ATRON Engineering
Advies & Infra

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

Opdrachtgever : Reddyn BV
Contactpersoon : [redacted]
Adres : Postbus 50
Plaats : 6920 AB Duiven

MEMO

Onderwerp: Werkomschrijving horizontaal gestuurde boring N785-Schelmseweg Arnhem

Horizontaal gestuurde boring

t.b.v. verleggen 50kV kabel

Schelmseweg te Arnhem



Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth)

Versie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Akkoord
1	28-05-2026	Voor vergunning	[redacted]	[redacted]	[redacted]

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht

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

ATRON Engineering
Advies & Infra

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

Inhoudsopgave

1. Inleiding 4
2. Uitgangspunten 5
2.1 Informatie 5
2.2 Voorschriften en literatuur 5
2.3 Ontwerp 5
3. Beschrijving werkmethode 7
3.1 Algemeen 7
4. Omschrijving project 10
4.1 Projectlocatie 10
4.2 Locatie intredepunt 10
4.3 Locatie uittredepunt en uitleglocatie 10
4.4 Betrokken objecten boortracé 11
4.5 Overzicht aandachtspunten bestaande kabels en/of leidingen 11
4.6 Tijdschema 11
5. Realisatie werkzaamheden 12
5.1 Voorstel in te zetten boormaterieel 12
5.2 Inrichten werkterrein 13
5.3 Voorbereiden leidingstreng(en) en uitleglocatie 13
5.4 Graven in- en uittredepunt 13
5.5 Plaatsen van dodemansbed 13
5.6 Controle werkwater 14
5.7 Pilotboring 14
5.8 In te zetten meetsysteem 15
5.9 Afwijkingen 16
5.10 Afkoppelen boorkop/verwijderen meetdraad 17
5.11 Ruimfase(n) 17
5.12 Wiper trip 18
5.13 Intrekfase horizontaal gestuurde boring 18
5.14 Ballasten van de leiding(en) 19
5.15 Boorvloeistof 19
5.16 Mudretour 19
5.17 Scheidingsinstalatie (recycling) 20
5.18 Aanlevering registratie 20
5.19 Vrijkomende grond / boorspoeling 20
6. Grond en grondwater 22
6.1 Geotechnisch onderzoek 22
6.2 Beschrijving grondgesteldheid 22
6.3 Grondwaterstanden 23
6.4 Beschouwing kwelproblematiek 23
7. Berekeningsresultaten 25
7.1 Boorspoeldrukken 25
7.2 Sterkteberekening 26
7.3 Trekkrachtberekening 26

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

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

Lijst met tabellen

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht 1
Tabel 2 Specificaties horizontaal gestuurde boring 5
Tabel 3 Specificaties mantelbuizen 6
Tabel 4 Overzicht raakvlakken bestaande kabels en leidingen 11
Tabel 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650) 16
Tabel 6 Grondwaterstanden uit isohypsenkaart www.grondwatertools.nl 23
Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen 26
Tabel 8 Voorspelling trekkracht (indicatief) 26

Lijst met figuren

Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth) 1
Figuur 2 pilotboring 7
Figuur 3 ruimfase 8
Figuur 4 intrekfase 9
Figuur 5 overzicht werklocatie (bron: Open street-maps) 10
Figuur 6 Boormachine 12
Figuur 7 Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS 16
Figuur 8 Voorbeeld Fly-cutter Figuur 9 In te trekken bundel 17
Figuur 10 Voorbeeld Barrel-reamer 18
Figuur 11 Scheidingsinstallatie/recycling 20
Figuur 12 schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline) 22
Figuur 13 boorspoeldrukken tijdens pilotboring 25

Lijst met bijlagen

Bijlage 1 Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring 28
Bijlage 2 Grondonderzoek 29
Bijlage 3 Resultaten sterkteberekening (D-Geo Pipeline) 30
Bijlage 4 Beschrijving meetsysteem 31
Bijlage 5 Beschrijving boorvloeistof 32
Bijlage 6 Voorbeeld opstelling materieel 33
Bijlage 7 Risicoanalyse 34

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

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

1. Inleiding

Reddyn B.V. heeft opdracht verleend aan ATRON Engineering B.V. voor de engineering van diverse horizontaal gestuurde boringen. Reddyn B.V. is momenteel bezig met de voorbereiding van de verlegging van twee 50kV verbindingen aan de Schelmseweg te Arnhem.

Ten behoeve van de verlegging van de 50kV verbinding is de realisatie van een horizontaal gestuurde boring noodzakelijk. De horizontaal gestuurde boring kruist de N785.

Voorliggende werkmethodebeschrijving beschrijft het boorproces en de werkzaamheden welke benodigd zijn voor de realisatie van deze horizontaal gestuurde boring. Deze werkmethodebeschrijving kan uitsluitend worden gebruikt voor de vergunningaanvraag voor deze werkzaamheden op basis waarvan de uiteindelijke civiele aannemer zijn werkplan kan opstellen.

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

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 deze werkmethodebeschrijving hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
  - Ontwerptekening XR-N-N784_DEFINITIEF_ONTWERP
  - Plantekening RLI-3022
- Document(en):
  - Oriëntatie KLIC-melding
    - 26O0010942
- Grondonderzoek
  - WVB Bodem Rapportage VWB/0957/26/2470

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
- Keur en leggers van het Waterschap Rijn en IJssel
- VELIN voorwaarden en EV-eisen vanuit andere netbeheerders o.b.v. de verrichte KLIC-meldingen.
- Richtlijn boortechnieken Rijkswaterstaat juni 2019
- ProRail, spoorkruisingen derden RLN00427-2 (sleufloze technieken)
- 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 het ontwerp 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	499.2	m
Intredehoek	16	○
Uittredehoek	16	○
Neergaande bochtstraal	350	m
Opgaande bochtstraal	250	m
Horizontale bochtstraal	250	m
Gecombineerde bochtstraal	203.43	m
Maximale gronddekking (maaiveld)	25.22	m

Tabel 2 Specificaties horizontaal gestuurde boring

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

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

Omschrijving	
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	250mm
Wanddikte	18.2mm
Aantal	4

Tabel 3 Specificaties mantelbuizen

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

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

3. Beschrijving werkmethode

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 horizontaal gestuurde boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

- Fase 1: Pilotboring
- Fase 2: Ruimen
- Fase 3: Intrekken mantelbuizen

Tijdens alle fasen wordt er gebruik gemaakt van boorspoeling. De boorspoeling bestaat uit 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.

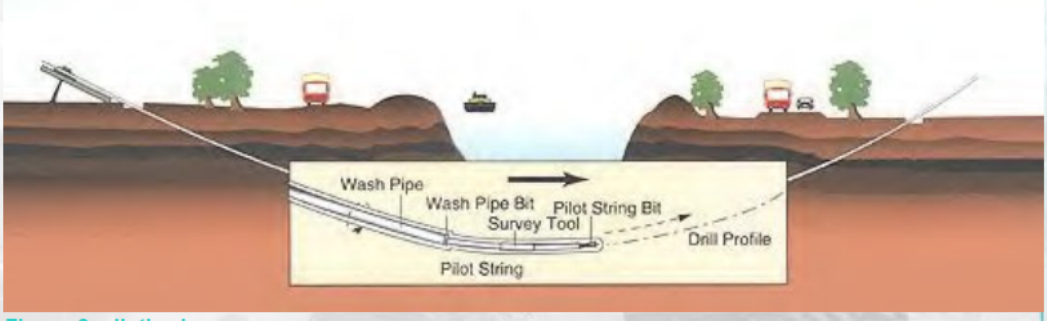
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- Medium voor losspuiten van grond via nozzles in de boorkop of ruimer
- Afvoeren/transporteren van de losgespoten grond
- In stand houden van het boorgat
- Afpleisteren van de tunnelwand (filtercake)
- Smering van de boorstreng en de in te trekken mediumleiding
- Koeling van de boorkop/boorbit en het aandrijven van de 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 horizontaal 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 buis samengesteld en klaargelegd wordt.

<u>Fase 1: De pilotboring</u>



Figuur 2 pilotboring

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

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

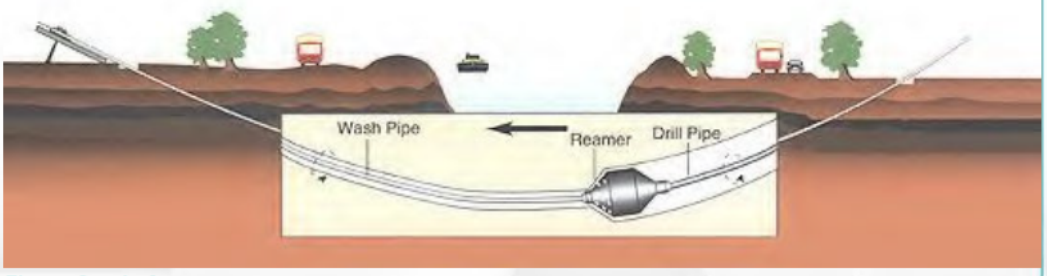
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing/beschermbuis 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 horizontaal gestuurde boring bestaat uit een rechtstand onder een vooraf bepaalde intredehoek. Deze rechtstand gaat over in een neergaande verticale of gecombineerde bocht gevolgd door een horizontale rechtstand (eventueel met een horizontale bocht). Hierna volgt er een opgaande verticale of gecombineerde bocht met aan het einde een rechtstand tot het uittredepunt, eveneens onder een vooraf bepaalde uittredehoek.

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

Fase 2: Ruimen van het boorgat



Figuur 3 ruimfase

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

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

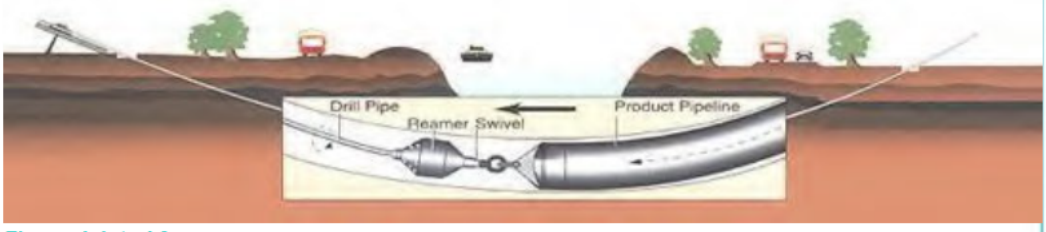
Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

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 van de mantelbuizen:



Figuur 4 intrekfase

Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de buis samen met een trekkop achter een ruimer gekoppeld en in het geruimde boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de intrekoperatie geheel gevuld met de boorspoeling. De boorgatdiameter dient tussen de 30% en 50% groter te zijn dan de diameter van de in te trekken buis.

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

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

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

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. Omschrijving project

4.1 Projectlocatie

De horizontaal gestuurde boring is gelegen aan de Schelmseweg en kruist de N785. In onderstaand overzicht is de projectlocatie weergegeven en de locatie (indicatief) van de horizontaal gestuurde boring.



Figuur 5 overzicht werklocatie (bron: Open street-maps)

4.2 Locatie intredepunt

Het intredepunt van de horizontaal gestuurde boring ligt in het bestaande fietspad naast de N785 t.h.v. HMP10.95. De locatie van het intredepunt is toegankelijk via de Schelmseweg. Nabij het intredepunt is beperkte opstelruimte aanwezig voor het benodigde materiaal en materieel.

4.3 Locatie uittredepunt en uitleglocatie

Het uittredepunt van de horizontaal gestuurde boring is gelegen in de berm van het fietspad ter hoogte van de Vogelkersweg. Nabij het uittredepunt is voldoende ruimte beschikbaar voor het benodigde materieel en materiaal. De bundel zal voorafgaand aan de intrekfase worden samengesteld langs het bestaande fietspad. Na gereedkomen van de boorgang zal de bundel worden ingetrokken in de boortunnel.

De aannemer dient rekening te houden met de bereikbaarheid voor belanghebbenden. Voorafgaand aan 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. De aannemer dient zich ten tijde van de aanbieding te vergewissen dat er voldoende werkruimte aanwezig is.

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

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

4.4 Betrokken objecten boortracé

Bij de realisatie van de horizontaal gestuurde boring worden de volgende objecten gekruist:

- ❖ Kruising van Schelmseweg

4.5 Overzicht aandachtspunten bestaande kabels en/of leidingen

In navolgend overzicht zijn de stakeholders weergegeven zoals bestaande kabel- en leidingbeheerders welke een aandachtspunt zijn voor deze horizontaal gestuurde boring. Kabels en leidingen met een standaardligging welke geen conflict geven worden in navolgende tabel niet behandeld.

Eigenaar	Discipline	Opmerking
Nederlandse Gasunie	Hogedruk gas	EV melding Zie tekening N-568-10-KR-008
Liander	50kV	Bestaande eigen kabel nabij uittredepunt

Tabel 4 Overzicht raakvlakken bestaande kabels en leidingen

4.6 Tijdschema

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

- Aanleg van bouw-/toegangswegen : 2.00 dag(en)
- Inrichten werkterrein : 2.00 dag(en)
- Samenstellen van de bundel : 8.00 dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring : 2.00 dag(en)
- Uitvoeren van ruimgang : 2.00 dag(en)
- Intrekken van de bundel : 2.00 dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein(en) : 2.00 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.

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

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. Realisatie werkzaamheden

5.1 *Voorstel in te zetten boormaterieel*

De processen van sleufloze technieken worden bij horizontaal gestuurde boringen verdeeld in drie categorieën (S-A, S-B en S-C)

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

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

De regeling geeft aan dat onder bepaalde omstandigheden besloten kan worden om hiervan af te wijken. Enkele voorbeelden zijn:

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

Onderstaand treft u een voorstel voor het in te zetten boormaterieel en de daarbij behorende technische specificaties waarmee de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd zou kunnen worden.

De berekeningen en het boorontwerp dienen door de uiteindelijke civiele aannemer gecontroleerd en indien nodig aangepast te worden in overeenstemming met het in te zetten materieel.

Boormachine	**80 tonner**	
	Rig-klasse	Maxi-rig
	Merk:	Prime Drilling PD80/45 CU ELECTRIC
	Elektrisch vermogen	250 kW
	Gewicht:	21,000 kg
	Max. drukkracht:	80 ton
	Max. opneembare trekkracht	80 ton
	Max. in-/uittrede hoek	8-18 graden

Figuur 6 Boormachine

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

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

5.2 Inrichten werkterrein

Het werkterrein voor de realisatie van de horizontaal gestuurde boring zal in overleg met de opdrachtgever en eventueel andere betrokken stakeholders worden bepaald en ingericht.

Ter plaatse van het intredepunt dient ervan uitgegaan te worden dat er een werkterrein benodigd is van ca. 880m2 voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat naast de boor-rig om pompen, mix-units, aggregaten, voorraadcontainers, schaft- en materiaalvoorzieningen, recycling-unit, bentonietopslag en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen.

Ter plaatse van het uittredepunt dient rekening gehouden te worden met een werkterrein van minimaal 750/1250m2 voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat om o.a. opslag voor boorstangen, voorraadcontainers en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen.

De boorstelling zal worden opgesteld op draglineschotten/rijplaten om de belasting van de boorstelling gelijkmatig te verdelen over de ondergrond.

5.3 Voorbereiden leidingstreng(en) en uitleglocatie

Voorafgaand aan de boorwerkzaamheden worden de High Density Polyethyleen (HDPE)-buizen samengesteld door middel van spiegellassen conform de NEN7200. Tijdens het lasproces worden de lasrillen verwijderd, tenzij anders voorgeschreven door de opdrachtgever. De leidingstreng moet tijdig worden opgeleverd. In de planning zal dit tot uitdrukking moeten komen. Oplevering van de leidingstreng, moet plaatvinden voordat aangevangen wordt met het ruimen.

De leidingstreng wordt uitgelegd op rollenstellen voorafgaand aan de intrekfase ofwel de mantelbuizen kunnen vanaf haspel worden ingetrokken.

5.4 Graven in- en uittredepunt

Het eerste grondverzet welke plaats vindt is met het graven van de in- en uittredegaten ofwel proefsleuven door de civiele aannemer. Voorafgaand aan deze grondroeringen dient er een KLIC-graafmelding te worden verricht.

De aanwezige kabels en leidingen in de ontwerptekening(en) zijn afkomstig vanuit een oudere KLIC-oriëntatiemelding en dienen te worden geverifieerd met de kabels en leidingen vanuit de nieuwe KLIC-melding. Eventuele afwijkingen dienen te worden overlegd met de opdrachtgever.

Eventuele EV-meldingen dienen voor aanvang van de graafwerkzaamheden afgehandeld te worden met de betreffende kabel- of leidingbeheerder. Eventuele aanvullende werkafspraken dienen schriftelijk te worden vastgelegd.

5.5 Plaatsen van dodemansbed

Voor de realisatie van horizontaal gestuurde boringen is het noodzakelijk dat de benodigde trek- en drukkrachten worden opgevangen.

Hiervoor wordt doorgaans een zogenaamd ‘dodemansbed’ geplaatst om de reactiekrachten vanuit de verschillende boorfasen op te vangen. Het is aan de uiteindelijke civiele aannemer om te bepalen op welke wijze hij het ‘dodemansbed’ zal realiseren en

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

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

dimensioneren. Hierbij dient tevens rekening gehouden te worden met de bestaande ondergrondse en bovengrondse infra.

5.6 Controle werkwater

Voor uitvoering van de werkzaamheden dient het werkwater te worden gecontroleerd met betrekking tot de pH-waarde, hardheid en geleidbaarheid voordat de boorvloeistof wordt aangemaakt.

Het werkwater kan afkomstig zijn vanuit een nabijgelegen watergang ofwel vanuit een aanwezige brandkaan. De civiele aannemer zal zorg moeten dragen voor het verzorgen van het benodigde werkwater.

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

- datum [dd-mm-jj]
- meettijdstip [uur : min]
- pH waarde [-]
- chloridegehalte [µS/cm]
- hardheid [-]
- eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]

Bij gebruik van werkwater vanuit het 'oppervlaktewater' zal tevens een watermonster genomen moeten worden om eventuele verontreinigingen uit te sluiten. Indien er verontreinigingen aanwezig zijn in het gebruikte werkwater kunnen deze een verontreiniging veroorzaken op de locatie van de horizontaal gestuurde boring. De civiele aannemer is verantwoordelijk voor het controleren op verontreinigingen in het gebruikte werkwater.

5.7 Pilotboring

De pilotboring zorgt ervoor dat de verbinding tussen het intredepunt en het uittredepunt tot stand wordt gebracht conform de opgestelde ontwerptekening.

Tijdens de pilot is er nog geen verbinding met het uittredepunt. Daarom zal de boorspoeling terugkomen naar het intredepunt. De terugontvangen boorspoeling wordt daarbij opgevangen en verpompt naar de recyclinginstallatie voor hergebruik.

Tijdens de pilotboring dienen de volgende parameters geregistreerd te worden (per stang):

- Stangnummer: [-]
- Stanglengte: [m]
- Begin- en stoptijd: [uur:min]
- Duur: [min:sec]
- Debiet bentoniet: [l/min]
- Druk aan de rig: [bar]
- Viscositeit [sec]
- Soortelijk gewicht [kg/M3]
- Duwkracht: [ton]
- Torsie: [kNm]
- Returns: % en de richting
- Eventuele opmerkingen



Gedurende de pilotboring worden de volgende waarden live gemeten en geregistreerd:

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

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

- X (t.o.v. referentiepunt): [m]
- Y (t.o.v. referentiepunt): [m]
- Z (t.o.v. referentiepunt): [m]
- Easting: [m]
- Northing: [m]
- Depth: [m]
- Pitch: [°]
- Azimuth: [°]
- Minimum Mud pressure: [bar]
- Maximum Mud pressure: [bar]
- Average Mud pressure: [bar]
- Total Length [m]

Tijdens de pilotboring dient een drillingreport opgesteld te worden door de Surveyor welke wordt opgenomen in de As-Built documentatie.

5.8 In te zetten meetsysteem

Momenteel worden er doorgaans de volgende drie typen meetsystemen toegepast voor de pilotboring van een horizontaal gestuurde boring.

1. *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 op het maaiveld 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.

2. *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 echter dient voor het bepalen van de 'richting' alsnog een meting op het maaiveld loodrecht boven de boorkop plaats te vinden.

3. *Gyro-steeringtool*

De gyroscoop is een computergestuurde optische meettechniek waarmee lange, diepe en zéér nauwkeurige horizontaal gestuurde 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 perfect een vooropgesteld traject volgt (AutoCAD).

Voor de uitvoering van deze horizontaal gestuurde boring is het aan te bevelen om een gyro-meetsysteem in te zetten. De specificaties van dit meetsysteem zijn opgenomen in Bijlage 4

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

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

5.9 *Afwijkingen*

Tijdens de pilotboring kunnen er in het horizontale en verticale vlak afwijkingen optreden ten opzichte van de ontworpen boorlijn. Bijvoorbeeld veroorzaakt door slappe grondlagen, obstakels in de ondergrond (bijvoorbeeld stenen), overgangslagen van harde naar zachte ondergrond of andersom, etc.

De boormeester en assistent-boormeester dienen continu en nauwlettend het boorproces in de gaten te houden en eventuele afwijkingen te registreren.

De boormeester en assistent-boormeester op locatie zullen aangeven welke correctie/sturing benodigd is om terug te komen in het originele tracé. Door te sterk terug te sturen in de richting van de ontworpen boorlijn kunnen er extra spanningen in de leidingen optreden en kan er een kwalitatief mindere boring ontstaan. Indien dit voorkomt is het advies een iets grotere afwijking te accepteren om zo een kwalitatief betere boring te verkrijgen.

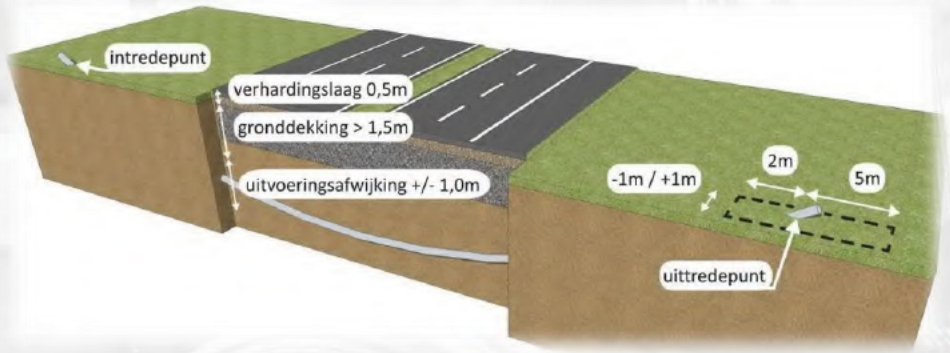
Indien het boortracé niet meer richting het geplande tracé kan worden gecorrigeerd dient de boring tot voor de afwijking teruggetrokken te worden en zal een nieuwe poging moeten worden gedaan om het geplande tracé aan te houden. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door 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 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)

In onderstaande figuur is tevens de maximale afwijking (conform 'Richtlijn boortechnieken 2019' van Rijkswaterstaat) visueel gemaakt.



Figuur 7 Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS

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

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

Aan de maximaal toegestane afwijkingen kunnen strengere eisen worden gesteld wanneer dit voor lokale situaties gewenst is, bijvoorbeeld wanneer bijzondere objecten worden gepasseerd. De minimale gronddekking dient hierbij te allen tijde gewaarborgd te blijven.

5.10 Afkoppelen boorkop/verwijderen meetdraad

Als de pilotboring gereed is en is bovengekomen in het uittredegat zal de boorkop afgekoppeld kunnen worden en wordt gestart met de volgende fase van het boorproces.

Na realisatie van de pilotboring middels een gyro-meetsysteem kan het noodzakelijk zijn om de aanwezige meetdraad in de boorstangen te verwijderen. Indien de meetdraad niet wordt verwijderd kan de meetdraad opproppen in de boorstangen waardoor deze kunnen verstoppen.

5.11 Ruimfase(n)

Als de boorkop, het meetsysteem en eventueel de meetdraad verwijderd is kan gestart worden met het vergroten van het boorgat. Hiervoor wordt een ruimer geplaatst op de boorstangen. Daarnaast is het aan te bevelen om achter de ruimer stangen te koppelen, zodat er verbinding blijft tussen het in- en uittredepunt.

De buitendiameter van de in te trekken bundel bedraagt ca.600mm

Conform de Richtlijn Boortechniek 2019 mag de ruimerdiameter maximaal 1,3 maal de leidingdiameter bedragen (bundelboring). Voor deze boring kan een zogenaamde Fly-cutter worden toegepast met een diameter van ca. 780mm.



Figuur 8 Voorbeeld Fly-cutter



Figuur 9 In te trekken bundel

De benodigde ruimerafmeting kan worden bereikt door het uitvoeren van één of meerdere ruimfasen wat vooraf door de civiele aannemer dient te worden bepaald. De combinatie van ruimerdiameter en de diameter van de centreer-barrel moet zo worden gekozen dat onder normale omstandigheden een cilindrisch gat wordt geboord.

Het boren en ruimen van het boorgat zal plaats moeten vinden met een 'retourstroom' van boorvloeistof.

Tijdens de ruimfase worden de volgende parameters geregistreerd per stang:

- Stangnummer/lengte: [m]
- Begin- en stoptijd: [uur:min]
- Duur: [min:sec]
- Debiet bentoniet: [l/min]
- Druk aan de rig: [bar]
- Torsie: [kNm]
- Trekkracht: [ton]

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

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

- Returns: hoeveelheid en positie
- Viscositeit [sec]
- Soortelijk gewicht [kg/M3]
- Cuttings in/ Cuttings uit [-]
- Eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]
- Eventuele opmerkingen

5.12 Wiper trip

Om het boorgat 'schoon' op te leveren voor de intrekfase kan overwogen worden om een extra 'Wiper trip' (cleaning run) uit te voeren. De 'Wiper trip' wordt uitgevoerd met behulp van een Barrel-reamer of een stenenvanger en is noodzakelijk in de volgende gevallen:

- Afwijkend hoog zandpercentage in de boorspoeling tijdens de ruimfase.
- Onderbroken verloop van het ruimproces.
- Afwijkingen in mud- en retourstroom.
- Indicatie van aanwezigheid van stenen in de boortunnel.
- *Indien voorgescheven door opdrachtgever/leverancier o.i.d.*



Figuur 10 Voorbeeld Barrel-reamer

De in te trekken bundel ligt gereed voor intrekken na de laatste ruimgang. Mocht in geval van een incident reparaties aan de bundel moeten worden uitgevoerd dan kan tevens worden overwogen een extra 'Wiper trip' uit te voeren om de conditie van de boorspoeling op peil te houden. Zo ook indien de werkzaamheden door andere omstandigheden langer hebben stilgelegen waardoor de staat van de boortunnel (boorgatstabiliteit) kan zijn verslechterd. De uitvoering van een 'Wiper trip' moet t.a.t. in de aanbieding en planning zijn meegenomen.

5.13 Intrekfase horizontaal gestuurde boring

De intrekfase zal direct na het uitvoeren van de laatste ruimgang of 'Wiper trip plaatsvinden'. Voor deze fase zal opnieuw een Barrel-reamer gebruikt worden welke voor de in te trekken bundel geplaatst wordt en 'twee inches' groter is dan de buitendiameter van de in te trekken bundel.

Tijdens de intrekfase worden de volgende parameters geregistreerd:

- Stangnummer/lengte: [m]
- Begin- en stoptijd: [uur:min]
- Duur: [min:sec]
- Debiet bentoniet: [l/min]
- Druk aan de rig: [bar]

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

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

- Torsie: [kNm]
- Trekkracht: [ton]
- Returns: hoeveelheid en positie
- Viscositeit [sec]
- Soortelijk gewicht [kg/M3]
- Cuttings in/ Cuttings uit [-]
- Eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]
- Eventuele opmerkingen

5.14 Ballasten van de leiding(en)

Gedurende de intrekfase kunnen de bundel worden afgevuld met water om zodoende de wrijving gedurende de intrekfase te reduceren. Als de op- of neerwaartse kracht van de productleiding in de met boorvloeistof gevulde boorgang meer dan 2000N/m zal bedragen, moet de leiding tot binnen de voorgenoemde marge worden geballast.

De civiele aannemer zal o.b.v. de benodigde trekkracht, aanwezige grondslag en het in te zetten materiaal moeten bepalen of afvullen noodzakelijk is. Indien hij ervoor kiest over te gaat tot ballasten dient dit te gebeuren met schoon (leiding)water.

5.15 Boorvloeistof

Boorvloeistof dient te bestaan uit een mengsel van schoon water en bentoniet. De mix-hoeveelheid kan variëren omdat de mengverhouding wordt aangepast aan de lokaal geconstateerde grondslag.

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

In bijlage 3 is een voorbeeld toegevoegd voor de toepassing en eigenschappen van boorspoeling. De boorvloeistof dient over de navolgende functie te beschikken:

- Hydraulisch ontgraven / losspuiten van de grond ter plaatse van de boorkop
- Vertransporteren van de geboorde massa
- In suspensie houden van de losgeboorde grond
- Stabilisatie van het boorgat
- Afpleistering van het boorgat
- Smering van de leiding in het boorgat tijdens de intrekfase
- Koeling en smering van de tandenruimers en de draaiende boorstangen.

Indien dit noodzakelijk is voor de uitvoering van de werkzaamheden of welslagen van de horizontaal gestuurde boring zal de aannemer eventueel benodigde toevoegstoffen gebruiken.

5.16 Mudretour

Voor het transporteren van de boorspoeling en cuttings tijdens het boorproces vanaf uittrede naar intrede (ofwel andersom) kan gebruik worden gemaakt van vacuüm-wagens. Deze pompen de uitkomende bentoniet/cuttings af en transporteren deze naar de scheidingsinstallatie (recycling).

Daarnaast is het mogelijk, indien de situatie/locatie dit toelaat, dat er een zogenaamde mudretourleiding wordt aangelegd over maaiveld. Hierbij wordt een leiding uitgelegd langs de boorlijn ofwel (bijvoorbeeld) door een watergang. Hierdoor wordt het transport

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

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

van uit- naar intrede door middel van vacuümwagens beperkt. Het uitleggen van de mudretourleiding over maaiveld zal altijd door de civiele aannemer moeten worden afgestemd met de betrokken stakeholders.

Indien er meerdere horizontaal gestuurde boringen worden gerealiseerd op één locatie kan ervoor worden gekozen een van deze 'mantelbuizen' te gebruiken tijdens de tweede horizontaal gestuurde boring. Door deze 'mantelbuis' worden vervolgens bentoniet/cuttings getransporteerd naar de scheidingsinstallatie. Aan te bevelen valt wel deze leiding na afronding van de werkzaamheden grondig te spoelen en middels een foam-pig te reinigen.

5.17 Scheidingsinstalatie (recycling)

Nadat de uitgekomen bentoniet/ cuttings zijn afgepompt uit de mud-gaten wordt deze getransporteerd naar een scheidingsinstallatie ofwel zogenaamde recycling.

De uitkomende bentoniet/cuttings kunnen tevens tijdelijk worden opgeslagen in vloeistofcontainers alvorens deze worden getransporteerd naar en bewerkt in de scheidingsinstallatie/recycling.



Figuur 11 Scheidingsinstallatie/recycling

De scheidingsinstallatie/recycling zorgt ervoor dat de bentoniet wordt gescheiden van de cuttings (zand, klei ofwel grondresten). Hierdoor kan de bentoniet tijdens het verdere boorproces worden hergebruikt en kunnen de cuttings door de civiele aannemer afgevoerd worden van locatie naar een erkende verwerker.

Het (tijdelijk) opslaan van vrijgekomen cuttings in bassins is enkel toegestaan als dit door de opdrachtgever en de betrokken eigenaar van het perceel wordt toegestaan. Uitgangspunt is dat de (tijdelijke) opslag plaatsvindt in vloeistofcontainers.

5.18 Aanlevering registratie

Alle gegevens worden opgenomen in een "boormap registratiesheet". Dit document wordt door het boorbedrijf gearchiveerd. De geregistreerde gegevens worden tijdens uitvoering van de werkzaamheden verwerkt. Deze stukken zullen ter beschikking gesteld worden aan de opdrachtgever of eventuele vergunningverleners en moeten worden toegevoegd aan het revisiepakket.

5.19 Vrijkomende grond / boorspoeling

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

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

De civiele aannemer dient overtollige boorspoeling of vrijgekomen cuttings af te voeren naar een bewerkings-, verwerkings- of eindverwerkingsinrichting als bedoeld in de Wet milieubeheer. Hierbij behoort tevens het afgeven van de grond aan de desbetreffende inrichting inclusief alle kosten zoals leges, acceptatiekosten en vervoerskosten tot klasse industrie. Bij oplevering zullen geleide bewijzen, transportbrieven, stortbewijzen etc. dienen te worden getoond dan wel als hardcopy 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

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

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. Grond en grondwater

6.1 Geotechnisch onderzoek

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

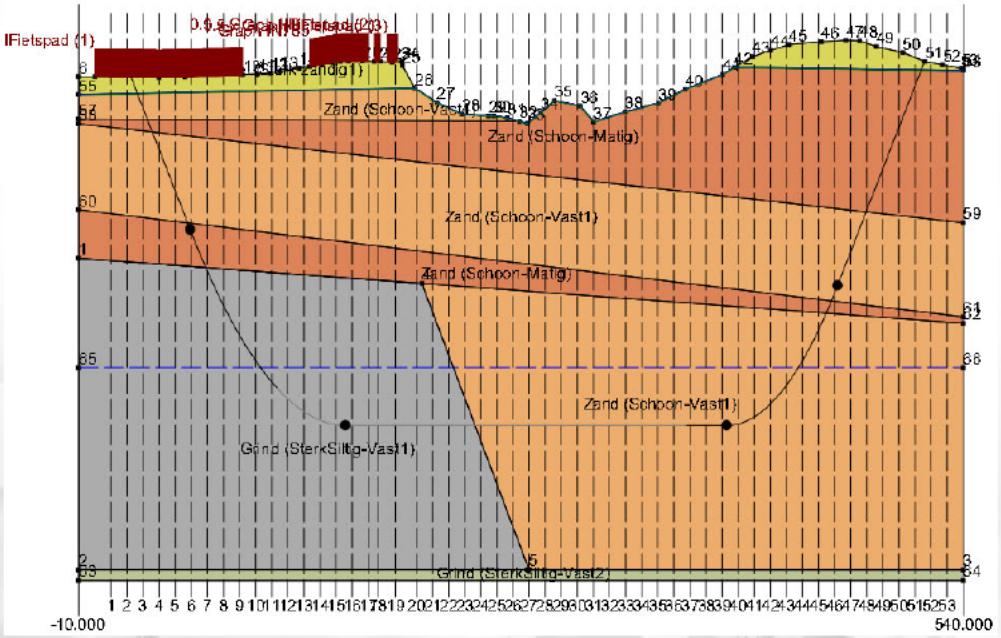
Voor deze horizontaal gestuurde boring is geotechnisch onderzoek uitgevoerd De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen als Bijlage 2.

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

Indien de civiele aannemer het noodzakelijk acht aanvullend grondonderzoek uit te voeren dient hij dit mee te nemen in zijn aanbieding.

6.2 Beschrijving grondgesteldheid

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



Figuur 12 schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)

Op basis van de beschikbare grondonderzoeken kan worden aangenomen dat de boring de bovenlaag bestaat uit een sterk kleiige zandlaag gevolgd door matige en vastgepakte zandlagen. De vloerbuis bevindt zich in siltige vaste grindlaag gevolgd door een vast gepakte zandlaag.

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

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

6.3 Grondwaterstanden

Tijdens de uitvoering van de sonderingen is de freatische grondwaterstand niet waargenomen. Dit wordt ondersteund door de gemeten waterspanningen. In de directe omgeving zijn geen watergangen aanwezig waarmee de grondwaterstand kan worden geverifieerd. Daarom zijn via www.grondwatertools.nl aanvullende grondwatergegevens opgevraagd. Deze gegevens zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Omschrijving	N.A.P.	Waarde
GWS (freatisch)	+	44m
GWS in watervoerende pakket (artesisch)	+	44m

Tabel 6 Grondwaterstanden uit isohypsenkaart www.grondwatertools.nl

6.4 Beschouwing kwelproblematiek

Tijdens de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring kan er een (alternatieve) kwelweg ontstaan waarbij er door drukverschil kwelwater langs de boorlijn naar het intredepunt of uittredepunt stroomt. In het algemeen zijn drie verschillende situaties aangeduid waarbij kwelvorming kan optreden. Hieronder zijn de situaties beschreven en beoordeeld voor deze horizontaal gestuurde boring.

1. *Een onderdoorgang van de boorgang onder een open watergang of oppervlaktewater, waarbij de waterstand van het oppervlaktewater 'hoger' is/kan worden dan de grondwaterstanden ter plaatse van het in-/ of uittredepunt. (voorbeeld: kruising boezemwater / kruising waterkering waarbij bij maatgevend hoogwater voorgenoemd scenario optreedt)*

In dit geval zou er door de 'waterdruk op de boortunnel' een kwelstroom kunnen ontstaan. Om deze situatie te kunnen beoordelen is een kwelwegberekening noodzakelijk.

Van deze situatie is geen sprake, uit de isohypsenkaart blijkt dat het grondwater op ca. 44m NAP zit.

2. *Verschil in (freatische)grondwaterstanden tussen in -/en uittredepunt)*

Mocht er een verschil zijn in de freatische grondwaterstanden tussen het in-/ en uittredepunt dan zou er een kwelstroom kunnen ontstaan via de boortunnel. Hierbij zal het hoger gelegen grondwater via de boortunnel kunnen uitstromen in het lager gelegen grondwater.

Hier is geen sprake van.

3. *Een doorsnijding van een watervoerend pakket waarbij de stijghoogte (arthesisch grondwater) in het watervoerende pakket hoger is dan de freatische grondwaterstand.*

Indien er sprake is van een stijghoogte in het watervoerende pakket (arthesisch grondwater) welke hoger is dan de aanwezige freatische grondwaterstanden is er sprake van spanningswater. In dit geval kan het ook zo zijn dat eventuele kwel niet zichtbaar is ter hoogte van/op maaiveld omdat het spanningswater via de boortunnel zal uitstromen in de aanwezige freatische grondwaterstand.

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

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

De stijghoogte blijft ver onder het maaiveld. Conclusie is dat deze situatie niet van toepassing is.

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

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

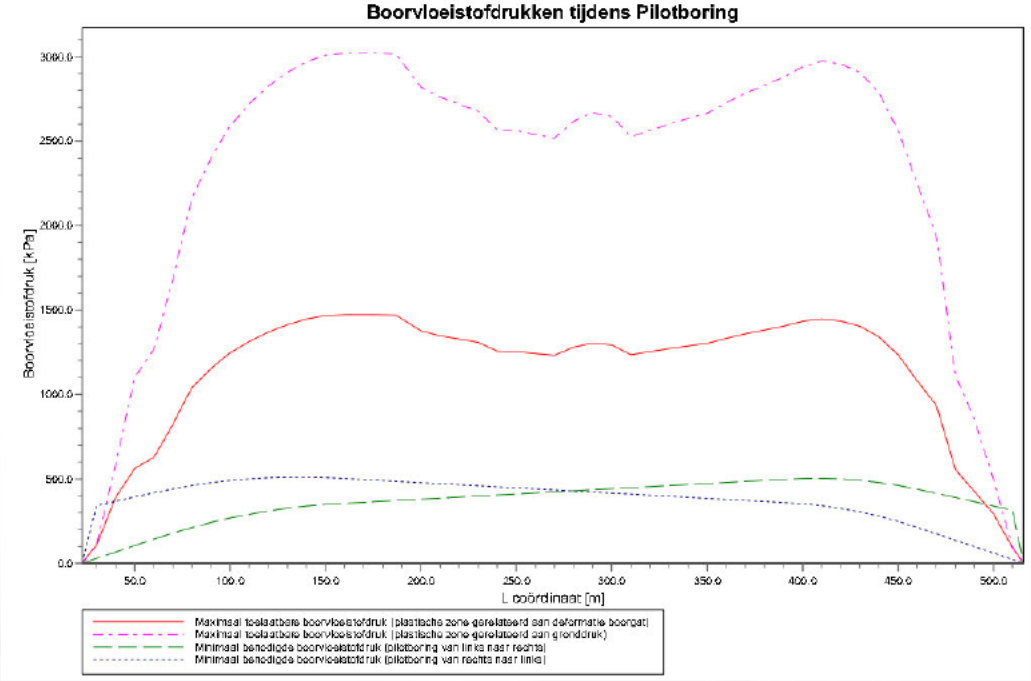
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

7. Berekeningsresultaten

In onderstaande hoofdstukken zijn de resultaten weergegeven 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.

7.1 Boorspoeldrukken

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is getoetst door middel van de uitvoering van een mud-druk berekening. Onderstaande figuur 13 geeft de verwachtingswaarde weer voor de boorspoeldrukken gedurende de realisatie van de pilotboring.



Figuur 13 boorspoeldrukken tijdens pilotboring

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

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

Daarnaast kan ervoor worden gekozen om voordat de kritische parameters worden bereikt het boorgat te spoelen om zo het soortelijk gewicht (en tegendruk) te verlagen waardoor de kans op een mud-uitbraak kan worden beperkt.

Een instabiel boorgat kan ervoor zorgen dat het boorgat nabij in-/ of uittrede instort, trekkrachten oplopen ofwel zettingen optreden op maaiveld. De uiteindelijke civiele aannemer zal eventuele maatregelen of nazorg-maatregelen moeten treffen om dit te beheersen/voorkomen.

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

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

7.2 Sterkteberekening

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

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

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.06	3.88	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.69	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	3.95	3.95

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen

De deflectie op de buis bedraagt 7.0mm (3,06% x Dg) voor de 250mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 22.7mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar.

De uitwendige druk (toetsing implosie) blijft tijdens de uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk. Het toegepaste materiaal PE100 SDR11 is hiermee voldoende sterk. Dit geldt zowel tijdens het intrekken van de buizen als in de bedrijfsfase van de mediumleiding.

7.3 Trekkrachtberekening

In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden t.a.v. de trekkracht weergegeven. In de berekening wordt ervan uitgegaan dat de in te trekken bundel tijdens de intrekfase ***100%*** wordt gevuld met (drink)water. **Opmerking:** In de directe omgeving is geen water voorhanden. Het benodigde water dient daarom per transport naar de projectlocatie te worden aangevoerd. Als alternatief kan in overleg met **Vitens** worden bekeken of directe levering op locatie mogelijk is

De benodigde trekkracht voor het intrekken van de boorstreng bedraagt voor deze gestuurde boring circa 108kN. (excl. onzekerheidsfactoren)

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	31
T2	38	34
T3	136	51
T4	373	89
T5	443	103
T6	499	108

Tabel 8 Voorspelling trekkracht (indicatief)

Volgens de voorschriften van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht van 2 tot 3 keer de maximaal berekende waarde.

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

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

Bij deze trekkrachtberekening is geen rekening gehouden met een onzekerheidsfactor van 2.0. Indien rekening wordt gehouden met deze 'onzekerheidsfactor bedraagt de te verwachten trekkracht (2,0 x 108kN) 216kN.

Er is tevens geen rekening gehouden met andere (model)onzekerheidsfactoren voor het opstellen van de trekkrachtberekening. Het wel-/niet afvullen van de mantelbuis/leiding is ter keuze aannemer en moet op haalbaarheid worden getoetst. De aannemer dient rekening te houden met alle factoren welke van invloed kunnen zijn op de benodigde trekkracht en hier de inzet van zijn materieel (o.a. dodemansbed, verankering en keuze boor-rig) op af te stemmen.

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

ATRON Engineering
Advies & Infra

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

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

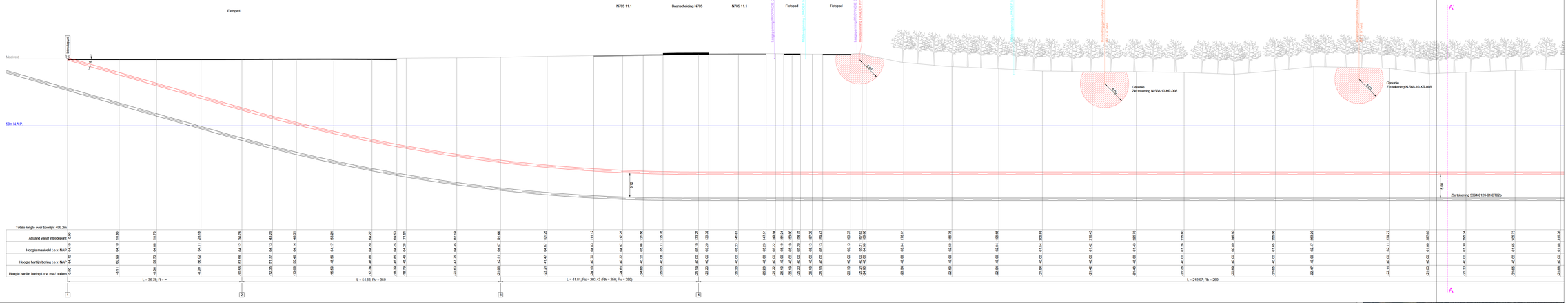
T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

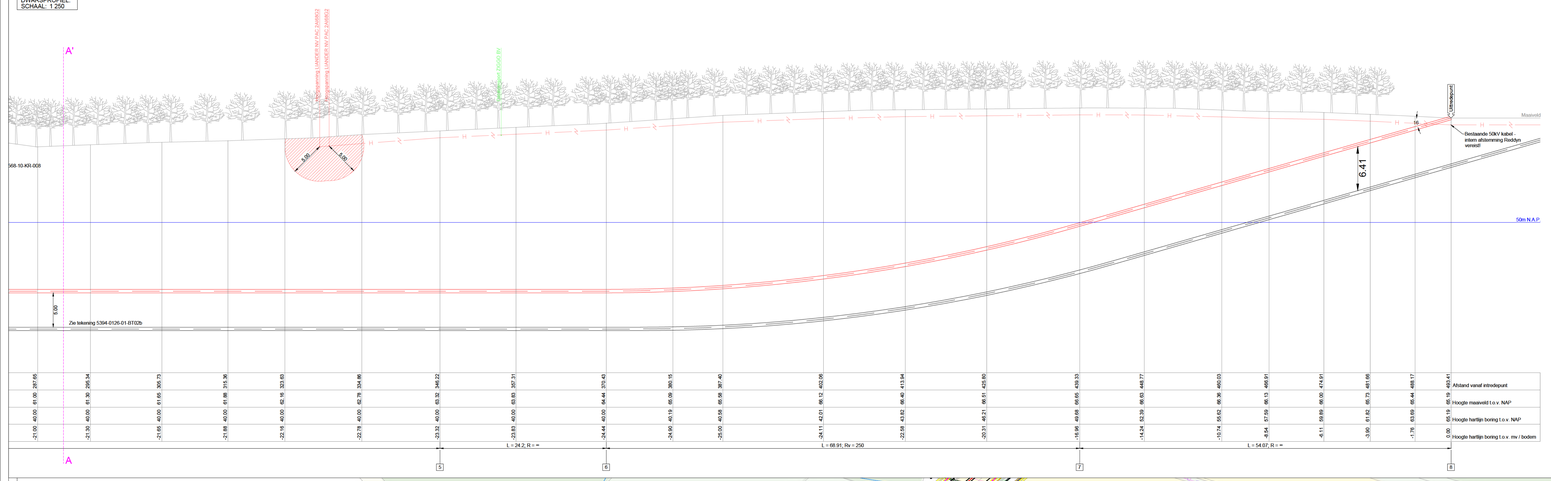
Bijlage 1 Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring

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

DWARSPROFIEL
SCHAAL: 1:250



DWARSPROFIEL
SCHAAL: 1:250



OVERZICHT
SCHAAL: 1:4000 @A1



BOVENAANZICHT
SCHAAL: 1:500

U 2
U 4
U 5
U 6
U 7
U 8
U 2
U 3
U 4
U 5
U 6
U 7
U 8
U 2
U 3
U 4
U 5
U 6
U 7
U 8
U 2
U 3

ATRON Engineering
Advies & Infra

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

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

Legenda

Project:

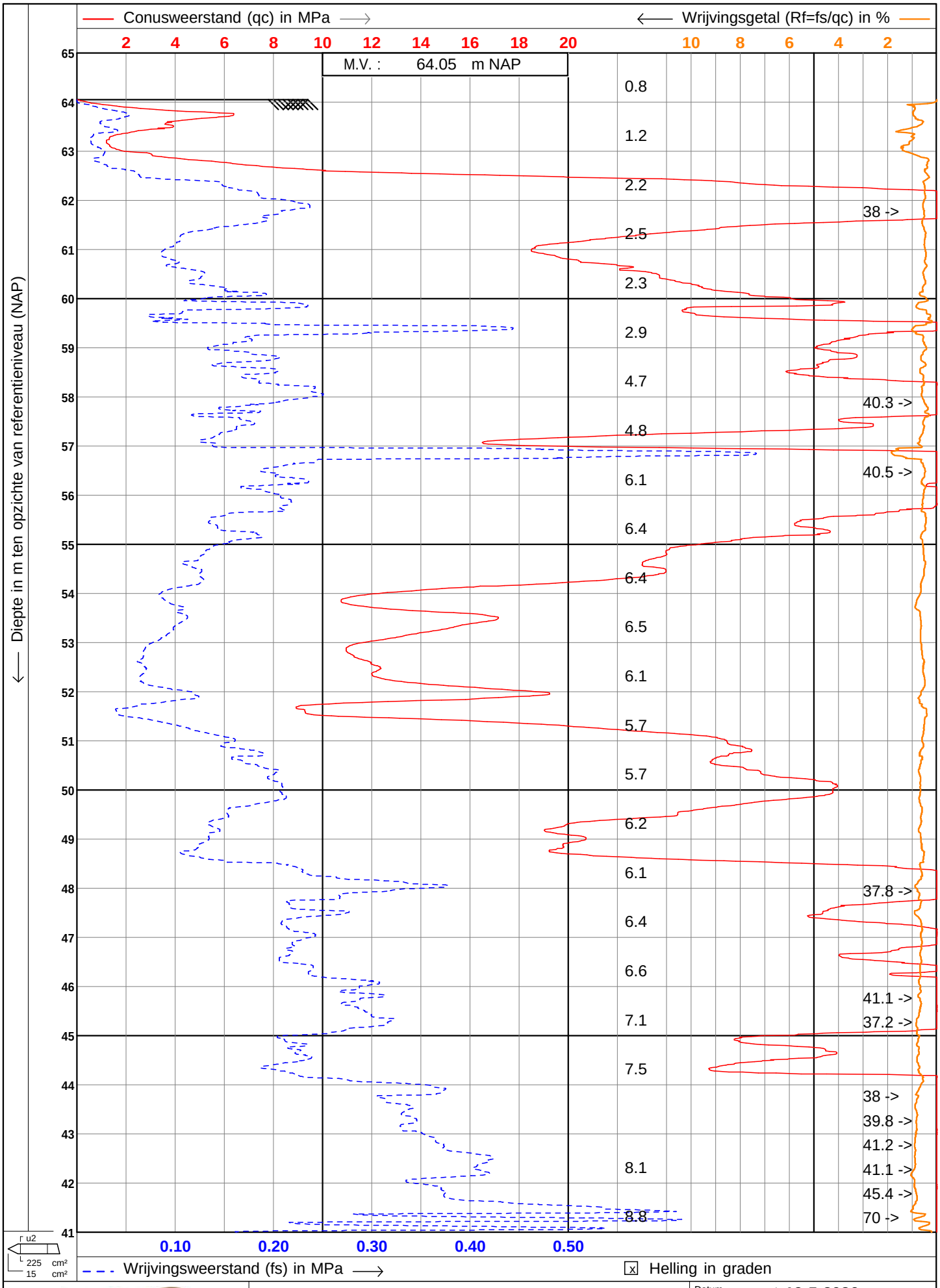
B0957 – Arnhem

Locaties:

Sondering met kleefmeting

id	rdX	rdY	Z
CPT01	191819,24	446892,3	64,41
CPT02	192260,71	446929,63	62,16
CPT03	192824,07	447000,55	64,05
CPT04	193228,15	446784,1	65,4
CPT02-2	192261,77	446929,83	62,19
CPT03-2	192825,03	447000,4	64,05
CPT04-2	193228,1	446784,19	65,34

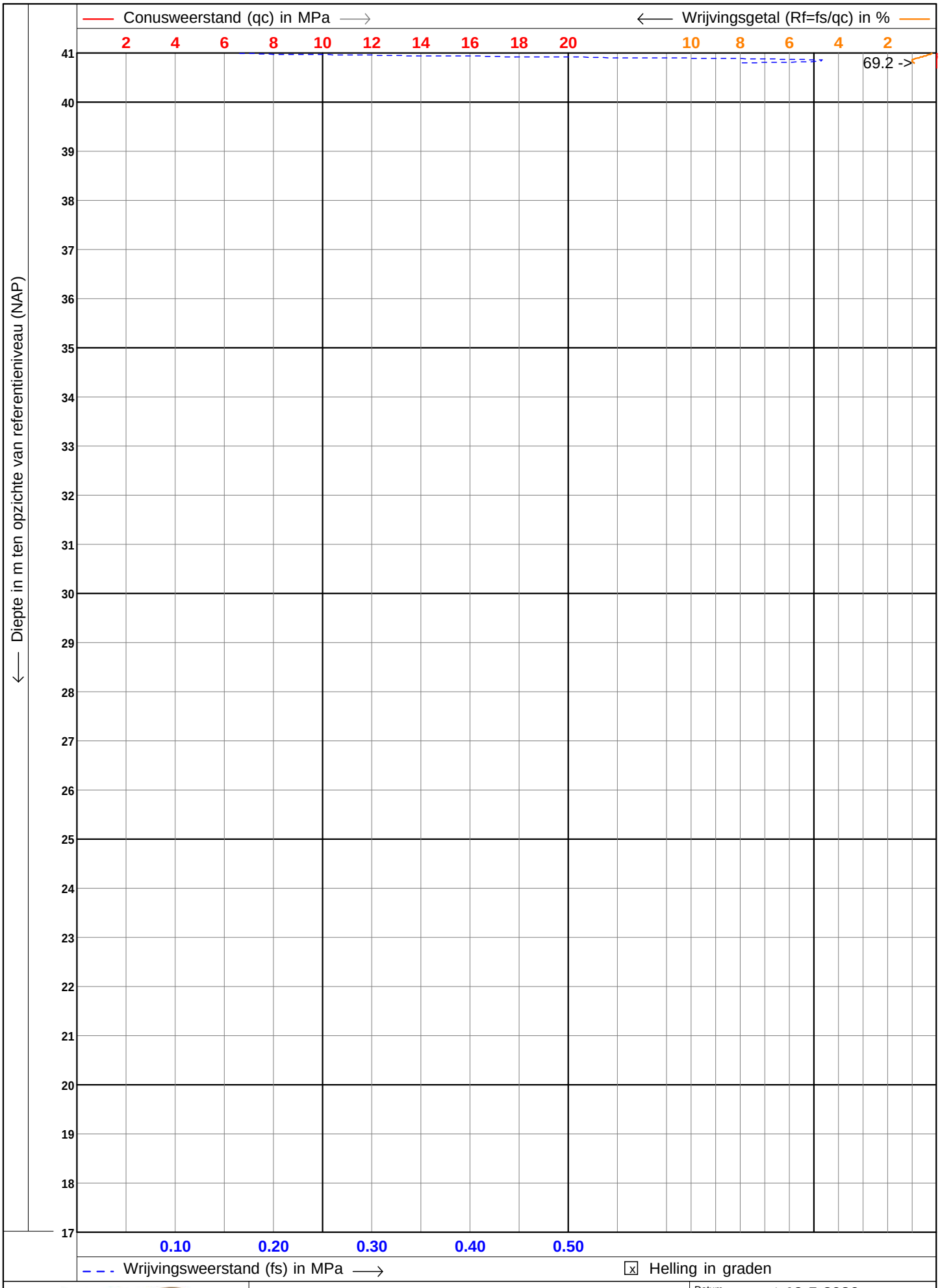




Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**

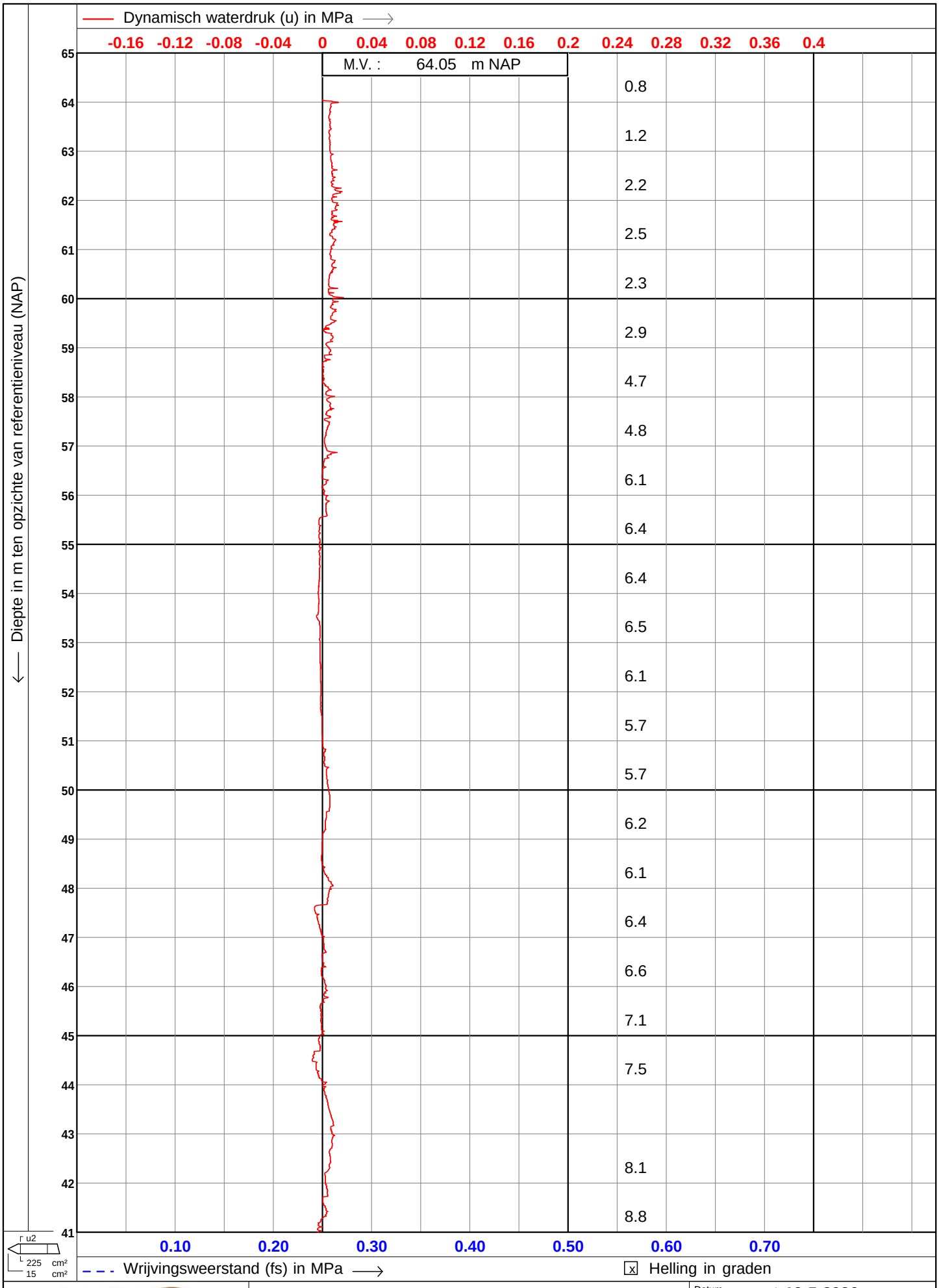


VWB bodem

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**

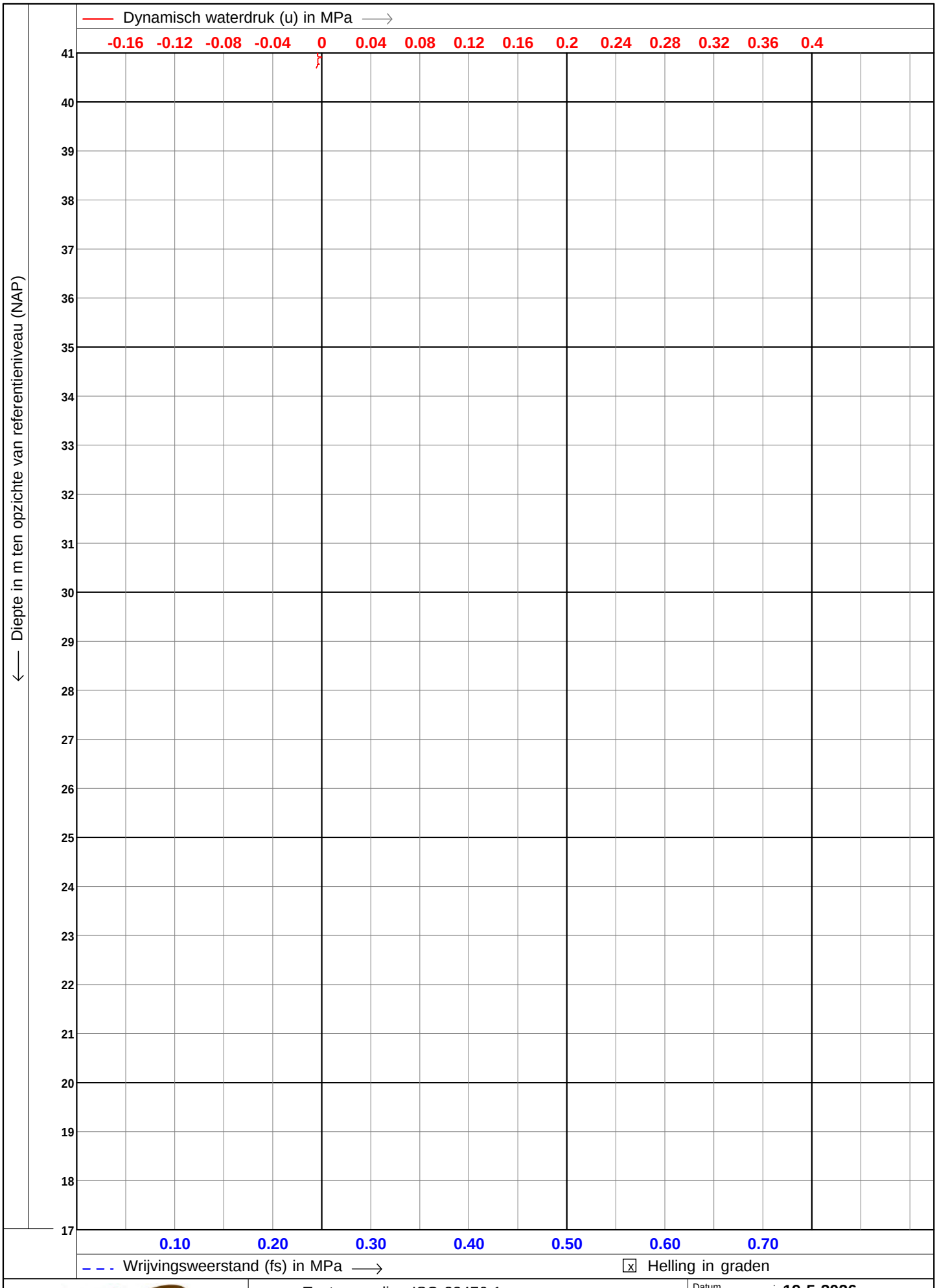


VWB bodem

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

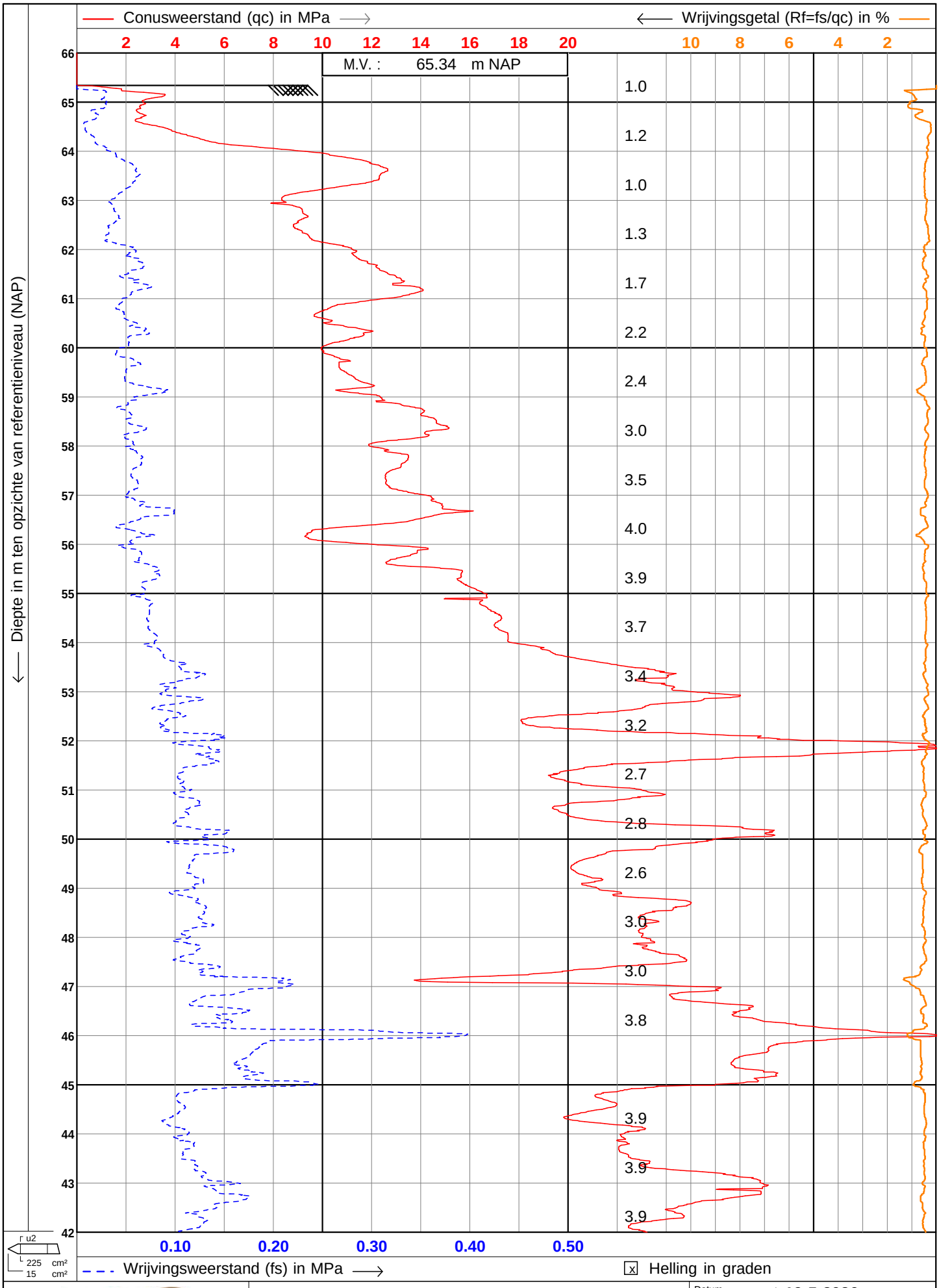
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

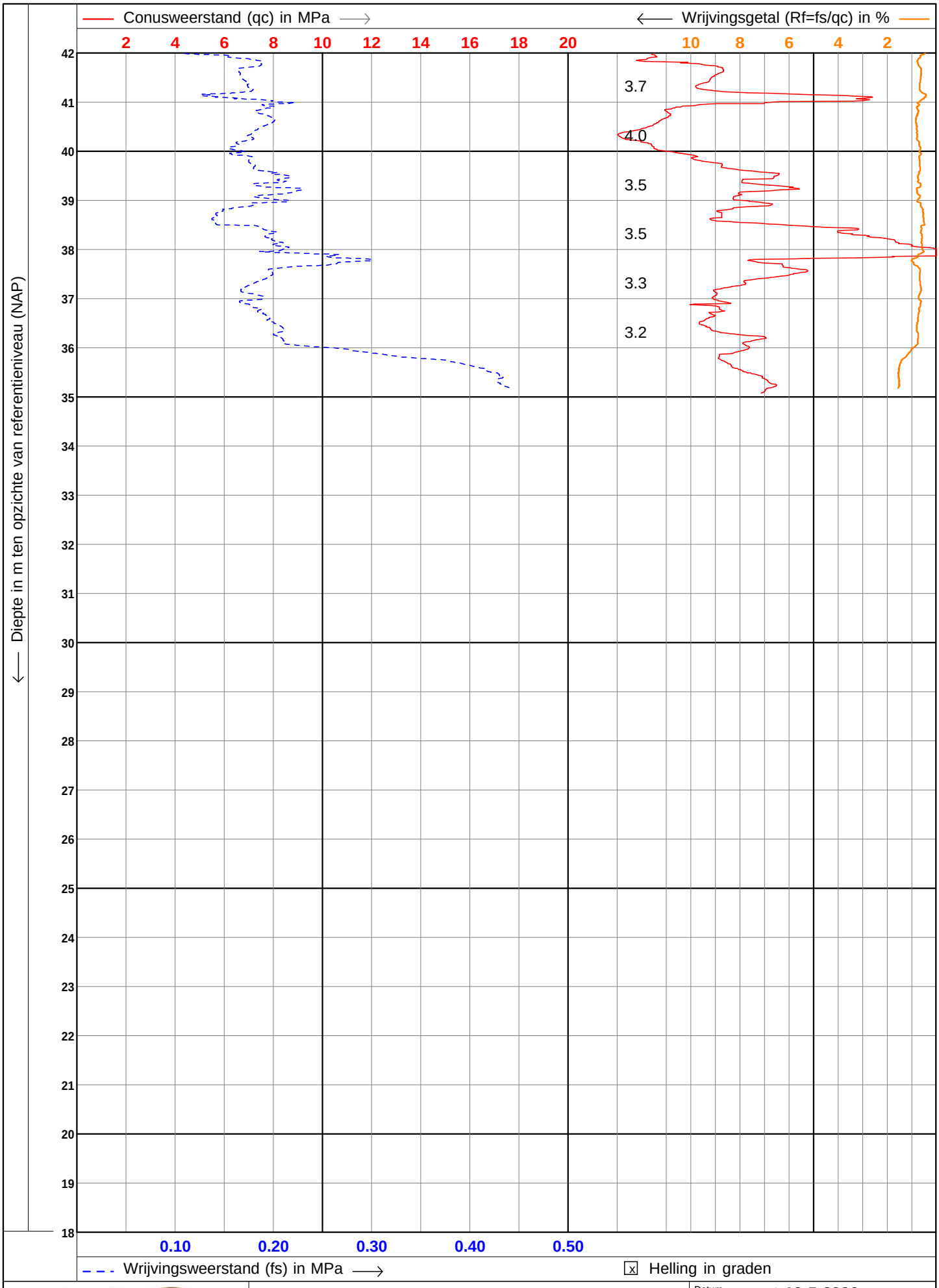
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**193228.1, 446784.19 RD**

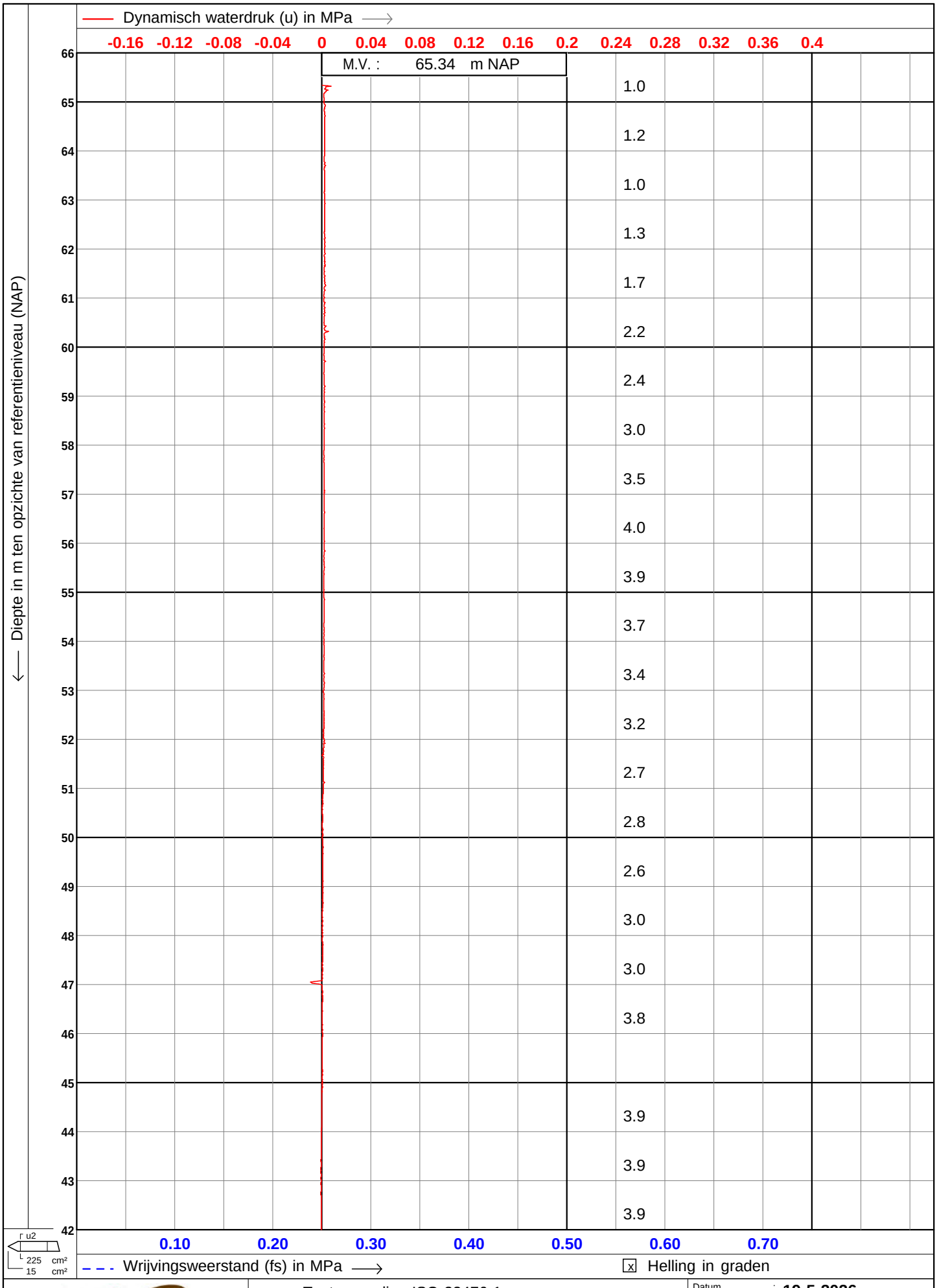
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT04-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**193228.1, 446784.19 RD**

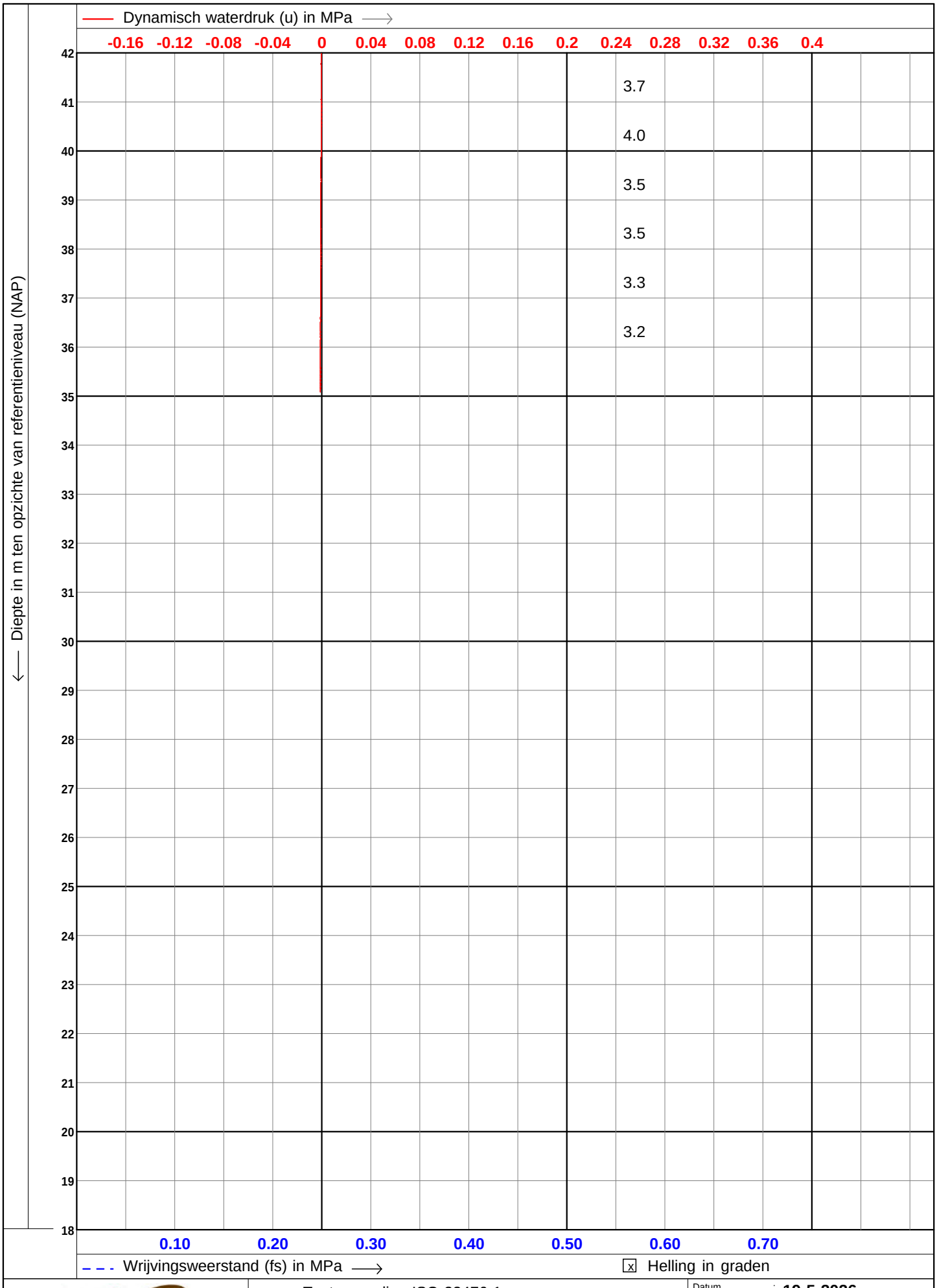
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT04-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**193228.1, 446784.19 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT04-2**



VWB bodem	Test according ISO 22476-1	Datum : **19-5-2026**	
	Project : **Sonderingen aan de Schelmseweg**	Conusnr. : **DP15-CFPTXY.71457**	
	Lokatie : **Arnhem**	Projectnr. : **B0957**	
	Positie : **193228.1, 446784.19 RD**	Sondeernr. : **CPT04-2**	**4/4**

ATRON Engineering
Advies & Infra

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

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

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam:	ATRON Engineering BV
Datum van rapport:	5/28/2026
Tijd van rapport:	11:45:59 AM
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	5394-BT02a
Projectbeschrijving:	50kV KABEL KATTENBERG-PRESIKHAAF 1 EN 2 REC 50kV KBG-PSH SCHELMSEWEG - N784 - Arnhem RLI-3022 - 4x Ø250mm PE100 SDR11

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave 2
2 Invoergegevens 4
2.1 Algemene Invoergegevens 4
2.2 Laagscheidingen 4
2.3 PN-Lijnen 4
2.4 Freatische Lijn 5
2.5 Grondprofielen 5
2.6 Grenslagen 5
2.7 Grondeigenschappen 5
2.8 Geometrie 8
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
2.9 Berekenings Verticalen 9
2.10 Verkeersbelasting 9
2.11 Configuratie van de Pijpleiding 10
2.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
2.13 Gegevens voor Leidingberekening 11
2.14 Boorvloeistof Gegevens 12
2.15 Factoren 12
2.16 Rekenopties 12
3 Boorvloeistofdrukken 13
3.1 Boorvloeistof Gegevens 13
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 15
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 17
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 17
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 17
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 18
4 Grondmechanische Data 19
4.1 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 19
4.2 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 21
4.3 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 23
4.4 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 25
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal 27
5 Gegevens voor Sterkteberekening 31
5.1 Algemene Gegevens 31
5.2 Ballasten Leiding 31
5.3 Trekkrachtberekening 31
6 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 33
6.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 33
6.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 33
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 33
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 34
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 34
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 34
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 34
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 35
6.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 36
7 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 37
7.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 37
7.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 37
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 37
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 38
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 38
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 38
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 38
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 39
7.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 40
8 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 41
8.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 41
8.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 41
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 41
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 42
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 42

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 42
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 42
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 43
8.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 44
9 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 45
9.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 45
9.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 45
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 45
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 46
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 46
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 46
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 46
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 47
9.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 48

2 Invoergegevens

2.1 Algemene Invoergegevens

Gebruikt model	Horizontaal Gestuurde Boring
Eindigt aan de oppervlakte	Ja
Norm voor spannings analyse	Nederlandse norm (NEN 3650)
Abrupt zakkingsverschil	Nee

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
8 - L -	-10.000	0.000	39.690	56.120	92.000
8 - Z -	64.150	64.150	64.090	64.110	64.280
8 - L -	101.080	109.140	115.110	127.010	133.620
8 - Z -	64.320	64.390	64.490	64.720	64.830
8 - L -	141.230	148.260	152.590	157.880	166.410
8 - Z -	65.000	65.110	65.180	65.200	65.230
8 - L -	173.740	177.250	184.890	190.830	191.162
8 - Z -	65.190	65.200	65.132	65.200	64.904
8 - L -	199.110	212.630	228.380	244.760	247.960
8 - Z -	63.340	62.350	61.540	61.410	61.420
8 - L -	256.610	263.960	269.000	277.270	285.700
8 - Z -	61.280	61.050	60.890	61.630	62.470
8 - L -	301.770	310.150	329.680	350.230	367.070
8 - Z -	62.110	61.000	61.690	62.310	63.250
8 - L -	390.450	397.552	408.790	420.290	431.460
8 - Z -	64.300	64.769	65.510	65.960	66.350
8 - L -	451.670	466.830	475.480	485.930	502.330
8 - Z -	66.550	66.650	66.610	66.210	65.800
8 - L -	515.980	527.060	538.410	540.000	
8 - Z -	65.190	64.950	64.710	64.710	
7 - L -	-10.000	199.110	212.630	228.380	244.760
7 - Z -	62.899	63.340	62.350	61.540	61.410
7 - L -	247.960	256.610	263.960	269.000	277.270
7 - Z -	61.420	61.280	61.050	60.890	61.630
7 - L -	285.700	301.770	310.150	329.680	350.230
7 - Z -	62.470	62.110	61.000	61.690	62.310
7 - L -	367.070	390.450	397.552	540.000	
7 - Z -	63.250	64.300	64.769	64.550	
6 - L -	-10.000	263.960	269.000	277.270	285.700
6 - Z -	61.191	61.050	60.890	61.630	62.470
6 - L -	301.770	310.150	329.680	350.230	367.070
6 - Z -	62.110	61.000	61.690	62.310	63.250
6 - L -	390.450	397.552	540.000		
6 - Z -	64.300	64.769	64.550		
5 - L -	-10.000	540.000			
5 - Z -	60.882	54.027			
4 - L -	-10.000	540.000			
4 - Z -	54.920	47.511			
3 - L -	-10.000	203.411	540.000		
3 - Z -	51.566	49.822	47.072		
2 - L -	-10.000	203.411	270.000	540.000	
2 - Z -	51.566	49.822	30.000	30.000	
1 - L -	-10.000	270.000	540.000		
1 - Z -	30.000	30.000	30.000		
0 - L -	-10.000	540.000			
0 - Z -	29.267	29.267			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10.000	540.000			

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - Z -	44.000	44.000			

2.4 Freatische Lijn

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

2.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
8	Klei (Sterk zandig1)	1	1
7	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
6	Zand (Schoon-Matig)	1	1
5	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
4	Zand (Schoon-Matig)	1	1
3	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
2	Grind (SterkSiltig-Va...	1	1
1	Grind (SterkSiltig-Va...	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 7: Zand (Schoon-Vast1)
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 7: Zand (Schoon-Vast1)

2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Grind (Zwak siltig-Los)	17.00	19.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Grind (Zwak siltig-M...	18.00	20.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Grind (Zwak siltig-V...	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Grind (Zwak siltig-V...	20.00	22.00	0.00	40.00	0.00	0.00
Grind (Sterk Siltig-L...	18.00	20.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Grind (SterkSiltig-M...	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Grind (SterkSiltig-Va...	20.00	22.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Grind (SterkSiltig-Va...	21.00	22.50	0.00	40.00	0.00	0.00
Zand (Schoon-Los)	17.00	19.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand (Schoon-Matig)	18.00	20.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (Schoon-Vast1)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand (Schoon-Vast2)	20.00	22.00	0.00	40.00	0.00	0.00
Zand (Zw Siltig kleii...	18.00	20.00	0.00	27.00	0.00	0.00
Zand (Zw Siltig kleii...	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (St Siltig kleiig1)	18.00	20.00	0.00	25.00	0.00	0.00
Zand (St Siltig kleiig2)	19.00	21.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Leem (Zw zandig-sl...	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00
Leem (Zw zandig-sl...	19.00	19.00	0.00	30.00	50.00	50.00
Leem (Zw zandig-M...	20.00	20.00	1.00	27.50	100.00	100.00
Leem (Zw zandig-M...	20.00	20.00	1.00	32.50	100.00	100.00
Leem (Zw zandig-V...	21.00	21.00	2.50	27.50	200.00	200.00
Leem (Zw zandig-V...	22.00	22.00	3.80	35.00	300.00	300.00
Leem (Sterk Zandig 1)	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00
Leem (Sterk Zandig 2)	20.00	20.00	1.00	35.00	100.00	100.00
Klei (Schoon slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei (Schoon Matig)	17.00	17.00	5.00	17.50	50.00	50.00
Klei (Schoon Vast1)	19.00	19.00	13.00	17.50	100.00	100.00
Klei (Schoon Vast2)	20.00	20.00	15.00	25.00	200.00	200.00
Klei (Zw zandig Slap)	15.00	15.00	0.00	22.50	40.00	40.00
Klei (Zw zandig Matig)	18.00	18.00	5.00	22.50	80.00	80.00
Klei (Zw zandig Vast...	20.00	20.00	13.00	22.50	120.00	120.00
Klei (Zw zandig Vast...	21.00	21.00	15.00	27.50	170.00	170.00
Klei (Sterk zandig1)	18.00	18.00	0.00	27.50	0.00	0.00

Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Klei (Sterk zandig2)	20.00	20.00	1.00	32.50	10.00	10.00
Klei (Organisch Slap1)	13.00	13.00	0.00	15.00	10.00	10.00
Klei (Organisch Slap2)	13.00	13.00	1.00	15.00	10.00	10.00
Klei (Organisch Mati...	15.00	15.00	0.00	15.00	25.00	25.00
Klei (Organisch Mati...	16.00	16.00	1.00	15.00	30.00	30.00
Veen (niet vb Slap1)	10.00	10.00	1.00	15.00	10.00	10.00
Veen (niet vb Slap2)	12.00	12.00	2.50	15.00	20.00	20.00
Veen (Matig vb 1)	12.00	12.00	2.50	15.00	20.00	20.00
Veen (Matig vb 2)	13.00	13.00	5.00	15.00	30.00	30.00

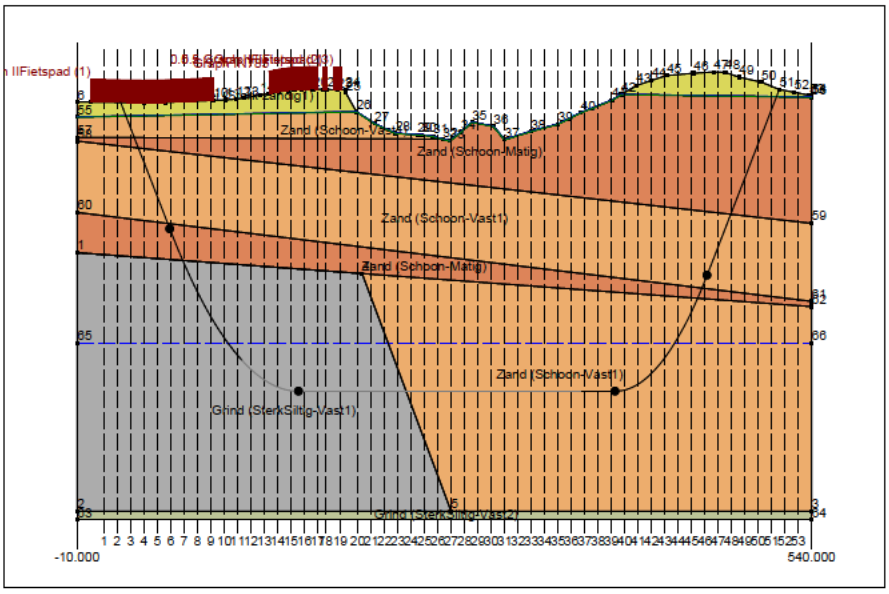
Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Grind (Zwak siltig-Los)	Grind	45000.00	-	-
Grind (Zwak siltig-M...	Grind	75000.00	-	-
Grind (Zwak siltig-V...	Grind	90000.00	-	-
Grind (Zwak siltig-V...	Grind	105000.00	-	-
Grind (Sterk Siltig-L...	Grind	30000.00	-	-
Grind (SterkSiltig-M...	Grind	45000.00	-	-
Grind (SterkSiltig-Va...	Grind	75000.00	-	-
Grind (SterkSiltig-Va...	Grind	110000.00	-	-
Zand (Schoon-Los)	Zand	15000.00	-	-
Zand (Schoon-Matig)	Zand	45000.00	-	-
Zand (Schoon-Vast1)	Zand	75000.00	-	-
Zand (Schoon-Vast2)	Zand	110000.00	-	-
Zand (Zw Siltig kleii...	Zand	35000.00	-	-
Zand (Zw Siltig kleii...	Zand	50000.00	-	-
Zand (St Siltig kleiig1)	Zand	15000.00	-	-
Zand (St Siltig kleiig2)	Zand	30000.00	-	-
Leem (Zw zandig-sl...	Leem	2000.00	-	-
Leem (Zw zandig-sl...	Leem	2000.00	-	-
Leem (Zw zandig-M...	Leem	3000.00	-	-
Leem (Zw zandig-M...	Leem	3000.00	-	-
Leem (Zw zandig-V...	Leem	5000.00	-	-
Leem (Zw zandig-V...	Leem	7000.00	-	-
Leem (Sterk Zandig 1)	Leem	3000.00	-	-
Leem (Sterk Zandig 2)	Leem	5000.00	-	-
Klei (Schoon slap)	Klei	1000.00	-	-
Klei (Schoon Matig)	Klei	2000.00	-	-
Klei (Schoon Vast1)	Klei	4000.00	-	-
Klei (Schoon Vast2)	Klei	10000.00	-	-
Klei (Zw zandig Slap)	Klei	1500.00	-	-
Klei (Zw zandig Matig)	Klei	2000.00	-	-
Klei (Zw zandig Vast...	Klei	5000.00	-	-
Klei (Zw zandig Vast...	Klei	10000.00	-	-
Klei (Sterk zandig1)	Klei	2000.00	-	-
Klei (Sterk zandig2)	Klei	5000.00	-	-
Klei (Organisch Slap1)	Klei	500.00	-	-
Klei (Organisch Slap2)	Klei	500.00	-	-
Klei (Organisch Mati...	Klei	1000.00	-	-
Klei (Organisch Mati...	Klei	2000.00	-	-
Veen (niet vb Slap1)	Veen	200.00	-	-
Veen (niet vb Slap2)	Veen	500.00	-	-
Veen (Matig vb 1)	Veen	500.00	-	-
Veen (Matig vb 2)	Veen	1000.00	-	-

Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Grind (Zwak siltig-Los)	-	-	0.30
Grind (Zwak siltig-M...	-	-	0.30
Grind (Zwak siltig-V...	-	-	0.30
Grind (Zwak siltig-V...	-	-	0.30

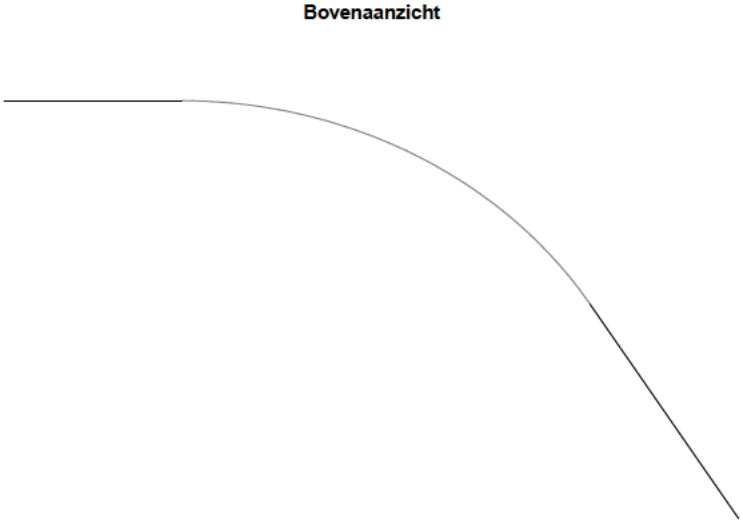
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Grind (Sterk Siltig-L...	-	-	0.30
Grind (SterkSiltig-M...	-	-	0.30
Grind (SterkSiltig-Va...	-	-	0.30
Grind (SterkSiltig-Va...	-	-	0.30
Zand (Schoon-Los)	-	-	0.30
Zand (Schoon-Matig)	-	-	0.30
Zand (Schoon-Vast1)	-	-	0.30
Zand (Schoon-Vast2)	-	-	0.30
Zand (Zw Siltig kleii...	-	-	0.30
Zand (Zw Siltig kleii...	-	-	0.30
Zand (St Siltig kleiig1)	-	-	0.30
Zand (St Siltig kleiig2)	-	-	0.30
Leem (Zw zandig-sl...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-sl...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-M...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-M...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-V...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-V...	-	-	0.45
Leem (Sterk Zandig 1)	-	-	0.45
Leem (Sterk Zandig 2)	-	-	0.45
Klei (Schoon slap)	-	-	0.45
Klei (Schoon Matig)	-	-	0.45
Klei (Schoon Vast1)	-	-	0.45
Klei (Schoon Vast2)	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Slap)	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Matig)	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Vast...	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Vast...	-	-	0.45
Klei (Sterk zandig1)	-	-	0.45
Klei (Sterk zandig2)	-	-	0.45
Klei (Organisch Slap1)	-	-	0.45
Klei (Organisch Slap2)	-	-	0.45
Klei (Organisch Mati...	-	-	0.45
Klei (Organisch Mati...	-	-	0.45
Veen (niet vb Slap1)	-	-	0.45
Veen (niet vb Slap2)	-	-	0.45
Veen (Matig vb 1)	-	-	0.45
Veen (Matig vb 2)	-	-	0.45

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	10.000	n.a.
2	20.000	n.a.
3	30.000	61.960
4	40.000	59.092
5	50.000	56.225
6	60.000	53.358
7	70.000	50.672
8	80.000	48.300
9	90.000	46.235
10	100.000	44.472
11	110.000	43.006
12	120.000	41.833
13	130.000	40.950
14	140.000	40.356
15	150.000	40.048
16	160.000	40.000
17	170.000	40.000
18	175.796	40.000
19	186.847	40.000
20	200.000	40.000
21	210.000	40.000
22	220.000	40.000
23	230.000	40.000
24	240.000	40.000
25	250.000	40.000
26	260.000	40.000
27	270.000	40.000
28	280.000	40.000
29	290.000	40.000
30	300.000	40.000
31	310.000	40.000
32	320.000	40.000
33	330.000	40.000
34	340.000	40.000
35	350.000	40.000
36	360.000	40.000
37	370.000	40.000
38	380.000	40.000
39	390.000	40.000
40	400.000	40.101
41	410.000	40.587
42	420.000	41.475
43	430.000	42.770
44	440.000	44.480
45	450.000	46.612
46	460.000	49.177
47	470.000	52.037
48	480.000	54.905
49	490.000	57.772
50	500.000	60.640
51	510.000	63.507
52	520.000	n.a.
53	530.000	n.a.

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

2.10 Verkeersbelasting

Fietspad (1)
L begin 0.00 [m]

L einde	92.00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
N785		
L begin	133.62	[m]
L einde	170.01	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Fietspad (2)		
L begin	173.74	[m]
L einde	177.25	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Fietspad (3)		
L begin	181.97	[m]
L einde	187.87	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	

2.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	22.480	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	64.116	[m]
X coördinaat rechter punt	403.970	[m]
Y coördinaat rechter punt	-244.320	[m]
Z coördinaat rechter punt	65.194	[m]
Hoek links	16.0000	[gr]
Hoek rechts	16.0000	[gr]
Kromtestraal links	350.000	[m]
Kromtestraal rechts	250.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	40.000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[gr]
Aantal horizontale bochten	1	

De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken.

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	115.110	0.000	326.830	-118.970	250.000	links

2.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]
Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]

Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 4		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

2.13 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollenbaan	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m³]
Opleghoek	30	[gr]
Belastingshoek	30	[gr]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[gr]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]

2.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.251	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.500	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.780	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.500	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1650.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1500.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1300.0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0.30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0.20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0.20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11.1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0.000040	[kN.s/m²]

2.15 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. neutr. 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	10.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegewicht water	10.00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0.50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0.50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7.50	[-]

2.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	110	110	29	342
2	391	586	67	367
3	561	1100	105	393
4	628	1268	144	418
5	823	1681	180	441
6	1042	2165	213	461
7	1154	2399	242	478
8	1246	2591	268	491
9	1314	2721	290	501
10	1369	2825	310	508
11	1414	2907	326	511
12	1447	2971	339	512
13	1468	3010	348	509
14	1473	3021	355	503
15	1474	3022	361	497
16	1473	3021	365	493
17	1471	3017	372	486
18	1377	2820	380	478
19	1347	2759	386	472
20	1329	2720	392	466
21	1308	2677	399	460
22	1256	2568	405	453
23	1253	2562	411	447
24	1242	2539	417	441
25	1232	2518	424	435
26	1280	2618	430	428
27	1304	2670	436	422
28	1293	2646	442	416
29	1235	2526	448	410
30	1253	2562	455	404
31	1271	2601	461	397
32	1287	2634	467	391
33	1303	2667	473	385
34	1332	2726	480	379
35	1359	2783	486	372
36	1382	2831	492	366
37	1405	2878	498	360
38	1434	2940	503	353
39	1448	2974	504	341
40	1435	2957	501	325
41	1404	2907	492	304
42	1342	2789	480	279
43	1235	2563	463	249
44	1082	2249	440	214
45	938	1949	415	176
46	556	1114	390	137
47	427	856	365	99
48	293	499	339	61
49	95	95	314	23

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	68	68	25	29
2	385	393	59	67
3	559	846	92	105

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
4	647	1192	126	144
5	734	1467	157	180
6	1034	2128	185	213
7	1150	2389	210	242
8	1243	2584	231	268
9	1311	2716	249	290
10	1367	2820	264	310
11	1412	2903	275	326
12	1445	2967	283	337
13	1466	3006	288	339
14	1472	3017	290	338
15	1472	3018	292	336
16	1471	3017	293	335
17	1470	3013	295	334
18	1375	2816	297	331
19	1345	2754	299	330
20	1326	2714	300	328
21	1303	2667	302	327
22	1254	2565	303	325
23	1251	2559	305	323
24	1240	2535	307	322
25	1230	2514	308	320
26	1278	2614	310	318
27	1302	2665	312	317
28	1291	2642	313	315
29	1234	2522	315	314
30	1251	2558	316	312
31	1269	2596	318	310
32	1285	2629	320	309
33	1301	2662	321	307
34	1329	2721	323	305
35	1356	2777	325	304
36	1379	2825	326	302
37	1402	2873	328	301
38	1432	2935	328	298
39	1445	2968	325	291
40	1432	2950	316	279
41	1400	2898	304	263
42	1336	2776	279	243
43	1217	2523	249	217
44	1078	2239	214	187
45	930	1839	176	154
46	556	1077	137	120
47	427	725	99	87
48	293	361	61	53
49	60	60	23	20

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	50	50	26	25
2	293	293	60	59
3	557	662	94	92
4	668	1034	128	126
5	737	1311	160	157
6	1024	1881	188	185
7	1145	2214	213	210
8	1239	2480	235	231
9	1308	2664	254	249
10	1365	2805	269	264
11	1410	2898	281	275
12	1443	2962	290	283
13	1464	3002	295	288

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
14	1470	3013	298	290
15	1470	3014	300	292
16	1469	3012	301	293
17	1468	3008	304	295
18	1373	2811	306	297
19	1343	2749	309	299
20	1323	2688	311	300
21	1298	2618	313	302
22	1252	2542	315	303
23	1249	2534	317	305
24	1238	2505	319	307
25	1228	2478	320	308
26	1276	2602	318	310
27	1300	2660	317	312
28	1289	2635	315	313
29	1231	2486	314	315
30	1249	2530	312	316
31	1267	2577	310	318
32	1283	2617	309	318
33	1299	2657	307	316
34	1327	2716	305	314
35	1354	2772	304	312
36	1377	2819	302	310
37	1400	2867	301	307
38	1429	2928	298	304
39	1442	2961	291	297
40	1428	2942	279	285
41	1396	2884	263	268
42	1329	2706	243	247
43	1198	2362	217	221
44	1073	2022	187	190
45	920	1581	154	156
46	556	943	120	122
47	427	596	87	88
48	278	278	53	54
49	45	45	20	20

3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

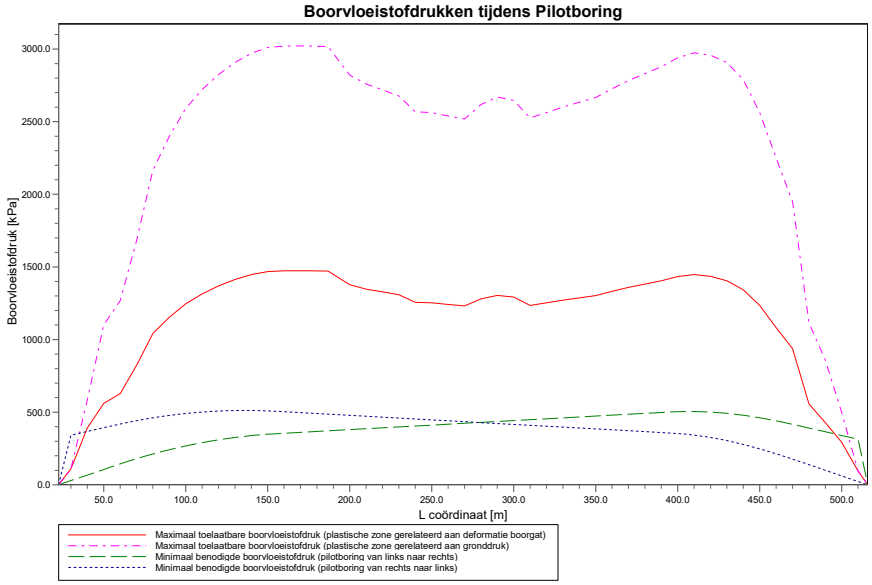
Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	24	0	-	voldoet
2	56	0	-	voldoet
3	88	0	-	voldoet
4	119	0	-	voldoet
5	150	0	-	voldoet
6	176	0	-	voldoet
7	199	0	-	voldoet
8	219	0	-	voldoet
9	236	10	23.72	voldoet
10	249	22	11.50	voldoet
11	259	30	8.50	voldoet
12	266	36	7.30	voldoet
13	270	40	6.83	voldoet
14	271	40	6.77	voldoet
15	271	40	6.77	voldoet
16	271	40	6.78	voldoet
17	271	40	6.79	voldoet
18	272	40	6.80	voldoet
19	272	40	6.80	voldoet
20	272	40	6.81	voldoet
21	273	40	6.82	voldoet

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
22	273	40	6.83	voldoet
23	273	40	6.83	voldoet
24	274	40	6.84	voldoet
25	274	40	6.85	voldoet
26	274	40	6.86	voldoet
27	275	40	6.86	voldoet
28	275	40	6.87	voldoet
29	275	40	6.88	voldoet
30	275	40	6.89	voldoet
31	276	40	6.89	voldoet
32	276	40	6.90	voldoet
33	276	40	6.91	voldoet
34	277	40	6.92	voldoet
35	277	40	6.92	voldoet
36	277	40	6.93	voldoet
37	278	40	6.94	voldoet
38	277	39	7.10	voldoet
39	272	34	7.96	voldoet
40	262	25	10.38	voldoet
41	248	12	20.17	voldoet
42	229	0	-	voldoet
43	206	0	-	voldoet
44	178	0	-	voldoet
45	146	0	-	voldoet
46	114	0	-	voldoet
47	82	0	-	voldoet
48	51	0	-	voldoet
49	19	0	-	voldoet

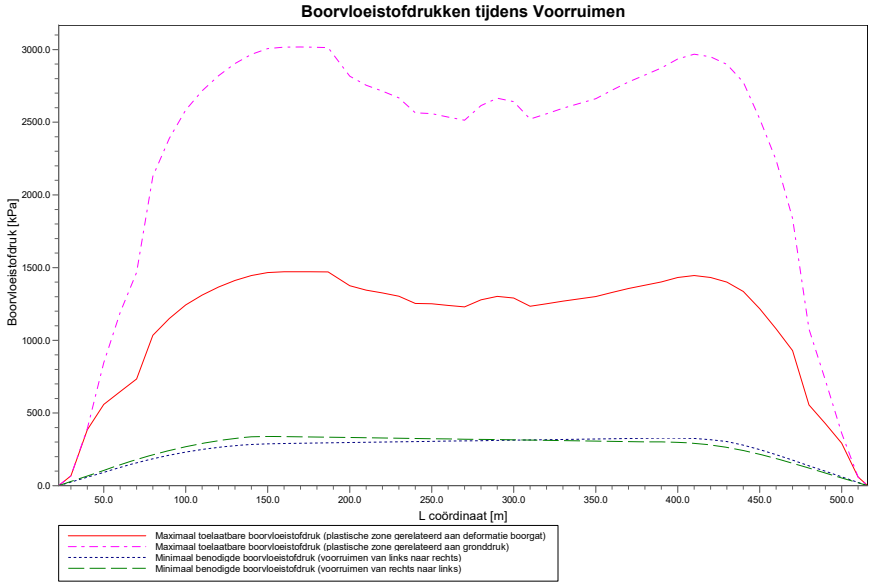
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

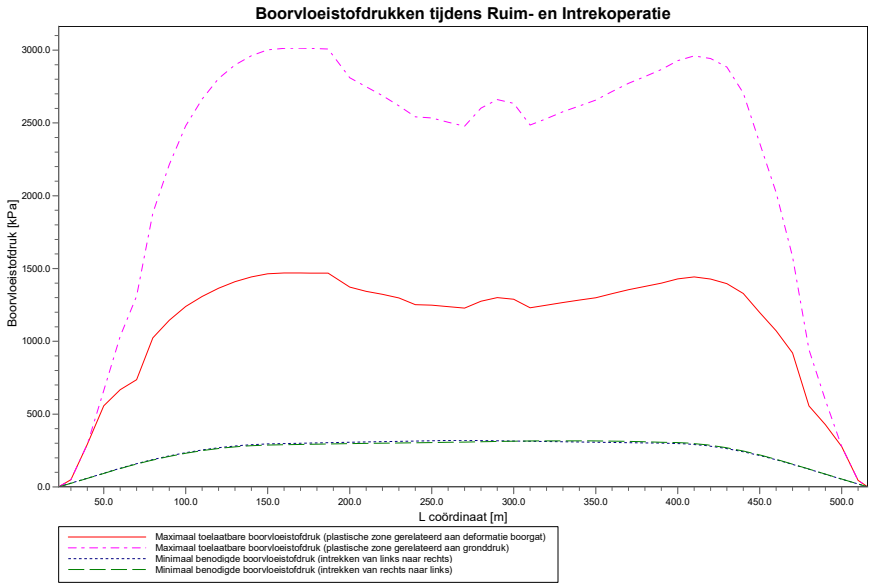
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	129	38	24	38	6	1801
2	623	91	16	24	2	4297
3	1500	146	16	25	1	6853
4	1661	200	16	25	1	7044
5	2570	249	16	24	0	11719
6	2980	298	16	25	0	13975
7	3325	340	16	25	0	15943
8	3614	376	16	25	0	17613
9	3795	399	16	25	0	18703
10	3930	416	15	24	0	19509
11	4037	430	15	24	0	20156
12	4120	441	15	24	2	20655
13	4170	448	15	23	2	20962
14	4183	449	15	23	2	21042
15	4182	449	15	23	2	21038
16	4180	449	15	23	0	21022
17	4173	448	15	23	0	20981
18	3910	414	15	23	0	19386
19	3785	398	15	23	0	18638
20	3676	384	15	23	0	17988
21	3585	372	15	23	0	17451
22	3558	369	15	23	0	17289
23	3548	368	15	23	0	17231
24	3515	364	14	23	0	17039
25	3486	360	14	23	0	16866
26	3617	377	15	23	0	17640
27	3684	385	15	23	0	18034
28	3652	381	15	23	0	17842
29	3489	361	14	23	0	16887
30	3536	366	14	23	0	17160
31	3586	373	14	23	0	17453
32	3628	378	14	23	0	17704
33	3671	383	15	23	0	17955
34	3749	393	15	23	0	18417
35	3822	403	15	23	0	18857
36	3885	411	15	23	0	19232
37	3947	419	15	23	0	19607
38	4029	429	15	23	0	20100
39	4074	435	15	23	0	20375
40	4052	432	15	23	0	20243
41	3989	424	15	24	0	19866
42	3831	403	16	24	0	18897

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
43	3524	364	16	24	0	17092
44	3146	318	16	24	0	14742
45	2693	264	15	24	0	12382
46	1703	206	15	24	0	9645
47	1284	148	15	24	0	5227
48	654	92	15	24	0	3254
49	106	33	21	33	0	1187

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	324	121682	78698	85178	0.05	7.5
2	1007	227876	178762	159513	0.05	7.5
3	1603	286511	257255	200558	0.05	7.5
4	1661	190671	256447	133469	0.05	7.5
5	2570	378035	215334	264625	0.05	7.5
6	2980	414613	392150	290229	0.05	7.5
7	3325	444543	423349	311180	0.05	7.5
8	3614	466555	448648	326588	0.05	7.5
9	3795	480054	467179	336038	0.05	7.5
10	3930	491160	479527	343812	0.05	7.5
11	4037	499932	488465	349952	0.05	7.5
12	4120	506624	495280	354637	0.05	7.5
13	4170	510702	499431	357492	0.05	7.5
14	4183	511752	500499	358226	0.05	7.5
15	4182	511706	500452	358194	0.05	7.5
16	4180	511498	500241	358048	0.05	7.5
17	4173	510948	499681	357663	0.05	7.5
18	3910	489451	477786	342616	0.05	7.5
19	3785	479114	467244	335379	0.05	7.5
20	3676	469966	457909	328976	0.05	7.5
21	3585	462308	450089	323616	0.05	7.5
22	3558	459495	448216	321647	0.05	7.5
23	3548	458637	447374	321046	0.05	7.5
24	3515	455849	444530	319095	0.05	7.5
25	3486	453335	441965	317335	0.05	7.5
26	3617	464506	453359	325154	0.05	7.5
27	3684	470112	459073	329079	0.05	7.5
28	3652	467386	456294	327170	0.05	7.5
29	3489	453636	442272	317545	0.05	7.5
30	3536	457600	446317	320320	0.05	7.5
31	3586	461823	450623	323276	0.05	7.5
32	3628	465414	454284	325790	0.05	7.5
33	3671	468984	457923	328289	0.05	7.5
34	3749	475502	464564	332852	0.05	7.5
35	3822	481646	470821	337152	0.05	7.5
36	3885	486833	476102	340783	0.05	7.5
37	3947	491977	481336	344384	0.05	7.5
38	4029	498670	488145	349069	0.05	7.5
39	4074	502376	491914	351663	0.05	7.5
40	4052	500613	490121	350429	0.05	7.5
41	3989	495538	484580	346876	0.05	7.5
42	3831	484074	467685	338852	0.05	7.5
43	3524	460791	413646	322554	0.05	7.5
44	3146	309702	407712	216791	0.05	7.5
45	2694	388476	365966	271933	0.05	7.5
46	1704	340689	180028	238482	0.05	7.5
47	1284	163750	148177	114625	0.05	7.5
48	827	129735	110467	90814	0.05	7.5
49	469	73972	16119	51781	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 449 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 43 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 = 511752 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1023503 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	129	38	24	38	6	1801
2	623	91	16	24	2	4297
3	1500	146	16	25	1	6853
4	1661	200	16	25	1	7044
5	2570	249	16	24	0	11719
6	2980	298	16	25	0	13975
7	3325	340	16	25	0	15943
8	3614	376	16	25	0	17613
9	3795	399	16	25	0	18703
10	3930	416	15	24	0	19509
11	4037	430	15	24	0	20156
12	4120	441	15	24	2	20655
13	4170	448	15	23	2	20962
14	4183	449	15	23	2	21042
15	4182	449	15	23	2	21038
16	4180	449	15	23	0	21022
17	4173	448	15	23	0	20981
18	3910	414	15	23	0	19386
19	3785	398	15	23	0	18638
20	3676	384	15	23	0	17988
21	3585	372	15	23	0	17451
22	3558	369	15	23	0	17289
23	3548	368	15	23	0	17231
24	3515	364	14	23	0	17039
25	3486	360	14	23	0	16866
26	3617	377	15	23	0	17640
27	3684	385	15	23	0	18034
28	3652	381	15	23	0	17842
29	3489	361	14	23	0	16887
30	3536	366	14	23	0	17160
31	3586	373	14	23	0	17453
32	3628	378	14	23	0	17704
33	3671	383	15	23	0	17955
34	3749	393	15	23	0	18417
35	3822	403	15	23	0	18857
36	3885	411	15	23	0	19232
37	3947	419	15	23	0	19607
38	4029	429	15	23	0	20100
39	4074	435	15	23	0	20375
40	4052	432	15	23	0	20243
41	3989	424	15	24	0	19866

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
42	3831	403	16	24	0	18897
43	3524	364	16	24	0	17092
44	3146	318	16	24	0	14742
45	2693	264	15	24	0	12382
46	1703	206	15	24	0	9645
47	1284	148	15	24	0	5227
48	654	92	15	24	0	3254
49	106	33	21	33	0	1187

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	324	121682	78698	85178	0.05	7.5
2	1007	227876	178762	159513	0.05	7.5
3	1603	286511	257255	200558	0.05	7.5
4	1661	190671	256447	133469	0.05	7.5
5	2570	378035	215334	264625	0.05	7.5
6	2980	414613	392150	290229	0.05	7.5
7	3325	444543	423349	311180	0.05	7.5
8	3614	466555	448648	326588	0.05	7.5
9	3795	480054	467179	336038	0.05	7.5
10	3930	491160	479527	343812	0.05	7.5
11	4037	499932	488465	349952	0.05	7.5
12	4120	506624	495280	354637	0.05	7.5
13	4170	510702	499431	357492	0.05	7.5
14	4183	511752	500499	358226	0.05	7.5
15	4182	511706	500452	358194	0.05	7.5
16	4180	511498	500241	358048	0.05	7.5
17	4173	510948	499681	357663	0.05	7.5
18	3910	489451	477786	342616	0.05	7.5
19	3785	479114	467244	335379	0.05	7.5
20	3676	469966	457909	328976	0.05	7.5
21	3585	462308	450089	323616	0.05	7.5
22	3558	459495	448216	321647	0.05	7.5
23	3548	458637	447374	321046	0.05	7.5
24	3515	455849	444530	319095	0.05	7.5
25	3486	453335	441965	317335	0.05	7.5
26	3617	464506	453359	325154	0.05	7.5
27	3684	470112	459073	329079	0.05	7.5
28	3652	467386	456294	327170	0.05	7.5
29	3489	453636	442272	317545	0.05	7.5
30	3536	457600	446317	320320	0.05	7.5
31	3586	461823	450623	323276	0.05	7.5
32	3628	465414	454284	325790	0.05	7.5
33	3671	468984	457923	328289	0.05	7.5
34	3749	475502	464564	332852	0.05	7.5
35	3822	481646	470821	337152	0.05	7.5
36	3885	486833	476102	340783	0.05	7.5
37	3947	491977	481336	344384	0.05	7.5
38	4029	498670	488145	349069	0.05	7.5
39	4074	502376	491914	351663	0.05	7.5
40	4052	500613	490121	350429	0.05	7.5
41	3989	495538	484580	346876	0.05	7.5
42	3831	484074	467685	338852	0.05	7.5
43	3524	460791	413646	322554	0.05	7.5
44	3146	309702	407712	216791	0.05	7.5
45	2694	388476	365966	271933	0.05	7.5
46	1704	340689	180028	238482	0.05	7.5
47	1284	163750	148177	114625	0.05	7.5
48	827	129735	110467	90814	0.05	7.5
49	469	73972	16119	51781	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 449 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 43 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 = 511752 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 1023503 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	129	38	24	38	6	1801
2	623	91	16	24	2	4297
3	1500	146	16	25	1	6853
4	1661	200	16	25	1	7044
5	2570	249	16	24	0	11719
6	2980	298	16	25	0	13975
7	3325	340	16	25	0	15943
8	3614	376	16	25	0	17613
9	3795	399	16	25	0	18703
10	3930	416	15	24	0	19509
11	4037	430	15	24	0	20156
12	4120	441	15	24	2	20655
13	4170	448	15	23	2	20962
14	4183	449	15	23	2	21042
15	4182	449	15	23	2	21038
16	4180	449	15	23	0	21022
17	4173	448	15	23	0	20981
18	3910	414	15	23	0	19386
19	3785	398	15	23	0	18638
20	3676	384	15	23	0	17988
21	3585	372	15	23	0	17451
22	3558	369	15	23	0	17289
23	3548	368	15	23	0	17231
24	3515	364	14	23	0	17039
25	3486	360	14	23	0	16866
26	3617	377	15	23	0	17640
27	3684	385	15	23	0	18034
28	3652	381	15	23	0	17842
29	3489	361	14	23	0	16887
30	3536	366	14	23	0	17160
31	3586	373	14	23	0	17453
32	3628	378	14	23	0	17704
33	3671	383	15	23	0	17955
34	3749	393	15	23	0	18417
35	3822	403	15	23	0	18857
36	3885	411	15	23	0	19232

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
37	3947	419	15	23	0	19607
38	4029	429	15	23	0	20100
39	4074	435	15	23	0	20375
40	4052	432	15	23	0	20243
41	3989	424	15	24	0	19866
42	3831	403	16	24	0	18897
43	3524	364	16	24	0	17092
44	3146	318	16	24	0	14742
45	2693	264	15	24	0	12382
46	1703	206	15	24	0	9645
47	1284	148	15	24	0	5227
48	654	92	15	24	0	3254
49	106	33	21	33	0	1187

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	324	121682	78698	85178	0.05	7.5
2	1007	227876	178762	159513	0.05	7.5
3	1603	286511	257255	200558	0.05	7.5
4	1661	190671	256447	133469	0.05	7.5
5	2570	378035	215334	264625	0.05	7.5
6	2980	414613	392150	290229	0.05	7.5
7	3325	444543	423349	311180	0.05	7.5
8	3614	466555	448648	326588	0.05	7.5
9	3795	480054	467179	336038	0.05	7.5
10	3930	491160	479527	343812	0.05	7.5
11	4037	499932	488465	349952	0.05	7.5
12	4120	506624	495280	354637	0.05	7.5
13	4170	510702	499431	357492	0.05	7.5
14	4183	511752	500499	358226	0.05	7.5
15	4182	511706	500452	358194	0.05	7.5
16	4180	511498	500241	358048	0.05	7.5
17	4173	510948	499681	357663	0.05	7.5
18	3910	489451	477786	342616	0.05	7.5
19	3785	479114	467244	335379	0.05	7.5
20	3676	469966	457909	328976	0.05	7.5
21	3585	462308	450089	323616	0.05	7.5
22	3558	459495	448216	321647	0.05	7.5
23	3548	458637	447374	321046	0.05	7.5
24	3515	455849	444530	319095	0.05	7.5
25	3486	453335	441965	317335	0.05	7.5
26	3617	464506	453359	325154	0.05	7.5
27	3684	470112	459073	329079	0.05	7.5
28	3652	467386	456294	327170	0.05	7.5
29	3489	453636	442272	317545	0.05	7.5
30	3536	457600	446317	320320	0.05	7.5
31	3586	461823	450623	323276	0.05	7.5
32	3628	465414	454284	325790	0.05	7.5
33	3671	468984	457923	328289	0.05	7.5
34	3749	475502	464564	332852	0.05	7.5
35	3822	481646	470821	337152	0.05	7.5
36	3885	486833	476102	340783	0.05	7.5
37	3947	491977	481336	344384	0.05	7.5
38	4029	498670	488145	349069	0.05	7.5
39	4074	502376	491914	351663	0.05	7.5
40	4052	500613	490121	350429	0.05	7.5
41	3989	495538	484580	346876	0.05	7.5
42	3831	484074	467685	338852	0.05	7.5
43	3524	460791	413646	322554	0.05	7.5
44	3146	309702	407712	216791	0.05	7.5
45	2694	388476	365966	271933	0.05	7.5
46	1704	340689	180028	238482	0.05	7.5
47	1284	163750	148177	114625	0.05	7.5
48	827	129735	110467	90814	0.05	7.5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
49	469	73972	16119	51781	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 449 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 43 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 = 511752 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1023503 kN/m³

4.4 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	129	38	24	38	6	1801
2	623	91	16	24	2	4297
3	1500	146	16	25	1	6853
4	1661	200	16	25	1	7044
5	2570	249	16	24	0	11719
6	2980	298	16	25	0	13975
7	3325	340	16	25	0	15943
8	3614	376	16	25	0	17613
9	3795	399	16	25	0	18703
10	3930	416	15	24	0	19509
11	4037	430	15	24	0	20156
12	4120	441	15	24	2	20655
13	4170	448	15	23	2	20962
14	4183	449	15	23	2	21042
15	4182	449	15	23	2	21038
16	4180	449	15	23	0	21022
17	4173	448	15	23	0	20981
18	3910	414	15	23	0	19386
19	3785	398	15	23	0	18638
20	3676	384	15	23	0	17988
21	3585	372	15	23	0	17451
22	3558	369	15	23	0	17289
23	3548	368	15	23	0	17231
24	3515	364	14	23	0	17039
25	3486	360	14	23	0	16866
26	3617	377	15	23	0	17640
27	3684	385	15	23	0	18034
28	3652	381	15	23	0	17842
29	3489	361	14	23	0	16887
30	3536	366	14	23	0	17160
31	3586	373	14	23	0	17453
32	3628	378	14	23	0	17704
33	3671	383	15	23	0	17955

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
34	3749	393	15	23	0	18417
35	3822	403	15	23	0	18857
36	3885	411	15	23	0	19232
37	3947	419	15	23	0	19607
38	4029	429	15	23	0	20100
39	4074	435	15	23	0	20375
40	4052	432	15	23	0	20243
41	3989	424	15	24	0	19866
42	3831	403	16	24	0	18897
43	3524	364	16	24	0	17092
44	3146	318	16	24	0	14742
45	2693	264	15	24	0	12382
46	1703	206	15	24	0	9645
47	1284	148	15	24	0	5227
48	654	92	15	24	0	3254
49	106	33	21	33	0	1187

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	324	121682	78698	85178	0.05	7.5
2	1007	227876	178762	159513	0.05	7.5
3	1603	286511	257255	200558	0.05	7.5
4	1661	190671	256447	133469	0.05	7.5
5	2570	378035	215334	264625	0.05	7.5
6	2980	414613	392150	290229	0.05	7.5
7	3325	444543	423349	311180	0.05	7.5
8	3614	466555	448648	326588	0.05	7.5
9	3795	480054	467179	336038	0.05	7.5
10	3930	491160	479527	343812	0.05	7.5
11	4037	499932	488465	349952	0.05	7.5
12	4120	506624	495280	354637	0.05	7.5
13	4170	510702	499431	357492	0.05	7.5
14	4183	511752	500499	358226	0.05	7.5
15	4182	511706	500452	358194	0.05	7.5
16	4180	511498	500241	358048	0.05	7.5
17	4173	510948	499681	357663	0.05	7.5
18	3910	489451	477786	342616	0.05	7.5
19	3785	479114	467244	335379	0.05	7.5
20	3676	469966	457909	328976	0.05	7.5
21	3585	462308	450089	323616	0.05	7.5
22	3558	459495	448216	321647	0.05	7.5
23	3548	458637	447374	321046	0.05	7.5
24	3515	455849	444530	319095	0.05	7.5
25	3486	453335	441965	317335	0.05	7.5
26	3617	464506	453359	325154	0.05	7.5
27	3684	470112	459073	329079	0.05	7.5
28	3652	467386	456294	327170	0.05	7.5
29	3489	453636	442272	317545	0.05	7.5
30	3536	457600	446317	320320	0.05	7.5
31	3586	461823	450623	323276	0.05	7.5
32	3628	465414	454284	325790	0.05	7.5
33	3671	468984	457923	328289	0.05	7.5
34	3749	475502	464564	332852	0.05	7.5
35	3822	481646	470821	337152	0.05	7.5
36	3885	486833	476102	340783	0.05	7.5
37	3947	491977	481336	344384	0.05	7.5
38	4029	498670	488145	349069	0.05	7.5
39	4074	502376	491914	351663	0.05	7.5
40	4052	500613	490121	350429	0.05	7.5
41	3989	495538	484580	346876	0.05	7.5
42	3831	484074	467685	338852	0.05	7.5
43	3524	460791	413646	322554	0.05	7.5
44	3146	309702	407712	216791	0.05	7.5
45	2694	388476	365966	271933	0.05	7.5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
46	1704	340689	180028	238482	0.05	7.5
47	1284	163750	148177	114625	0.05	7.5
48	827	129735	110467	90814	0.05	7.5
49	469	73972	16119	51781	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 449 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 43 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 = 511752 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1023503 kN/m³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
8	Klei (Sterk zandig1)	Berekend met E100
7	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
6	Zand (Schoon-Matig)	Berekend met E100
5	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
4	Zand (Schoon-Matig)	Berekend met E100
3	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
2	Grind (SterkSiltig-Vast1)	Berekend met E100
1	Grind (SterkSiltig-Vast2)	Berekend met E100

Laag nummer	Verticaal 1 (L=10 m)		Verticaal 2 (L=20 m)		Verticaal 3 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.556	0.000	0.542	0.000	0.538
7	33.694	55.434	33.159	55.364	33.022	55.535
6	33.260	37.324	33.218	37.866	33.321	38.526
5	62.207	101.413	63.110	102.023	64.210	102.759
4	60.848	69.626	61.214	69.807	61.655	70.057
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	116.043	176.238	116.346	176.177	116.762	176.192
1	258.483	260.619	258.393	260.530	258.415	260.551

Laag nummer	Verticaal 4 (L=40 m)		Verticaal 5 (L=50 m)		Verticaal 6 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.540	0.000	0.551	0.000	0.561
7	33.095	55.830	33.495	56.317	33.890	56.801
6	33.498	39.238	33.790	40.036	34.080	40.818
5	65.397	103.557	66.726	104.453	68.030	105.341
4	62.134	70.342	62.672	70.681	63.205	71.018
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	117.236	176.246	117.801	176.361	118.363	176.477
1	258.494	260.629	258.663	260.798	258.833	260.966

Laag nummer	Verticaal 7 (L=70 m)		Verticaal 8 (L=80 m)		Verticaal 9 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.571	0.000	0.581	0.000	0.607
7	34.280	57.280	34.627	57.731	35.609	58.565
6	34.368	41.585	34.639	42.327	35.139	43.244
5	69.308	106.222	70.545	107.084	72.073	108.146
4	63.733	71.354	64.250	71.681	64.888	72.119
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	118.923	176.593	119.468	176.701	120.199	176.936
1	259.003	261.134	259.161	261.291	259.506	261.633

Laag nummer	Verticaal 10 (L=100 m)		Verticaal 11 (L=110 m)		Verticaal 12 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.668	0.000	0.730	0.000	0.796
7	37.802	60.158	39.940	61.751	42.180	63.444
6	36.095	44.516	37.051	45.773	38.067	47.064
5	74.193	109.619	76.288	111.096	78.440	112.633
4	65.772	72.783	66.658	73.453	67.580	74.161
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	121.305	177.430	122.422	177.938	123.601	178.494
1	260.231	262.352	260.976	263.091	261.791	263.900

Laag nummer	Verticaal 13 (L=130 m)		Verticaal 14 (L=140 m)		Verticaal 15 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.848	0.000	0.865	0.000	0.859
7	43.880	64.804	44.433	65.394	44.226	65.468
6	38.882	48.180	39.237	48.914	39.281	49.392
5	80.300	113.984	81.523	114.895	82.320	115.509
4	68.390	74.771	68.937	75.143	69.305	75.353
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	124.618	178.943	125.239	179.119	125.589	179.107
1	262.450	264.553	262.708	264.809	262.691	264.793

Laag nummer	Verticaal 16 (L=160 m)		Verticaal 17 (L=170 m)		Verticaal 18 (L=175.796 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.850	0.000	0.826	n.v.t.	n.v.t.
7	43.919	65.385	43.166	65.120	0.000	48.400
6	39.231	49.608	39.072	49.966	29.040	43.250
5	82.680	115.792	83.277	116.271	72.084	108.601
4	69.475	75.435	69.762	75.559	65.160	71.153
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	125.726	179.055	125.931	178.915	118.589	173.477
1	262.613	264.716	262.409	264.513	254.434	256.603

Laag nummer	Verticaal 19 (L=186.847 m)		Verticaal 20 (L=200 m)		Verticaal 21 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	0.000	39.567	0.000	30.986	0.000	22.165
6	23.740	40.428	18.591	38.210	13.299	36.535
5	67.380	105.588	63.683	103.320	60.891	101.676
4	63.353	69.362	61.992	67.980	61.006	66.938
3	115.604	124.109	113.300	134.051	111.563	140.468
2	124.109	170.869	134.051	168.565	140.468	166.639
1	250.608	252.810	247.228	249.461	244.404	246.662

Laag nummer	Verticaal 22 (L=220 m)		Verticaal 23 (L=230 m)		Verticaal 24 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	0.000	20.296	0.000	18.774	0.000	11.413
6	12.178	36.739	11.265	37.039	6.848	36.544
5	61.232	101.933	61.732	102.287	60.907	101.844
4	61.160	66.934	61.372	66.984	61.106	66.596
3	111.557	146.576	111.640	152.505	110.993	157.697
2	146.576	165.869	152.505	165.156	157.697	163.944
1	243.275	245.543	242.228	244.506	240.451	242.745

Laag nummer	Verticaal 25 (L=250 m)		Verticaal 26 (L=260 m)		Verticaal 27 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Laag nummer	Verticaal 25 (L=250 m)		Verticaal 26 (L=260 m)		Verticaal 27 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	0.000	36.160	0.000	41.101	0.000	43.665
5	60.267	101.516	68.501	106.661	72.775	109.503
4	60.909	66.270	63.996	68.978	65.702	70.426
3	110.449	162.795	114.963	165.627	117.376	167.051
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	238.767	241.077	242.920	245.191	245.008	247.260

Laag nummer	Verticaal 28 (L=280 m)		Verticaal 29 (L=290 m)		Verticaal 30 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	43.248	0.000	38.782	0.000	40.854
5	72.080	109.092	64.636	104.375	68.090	106.599
4	65.455	70.058	62.625	67.278	63.959	68.381
3	116.763	166.358	112.130	162.871	113.968	163.876
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	243.992	246.253	238.878	241.188	240.351	242.647

Laag nummer	Verticaal 31 (L=310 m)		Verticaal 32 (L=320 m)		Verticaal 33 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	42.926	0.000	44.700	0.000	46.405
5	71.544	108.887	74.499	110.900	77.342	112.877
4	65.332	69.527	66.540	70.527	67.726	71.512
3	115.879	164.946	117.544	165.858	119.187	166.764
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	241.921	244.202	243.258	245.526	244.587	246.843

Laag nummer	Verticaal 34 (L=340 m)		Verticaal 35 (L=350 m)		Verticaal 36 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	48.992	0.000	51.356	0.000	53.353
5	81.653	115.920	85.593	118.774	88.922	121.239
4	69.552	73.111	71.264	74.613	72.743	75.900
3	121.852	168.420	124.355	169.983	126.499	171.303
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	247.016	249.250	249.308	251.522	251.245	253.442

Laag nummer	Verticaal 37 (L=370 m)		Verticaal 38 (L=380 m)		Verticaal 39 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	0.000	0.120	0.000	0.428
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	55.278	7.759	57.778	17.156	60.102
5	92.131	123.655	96.296	126.832	100.170	129.838
4	74.193	77.165	76.099	78.877	77.903	80.499
3	128.608	172.614	131.461	174.500	134.165	176.298
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	253.167	255.347	255.933	258.090	258.571	260.706

Laag nummer	Verticaal 40 (L=400 m)		Verticaal 41 (L=410 m)		Verticaal 42 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.592	0.000	0.731	0.000	0.787
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	21.037	61.646	23.997	63.035	25.117	63.783
5	102.744	131.875	105.058	133.727	106.305	134.748
4	79.125	81.564	80.236	82.525	80.849	83.004

Laag nummer	Verticaal 40 (L=400 m)		Verticaal 41 (L=410 m)		Verticaal 42 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	135.940	177.407	137.542	178.393	138.341	178.765
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	260.197	262.318	261.642	263.753	262.189	264.295

Laag nummer	Verticaal 43 (L=430 m)		Verticaal 44 (L=440 m)		Verticaal 45 (L=450 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.828	0.000	0.859	0.000	0.875
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	25.933	64.418	26.537	64.971	26.849	65.404
5	107.364	135.625	108.285	136.395	109.007	137.008
4	81.375	83.401	81.837	83.737	82.205	83.982
3	139.002	179.034	139.561	179.225	139.969	179.300
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	262.583	264.686	262.863	264.964	262.973	265.072

Laag nummer	Verticaal 46 (L=460 m)		Verticaal 47 (L=470 m)		Verticaal 48 (L=480 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.810	0.000	0.695	0.000	0.605
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	25.577	65.199	23.237	64.626	21.318	64.271
5	108.664	136.775	107.709	136.057	107.118	135.629
4	82.065	83.729	81.634	83.191	81.378	82.823
3	139.549	178.727	138.652	177.782	138.038	177.058
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	262.133	264.240	260.747	262.865	259.685	261.811

Laag nummer	Verticaal 49 (L=490 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.450
7	n.v.t.	n.v.t.
6	17.717	63.483
5	105.804	134.634
4	80.780	82.118
3	136.864	175.896
2	n.v.t.	n.v.t.
1	257.981	260.121

5 Gegevens voor Sterkteberekening

5.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 659.75 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 32.93 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 266066 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0.20

5.2 Ballasten Leiding

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

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

Opwaartse kracht	:	222.17	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	197.11	[kg/m]	

Resultaat	:	25.06	[kg/m]	(Leiding beweegt opwaarts)

5.3 Trekkrachtberekening

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

- wrijving tussen buis en rollenbaan (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 links naar rechts ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie 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	31
T2	38	34
T3	136	51
T4	373	89
T5	443	103
T6	499	108

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 2.00 gebruikt en een belasting factor van 1.00.

6 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 499 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 38 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 6 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 511752 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. 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 = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0.95	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.06	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3.88	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.0E-3	1/mm
qr	=	0.0179	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.06	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.69	N/mm²

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.06	3.88	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.69	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	3.95	3.95

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.0 mm (3.06% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

6.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 320 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1783 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 40 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 518 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

7 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 499 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 38 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 6 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 511752 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. 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 = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0.95	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.06	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3.88	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.0E-3	1/mm
qr	=	0.0179	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.06	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.69	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.06	3.88	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.69	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	3.95	3.95

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.0 mm (3.06% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 320 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1783 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 40 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 518 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

8 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 499 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 38 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 6 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 511752 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. 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 = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0.95	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.06	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3.88	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.0E-3	1/mm
qr	=	0.0179	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.06	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.69	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.06	3.88	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.69	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	3.95	3.95

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.0 mm (3.06% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 320 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1783 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 40 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 518 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

9 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 499 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 38 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 6 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 511752 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. 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 = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0.95	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.06	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3.88	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.0E-3	1/mm
qr	=	0.0179	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.06	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.69	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.63	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	5.45	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	3.95	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.06	3.88	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.69	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	3.95	3.95

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.0 mm (3.06% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 320 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1783 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 40 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 241 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 518 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Einde Rapport

ATRON Engineering
Advies & Infra

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

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

Drillguide GST Plus



6-5/8" 170 mm GST Plus Tool specifications

Tool OD	6-5/8" – 170 mm
Tool length (shoulder/shoulder)	10,7' – 325 cm
Thread connection pin/box	4-1/2" IF
Recommended make-up torque	4-1/2" IF 24,000 ftlb – 32 kNm
	GST collar 21,750 ftlb – 30 kNm
Sensor(s) Accuracy	Azimuth 0.04° / Pitch 0.01° / Toolface 0.02°
Shoulder to sensor distance	43,3" – 110 cm
Net weight	800 lbs – 360 kg
Hole/drill bit size	7-7/8" / 10-5/8" – 200 - 250 mm
Minimum bending radius	490' – 150 mtr
Maximum flow rate	450 gl/min – 1700 ltr/min
Annular pressure sensor position (distance from pin shoulder)	9,9' – 302 cm
Annular pressure sensor range	0 to 870 psi – 6000 kPa - 60 bar
Maximum alowed inner mud pressure	2175 psi – 15000 kPa – 150 bar
Inner mud pressure sensor range	0 to 2175 psi – 0 to 15000 kPa – 0 to 150 bar
Maximum allowed torque (on tool housing)	21,750 ftlb – 30 kNm
Maximum allowed push/pull (on tool housing)	75,000 lb – 35 t
Maximum allowed temperature (on tool)	158° f – 70° c
Maximum allowed vibration (on tool)	20 g up to 200 Hz
Electric power (input on surface)	230V-50Hz / 110V-60Hz
Electric power (output to downhole tool)	56 Volt DC
Recommended downhole wireline	10 to 8 AWG – 6 or 10 mm^2

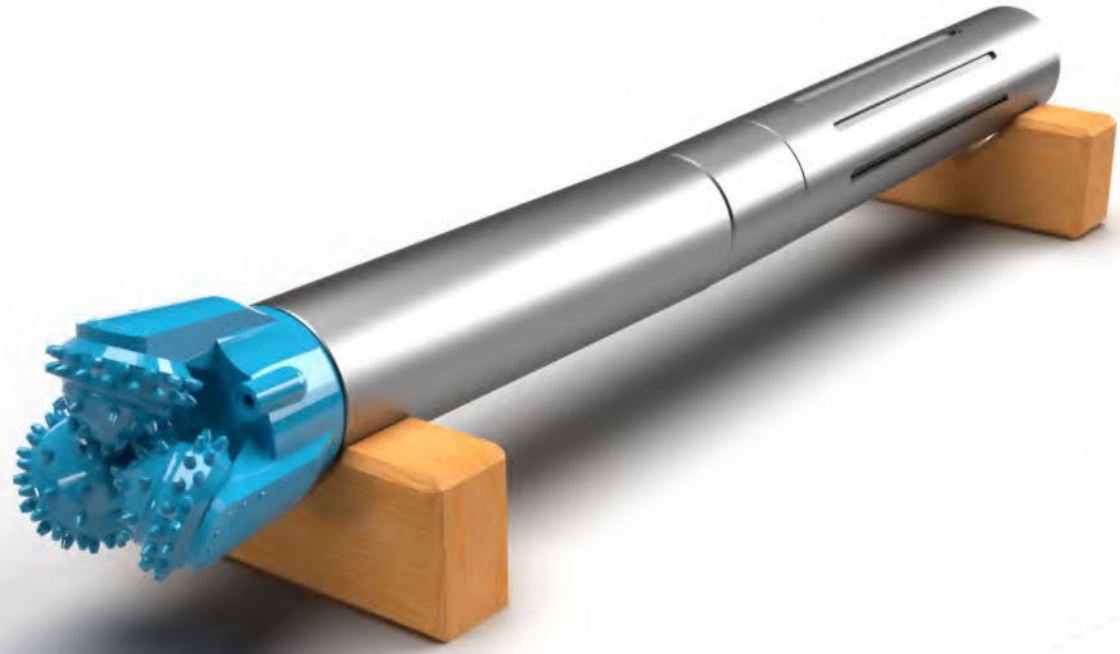
Combining Drillguide GST, UXOscope and GPS Track in 1 tool

Brownline

Duurzaamheidsring 180
4231EX Meerkerk
The Netherlands

+31 (0) 183 353 824
info@drillguide.com
www.drillguide.com

Jetting assembly



6-5/8" - 170 mm Jetting assembly specifications

Tool length without drill bit	7,9' – 240 cm
Maximum OD	6-5/8" – 170 mm
Drill bit size	8-1/2" - 9-7/8" – 215 mm250 mm
Hole size	10" - 12" – 250 mm - 300 mm
Drill pipe sizes	3-1/2" – 4-1/2"– 5-1/2"
Minimum bending radius	490' – 150 mtr
Maximum push force	75,000 lb – 35 t
Uphole connection	4-1/2" IF box
Downhole connection	4-1/2" REG box
Maximum make-up torque	4-1/2" IF 24,000 ftlb – 32.5 kNm
	4-1/2" REG 21,000 ftlb – 28.5 kNm
Maximum flow rate	450 gl/min – 1700 ltr/min
Net weight	775/990 lb – 350/450 kg

Brownline

Duurzaamheidsring 180
4231EX Meerkerk
The Netherlands

+31 (0) 183 353 824
info@drillguide.com
www.drillguide.com

ATRON Engineering
Advies & Infra

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 5 Beschrijving boorvloeistof

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



Product Datablad

CEBOGEL® OCMA

Constructie

CEBOGEL® OCMA is een natrium geactiveerde Bentoniet, gedefinieerd als ons meest geconcentreerde Bentoniet boorproduct (tot 8%). Tijdens het circuleren is de CEBOGEL OCMA dun vloeiend; tijdens stilstand dikt de spoeling in tot een gelachtige structuur, waardoor grof boorgruis effectief word gesuspendeerd. De hoge gelsterkte en stabiele viscositeit maken de CEBOGEL OCMA een veelzijdige boor-Bentoniet, ideaal voor grote diameter Horizontaal Gestuurde Boringen. CEBOGEL OCMA kan zeer effectief worden gerecycled en worden hergebruikt.

Typische Eigenschappen		
Parameter	Test methode / Conform	Eis
Vochtgehalte	DIN 18121-1	≤ 13%
Korrelgrootte	Passeert 125 µm droge zeef	≥ 95% < 125 µm
Soortelijk gewicht	-	≈ 2300 kg/m³
Stortgewicht	-	≈ 900 kg/m³
Yield Point (6,4%)	Fann Viscometer	≥ 18 lbs / 100 ft²
Vrij water (6,4%)	-	0%
7,5 min. Filtraatwaterverlies, 24 uur. (6,4%)	API Filter Pers	≤ 10 ml

Mengen & aanmaken

De eigenschappen van CEBOGEL OCMA worden optimaal benut als het aanmaakwater een geleidbaarheid heeft van < 1000 µS/cm, een pH tussen 7.5 - 10 en hardheid van < 100 ppm. Langzaam en gelijkmatig toevoegen door een Venturi-Hopper aan een hoog circulatie mixer. Blijf de slurry rond circuleren totdat de Bentoniet volledig is gedispergeerd.

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.

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJmuiden
Nederland

info@cebo.com
www.cebo.com
Tel. +31(0)255-546262

Aanbevolen gebruik

Geconsolideerde formaties 60 – 70 kg/m^3
Niet-geconsolideerde formaties 65 – 75 kg/m^3

Certificering & Accreditatie

- **Voldoet aan OCMA specificaties zoals vastgelegd door API specificatie 13A.**
- **Wordt geleverd met het KIWA Water Merk certificaat.**
- **CEBOGEL OCMA is in Duitsland LAGA gecertificeerd door Horn & Co. Analytics, wat aantoont dat het onschadelijk is voor het milieu.**

CEBOGEL OCMA is beschikbaar in 25 kg zakken, 1000 kg big bags en in bulk.

Versie; 01-2021

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.

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJmuiden
Nederland

info@cebo.com
www.cebo.com
Tel. +31(0)255-546262

ATRON Engineering
Advies & Infra

Bijlage 6 Voorbeeld opstelling materieel

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

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

Intrede zijde
SCHAAL 1:200

LUCHTFOTO
SCHAAL 1:5000



Vervangen deklaag gewenst?

Bus

Afgravingen

Hogedruk pomp

Water container

Mud mixer

Betonpomp container

Container

Container

Container

Jaun opvolging

Boorlijn

Intredegoot

Intredegoot

Broeinlijn

hm 10.9

hm 11.0

Scheimseweg

29

30

31

32

+64.27

+64.44

+64.28

+64.45

+64.21

+64.38

+64.06

+64.20

+64.55

+64.58

+64.51

+64.26

+64.45

+64.56

+64.59

+64.69

+64.64

+64.57

+64.45

(0.05)

0.3-2.7

(0.10)

(0.05)

3.5%

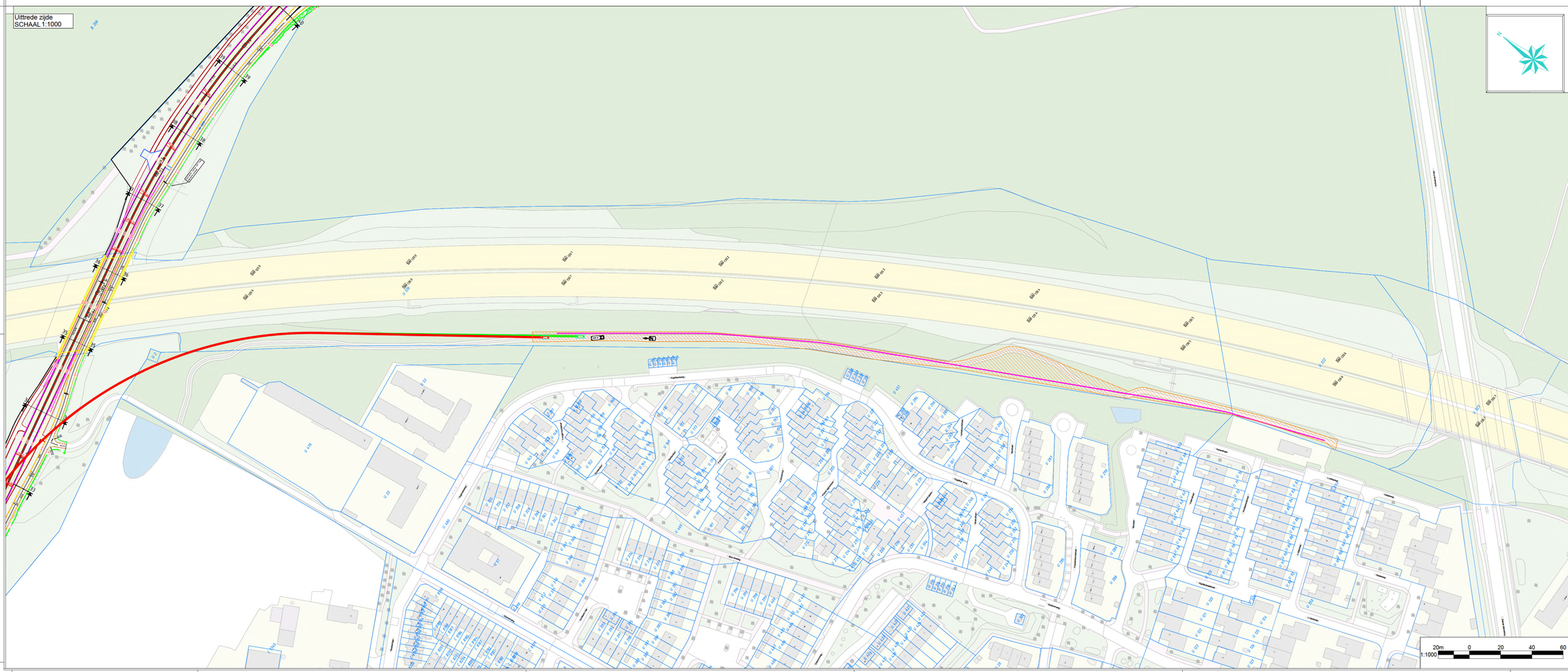
3.5%

3.24

2.0%

4m 0 4 8 12
1:200

Uittrede zijde
SCHAAL 1:1000



20m 0 20 40 60
1:1000

Legenda werkterreinen:

- 5394-0126-01-BT02a
- 5394-0126-01-BT02b
- Horizontaal gestuurde boring
- Mantelbuis
- Uitlegstrook tijdens intrekfase
- Topografie (bestaand)
- Topografie (toekomstig)
- Kadaster
- Werkterrein
- Toegangsweg
- Opstellocatie boorrig
- In/uittredegat

HUIDIGE WEERGAVE BETREFT EEN INDICATIEVE WEERGAVE VAN HET BENODIGDE WERKTERREIN HET VASTSTELLEN VAN HET DEFINITIEVE WERKTERREIN BEHOORT TOT DE VOORBEREIDING VAN DE AANNEMER TEN BEHOEVE VAN DE UITVOERING

Opmerkingen:

Wijz.	Omschrijving:	Getekend:	Gecontroleerd:	Goedgekeurd:	Datum:
5	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-

ATRON Engineering
Advies & Infra

Project: 50kV KABEL KATTENBERG-PRESIKHAAF 1 EN 2 REC 50kV KBG-PSH SCHELMSEWEG
Locatie: N785 / Schelmseweg — Plaats: Arnhem
Titel: Indicatieve weergave werkterreinen
Kenmerk opdrachtgever: RLI1722 BO 50kV-kabelverbinding LEI-VLK
Onderdeel: Terreinindeling

Vergunninghouder: Liander N.V. Postbus 50 6920 AB Duiven
Opdrachtgever: Reddyn B.V. Utrechtseweg 68 6812 AH Arnhem

Engineer		Gecontroleerd		Goedgekeurd	
BvdV		WH		AdR	
Blad	Aantal	Schaal	Formaat	Datum eerste uitgifte	Status:
1	1	Diverse	A0	29-05-2026	CONCEPT

Tekeningnummer: 5326-1125-01-TI

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

ATRON Engineering
Advies & Infra

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 7 Risicoanalyse

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

RI&E: Horizontaal gestuurde boringen

ATRON Engineering
Advies & Infra

Betreft: RI&E HDD-boringen
Revisie nr. 20252403

Nr.	Gebied	Risico	Oorzaak	Gevolg	Maatregel	Opmerking(en)
Grondonderzoek						
1	Grondonderzoek	Degeneratie boorspoeling	Overgang Zoet-Zout water	Vastlopen pilotboring	Waterkwaliteit monitoren Toepassen toevoegstoffen	
2	Grondonderzoek	Stuurproblemen, niet kunnen passeren, afbreken boorkop, vastdraaien	Grind/Grindbedden	Afwijken boortracé, stuk terugtrekken, vastdraaien pilotboring	Grondonderzoek interpreteren, historie locatie bekijken, recyclezand controleren op grind	
3	Grondonderzoek	Dichtklappen boorgat	Loopzand	Vastdraaien pilot	Resultaten verleden onderzoeken	
4	Grondonderzoek	Niet kunnen passeren, afbreken boorkop, vastdraaien pilot	Obstakels	Verlies boring, terugtrekken	Historisch onderzoek uitvoeren, bij conflict opdrachtgever inlichten en dieper passeren	
5	Grondonderzoek	Raken van kabels en leidingen	Aanwezigheid kabels en leidingen	Schade derden	Klic melding, proefsleuven maken rondom intrede en uittrede, boorprofielen opvragen	
6	Grondonderzoek	Te kleine boorradius	Boorradius te klein ontworpen	Beschadiging boorbuis of mediumbuis	Radius op tekening controleren, stangen eventueel aanpassen indien radius wordt voorgeschreven	
7	Grondonderzoek	Te lange boring, stabiliteit boorgat in gevaar	Lengte boring	Te weinig vermogen, instabiliteit boorgat	Kwaliteit boorspoeling monitoren Boorsnelheid aanpassen Circulatie boorvloeistof verhogen Toepassen toevoegstoffen	
Pilotboring						
8	Pilotboring	Instabiliteit boorgat	Slechte boorspoeling	Instorten boorgat/vastlopen pilot/verlies boring	Boorspoeling monitoren, indien er problemen zijn kan er direct geacteerd worden	
9	Pilotboring	Stuurproblemen pilot	Grind/grindnesten	Afwijken boortracé, vastlopen pilotboring, Verlies pilotboring	Toepassen toevoegstoffen Boortracé aanpassen Vol continu werken	
10	Pilotboring	Uitknikken pilotboring Stuurproblemen verhoogde spanningen in boorbuis	Overgang grondlaag: van hard naar zacht en zacht naar hard	Afwijken boortracé vastlopen pilotboring Verlies pilotboring Afbreken booorbuis	Juiste keuze boorstang, Maximale waarde boorstangen niet overschrijden, Juiste bend sub keuze	
11	Pilotboring	Verlies boorspoeling	Grondslag heeft hoge porositeit (grind)	Blow-out Milieuschade Instabiliteit boorgat verlies circulatie boorspoeling Vastlopen boring Verlies boring	Boorvloeistofdrukken monitoren Houden aan berekende drukken Returns boorspoelling monitoren Toepassen toevoegstoffen	
12	Pilotboring	Breuk boorbuis	Slecht materiaal	Verlies boring	Visuele inspectie lassen boorbuizen	
13	Pilotboring	Stagnatie boring	Slecht materieel	Verlies boring	Visuele inspectie voor starten boring	
14	Pilotboring	Muduitbraak	Instabiele bovengrond	Wegvalle bentonietdruk. Schade derden	Controle boorspoeldrukken tijdens uitvoering volgens boorplan. Op maaiveld visuele inspectie muduitbraken.	
15	Pilotboring	Muduitbraak	Instabiele bovengrond	Blow out maaiveld Schade derden	Isoleren uitbraak locatie Afzuigen vloeistof Monitoren boorvloeistofdrukken	
16	Pilotboring	Beschadiging gyro/ruimers Vastlopen pilot/ruimgang	Obstakels in de grond	Vervorming boorgat Slechte snij eigenschappen vastlopen pilot/ruimer Tijdsverlies verlies boring	D.m.v. vooronderzoek mogelijke obstakels inventariseren	
17	Pilotboring	Kwaliteitsvermindering boorspoeling	een goede kwaliteit werkwater	Degeneratie boorspoeling Instabiliteit boorgat vastlopen boring verlies boring	Kwaliteit werkwater monitoren Toepassen toevoegstoffen werkwater aanvoeren	
Ruimfase						
18	Ruimfase	Afname snijeigenschappen. Vollopen ruimer. Blokkeren ruimproces	Nozzels slibben dicht	Terugtrekken ruimer	Controle gedrag van ruimer in de ruimfase. Indien er twijfel ontstaat aan snij eigenschappen ruimer kan deze worden teruggehaald en de nozzels kunnen worden gereinigd.	
19	Ruimfase	Slechte menging cuttings en boorspoeling. Slechte snij eigenschappen	Foutieve keuze ruimer	Instabiliteit boorgat, terugtrekken ruimer	Ruimer uit laten kiezen door gekwalificeerd personeel. Ruimer visueel inspecteren.	
20	Ruimfase	Te snel ruimen / te langzaam ruimen	Onjuiste snelheid ruimen	Instabiliteit boorgat, vervorming boorgat, blokkering boorgat	Ruimfase uit laten voeren door ervaren personeel. Indien boorgat instabiel wordt kan een extra ruim/barrelfase worden toegepast.	
21	Ruimfase	Breuk in joint/drillcollar. Slijtage body van de ruimer. Breken snijtanden nozzels.	Defecten aan ruimer	Tijdelijke blokkering boorgat, verlies ruimer, verlies boring	Ruimer vooraf visueel inspecteren. Gedrag tijdens boring wordt gemonitord	
22	Ruimfase	Verstopping boorbuis	Meetdraad (gyro) in de boorstang aanwezig	verlies circulatie boorspoeling Tijdverlies	Meetdraad voor start ruimproces verwijderen	
23	Ruimfase	Breken snijtanden/nozzles	Slijtage ruimer	Vervorming boorgat Slechte snij eigenschappen vastlopen pilot/ruimer Tijdsverlies verlies boring	Visueel inspecteren ruimer Trugtrekken ruimer Vervangen ruimer	
24	Ruimfase	Vastlopen ruimer in smal boorgat van pilotboring, beschadiging ruimer	Obstakels in de grond	Blokkering boorgat, velies boring	Vooronderzoek naar obstakels, ontwijken van kleine obstakels. Eventueel boorlijn aanpassen.	
Intrekfase						
25	Intrekfase	Defecte swivel	Overmatig gebruik olie of vet	Hogere kosten/milieuschade	Swivel vooraf visueel inspecteren. Swivel gebruiken die trekkracht van de rig kan opvangen. Gebruik olie door gekwalificeerd personeel.	
26	Intrekfase	Overbelasting trekkop	Overschrijding maximale trekkracht op productpijp	Breuk materiaal/ verlies produktpijp/ vastlopen intrekken	Trekkracht wordt tijdens intrekken vergeleken met berekende waardes, eventueel overleg met opdrachtgever	
27	Intrekfase	Te grote drukken, pijp niet goed in boorgat	Invoerbocht niet goed	Beschadiging productpijpen	Voldoende kraanhulp rijdens intrekken. Pijp visueel inspecteren. Objecten langs intrekgang vermijden. Definitieve intrekboog bepalen na pilotboring	
28	Intrekfase	Beschadiging coatings, kromme pijp	Steen in boorgat	Afkeuring pijpen / snellere slijtage, overbelasting of vastlopen intrekproces	Produktpijpen bij intrekproces monitoren. Objecten langs intrekgang vermijden.	
29	Intrekfase	Beschadiging productbuis menselijk letsel	Aanrij gevaar productbuis tijdens intrekken	Tijdverlies Verlies boorstreng Letsel (schade mens/materieel	Plaatsen vooraankondiging	
30	Intrekfase	Verhoogde trekkracht	Scherper grind dan geanalyseerd uit grondonderzoek	Over maximale toegestane trekkrachten Beschadiging mediumbuis Vastlopen boring Afkeuren productpijp Verlies boring	Trekkracht wordt tijdens intrekken vergeleken met berekende waardes, bij overschrijden van deze waarden zal overleg worden met de opdrachtgever	
Overig						
31	Overig	Stilstand boorproces	Slijtage onderdelen	verzanden van het boorgat Tijdsverlies	Slijtage onderdelen op voorraad Monteurs stand-by	
32	Overig	Verzanden boorgat	Defecte recycling, cyclonen en screens	Vastlopen boring Verlies boring	Monitoren functioneren recyling	
33	Overig	Breuk boorstangen bij grote ruimgangen	Hoge torsie op stangen net voor de ruimer	blokkeren boorgat, Tijdsverlies, verlies materiaal, verlies boring	Toepassen heavy weight stangen	
34	Overig	Instorten boorgat	Transport over boorlijn	Instorten boorgat Vastlopen boring Verlies boring Schade materiaal	Afzetten boorlijn op maaiveld Verbod voor transport boven boorlijn	

35	Overiig	Milieu vervuiling, verspilling	Slang breuk / olie lekkage	Milieuschade	Absorptiemiddelen voor gelekte vloeistoffen op het werk Zandbaan onder rijplaten om directe indringing tot ondergrond te voorkomen	
36	Overig	Vervuiling boden i.v.m. lekkage	Lekkage brandstoftank/smeermiddelen	Milieuschade, milieuverontreiniging	Geen brandstoffen opslaan op werkterrein Smeermiddelen opslaan in afgesloten containers	
37	Overig	Valgevaar	Monstername uit bentoniet containers	Lichamelijk letsel	Juiste klimmaterialen gebruiken	
38	Overig	Vallen damwand	Plaatsen dodemansbed	Persoonlijke en materiele schade	Deugdelijk en de juiste gereedschappen/middelen Machinist dient in het bezit te zijn van een deskundigheidsbewijs	
39	Overig	Raken obstakels tijdens trillen damwanden	Plaatsen dodemansbed	Persoonlijke en materiele schade	Verrichten klic melding	
40	Overig	Gegrepen worden door draaiende delen	Boren,ruimen, intrekken	Persoonlijke en materiele schade	Op de hoede zijn bij draaiende delen Geen loshangende kleding Goede communicatie tussen rig-operator en boorcrew	
41	Overig	Niet stabiel staan van de boormachine	Opstellen boormachine (inclusief overig equipement	Persoonlijke en materiele schade	Zorgen voor voldoende stevige ondergrond en voldoende ruimte Aanbrengen dragelineschoten en rijplaten	
42	Overig	Bij het intrekken van de productpijp, trekpijp valt van de ondersteuningen (rollen)	Rollerstellen niet in lijn	Persoonlijke en materiele schade Verlies productpijp	Goed uitlijnen Stabiel en spanningsvrij opstellen	
43	Overig	Inademen stof, Stof in de ogen	Mengen mud	Persoonlijk letsel	Gebruik maken van adembescherming, uit de wind staan Gebruik maken van oogbescherming	
Transport						
44	Transport	Aanrijding	Transport materieel	Persoonlijke en materiele schade	Stapvoets rijden op werkterrein Parkeren op aangewezen plaatsen Rij defensief	
45	Transport	Verlies van de lading	Transport materieel	Persoonlijke en materiele schade	Stabiel laden last , Lading borgen	
46	Transport	Verliezen van boorstangen	Lossen en laden van boorstangen	Persoonlijke en materiele schade	Goede voorlichting/opleiding chauffeurs (hijsbewijs) gebruik van gecertificeerde hijsmiddelen	
Bouwplaats						
47	Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting	Elektrisch systeem niet goed aangelegd	Aansluiten van de keten	Stroomdoorgang door het lichaam	Juist aansluiten van het aggregaat door bevoegd personeel	
48	Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting	Omvallen materieel stukken	Ondeugdelijk stapelen	Persoonlijke en materiele schade	Materialen deugdelijk stapelen en borgen	
49	Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting	Aanrijding	Beperkte ruimte	Persoonlijke en materiele schade	Wegen naar werk-opslag terrein zo veel mogelijk vrij houden Dragen veiligheidsvest	
Hijsen en verplaatsen						
50	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Vallen van hijsonderdelen	Onjuiste hijshulpmiddelen	Persoonlijke en materiele schade	Juiste hijshulpmiddelen voor de hijslast gebruiken	
51	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Verzakken stempelpoot	Stempelen materieel	Persoonlijke en materiele schade	Deugdelijke ondergrond/rijplaten	
52	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Verliezen hijslast	Slijtage materiaal	Persoonlijke en materiele schade	Gebruik van gecertificeerde hijshulpmiddelen	
53	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Breken ketting	Slijtage materiaal	Persoonlijke en materiele schade	Gebruik van gecertificeerde hijsketting Gebruik zwaardere kettingen Maximaal aangegeven hijscapaciteit niet overschrijden	
54	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Stabiliteit niet voldoende gewaarborgd	Onstabiele ondergrond	Persoonlijke en materiele schade	Materialen deugdelijk stapelen en borgen	
55	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Overbelasting van de hijskraan	Aanslaan te zware lasten en materieelstukken	Persoonlijke en materiele schade	Aangeven op last wat eventueel het gewicht van de constructie is	
56	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Ondeskundig gebruik van de hijskraan	Onervaren bestuurder	Persoonlijke en materiele schade	De bestuurder dient in het bezit te zijn van een deskundigheidsbewijs	
57	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Beknelling	Verplaatsen van lasten	Persoonlijk letsel	Afstand houden van de last Geen lichaamsdelen plaatsen tussen last en afzetplaats	
58	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Uitslaan van last	Rijden met last	Persoonlijke en materiele schade	Last borgen tegen uitzwaaiing Last begeleiden m.b.v. een begeleidingskoord	
59	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Verspilling (brandstof)	Eventuele lekkages	Milieuschade, milieuverontreiniging	De machinist dient regelmatig (dagelijks) zijn of haar machine te inspecteren en zo nodig onderhoudswerkzaamheden uit te voeren	
60	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	In aanraking komen met draaiende kraan	Werkzaamheden uitvoeren binnen draaicirkel van de kaarn	Persoonlijk letsel	Medewerkers en derden dienen uit de draaicirkel van de hydraulische kraan te blijven, Indien medewerkers werkzaamheden uitvoeren dient een goede afstemming met de machinist te worden gemaakt	
Afvalstoffen						
61	Afvalstoffen	Reactie tussen afvalstoffen	Opslag gevaarlijke stoffen (gassen, vloeistoffen en vaste materialen	Brand of explosie Verspilling/vervuiling Milieuschade	Verschillende afvalstoffen gescheiden van elkaar opslaan Gebruik maken van afgesloten container	
62	Afvalstoffen	Struikelgevaar	Obstakels op werkterrein	Persoonlijke en materiele schade	Orde en netheid (werkplek schoonhouden ook schaft- en kantoorruimte)	
63	Afvalstoffen	Vervuiling/verspreiding	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Milieuschade	Gevaarlijk afval scheiden van het "normale afval" Gebruik maken van afgesloten container	
64	Afvalstoffen	Morsen van brandstof tijdens aftanken	Materieel voorzien van brandstof	Vervuiling bodem, water Verspilling	Controle brandstof/olie peil Overdag of bij voldoende kunstlicht tanken Absorptiemiddelen voor de gelekte vloeistof Verontreinigde medium verwijderen/afvoeren conform wettelijke eisen en door een bevoegd bedrijf	
Persoonlijke hulpmiddelen (VGM)						
65	Persoonlijke hulpmiddelen	Aangereden worden op de openbare weg	Gebruik van bedrijfs- of personenauto	Persoonlijke en materiele schade	Bestuurder dient in het bezit te zijn van de juiste papieren	
66	Persoonlijke hulpmiddelen	Kortsluiting handgereedschap	Ondeugdelijk handgereedschap	Persoonlijke en materiele schade	Elektrisch handgereedschap moet zijn goedgekeurd en conform NEN-3140 Zijn voorzien van een keuringssticker en moet jaarlijks worden gekeurd	
67	Persoonlijke hulpmiddelen	Aanraking met draaiende slijpschijf	Onderskundig gebruik van handslijpmachine	Persoonlijk letsel	Er voor zorg dragen dat de slijpschijf is uitgedraaid voordat de handslijpmachine wordt weggelegd	
68	Persoonlijke hulpmiddelen	Omvallen of eraf vallen tijdens klimmen	Ondeskundig gebruik van ladder	Persoonlijk letsel	Ladder dient voor gebruik visueel te worden gecontroleerd Ladder dient stabiel te worden opgesteld, onder de juiste hoek en voldoende lengte	

69	Persoonlijke hulpmiddelen	Raken elektrische kabels	Ondeskundig gebruik	Stroomdoorgang door het lichaam	Gebruik maken van elektrische kabels die zijn gecontroleerd en als zodanig herkenbaar zijn Wanneer kabels beschadigd raken tijden werkzaamheden niet meer gebruiken	
70	Persoonlijke hulpmiddelen	Allerlei	Gebruik van overig handgereedschap	Persoonlijk letsel	Gebruiker dient overig handgereedschap naar goed gebruik en inzicht te gebruiken	
Projectspecifiek						