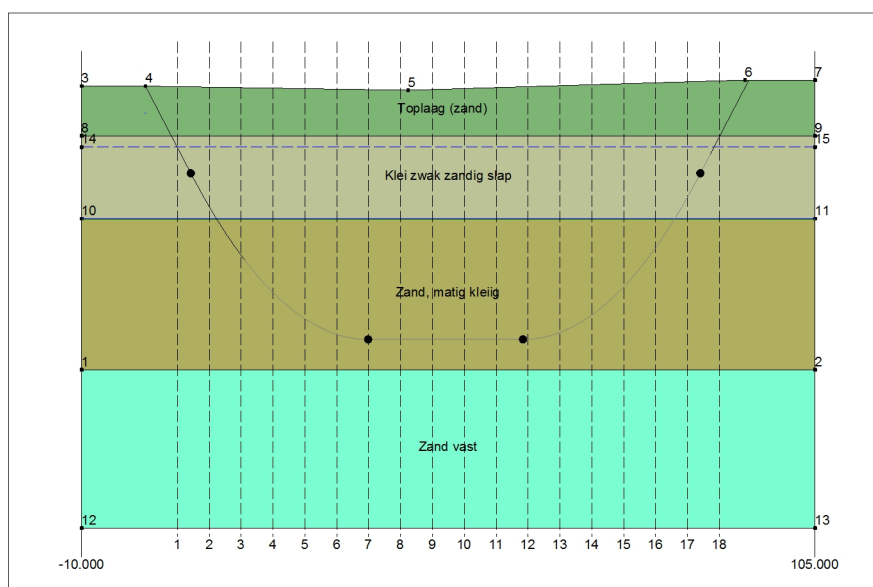
Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod onder [kN/m ²]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei	-	-	2000.00	2000.00
Klei (vast)	-	-	10000.00	10000.00
Veen	-	-	1000.00	1000.00
Zand (fijn)	-	-	15000.00	15000.00
Zand siltig	-	-	50000.00	50000.00
Zand (siltig)	-	-	50000.00	50000.00
Zand zwak siltig kleiig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig slap	-	-	1500.00	1500.00
Zand matig	-	-	45000.00	45000.00
Klei siltig (leem)	-	-	2000.00	2000.00
Leem (Zwak zandig Sla...	-	-	2000.00	2000.00
Zand vast	-	-	75000.00	75000.00
Zand, zwak kleiig	-	-	30000.00	30000.00
Zand, matig kleiig	-	-	30000.00	30000.00
Toplaag (zand)	-	-	50000.00	50000.00
Klei siltig	-	-	2000.00	2000.00
Klei zwak zandig matig	-	-	2000.00	2000.00
Klei zwak zandig vast	-	-	5000.00	5000.00
Klei sterk zandig	-	-	2000.00	2000.00
Leem (Zwak zandig Ma...	-	-	3000.00	3000.00
Leem (Zwak zandig Va...	-	-	5000.00	5000.00
Klei (organisch matig)	-	-	1000.00	1000.00
Klei (organisch slap)	-	-	500.00	500.00
Zand sterk siltig kleiig)	-	-	15000.00	15000.00

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei	-	-	0.45
Klei (vast)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40
Zand (fijn)	-	-	0.30
Zand siltig	-	-	0.30
Zand (siltig)	-	-	0.30
Zand zwak siltig kleiig	-	-	0.30
Klei zwak zandig slap	-	-	0.45
Zand matig	-	-	0.30
Klei siltig (leem)	-	-	0.35
Leem (Zwak zandig Sla...	-	-	0.35
Zand vast	-	-	0.30
Zand, zwak kleiig	-	-	0.30
Zand, matig kleiig	-	-	0.30
Toplaag (zand)	-	-	0.30
Klei siltig	-	-	0.35
Klei zwak zandig matig	-	-	0.45

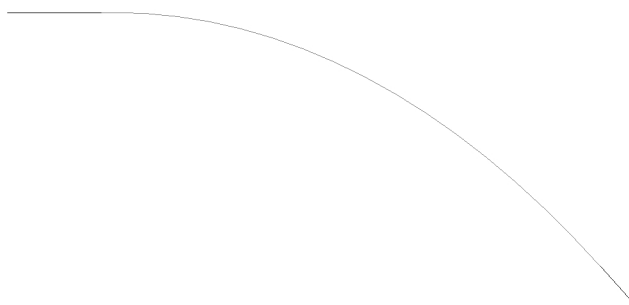
Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
Klei zwak zandig vast	-	-	0.45
Klei sterk zandig	-	-	0.45
Leem (Zwak zandig Ma...	-	-	0.35
Leem (Zwak zandig Va...	-	-	0.35
Klei (organisch matig)	-	-	0.45
Klei (organisch slap)	-	-	0.45
Zand sterk siltig kleiig	-	-	0.30

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Boven aanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	5.000	-0.905
2	10.000	-2.476
3	15.000	-3.764
4	20.000	-4.752
5	25.000	-5.450
6	30.000	-5.865
7	35.000	-6.000
8	40.000	-6.000
9	45.000	-6.000
10	50.000	-6.000
11	55.000	-6.000
12	60.000	-5.996
13	65.000	-5.813
14	70.000	-5.349
15	75.000	-4.602
16	80.000	-3.563
17	85.000	-2.222
18	90.000	-0.624

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

3.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	0.720	[m]
X coördinaat rechter punt	91.070	[m]
Y coördinaat rechter punt	-20.260	[m]
Z coördinaat rechter punt	0.880	[m]

Hoek links	18.0000	[grd]
Hoek rechts	18.0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	90.000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	90.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	50.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-6.000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	1	
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.		

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	15.570	0.000	85.980	-17.550	150.000	links

3.11 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	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.63	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	6.00	[bar]
Incidentele druk	6.00	[bar]
Temperatuur variatie	30.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18.18	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	6.00	[bar]
Incidentele druk	6.00	[bar]
Temperatuur variatie	30.00	[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	160.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14.54	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	6.00	[bar]
Incidentele druk	6.00	[bar]
Temperatuur variatie	30.00	[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	160.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14.54	[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	160.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	14.54	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

3.12 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	120	[grd]
Belastingshoek	180	[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	[-]

3.13 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	0.770	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.465	[m]
Debiet tijdens pilotboring	250.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	175.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	150.0000	[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/m ²]

3.14 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	[-]

3.15 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	136	136	25	129
2	144	144	49	141
3	180	180	70	149
4	231	303	88	155
5	252	378	102	157
6	265	417	112	155
7	268	428	120	151
8	268	427	126	145
9	269	428	132	139
10	270	431	138	133
11	271	433	144	127
12	272	435	150	121
13	267	420	153	113
14	254	376	154	102
15	231	295	152	87
16	160	160	146	69
17	145	145	136	48
18	18	18	124	23

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	55	55	20	25
2	153	153	39	49
3	109	109	54	68
4	187	187	67	79
5	244	244	76	86
6	265	278	81	90
7	268	288	84	90
8	268	287	85	89
9	269	288	86	88
10	270	290	87	87
11	271	292	88	87
12	272	293	88	86
13	267	279	87	83
14	241	241	83	76
15	180	180	75	67
16	97	97	64	54
17	151	151	48	38
18	18	18	23	18

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	19	19	20	20
2	129	129	39	39
3	98	98	55	54
4	141	141	67	67
5	183	183	76	76
6	209	209	82	81
7	217	217	84	84
8	216	216	85	85
9	217	217	86	86
10	218	218	87	87
11	220	220	87	87
12	220	220	86	86
13	210	210	83	83

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
14	181	181	76	77
15	135	135	67	67
16	109	109	54	54
17	123	123	38	38
18	18	18	18	18

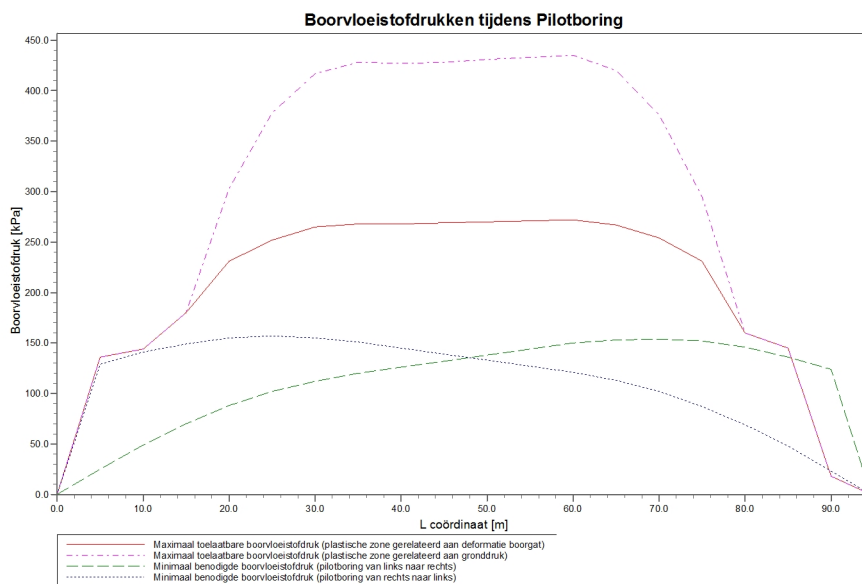
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	19	0	406.28	voldoet
2	37	16	2.34	voldoet
3	52	29	1.81	voldoet
4	63	39	1.64	voldoet
5	71	45	1.57	voldoet
6	76	50	1.54	voldoet
7	78	51	1.53	voldoet
8	78	51	1.53	voldoet
9	78	51	1.53	voldoet
10	78	51	1.53	voldoet
11	78	51	1.54	voldoet
12	78	51	1.54	voldoet
13	76	49	1.56	voldoet
14	71	44	1.60	voldoet
15	63	37	1.70	voldoet
16	51	27	1.91	voldoet
17	36	13	2.69	voldoet
18	17	0	-	voldoet

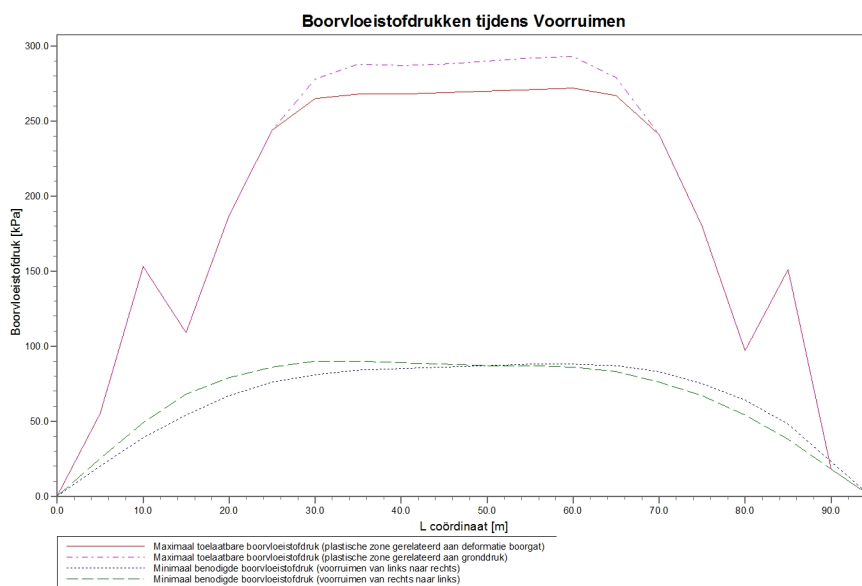
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

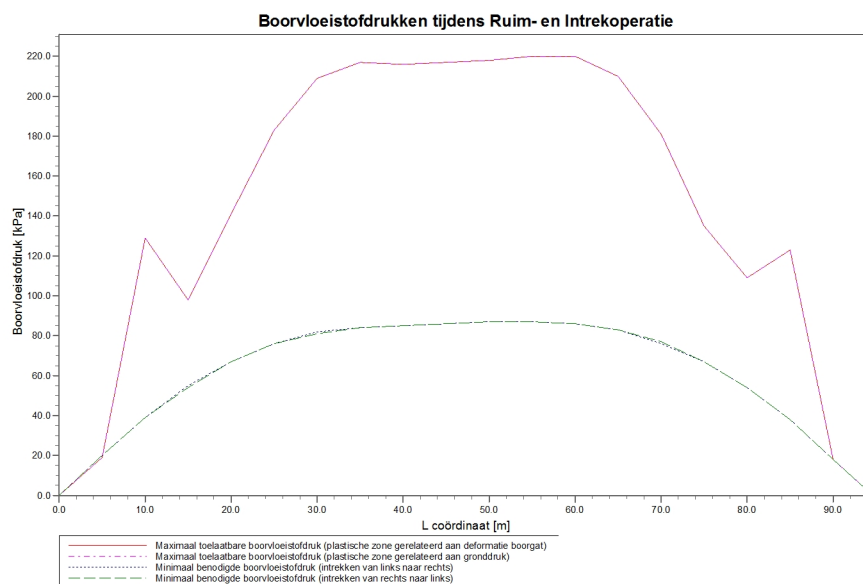
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeiستفدrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _{v;p}	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v;e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	65	27	20	27	0	323
2	115	36	27	36	0	771
3	236	46	18	24	0	1241
4	335	56	15	21	0	1489
5	414	62	13	17	0	1663
6	464	66	12	16	0	1763
7	480	67	12	16	0	1791
8	477	67	12	16	0	1784
9	480	67	12	16	0	1793
10	485	68	12	16	0	1806
11	491	68	12	16	0	1819
12	495	68	12	16	0	1830
13	476	67	12	17	0	1796
14	421	63	13	18	0	1689
15	337	56	16	22	0	1509
16	235	47	19	25	0	1254
17	118	38	28	38	0	451
18	58	26	19	26	0	303

Verticaal nr.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	145	8719	312117	6103	0.05	7.5
2	115	57142	2821	39999	0.05	7.5
3	380	63419	34042	44393	0.05	7.5
4	460	63419	63419	44393	0.05	7.5
5	510	89261	63419	62482	0.05	7.5
6	538	118167	63419	82717	0.05	7.5
7	545	127777	63419	89444	0.05	7.5
8	544	127777	63419	89444	0.05	7.5
9	546	127777	63419	89444	0.05	7.5
10	549	127777	63419	89444	0.05	7.5
11	552	127777	63419	89444	0.05	7.5
12	555	127523	63419	89266	0.05	7.5
13	546	114521	63419	80165	0.05	7.5
14	517	82398	63419	57678	0.05	7.5
15	464	63419	63419	44393	0.05	7.5
16	381	63419	26214	44393	0.05	7.5
17	118	47467	9981	33227	0.05	7.5
18	136	8683	7428	6078	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	$q_{v;n;max} = 68 \text{ kN/m}^2$
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	$q_{verkeer;max} = 38 \text{ kN/m}^2$
Maximale gereduceerde grondspanning	:	$q_{v;r;n;max} = 38 \text{ kN/m}^2$
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;max} = 127777 \text{ kN/m}^3$
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;max} = 255554 \text{ kN/m}^3$

5.2 Grondmechanische Parameters 1x200mmPE100SDR11(spuil): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	$q_{v;p}$ [kN/m ²]	$q_{v;n}$ [kN/m ²]	$q_{h;n}$ [kN/m ²]	$q_{v;r;n}$ [kN/m ²]	$q_{verkeer}$ [kN/m ²]	$q_{v;e}$ [kN/m ²]
1	92	28	21	28	0	335
2	117	37	27	37	0	555
3	352	47	18	24	0	1252
4	493	56	15	21	0	1500
5	538	63	13	17	0	1673
6	563	66	12	16	0	1773
7	569	67	12	16	0	1801
8	568	67	12	16	0	1795
9	570	67	12	16	0	1803
10	573	68	12	16	0	1816
11	576	68	12	16	0	1829
12	578	69	12	16	0	1841
13	570	68	12	17	0	1806
14	544	64	13	18	0	1700
15	497	57	16	22	0	1520
16	351	47	19	25	0	1265
17	120	38	28	38	0	456
18	82	27	20	27	0	318

Verticaal nr.	$q_{h;e}$ [kN/m ²]	$k_{v;bot}$ [kN/m ³]	$k_{v;top}$ [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_{max} [kN/m ²]	d_{max} [mm]
1	95	4443	140681	3110	0.05	7.5
2	117	78852	4443	55197	0.05	7.5
3	421	99883	87131	69918	0.05	7.5
4	493	99883	99883	69918	0.05	7.5
5	538	99883	99883	69918	0.05	7.5
6	563	127322	99883	89126	0.05	7.5
7	569	150377	99883	105264	0.05	7.5
8	568	150377	99883	105264	0.05	7.5
9	570	150377	99883	105264	0.05	7.5
10	573	150377	99883	105264	0.05	7.5
11	576	150377	99883	105264	0.05	7.5
12	578	149765	99883	104836	0.05	7.5
13	570	118632	99883	83042	0.05	7.5
14	544	99883	99883	69918	0.05	7.5
15	497	99883	99883	69918	0.05	7.5
16	424	99883	68090	69918	0.05	7.5

Verticaal nr.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
17	120	54598	4443	38219	0.05	7.5
18	151	13939	25571	9757	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q _v ;n;max = 69 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer} ;max = 38 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _v ;r;n;max = 38 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 150377 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 300755 kN/m ³

5.3 Grondmechanische Parameters 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _v ;p	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _v ;n	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _h ;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _v ;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _v ;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _h ;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _v ;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _v ;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddingsgetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloei	stof kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	97	28	21	28	0	339
2	118	37	27	37	0	442
3	431	47	18	24	0	1256
4	503	56	15	21	0	1503
5	546	63	13	17	0	1677
6	569	67	12	16	0	1777
7	576	68	12	16	0	1805
8	574	67	12	16	0	1798
9	576	68	12	16	0	1806
10	579	68	12	16	0	1819
11	582	69	12	16	0	1832
12	585	69	12	16	0	1844
13	577	68	12	17	0	1810
14	552	64	13	18	0	1703
15	507	57	16	22	0	1524
16	430	48	19	25	0	1269
17	121	38	28	38	0	458
18	93	27	20	27	0	324

Verticaal nr.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	97	5554	159602	3887	0.05	7.5
2	118	88968	5554	62278	0.05	7.5
3	435	124857	124857	87400	0.05	7.5
4	503	124857	124857	87400	0.05	7.5
5	546	124857	124857	87400	0.05	7.5
6	569	124857	124857	87400	0.05	7.5
7	576	145610	124857	101927	0.05	7.5
8	574	145610	124857	101927	0.05	7.5
9	576	145610	124857	101927	0.05	7.5
10	579	145610	124857	101927	0.05	7.5
11	582	145610	124857	101927	0.05	7.5
12	585	144678	124857	101274	0.05	7.5

Verticaal nr.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
13	577	124857	124857	87400	0.05	7.5
14	552	124857	124857	87400	0.05	7.5
15	507	124857	124857	87400	0.05	7.5
16	437	124857	107719	87400	0.05	7.5
17	121	50805	5554	35563	0.05	7.5
18	93	5554	219192	3887	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 69 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer};max = 38 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 38 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 219192 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 438384 kN/m³

5.4 Grondmechanische Parameters 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _v ;p	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _v ;n	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _h ;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _v ;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _v ;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _h ;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _v ;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _v ;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	97	28	21	28	0	339
2	118	37	27	37	0	442
3	431	47	18	24	0	1256
4	503	56	15	21	0	1503
5	546	63	13	17	0	1677
6	569	67	12	16	0	1777
7	576	68	12	16	0	1805
8	574	67	12	16	0	1798
9	576	68	12	16	0	1806
10	579	68	12	16	0	1819
11	582	69	12	16	0	1832
12	585	69	12	16	0	1844
13	577	68	12	17	0	1810
14	552	64	13	18	0	1703
15	507	57	16	22	0	1524
16	430	48	19	25	0	1269
17	121	38	28	38	0	458
18	93	27	20	27	0	324

Verticaal nr.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	97	5554	159602	3887	0.05	7.5
2	118	88968	5554	62278	0.05	7.5
3	435	124857	124857	87400	0.05	7.5
4	503	124857	124857	87400	0.05	7.5
5	546	124857	124857	87400	0.05	7.5
6	569	124857	124857	87400	0.05	7.5
7	576	145610	124857	101927	0.05	7.5
8	574	145610	124857	101927	0.05	7.5

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v,bot} [kN/m ³]	k _{v,top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
9	576	145610	124857	101927	0.05	7.5
10	579	145610	124857	101927	0.05	7.5
11	582	145610	124857	101927	0.05	7.5
12	585	144678	124857	101274	0.05	7.5
13	577	124857	124857	87400	0.05	7.5
14	552	124857	124857	87400	0.05	7.5
15	507	124857	124857	87400	0.05	7.5
16	437	124857	107719	87400	0.05	7.5
17	121	50805	5554	35563	0.05	7.5
18	93	5554	219192	3887	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_{v;n};max = 69 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer};max = 38 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_{v;r;n};max = 38 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 219192 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 438384 kN/m³

5.5 Grondmechanische Parameters 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _{v;p}	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v,e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h,e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v,e} [kN/m ²]
1	97	28	21	28	0	339
2	118	37	27	37	0	442
3	431	47	18	24	0	1256
4	503	56	15	21	0	1503
5	546	63	13	17	0	1677
6	569	67	12	16	0	1777
7	576	68	12	16	0	1805
8	574	67	12	16	0	1798
9	576	68	12	16	0	1806
10	579	68	12	16	0	1819
11	582	69	12	16	0	1832
12	585	69	12	16	0	1844
13	577	68	12	17	0	1810
14	552	64	13	18	0	1703
15	507	57	16	22	0	1524
16	430	48	19	25	0	1269
17	121	38	28	38	0	458
18	93	27	20	27	0	324

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	97	5554	159602	3887	0.05	7.5
2	118	88968	5554	62278	0.05	7.5
3	435	124857	124857	87400	0.05	7.5
4	503	124857	124857	87400	0.05	7.5

Verticaal nr.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
5	546	124857	124857	87400	0.05	7.5
6	569	124857	124857	87400	0.05	7.5
7	576	145610	124857	101927	0.05	7.5
8	574	145610	124857	101927	0.05	7.5
9	576	145610	124857	101927	0.05	7.5
10	579	145610	124857	101927	0.05	7.5
11	582	145610	124857	101927	0.05	7.5
12	585	144678	124857	101274	0.05	7.5
13	577	124857	124857	87400	0.05	7.5
14	552	124857	124857	87400	0.05	7.5
15	507	124857	124857	87400	0.05	7.5
16	437	124857	107719	87400	0.05	7.5
17	121	50805	5554	35563	0.05	7.5
18	93	5554	219192	3887	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_{v;n;max} = 69 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer;max} = 38 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_{v;r;n;max} = 38 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_{v;max} = 219192 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_{v;max} = 438384 kN/m³

5.6 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
4	Toplaag (zand)	Gebruikerswaarden
3	Klei zwak zandig slap	Gebruikerswaarden
2	Zand, matig kleiig	Gebruikerswaarden
1	Zand vast	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=5 m)		Verticaal 2 (L=10 m)		Verticaal 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
4	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
2	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 4 (L=20 m)		Verticaal 5 (L=25 m)		Verticaal 6 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
4	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
2	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 7 (L=35 m)		Verticaal 8 (L=40 m)		Verticaal 9 (L=45 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
4	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
2	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 10 (L=50 m)		Verticaal 11 (L=55 m)		Verticaal 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
4	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
2	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 13 (L=65 m)		Verticaal 14 (L=70 m)		Verticaal 15 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
4	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
2	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 16 (L=80 m)		Verticaal 17 (L=85 m)		Verticaal 18 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
4	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
2	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

6 Gegevens voor Sterkteberekening

6.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 5 [-]
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.63 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18.18 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 160.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14.54 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 160.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14.54 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Equivalent diameter leiding	:	Do = 613.95 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 30.60 mm
Equivalent volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 104670 kN/m ³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.50 kN/m ³
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

6.2 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	:	199	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	55	[kg/m]
Resultaat	:	144	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

6.3 Trekkraftberekening

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

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0.10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0.000050 [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0.20)

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

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

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	5
T2	8	10
T3	36	26
T4	61	38
T5	89	60
T6	96	62

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 sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1.80 gebruikt en een belasting factor van 1.00.

7 Sterkteberekening van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 315mmPE100SDR11(wko koud): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.63 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 6.00 bar
Test druk	:	pt = 6.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 30.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 96 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 = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n,max = 38 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v,max = 127777 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 77.174 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van 315mmPE100SDR11(wko koud): 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 28.6 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 4.30 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.96	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	2.79	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.81	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	=	0.0333	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.91	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.59	N/mm ²
---	---	------	-------------------

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	1.52	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
---	---	------	-------------------

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.65	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.55	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.58	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2.03	N/mm ²
---	---	------	-------------------

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma_px} = 0.5 \cdot \text{Sigma_py}$	=	1.52	N/mm ²
$\text{Sigma_ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
$\text{Sigma_Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	1.85	N/mm ²
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	4.01	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma_qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.55	N/mm ²
$\text{Sigma_qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	2.58	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	0.686	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	0.802	
$\text{Sigma_t,max} = \text{Sigma_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma_qn}))$			
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	4.46	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 315mmPE100SDR11(wko koud): 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)	-	-	3.03	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	3.03	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.96	3.81	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.65	4.01
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.59	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	2.03	4.46

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 3.4 mm (1.08% x D_o). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x $S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x D_o). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van 315mmPE100SDR11(wko koud): 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 87 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1546 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 51 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

8 Sterkteberekening van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18.18 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 6.00 bar
Test druk	:	pt = 6.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 30.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 96 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 = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 38 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 150377 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 77.174 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18.2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	2.73	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.17	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.94	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1.77	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.15	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):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	4.3E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0.0183	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.50	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.33	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	1.52	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.63	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.41	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.30	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	2.59	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.88	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.63	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma_px} = 0.5 \cdot \text{Sigma_py}$	=	1.52	N/mm ²
$\text{Sigma_ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
$\text{Sigma_Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	1.85	N/mm ²
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	3.78	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma_qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.30	N/mm ²
$\text{Sigma_qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.59	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	0.686	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	0.802	
$\text{Sigma_t,max} = \text{Sigma_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma_qn}))$			
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	4.34	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x200mmPE100SDR11(spui): 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)	-	-	3.03	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	3.03	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	1.94	3.15	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.41	3.78
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.33	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	1.88	4.34

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 1.8 mm (0.90% x D_o). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16.0 mm (8.00% x $S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0 mm (5.00% x D_o). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van 1x200mmPE100SDR11(spui): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 87 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1547 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 51 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2 .

9 Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 160.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14.54 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 6.00 bar
Test druk	:	pt = 6.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 30.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 96 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 = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n,max = 38 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v,max = 219192 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 77.174 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 14.5 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 2.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.58	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 1.41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 2.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 2.92 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 5.6E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0.0158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.43 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0.28 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 3.03 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 1.52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 3.03 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.33 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 1.86 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 3.03 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma_px} = 0.5 \cdot \text{Sigma_py}$	=	1.52	N/mm ²
$\text{Sigma_ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	3.03	N/mm ²
$\text{Sigma_Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	1.85	N/mm ²
Maximale axiale spanning Sigma_a,max	=	3.69	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma_qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.26	N/mm ²
$\text{Sigma_qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	2.60	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	0.686	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	0.802	
$\text{Sigma_t,max} = \text{Sigma_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma_qn}))$			
Maximale tangentele spanning Sigma_t,max	=	4.33	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 160mmPE100SDR11(wko warm): 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)	-	-	3.03	-	-
Sigma_py	8.00 (lang)	-	-	3.03	-	-
Sigma_axiaal	10.00 (kort)	1.58	2.92	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.33	3.69
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.28	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	1.86	4.33

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 1.4 mm (0.87% x D_o). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 12.8 mm (8.00% x $S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 8.0 mm (5.00% x D_o). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van 160mmPE100SDR11(wko warm): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 87 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1546 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 51 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

10 Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4

10.1 Materiaalgegevens van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 160.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14.54 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 96 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 = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 38 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 219192 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 77.174 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

10.2 Resultaten Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 14.5 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:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	2.18	N/mm ²
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.17	N/mm ²

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.58	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

10.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1.41	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.92	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	5.6E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0.0158	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.43	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.28	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:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.51	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.33	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.26	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	2.60	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.86	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.51	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
$\text{Sigma_ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	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	=	0.33	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma_qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.26	N/mm ²
$\text{Sigma_qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.60	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	=	1.86	N/mm ²

10.3 Controle van de Berekende Spanningen van 160mmPE100SDR11(signaal): 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)	1.58	2.92	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.33	0.33
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.28	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	1.86	1.86

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 1.4 mm (0.87% x D_o). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 12.8 mm (8.00% x $S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 8.0 mm (5.00% x D_o). De deflectie is toelaatbaar.

10.4 Toetsing op Implosie van 160mmPE100SDR11(signaal): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 87 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1546 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 51 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m^2 .

11 Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5

11.1 Materiaalgegevens van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 160.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 14.54 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 96 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 = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n,max = 38 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v,max = 219192 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 77.174 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

11.2 Resultaten Sterkteberekening van 160mmPE100SDR11(voeding): 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 14.5 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

11.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 2.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.58	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

11.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1.41	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.92	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	5.6E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0.0158	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.43	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.28	N/mm ²
---	---	------	-------------------

11.2.3 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
---	---	------	-------------------

11.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.51	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.33	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.26	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.60	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.86	N/mm ²
---	---	------	-------------------

11.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.51	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
$\text{Sigma_ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	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 Sigma_a,max	=	0.33	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.26	N/mm ²
$\text{Sigma_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2.60	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	=	1.86	N/mm ²

11.3 Controle van de Berekende Spanningen van 160mmPE100SDR11(voeding): 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)	1.58	2.92	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.33	0.33
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.28	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	1.86	1.86

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 1.4 mm (0.87% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 12.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 8.0 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

11.4 Toetsing op Implosie van 160mmPE100SDR11(voeding): leiding no. 5

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 87 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1546 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 51 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Einde Rapport

Bijlage 4 Beschrijving meetsysteem

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 NL42INGB0006956686

DigiTRAK® ECLIPSE®

iGPS® (inGround Positioning System)



- ☐ Revolutionary *target-in-the-box*® locating
- ☐ Dual-frequency capability
- ☐ Real-time transmitter location display
- ☐ Increased depth range
- ☐ Left/right and up/down remote steering

The DigiTrak® Eclipse® inGround Positioning System has revolutionized tracking for the HDD industry with its ability to display the drill head location and locate points in a “real-time” bird’s-eye view.

This unique tracking system advances the state of the art of locating systems in a number of ways. First, the standard operating frequency for the system was selected because it is the optimal interference-free frequency. Second, the Eclipse® dual-frequency transmitter provides a lower frequency to allow more accurate locating in areas with passive or active interference and at increased depths. Third, the patented 3D antenna configuration enables the unit to “see” the locate points and the transmitter’s position and allows the operator to walk directly to either one.

The Eclipse® receiver provides 3D left/right and up/down remote steering data to the remote display at the drill. The large menu-driven display provides an “at-a-glance” view of all the transmitter’s orientation information. The graphic format is simple, and you’re not required to interpret bar graphs or arrows. An easily understood menu guides the operator to the desired function, such as calibration, self-testing, setting the ultrasonics, or locating.

The first thing you notice when locating with the Eclipse® system is the Intuitive® way of finding the locate points and the exact position of the drill head. In the center of the display window is a box that represents the receiver. To find a locate point, you simply maneuver the receiver so that the target icon, which represents the locate point,

moves into the center of the box. It’s that simple—*target-in-the-box*® locating. You can walk directly to the locate point from any direction—once the target is in the box, you’ll be on top of the locate point.

With the Eclipse® receiver, as with the Mark series receivers, when you’ve found the front locate point you can determine the left/right direction as well as the predicted depth of the drill head without stopping the drill. By being out in front of the drill head, you are actually driving or controlling it using *look-ahead*® locating.

The Eclipse® system makes remote steering easier and more precise because you are able to program in your target depth. During remote steering, the actual depth is displayed. A target and cross-hair display helps the operator achieve accurate depth and left/right positioning of the tool.

System upgrades include the DataLog® Mapping System and the SST® Advanced Guidance System for difficult bores with tight turns. These upgrades provide accurate real-time drilling data and also enable the collection, download, analysis, and archiving of data.



www.digitrak.com

With offices in the United States, Germany, Australia, India & China



DigiTrak® Eclipse® iGPS® Receiver

Features

- Because of the unique antenna configuration, the Eclipse® system provides precise steering data to enable advanced techniques such as left/right and up/down remote steering.
- The overhead depth, projected depth, and slant depth are shown in real time, which allows “on-the-fly” locating.
- The dual-frequency capability allows for increased depth range and is advantageous in passive and active interference environments.
- Advanced drilling features include off-track guidance when access over the drill head is limited due to interference or obstacles.
- Simplified remote steering function.
- Patented calibration procedure offers superb accuracy and the ability to recalibrate while drilling.

DigiTrak® Eclipse® system is ideal for high-interference areas.



- Eclipse® transmitters with the same dimensions as Mark series transmitters allow the Eclipse® system to be used without any tooling changes.
- Programmable target depth and direction feature.

Specifications

Model number	EDRR
Frequency	1.5 kHz / 12 kHz
Power source	DigiTrak® NiCad battery pack
Battery life	4 hr (approx.)
Battery charger	12/28 V DC or 110/220 V AC
Depth display	Real time
Functions	Menu driven
Controls	Trigger switch, toggle switch
Graphic display	LCD
Audio output	Beeper
Telemetry range	1800 ft (550 m)
Operating temperature range	-4°F to 140°F -20°C to 60°C
Accuracy	±5% absolute
Height	12.2 in. (310 mm)
Width	7.2 in. (183 mm)
Length	14.5 in. (368 mm)
Weight (w/ battery)	9.4 lb (4.3 kg)
Sleep mode	After 15 min

DigiTrak® Eclipse® iGPS® Remote Display

The DigiTrak® Eclipse® Remote Display unit features a large format graphic display with an intuitive steering indicator. The remote unit shows the same information as displayed on the receiver, and it can obtain information with the receiver as far as 1800 ft (550 m) away from the remote unit. The information viewed on the remote display includes pitch, roll, transmitter temperature, and battery status. The remote display can be powered by a DigiTrak® NiCad battery pack or by the drill rig's 12V DC power outlet (cigarette lighter).

The Eclipse® remote unit will display a graph that shows the left/right and up/down deviation of the intended target heading. The target depth and direction can be programmed into the Eclipse® remote unit to guide the drill operator in the correct direction. This feature is great for highway, small river, and railway crossings.

Specifications

Model number	EDD
Frequency	1.5 kHz / 12 kHz
Power source	DigiTrak® NiCad battery pack
Battery life	8–12 hr (approx.)
Battery charger	12/28 V DC or 110/220 V AC
Controls	Pressure-sensitive touch buttons
Graphic display	LCD
Telemetry range	1800 ft (550 m)
Telemetry channels	4 channels
Operating temperature range	-4°F to 140°F -20°C to 60°C
Height	7.8 in. (198 mm)
Width	9.2 in. (234 mm)
Length	11.5 in. (292 mm)
Weight (w/ battery)	6.2 lb (2.8 kg)



DCI Headquarters

19625 62nd Ave. S., Suite B-103, Kent, WA 98032 USA
Tel 800 288 3610 / 425 251 0559 • Fax 253 395 2800
E-mail DCI@digital-control.com • www.digitrak.com

DCI Europe, Kurmainzer Strasse 56, D-97836 Bischbrunn, Germany • T +49(0) 9394 990 990 • F +49(0) 9394 990 999 • DCI.Europe@digital-control.com
DCI Australia, 2/9 Frinton Street, Southport, Queensland 4215, Australia • T +61(0) 7 5531 4283 • F +61(0) 7 5531 2617 • DCI.Australia@digital-control.com
DCI India, SCO # 259, Sector 44-C, Chandigarh (UT) 160 047, Punjab, India • T +91(0) 172 464 0444 • F +91(0) 172 464 0999 • DCI.India@digital-control.com
DCI China, USA Excalibre, 2803 Bldg C, 70 Cao Bao Rd, Shanghai P.R.C. 200233 • T +86(0) 21 6432 5186 • F +86(0) 21 6432 5187 • DCI.China@digital-control.com

Bijlage 5 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 NL42INGB0006956686

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	K2112/02	Vervangt	K2112/01
Uitgegeven	2004-11-01	D.d.	1993-10-01

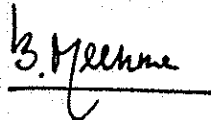
**Kiwa-ATA
Cebogel OCMA**

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.

Kiwa N.V.



ing. B. Meekma
Directeur
Certificatie en Keuringen

Dit certificaat is afgegeven conform het 'Kiwa-Reglement voor het Product-certificaat: Attest Toxicologische Aspecten (ATA)' van 1 januari 1994.
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

Telefoon 070 41 44 400
Fax 070 41 44 420
E-mail certif@kiwa.nl
Internet www.kiwa.nl



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;
- de specifieke producteisen¹ (zie 'ATA-PRODUCTEISEN').

ATA-PRODUCTEISEN

Het gehalte aan de volgende parameters in Cebogel OCMA dient minder te zijn dan de er achter genoemde zuiverheidseisen:

arsen:	100 mg/kg;
cadmium:	20 mg/kg;
chrom:	100 mg/kg;
kwik:	1 mg/kg;
lood:	100 mg/kg;
nikkel:	100 mg/kg.

TOEPASSING EN GEBRUIK

Cebogel OCMA wordt gebruikt voor:

- Spoelingen bij dieptebooringen (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 verwerkingsrichtlijnen van de producent.
4. Controleer of dit certificaat nog geldig is. Raadpleeg hiertoe de Internet site van Kiwa (www.kiwa.nl).

OVERIGE VOORWAARDEN

Er zijn geen overige voorwaarden van toepassing.