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 reconstructie N784

Horizontaal gestuurde boring

t.b.v. verleggen 50kV kabel i.v.m. reconstructie

Schelmseweg, Arnhem



Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth)

Versie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Akkoord
1	03-06-2026	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 19
5.14 Ballasten van de leiding(en) 19
5.15 Boorvloeistof 19
5.16 Mudretour 20
5.17 Scheidingsinstalatie (recycling) 20
5.18 Aanlevering registratie 21
5.19 Vrijkomende grond / boorspoeling 21
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.

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

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 17
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 15 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 verbinden 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 bestaande weg, de toekomstige weg en de in en uitrit van de N784.

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):
  - RLI-3022 (Qirion)
  - XR-N-N784_DEFINIETIEF_ONTWERP (Provincie Gelderland)
- Document(en):
  - Oriëntatie KLIC-melding
    - 26O0010942
- Grondonderzoek
  - Rapportage VWB bodem B0957

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	345.9	m
Intredehoek	16	○
Uittredehoek	16	○
Neergaande bochtstraal	180	m
Opgaande bochtstraal	180	m
Horizontale bochtstraal	250	m
Gecombineerde bochtstraal	-	m
Maximale gronddekking (maaiveld)	16.70	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	22.8mm
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.

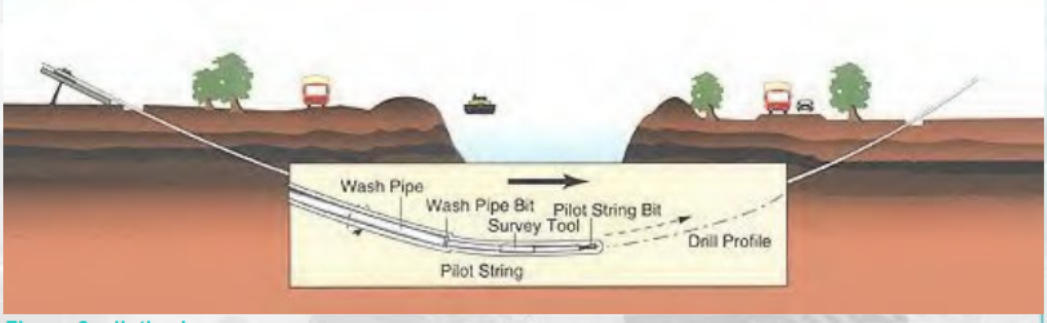
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- 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

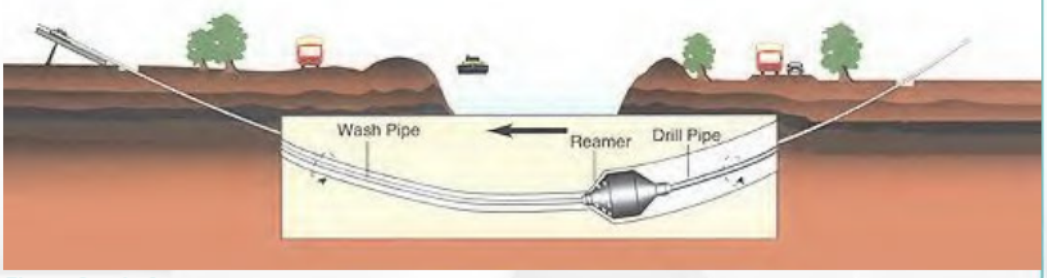
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing/beschermbuis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

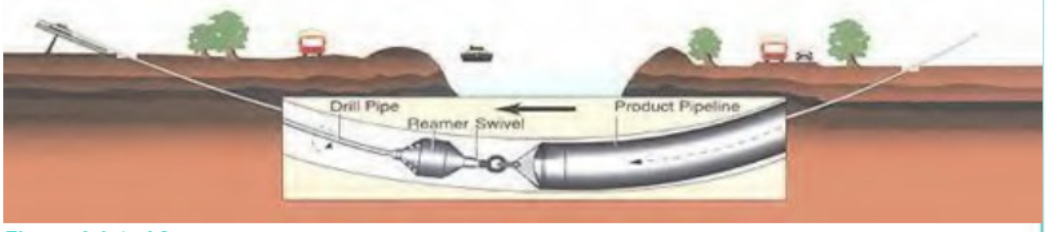
Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

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 parallel langs de N784 en kruist de bestaande weg en de toekomstige weg. Daarnaast wordt het viaduct van de N785 gepasseerd. 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 de berm van het huidige fietspad van de N784. De locatie van het intredepunt is toegankelijk via de N784 t.h.v. HMP 10.15. Nabij het intredepunt is voldoende opstelruimte aanwezig voor het benodigde materiaal en materieel als dit achter elkaar geplaatst wordt.

4.3 Locatie uittredepunt en uitleglocatie

Het uittredepunt van de horizontaal gestuurde boring is gelegen in de berm van het huidige fietspad van de Schelmseweg . Nabij het uittredepunt is beperkte ruimte beschikbaar voor het benodigde materieel en materiaal. De bundel zal voorafgaand aan de intrekfase worden samengesteld in de berm. 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 huidig fietspad
- ❖ Kruising van toekomstige N785
- ❖ Passeren van viaduct N785
- ❖ Kruising van op en afrit N784

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
Liander	50kV	Nabij uittredepunt (advies om inzichtelijk te maken)

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 : 1.00 dag(en)
- Samenstellen van de bundel : 5.00 dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring : 1.50 dag(en)
- Uitvoeren van ruimgang : 1.50 dag(en)
- Intrekken van de bundel : 1.00 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 800m2 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 750m2 voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat om o.a. opslag voor boorstangen, voorraadcontainers en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen exclusief de uitleglocatie.

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, inclusief coating, 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

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

civiele aannemer om te bepalen op welke wijze hij het 'dodemansbed' zal realiseren en dimensioneren. Hierbij dient tevens rekening gehouden te worden met de bestaande ondergrondse en bovengrondse infra.

Indien de horizontaal gestuurde boring wordt uitgevoerd in een kwelgebied (voorbeeld: waarbij spanningswater aanwezig is in het watervoerende pakket) dient er tevens rekening mee gehouden te worden dat het 'dodemansbed' niet in dit pakket ofwel onder/door een eventuele afsluitende laag wordt aangebracht. De civiele aannemer dient het 'dodemansbed' zo te ontwerpen dat bij het verwijderen geen kwel optreedt ten gevolge van het trekken/verwijderen hiervan.

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]



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

- 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:

- 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

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

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

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.

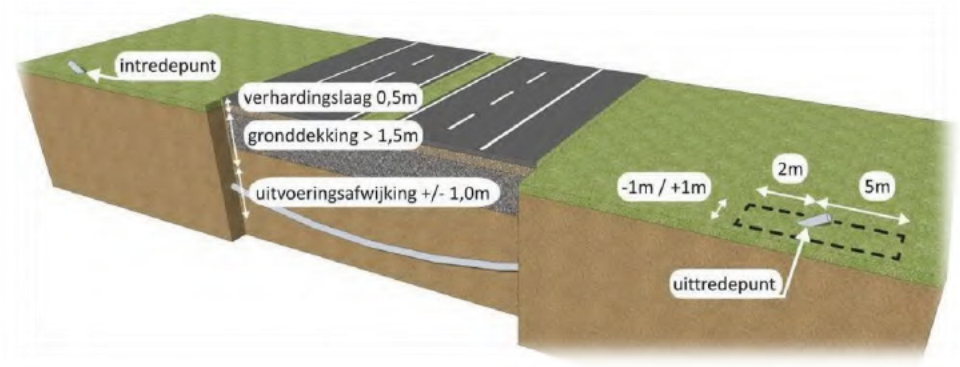
Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de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



Figuur 7 Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS

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.604mm

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

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 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]
- 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.

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

5.13 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]
- 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 zal 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. Dit dient te gebeuren met schoon (drink)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.

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

5.16 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 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.

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

5.18 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.

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.

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.

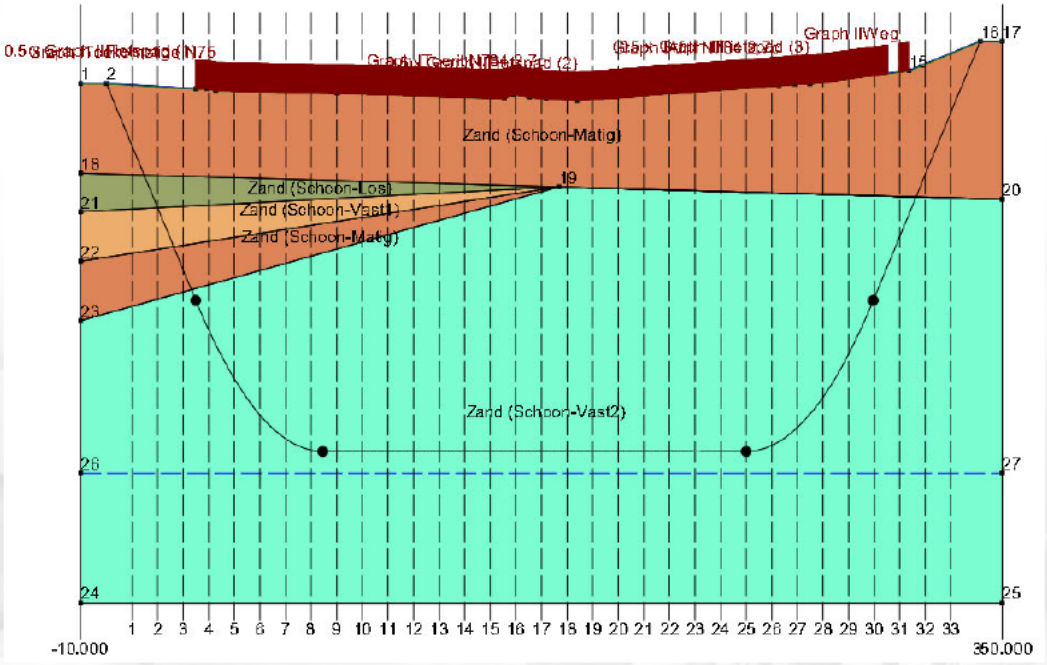
Voor deze horizontaal gestuurde boring is geotechnisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen als Bijlage 2.

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 zich in de bovengrond voornamelijk bevindt in een pakket van afwisselende matig tot vastgepakte zandlagen. De vloerbuis bevindt zich in een zeer vastgepakte 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 e boortunne . Hierb j z l h t hog r geleg n grondwat r v a e boortunn l kunn n uitstrom n n h t lager gelegen grondwater.

an d ze situa ie is g en spra

3. *en doorsnijd ng an en watervoer nd pak et waar ij de stijghoo te (arthesi ch grondwat r) in et watervoere de pak et ho er is an de freatis he grondwatersta .*

Ind en er spr ke is an en stijghoo te in et watervoere de pak et (arthesi ch grondwat r) we ke ho er is an de aanwez ge freatis he grondwaterstan en is er spr ke an spanningswat r. In it ge al an et ok zo z jn at eventu le k el n et zichtb ar 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.

ter hoogte van/op maaiveld omdat het spanningswater via de boortunnel zal uitstromen in de aanwezige freatische grondwaterstand.

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

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

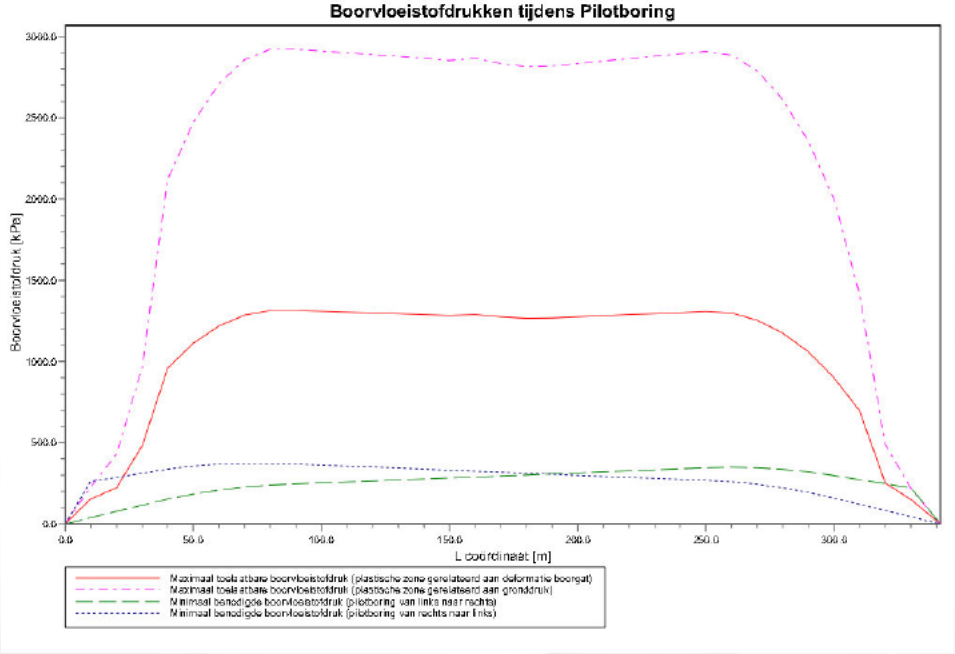
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

7. Berekeningsresultaten

I onderstaand hoofdstukke zij d resultate weergegeve ui d sterkte- n mud-druk berekening n vervaardigd in et progra ma D- eo Pipel ne an Delta es conf rm de NEN 36 0. D ze berekenin en z jn toegevo gd als bijla e . De uiteinde ijke ci iele aannemer ient vooruit op nd op de werk aamh den deze b re eningen te controleren en-/of contro eb re eningen op e stellen t r v rificatie va onderstaande onclusies.

7.1 Boors oeldruk en

H t ntwerp van e horizon aal ge tu rde bori g is getoet t d or middel van de uit oering va een mud-dr k berekening Onderstaande fi uur 13 geeft de ve wachting wa rde weer voor de oorspoeld uk en geduren e d r alisatie van e pilo bo ng.



Figuur 13 oorspoe drukken tij s ilotborin

De benodigde oors oeldrukken zi n ind catief en onder an ere af ankelijk van d bo ra paratuur die de aannem r z l nzetten. it de raf ek n blijkt da d pilo boring de mees kr ti che fase is. In bov ns aand fig ur is deze f weer ege en.

N bij het in-/ en uitt ed punt be taa de kans op en mu -uitbraak ofwel in ta iel boorgat. De mu -engine r d ent tijden h t boorproce de mud-dru ke n uwlet en in de ga en te houden e nabi u ttrede dient de vo rt angssnel ei en po pdruk te wo den verlaagd om en mud-uitbra te voork men

Daar aast k n ervoo w rden ge oz n om voor at de krit sche p rameter wo den ber ik het bo rg t e s oelen om z het so rte ijk gewich (n tegend uk) te v rl gen aa doo de kans op en ud-uit raak kan ord n beperkt

Een i sta iel bo rgat k n e voo zorgen dat h t bo rg t nabij n-/ of u ttrede insto t, trek racht n oplopen ofwel ze ti gen optre en op maaiveld. e uitei delijke ivi le aannem r zal event el maatregelen of na org-ma tregele m ete t effen om dit te behe sen/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)	1.77	2.68	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.89	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.55	4.55

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen

De deflectie op de buis bedraagt 7.5mm (3,29% 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 67kN. (excl. onzekerheidsfactoren)

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	21
T2	36	25
T3	87	34
T4	252	52
T5	302	63
T6	346	67

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 67kN) 134kN.

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

Bijlage 1 Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring

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

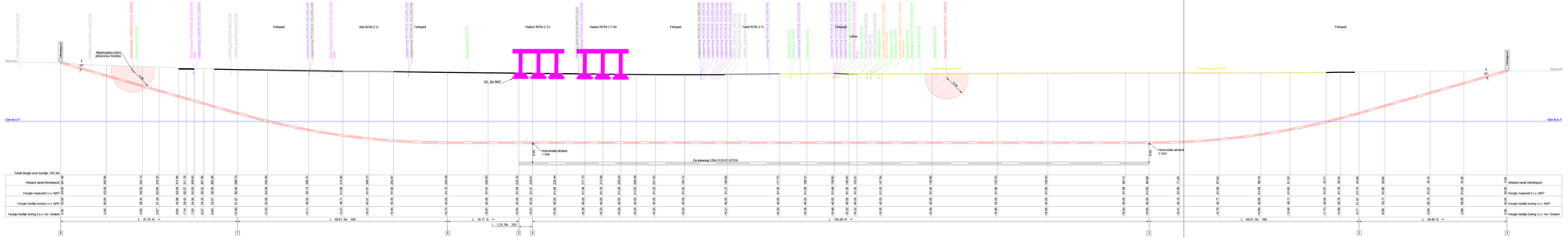
Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

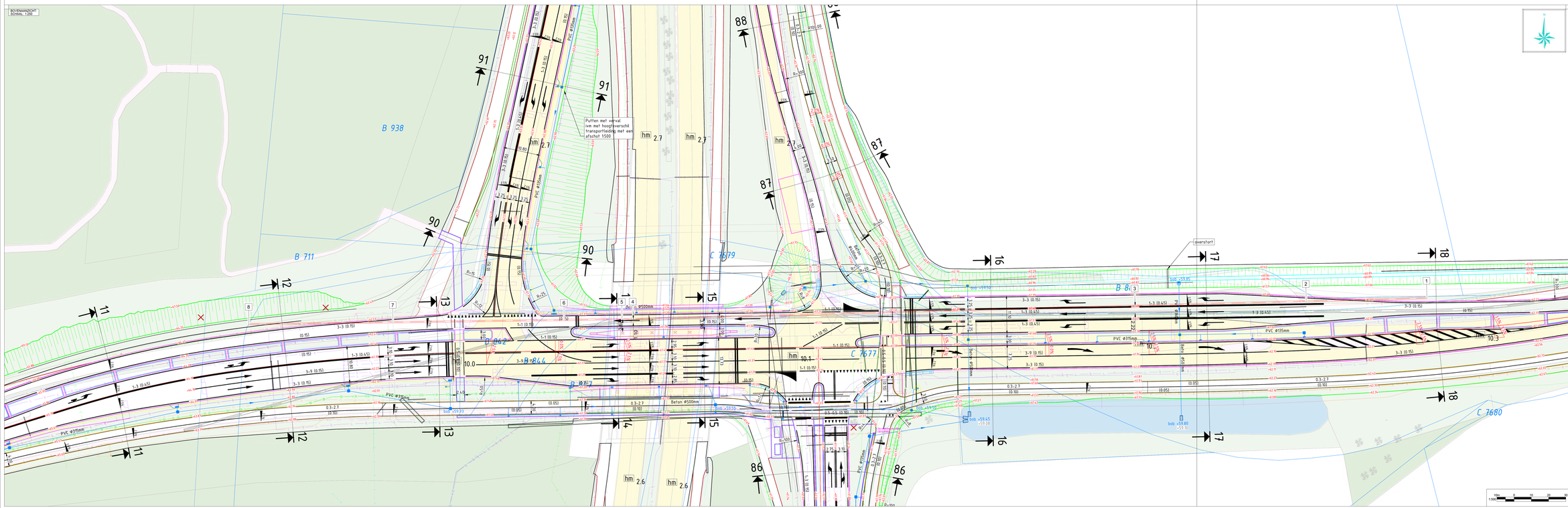
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

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.

DWARSPROFIEL
SCHAAL 1:200



BOVENAANZICHT
SCHAAL 1:200



ORTHOFOTO
SCHAAL 1:1000



COORDINATENLIJST				
		X	Y	ZNAP
1	Intrede	192160.68	446925.68	62.00
2	Begin Verticale Boght	192157.73	446924.96	51.97
3	Einde Verticale Boght	192108.13	446922.65	45.00
4	Begin Horizontale Boght	191962.89	446919.81	45.00
5	Einde Horizontale Boght	191955.45	446919.75	45.00
6	Begin Verticale Boght	191942.88	446919.52	45.00
7	Einde Verticale Boght	191893.27	446918.66	51.97
8	Uittrede	191851.51	446918.90	63.60

DOORSNEDE
SCHAAL 1:20

TE BOREN BUIS
4x ØZ50mm PE100 SDR11

Rumget DTM

Lengte HDD:	345.9 m
Diameter(s) buisbundel:	Ø250 mm
Aan-aantal trekkracht:	4 St. kN
KLIC nummer:	2609010942
Ontvangstdatum:	22-01-2026

DE HOOGTEMETEN ZIJN VERPLICHT (IT AAN) DEZE ZIJN INDICATIEF.
TEVENS DIENEN DE UITVOERINGSBEPAALD TE WORDEN DOOR MIDDEL VAN PROEFSLEUVEN.

Legenda A.C.

- Horizontaal gestuurde boring
- Sleufloze ingreep
- Hoogteopmeting
- Hoogteopmeting
- Gas lage druk
- Gas hoge druk
- Water
- Riool vrijverval
- Riool onder druk
- Warmtenetwerk
- Buisleiding gevaarlijke inhoud
- Buisleiding gevaarlijke inhoud (Ammoniak)

Legenda

- Horizontaal gestuurde boring / Bovengrondse / Mantelbuis
- Kabelgoot
- Telecomsleuf
- Telecomsleuf
- Telecomsleuf

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 2 Grondonderzoek

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:

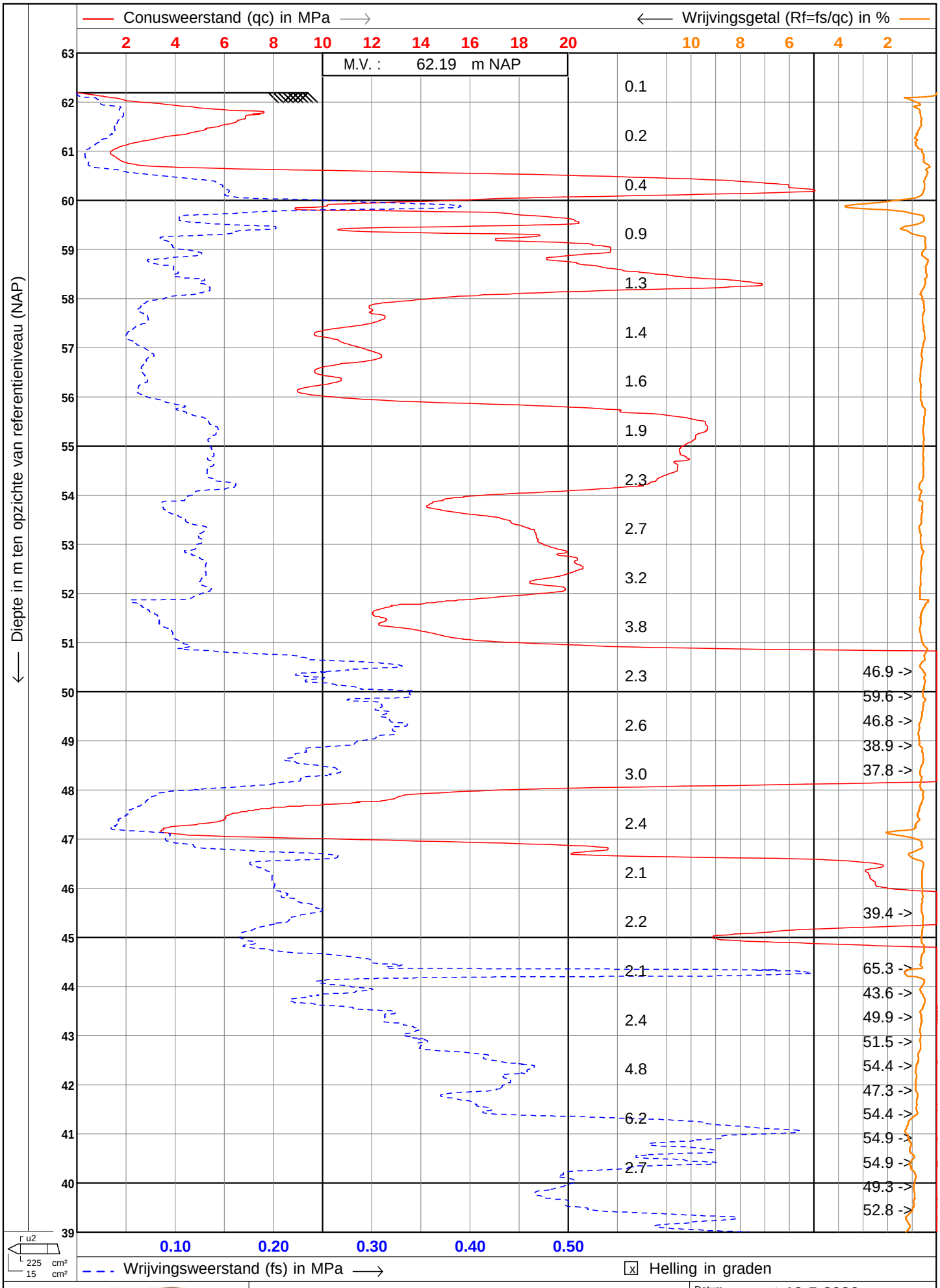
B0957 – Arnhem

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

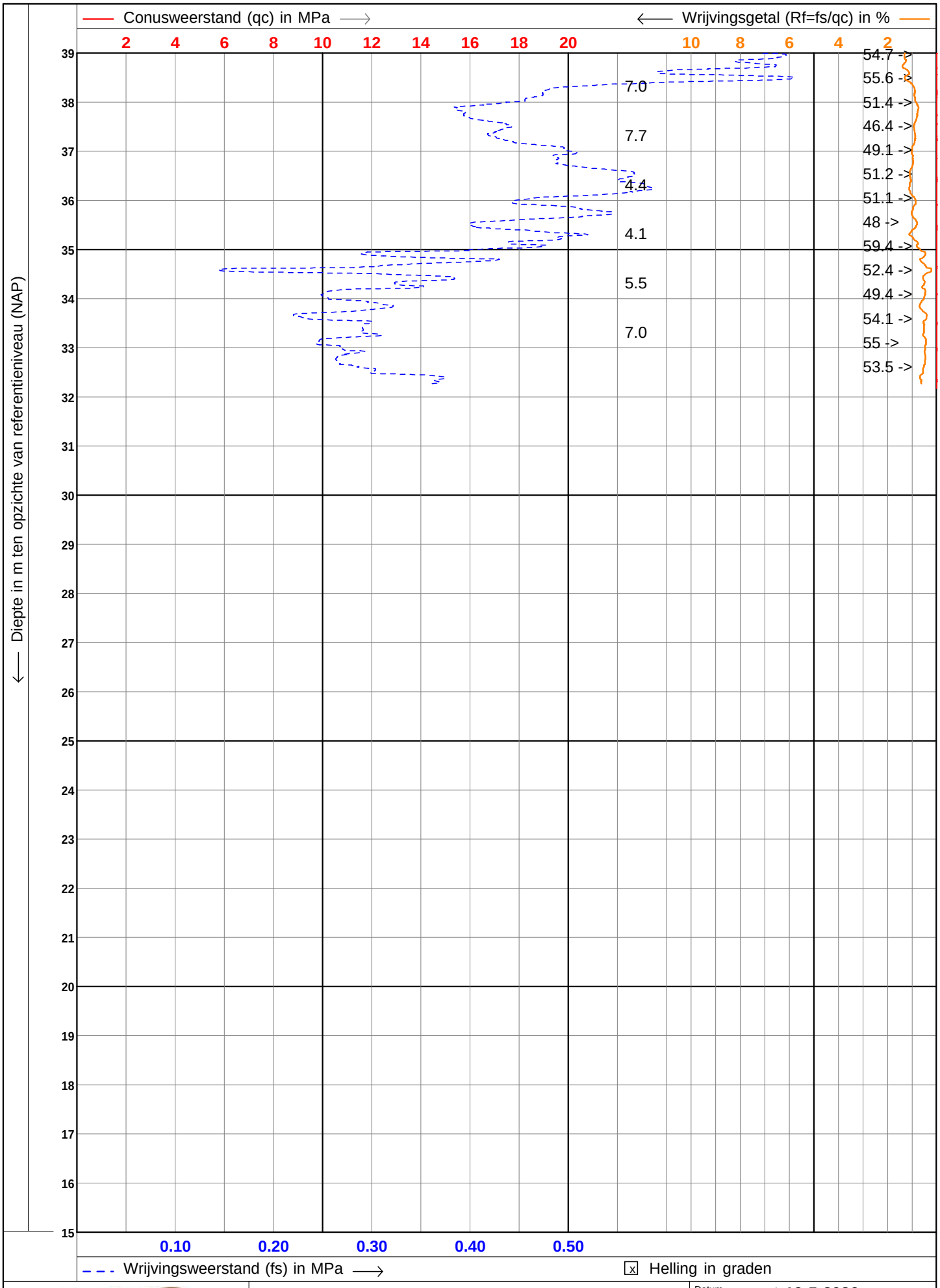




Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**446929.8292, 192261.7666 RD**

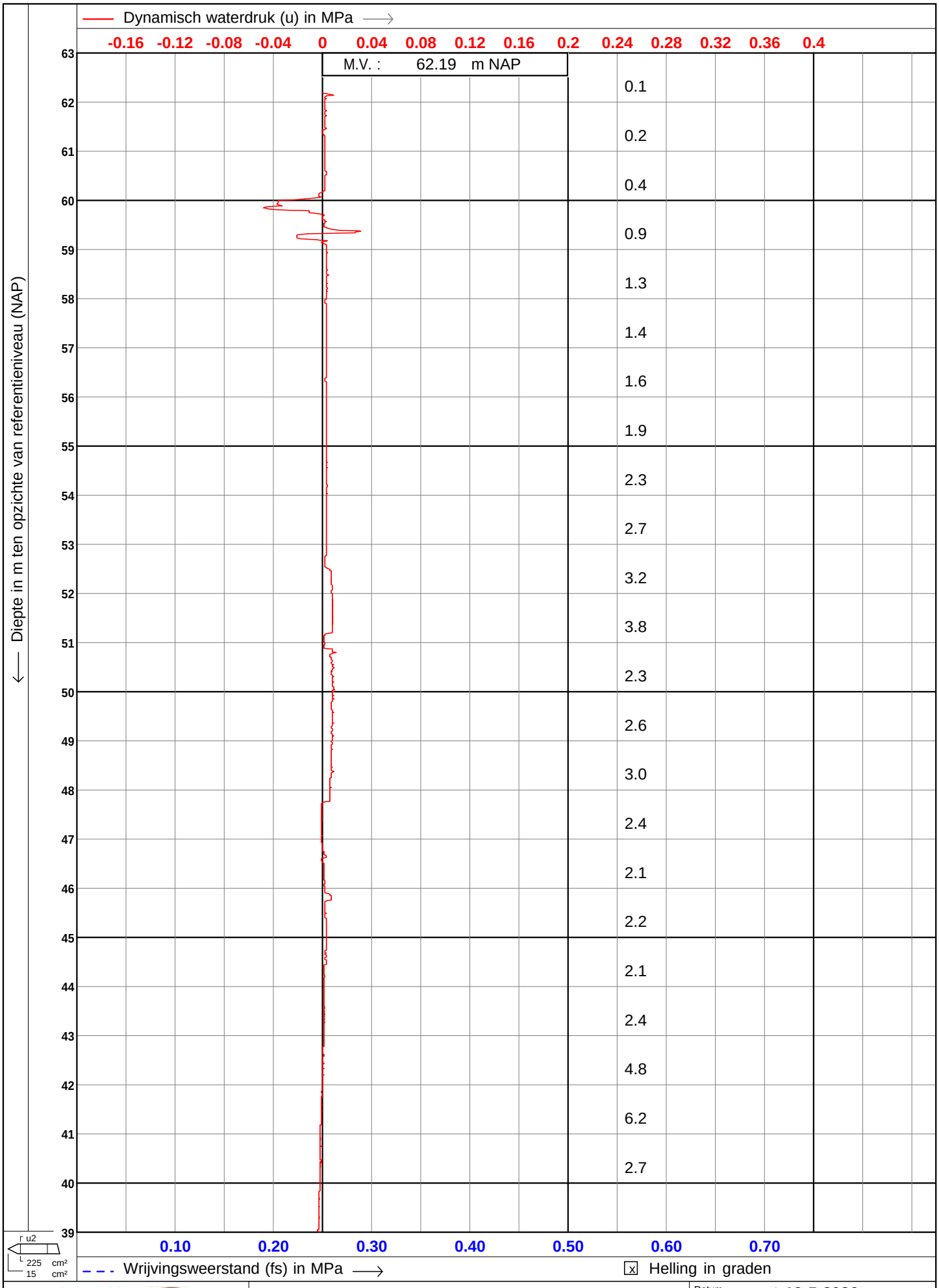
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT02-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**446929.8292, 192261.7666 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT02-2**

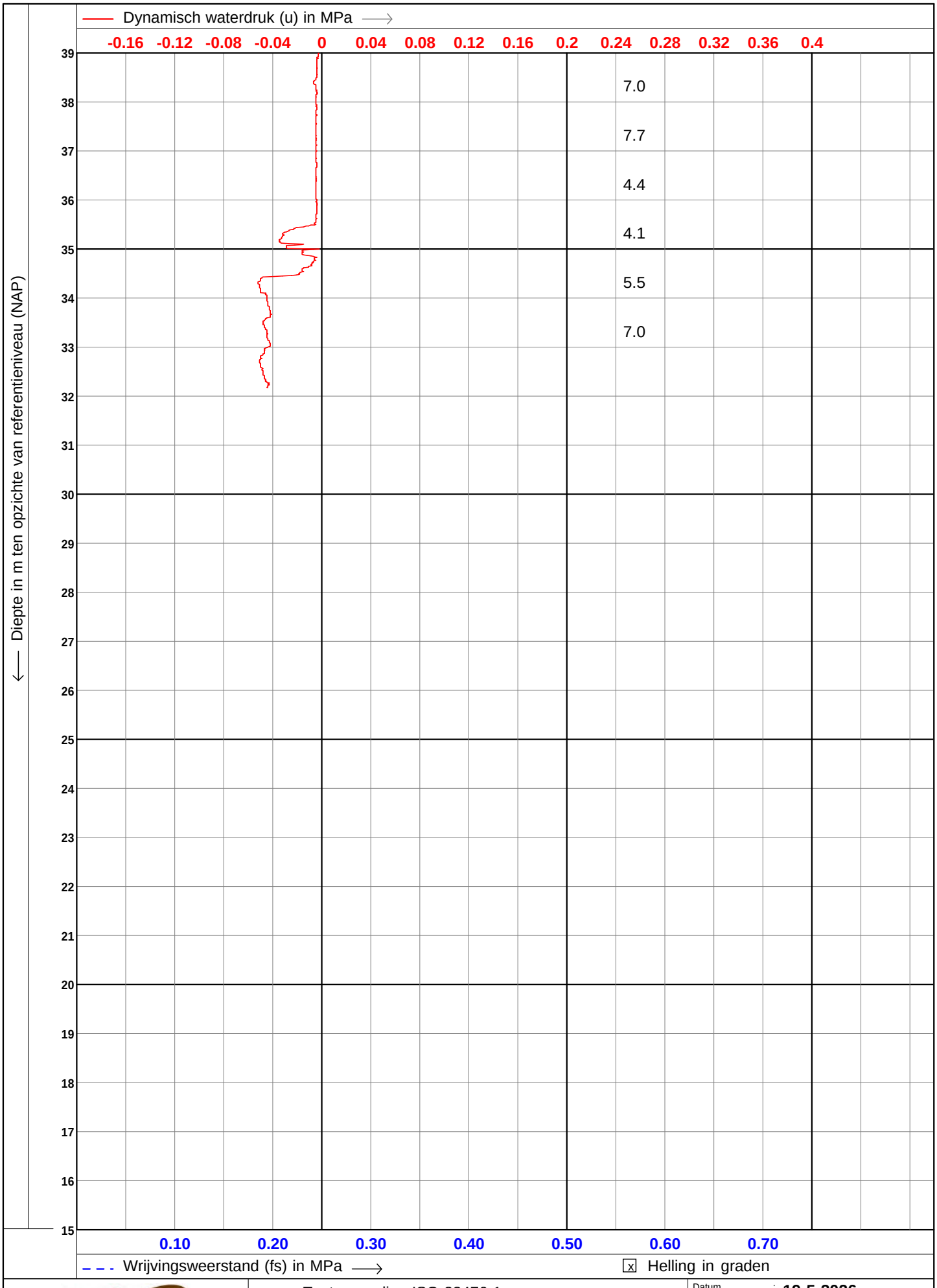


VWB bodem

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**446929.8292, 192261.7666 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT02-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**446929.8292, 192261.7666 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT02-2**

Legenda

Project:

B0957 - Arnhem

Locaties:

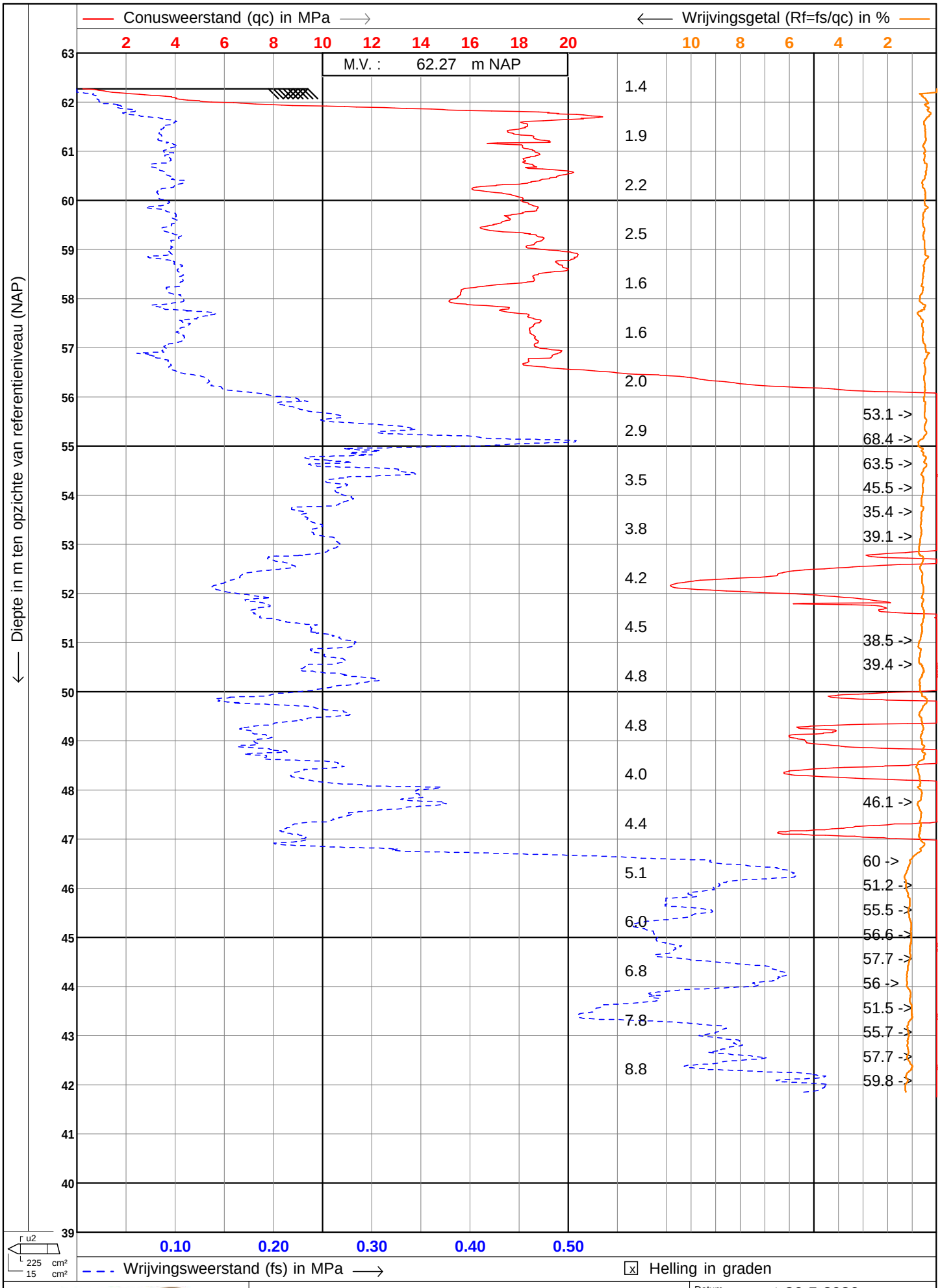
Sondering met kleefmeting

Locaties monitoring

Handboring geotechnisch

id	rdX	rdY	Z
CPT01	191819,24	446892,3	64,41
CPT01-2	191914,85	446936,95	62,27

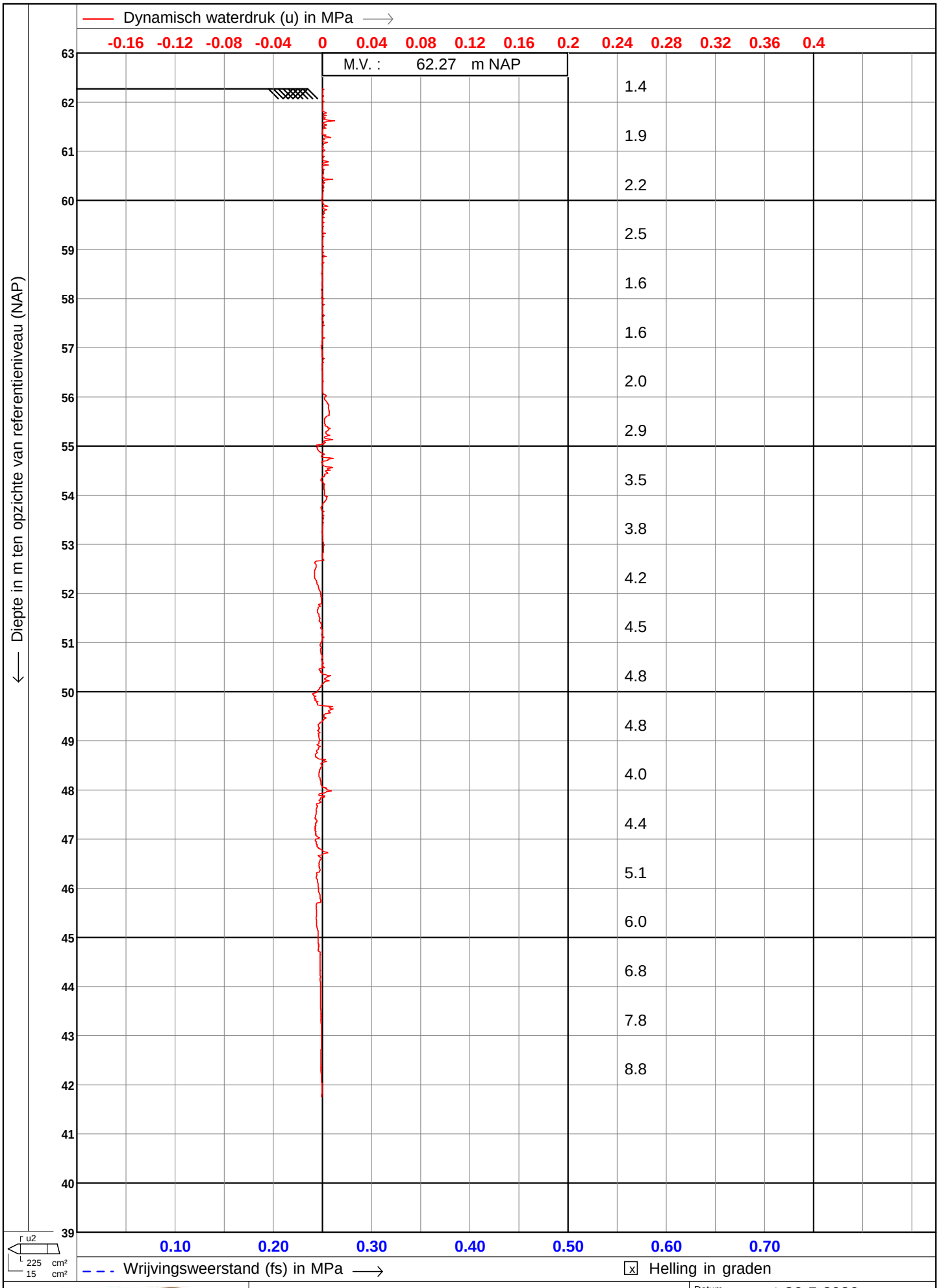




Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**191914.85, 446936.95 RD**

Datum	:	**26-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71795**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT01-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**191914.85, 446936.95 RD**

Datum	:	**26-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71795**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT01-2** 2/2

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:	6/3/2026
Tijd van rapport:	9:24:55 AM
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	5394-BT01a
Projectbeschrijving:	50kV KABEL KATTENBERG-PRESIKHAAF 1 EN 2 REC 50kV K N784 Schelmseweg te Arnhem 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 4
2.5 Grondprofielen 4
2.6 Grenslagen 4
2.7 Grondeigenschappen 4
2.8 Geometrie 7
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail 7
2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
2.9 Berekenings Verticalen 8
2.10 Verkeersbelasting 9
2.11 Configuratie van de Pijpleiding 9
2.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
2.13 Gegevens voor Leidingberekening 11
2.14 Boorvloeistof Gegevens 11
2.15 Factoren 11
2.16 Rekenopties 12
3 Boorvloeistofdrukken 13
3.1 Boorvloeistof Gegevens 13
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 14
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 16
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 16
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 16
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 17
4 Grondmechanische Data 18
4.1 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 18
4.2 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 19
4.3 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 21
4.4 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 22
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal 24
5 Gegevens voor Sterkteberekening 26
5.1 Algemene Gegevens 26
5.2 Ballasten Leiding 26
5.3 Trekkrachtberekening 26
6 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 28
6.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 28
6.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 28
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 28
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 29
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 29
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 29
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 29
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 30
6.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 31
7 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 32
7.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 32
7.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 32
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 32
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 33
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 33
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 33
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 33
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 34
7.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 35
8 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 36
8.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 36
8.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 36
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 36
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 37
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 37

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 37
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 37
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 38
8.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 39
9 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 40
9.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 40
9.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 40
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 40
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 41
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 41
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 41
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 41
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 42
9.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 43

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]				
5 - L -	-10.000	0.000	34.960	39.350	42.710
5 - Z -	62.000	62.000	61.750	61.760	61.670
5 - L -	90.130	155.430	158.830	165.310	171.730
5 - Z -	61.540	61.320	61.490	61.380	61.300
5 - L -	184.050	262.870	268.720	274.850	313.590
5 - Z -	61.210	61.900	61.970	61.980	62.590
5 - L -	341.460	350.000			
5 - Z -	63.950	63.950			
4 - L -	-10.000	176.810	350.000		
4 - Z -	57.850	57.224	56.643		
3 - L -	-10.000	176.810	350.000		
3 - Z -	56.066	57.224	56.643		
2 - L -	-10.000	176.810	350.000		
2 - Z -	53.784	57.224	56.643		
1 - L -	-10.000	176.810	350.000		
1 - Z -	51.046	57.224	56.643		
0 - L -	-10.000	350.000			
0 - Z -	38.000	38.000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10.000	350.000			
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
5	Zand (Schoon-Matig)	1	1
4	Zand (Schoon-Los)	1	1
3	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
2	Zand (Schoon-Matig)	1	1
1	Zand (Schoon-Vast2)	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 5: Zand (Schoon-Matig)
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 5: Zand (Schoon-Matig)

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
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	-	-

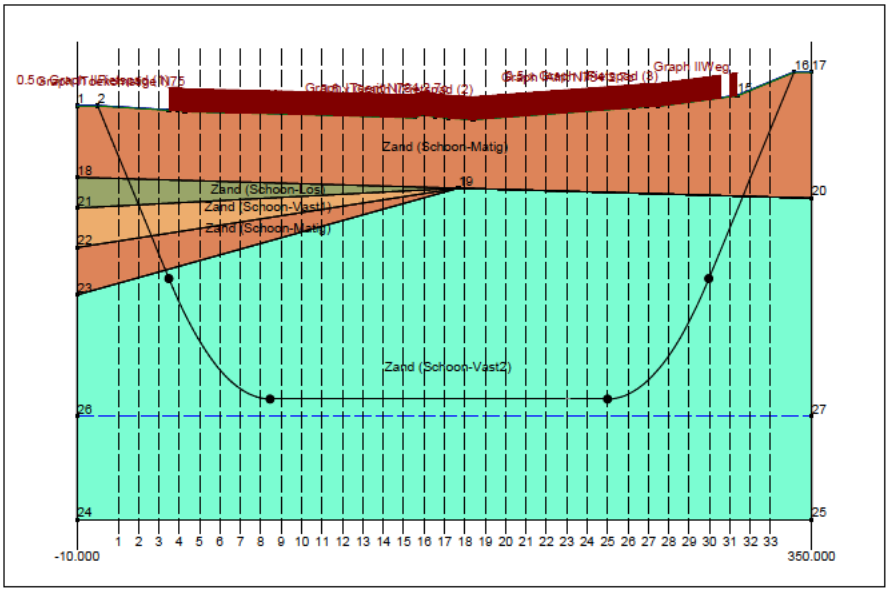
Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Leem (Zw zandig-sl...	Leem	2000.00	-	-
Leem (Zw zandig-M...	Leem	3000.00	-	-
Leem (Zw zandig-M...	Leem	3000.00	-	-
Leem (Zw zandig-V...	Leem	5000.00	-	-
Leem (Zw zandig-V...	Leem	7000.00	-	-
Leem (Sterk Zandig 1)	Leem	3000.00	-	-
Leem (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
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

Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
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

Bovenaanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	10.000	59.133
2	20.000	56.265
3	30.000	53.398
4	40.000	50.609
5	50.000	48.353
6	60.000	46.687
7	70.000	45.592
8	80.000	45.058
9	90.000	45.000
10	100.000	45.000
11	110.000	45.000
12	120.000	45.000
13	130.000	45.000
14	140.000	45.000
15	150.000	45.000
16	160.000	45.000
17	170.000	45.000
18	180.000	45.000
19	190.000	45.000
20	200.000	45.000
21	210.000	45.000
22	220.000	45.000
23	230.000	45.000
24	240.000	45.000
25	250.000	45.000
26	260.000	45.274
27	270.000	46.106
28	280.000	47.505
29	290.000	49.484
30	300.000	52.062

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
31	310.000	54.929
32	320.000	57.797
33	330.000	60.664

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	34.96	[m]
L einde	42.71	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Toekomstige N75		
L begin	42.71	[m]
L einde	171.73	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Toerit N784 2.7c		
L begin	171.73	[m]
L einde	184.05	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Fietspad (2)		
L begin	184.05	[m]
L einde	262.87	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Afrit N784 2.7c		
L begin	262.87	[m]
L einde	274.85	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Fietspad (3)		
L begin	274.85	[m]
L einde	305.26	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Weg		
L begin	309.92	[m]
L einde	313.59	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	

2.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	62.000	[m]
X coördinaat rechter punt	341.450	[m]
Y coördinaat rechter punt	-1.430	[m]
Z coördinaat rechter punt	63.950	[m]
Hoek links	16.0000	[gr]
Hoek rechts	16.0000	[gr]
Kromtestraal links	180.000	[m]
Kromtestraal rechts	180.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	45.000	[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	230.070	0.000	233.320	-0.020	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	0.450	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.780	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.500	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1600.0000	[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	153	228	38	261
2	222	430	77	287
3	480	964	115	312
4	958	2122	152	337
5	1112	2472	184	355
6	1219	2710	208	367
7	1285	2858	227	373
8	1314	2923	239	373
9	1314	2922	246	368
10	1309	2912	252	361
11	1304	2902	258	355
12	1299	2890	264	349
13	1294	2879	271	343
14	1289	2867	277	337
15	1283	2854	283	330
16	1289	2867	289	324
17	1274	2835	295	318
18	1265	2815	301	312
19	1268	2820	308	306
20	1274	2835	314	299
21	1281	2850	320	293
22	1288	2865	326	287
23	1294	2880	332	281
24	1301	2895	339	275
25	1308	2909	345	268
26	1298	2887	348	259
27	1254	2790	345	244
28	1175	2613	336	222
29	1060	2357	320	194
30	899	1998	298	159
31	697	1413	272	120
32	252	490	247	82
33	150	220	222	44

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	153	167	34	38
2	224	392	68	77
3	483	866	101	115
4	942	1838	134	152
5	1106	2328	161	184
6	1215	2657	182	208
7	1282	2848	196	227
8	1312	2915	204	239
9	1311	2915	206	246
10	1307	2906	208	252
11	1302	2895	210	255
12	1297	2885	212	253
13	1292	2874	214	251
14	1287	2862	216	249
15	1281	2850	218	247
16	1287	2863	220	245
17	1273	2831	222	244
18	1264	2812	223	242
19	1266	2817	225	240

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
20	1273	2832	227	238
21	1280	2847	229	236
22	1286	2861	231	234
23	1293	2876	233	232
24	1300	2891	235	230
25	1306	2905	237	228
26	1296	2883	236	223
27	1253	2786	228	212
28	1172	2575	215	195
29	1057	2225	194	171
30	894	1718	159	140
31	683	1095	120	106
32	252	406	82	73
33	150	161	44	39

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	119	119	34	34
2	228	320	68	68
3	488	696	102	101
4	916	1410	135	134
5	1095	1896	163	161
6	1207	2242	183	182
7	1276	2460	198	196
8	1307	2562	206	204
9	1307	2569	208	206
10	1303	2564	211	208
11	1298	2558	213	210
12	1294	2552	215	212
13	1289	2546	217	214
14	1284	2539	219	216
15	1279	2532	221	218
16	1285	2556	224	220
17	1271	2526	226	222
18	1262	2509	228	223
19	1264	2514	230	225
20	1271	2531	232	227
21	1278	2548	234	229
22	1284	2565	234	231
23	1291	2582	232	233
24	1297	2599	230	233
25	1304	2616	228	230
26	1294	2581	223	225
27	1250	2440	212	214
28	1169	2184	195	196
29	1052	1818	171	172
30	886	1322	140	141
31	658	779	106	107
32	252	310	73	73
33	114	114	39	39

3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

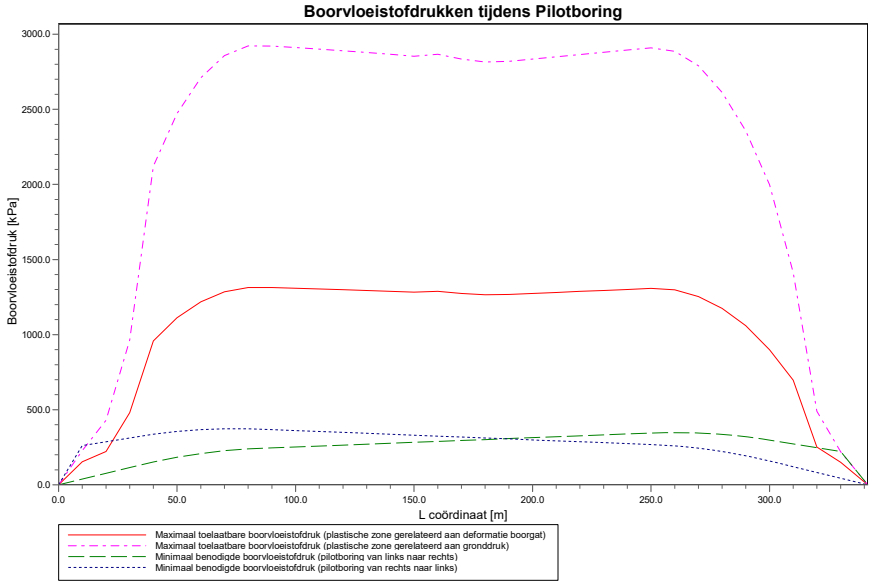
Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	32	0	-	voldoet
2	64	0	-	voldoet
3	95	0	-	voldoet
4	127	0	-	voldoet
5	153	0	-	voldoet
6	172	0	-	voldoet

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
7	185	0	-	voldoet
8	192	0	-	voldoet
9	193	0	-	voldoet
10	194	0	-	voldoet
11	195	0	-	voldoet
12	196	0	-	voldoet
13	196	0	-	voldoet
14	197	0	-	voldoet
15	198	0	-	voldoet
16	199	0	-	voldoet
17	200	0	-	voldoet
18	201	0	-	voldoet
19	201	0	-	voldoet
20	202	0	-	voldoet
21	203	0	-	voldoet
22	204	0	-	voldoet
23	205	0	-	voldoet
24	205	0	-	voldoet
25	206	0	-	voldoet
26	204	0	-	voldoet
27	196	0	-	voldoet
28	181	0	-	voldoet
29	160	0	-	voldoet
30	132	0	-	voldoet
31	100	0	-	voldoet
32	68	0	-	voldoet
33	36	0	-	voldoet

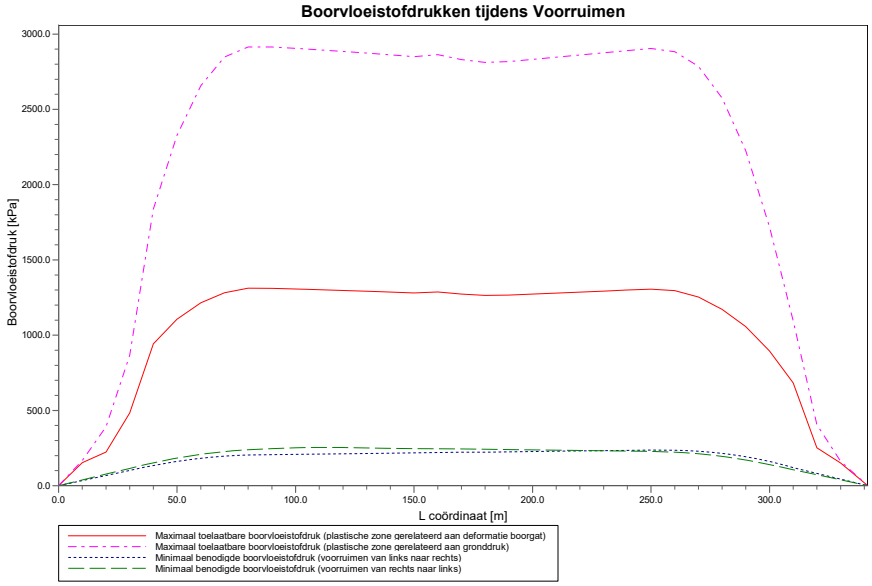
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

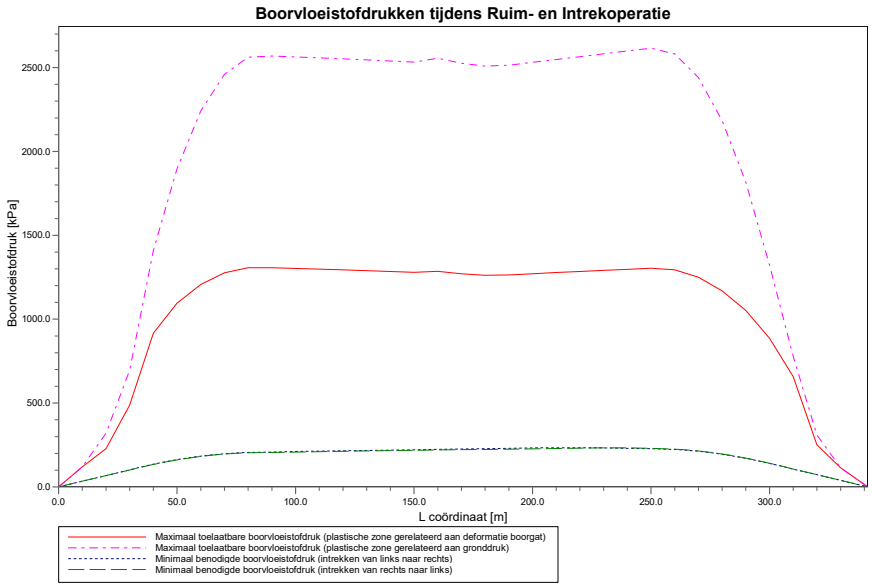
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



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	204	48	31	48	0	1722
2	584	97	15	23	0	4599
3	1294	150	15	24	0	5273
4	2835	203	16	24	0	17720
5	3354	247	16	24	4	21543
6	3732	281	16	25	3	24448
7	3974	303	16	25	3	26360
8	4091	313	16	25	3	27298
9	4105	315	16	25	3	27412
10	4105	315	16	25	3	27414
11	4105	315	16	25	3	27416
12	4105	315	16	25	3	27419
13	4105	315	16	25	3	27421
14	4105	315	16	25	3	27423
15	4105	315	16	25	3	27426
16	4138	318	16	25	3	27686
17	4116	316	16	25	3	27509
18	4104	315	16	25	3	27417
19	4108	315	16	25	0	27446
20	4124	317	16	25	0	27577
21	4140	318	16	25	0	27708
22	4157	320	16	25	0	27839
23	4173	321	16	25	0	27970
24	4189	323	16	25	0	28101
25	4205	324	16	25	0	28232
26	4163	320	16	25	0	27887
27	4001	305	16	25	3	26589
28	3710	279	16	25	0	24294
29	3292	242	16	25	0	21101
30	2553	193	16	25	1	16866
31	1381	139	15	24	2	12134
32	628	90	15	23	0	3183
33	194	47	30	47	0	1678

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	404	95540	71116	66878	0.05	7.5
2	584	235089	34430	164562	0.05	7.5
3	1294	240722	170540	168505	0.05	7.5
4	2835	520016	479221	364011	0.05	7.5
5	3354	575714	538298	403000	0.05	7.5
6	3732	615312	579928	430718	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]
7	3974	640310	606082	448217	0.05	7.5
8	4091	650922	618587	455645	0.05	7.5
9	4105	652110	620087	456477	0.05	7.5
10	4105	652143	620122	456500	0.05	7.5
11	4105	652174	620154	456522	0.05	7.5
12	4105	652205	620186	456544	0.05	7.5
13	4105	652237	620219	456566	0.05	7.5
14	4105	652268	620251	456587	0.05	7.5
15	4105	652299	620284	456609	0.05	7.5
16	4138	655602	623721	458921	0.05	7.5
17	4116	653364	621392	457354	0.05	7.5
18	4104	652193	620173	456535	0.05	7.5
19	4108	652565	620560	456795	0.05	7.5
20	4124	654222	622285	457956	0.05	7.5
21	4140	655877	624007	459114	0.05	7.5
22	4157	657528	625724	460270	0.05	7.5
23	4173	659176	627438	461423	0.05	7.5
24	4189	660821	629148	462574	0.05	7.5
25	4205	662462	630855	463723	0.05	7.5
26	4163	659314	626359	461520	0.05	7.5
27	4001	643265	609168	450285	0.05	7.5
28	3710	613293	577811	429305	0.05	7.5
29	3292	569519	531760	398664	0.05	7.5
30	2710	506976	465282	354883	0.05	7.5
31	1999	428753	380470	300127	0.05	7.5
32	809	184465	108913	129126	0.05	7.5
33	391	96034	69714	67224	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 324 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 48 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 48 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 662462 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1324924 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	204	48	31	48	0	1722
2	584	97	15	23	0	4599
3	1294	150	15	24	0	5273
4	2835	203	16	24	0	17720
5	3354	247	16	24	4	21543
6	3732	281	16	25	3	24448
7	3974	303	16	25	3	26360

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]
8	4091	313	16	25	3	27298
9	4105	315	16	25	3	27412
10	4105	315	16	25	3	27414
11	4105	315	16	25	3	27416
12	4105	315	16	25	3	27419
13	4105	315	16	25	3	27421
14	4105	315	16	25	3	27423
15	4105	315	16	25	3	27426
16	4138	318	16	25	3	27686
17	4116	316	16	25	3	27509
18	4104	315	16	25	3	27417
19	4108	315	16	25	0	27446
20	4124	317	16	25	0	27577
21	4140	318	16	25	0	27708
22	4157	320	16	25	0	27839
23	4173	321	16	25	0	27970
24	4189	323	16	25	0	28101
25	4205	324	16	25	0	28232
26	4163	320	16	25	0	27887
27	4001	305	16	25	3	26589
28	3710	279	16	25	0	24294
29	3292	242	16	25	0	21101
30	2553	193	16	25	1	16866
31	1381	139	15	24	2	12134
32	628	90	15	23	0	3183
33	194	47	30	47	0	1678

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	404	95540	71116	66878	0.05	7.5
2	584	235089	34430	164562	0.05	7.5
3	1294	240722	170540	168505	0.05	7.5
4	2835	520016	479221	364011	0.05	7.5
5	3354	575714	538298	403000	0.05	7.5
6	3732	615312	579928	430718	0.05	7.5
7	3974	640310	606082	448217	0.05	7.5
8	4091	650922	618587	455645	0.05	7.5
9	4105	652110	620087	456477	0.05	7.5
10	4105	652143	620122	456500	0.05	7.5
11	4105	652174	620154	456522	0.05	7.5
12	4105	652205	620186	456544	0.05	7.5
13	4105	652237	620219	456566	0.05	7.5
14	4105	652268	620251	456587	0.05	7.5
15	4105	652299	620284	456609	0.05	7.5
16	4138	655602	623721	458921	0.05	7.5
17	4116	653364	621392	457354	0.05	7.5
18	4104	652193	620173	456535	0.05	7.5
19	4108	652565	620560	456795	0.05	7.5
20	4124	654222	622285	457956	0.05	7.5
21	4140	655877	624007	459114	0.05	7.5
22	4157	657528	625724	460270	0.05	7.5
23	4173	659176	627438	461423	0.05	7.5
24	4189	660821	629148	462574	0.05	7.5
25	4205	662462	630855	463723	0.05	7.5
26	4163	659314	626359	461520	0.05	7.5
27	4001	643265	609168	450285	0.05	7.5
28	3710	613293	577811	429305	0.05	7.5
29	3292	569519	531760	398664	0.05	7.5
30	2710	506976	465282	354883	0.05	7.5
31	1999	428753	380470	300127	0.05	7.5
32	809	184465	108913	129126	0.05	7.5
33	391	96034	69714	67224	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 324 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 48 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 48 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 662462 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 1324924 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	204	48	31	48	0	1722
2	584	97	15	23	0	4599
3	1294	150	15	24	0	5273
4	2835	203	16	24	0	17720
5	3354	247	16	24	4	21543
6	3732	281	16	25	3	24448
7	3974	303	16	25	3	26360
8	4091	313	16	25	3	27298
9	4105	315	16	25	3	27412
10	4105	315	16	25	3	27414
11	4105	315	16	25	3	27416
12	4105	315	16	25	3	27419
13	4105	315	16	25	3	27421
14	4105	315	16	25	3	27423
15	4105	315	16	25	3	27426
16	4138	318	16	25	3	27686
17	4116	316	16	25	3	27509
18	4104	315	16	25	3	27417
19	4108	315	16	25	0	27446
20	4124	317	16	25	0	27577
21	4140	318	16	25	0	27708
22	4157	320	16	25	0	27839
23	4173	321	16	25	0	27970
24	4189	323	16	25	0	28101
25	4205	324	16	25	0	28232
26	4163	320	16	25	0	27887
27	4001	305	16	25	3	26589
28	3710	279	16	25	0	24294
29	3292	242	16	25	0	21101
30	2553	193	16	25	1	16866
31	1381	139	15	24	2	12134
32	628	90	15	23	0	3183
33	194	47	30	47	0	1678

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	404	95540	71116	66878	0.05	7.5
2	584	235089	34430	164562	0.05	7.5
3	1294	240722	170540	168505	0.05	7.5
4	2835	520016	479221	364011	0.05	7.5
5	3354	575714	538298	403000	0.05	7.5
6	3732	615312	579928	430718	0.05	7.5
7	3974	640310	606082	448217	0.05	7.5
8	4091	650922	618587	455645	0.05	7.5
9	4105	652110	620087	456477	0.05	7.5
10	4105	652143	620122	456500	0.05	7.5
11	4105	652174	620154	456522	0.05	7.5
12	4105	652205	620186	456544	0.05	7.5
13	4105	652237	620219	456566	0.05	7.5
14	4105	652268	620251	456587	0.05	7.5
15	4105	652299	620284	456609	0.05	7.5
16	4138	655602	623721	458921	0.05	7.5
17	4116	653364	621392	457354	0.05	7.5
18	4104	652193	620173	456535	0.05	7.5
19	4108	652565	620560	456795	0.05	7.5
20	4124	654222	622285	457956	0.05	7.5
21	4140	655877	624007	459114	0.05	7.5
22	4157	657528	625724	460270	0.05	7.5
23	4173	659176	627438	461423	0.05	7.5
24	4189	660821	629148	462574	0.05	7.5
25	4205	662462	630855	463723	0.05	7.5
26	4163	659314	626359	461520	0.05	7.5
27	4001	643265	609168	450285	0.05	7.5
28	3710	613293	577811	429305	0.05	7.5
29	3292	569519	531760	398664	0.05	7.5
30	2710	506976	465282	354883	0.05	7.5
31	1999	428753	380470	300127	0.05	7.5
32	809	184465	108913	129126	0.05	7.5
33	391	96034	69714	67224	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 324 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 48 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 48 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 662462 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1324924 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	204	48	31	48	0	1722
2	584	97	15	23	0	4599
3	1294	150	15	24	0	5273
4	2835	203	16	24	0	17720
5	3354	247	16	24	4	21543
6	3732	281	16	25	3	24448
7	3974	303	16	25	3	26360
8	4091	313	16	25	3	27298
9	4105	315	16	25	3	27412
10	4105	315	16	25	3	27414
11	4105	315	16	25	3	27416
12	4105	315	16	25	3	27419
13	4105	315	16	25	3	27421
14	4105	315	16	25	3	27423
15	4105	315	16	25	3	27426
16	4138	318	16	25	3	27686
17	4116	316	16	25	3	27509
18	4104	315	16	25	3	27417
19	4108	315	16	25	0	27446
20	4124	317	16	25	0	27577
21	4140	318	16	25	0	27708
22	4157	320	16	25	0	27839
23	4173	321	16	25	0	27970
24	4189	323	16	25	0	28101
25	4205	324	16	25	0	28232
26	4163	320	16	25	0	27887
27	4001	305	16	25	3	26589
28	3710	279	16	25	0	24294
29	3292	242	16	25	0	21101
30	2553	193	16	25	1	16866
31	1381	139	15	24	2	12134
32	628	90	15	23	0	3183
33	194	47	30	47	0	1678

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	404	95540	71116	66878	0.05	7.5
2	584	235089	34430	164562	0.05	7.5
3	1294	240722	170540	168505	0.05	7.5
4	2835	520016	479221	364011	0.05	7.5
5	3354	575714	538298	403000	0.05	7.5
6	3732	615312	579928	430718	0.05	7.5
7	3974	640310	606082	448217	0.05	7.5
8	4091	650922	618587	455645	0.05	7.5
9	4105	652110	620087	456477	0.05	7.5
10	4105	652143	620122	456500	0.05	7.5
11	4105	652174	620154	456522	0.05	7.5
12	4105	652205	620186	456544	0.05	7.5
13	4105	652237	620219	456566	0.05	7.5
14	4105	652268	620251	456587	0.05	7.5
15	4105	652299	620284	456609	0.05	7.5
16	4138	655602	623721	458921	0.05	7.5
17	4116	653364	621392	457354	0.05	7.5
18	4104	652193	620173	456535	0.05	7.5
19	4108	652565	620560	456795	0.05	7.5
20	4124	654222	622285	457956	0.05	7.5
21	4140	655877	624007	459114	0.05	7.5
22	4157	657528	625724	460270	0.05	7.5
23	4173	659176	627438	461423	0.05	7.5
24	4189	660821	629148	462574	0.05	7.5
25	4205	662462	630855	463723	0.05	7.5
26	4163	659314	626359	461520	0.05	7.5
27	4001	643265	609168	450285	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]
28	3710	613293	577811	429305	0.05	7.5
29	3292	569519	531760	398664	0.05	7.5
30	2710	506976	465282	354883	0.05	7.5
31	1999	428753	380470	300127	0.05	7.5
32	809	184465	108913	129126	0.05	7.5
33	391	96034	69714	67224	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 324 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 48 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 48 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 662462 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1324924 kN/m³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
5	Zand (Schoon-Matig)	Berekend met E100
4	Zand (Schoon-Los)	Berekend met E100
3	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
2	Zand (Schoon-Matig)	Berekend met E100
1	Zand (Schoon-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]
5	0.000	38.872	0.000	38.694	0.000	38.514
4	12.957	15.127	12.898	14.954	12.838	14.780
3	75.635	88.873	74.772	87.396	73.899	85.894
2	53.324	61.111	52.438	59.895	51.536	58.654
1	149.383	222.888	146.410	222.711	143.376	222.534

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]
5	0.000	38.470	0.000	38.189	0.000	38.218
4	12.823	14.643	12.730	14.435	12.739	14.316
3	73.214	84.536	72.174	82.853	71.582	81.541
2	50.722	57.477	49.712	56.114	48.925	54.933
1	140.499	222.497	137.167	222.216	134.281	222.254

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]
5	0.000	38.247	0.000	38.276	0.000	38.305
4	12.749	14.197	12.759	14.076	12.768	13.955
3	70.985	80.208	70.382	78.852	69.775	77.472
2	48.125	53.727	47.311	52.493	46.483	51.229
1	131.333	222.293	128.316	222.331	125.227	222.370

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]
5	0.000	38.305	0.000	38.304	0.000	38.303
4	12.768	13.823	12.768	13.690	12.768	13.556
3	69.117	76.026	68.451	74.551	67.780	73.046
2	45.615	49.911	44.731	48.557	43.828	47.163
1	122.005	222.378	118.694	222.386	115.288	222.393

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]
5	0.000	38.302	0.000	38.301	0.000	38.300
4	12.767	13.420	12.767	13.283	12.767	13.145
3	67.101	71.510	66.416	69.940	65.724	68.335
2	42.906	45.728	41.964	44.245	41.001	42.712
1	111.779	222.401	108.155	222.409	104.406	222.416

Laag nummer	Verticaal 16 (L=160 m)		Verticaal 17 (L=170 m)		Verticaal 18 (L=180 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	0.000	39.079	0.000	38.539	0.000	38.309
4	13.026	13.260	12.846	12.943	n.v.t.	n.v.t.
3	66.300	67.935	64.714	65.397	n.v.t.	n.v.t.
2	40.761	41.848	39.238	39.699	n.v.t.	n.v.t.
1	102.295	223.233	97.042	222.680	93.644	222.390

Laag nummer	Verticaal 19 (L=190 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]
5	0.000	38.575	0.000	39.143	0.000	39.702
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	94.294	222.482	95.682	222.892	97.050	223.301

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]
5	0.000	40.254	0.000	40.799	0.000	41.336
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	98.400	223.710	99.731	224.117	101.044	224.524

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]
5	0.000	41.867	0.000	42.391	0.000	42.949
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	102.341	224.930	103.622	225.336	104.987	225.787

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]
5	0.000	43.466	0.000	44.260	0.000	45.039
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	106.250	226.198	108.190	226.937	110.096	227.673

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]
5	0.000	45.806	0.000	47.382	0.000	49.347
4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	111.970	228.407	115.822	230.144	120.626	232.424

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 = 348006 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	21
T2	36	25
T3	87	34
T4	252	52
T5	302	63
T6	346	67

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 = 346 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 = 48 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 662462 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 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	=	0.66	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	1.77	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)	=	0.95	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	2.07	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.68	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	=	5.3E-3	1/mm
qr	=	0.0230	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.36	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.89	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)	=	0.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.22	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.55	N/mm²

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.34	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	=	0.22	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	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	=	4.55	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)	1.77	2.68	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.89	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.55	4.55

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.5 mm (3.29% 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 234 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 170 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1711 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 0 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

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 = 346 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 = 48 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 662462 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 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	=	0.66	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	1.77	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)	=	0.95	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	2.07	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.68	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	=	5.3E-3	1/mm
qr	=	0.0230	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.36	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.89	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)	=	0.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.22	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.55	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.34	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	=	0.22	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	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	=	4.55	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)	1.77	2.68	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.89	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.55	4.55

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.5 mm (3.29% 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 234 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 170 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1711 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 0 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

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 = 346 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 = 48 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 662462 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 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	=	0.66	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	1.77	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)	=	0.95	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	2.07	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.68	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	=	5.3E-3	1/mm
qr	=	0.0230	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.36	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.89	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)	=	0.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.22	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.55	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.34	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	=	0.22	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	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	=	4.55	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)	1.77	2.68	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.89	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.55	4.55

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.5 mm (3.29% 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 234 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 170 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1711 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 0 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

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 = 346 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 = 48 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 662462 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 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	=	0.66	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	1.77	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)	=	0.95	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	2.07	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.68	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	=	5.3E-3	1/mm
qr	=	0.0230	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.36	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.89	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)	=	0.34	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.22	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.55	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.34	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	=	0.22	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.82	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.18	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	=	4.55	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)	1.77	2.68	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.89	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.55	4.55

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 7.5 mm (3.29% 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 234 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 170 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1711 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 0 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Einde Rapport

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 4 Beschrijving meetsysteem

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

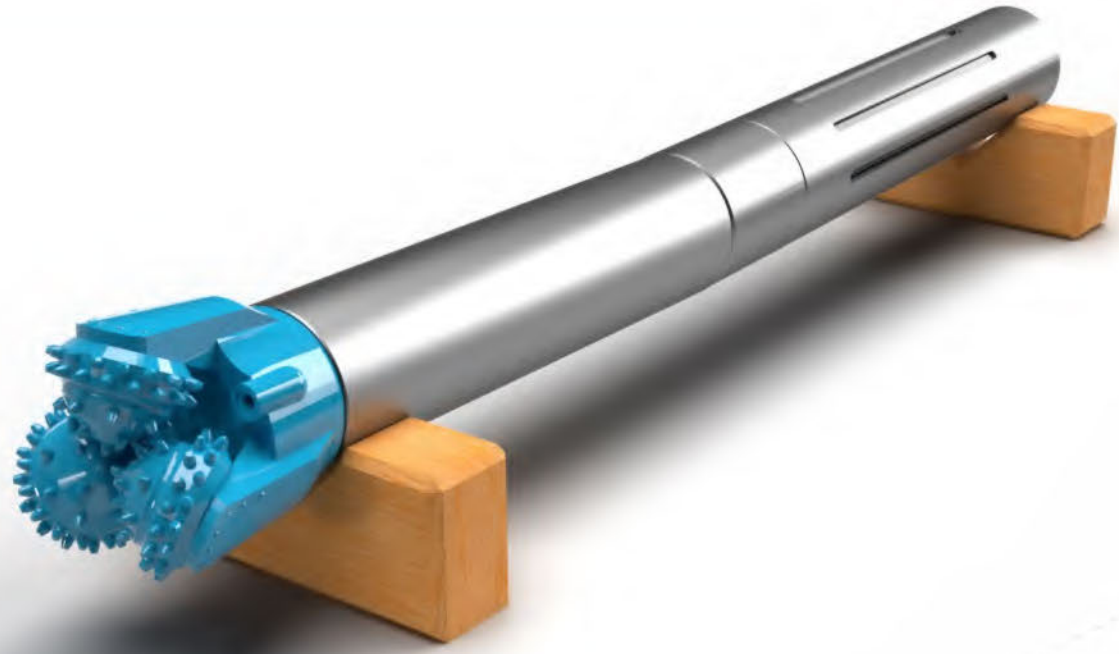
Combining Drillguide GST, UXOscope and GPS Track in 1 tool

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

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

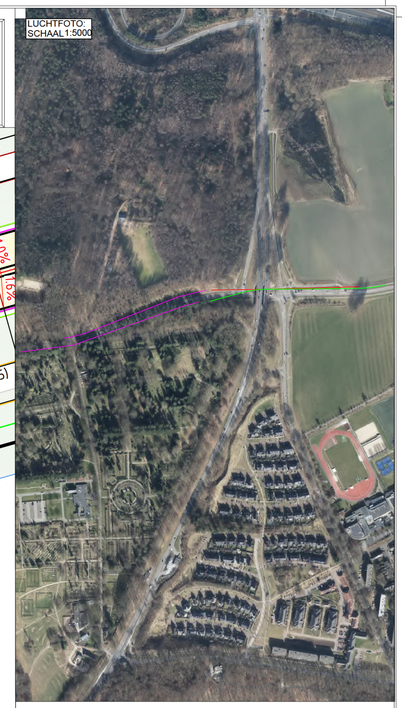
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Bijlage 6 Voorbeeld opstelling materieel

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



Uittrede zijde
SCHAAL 1:200

Legenda werkterreinen:

- 5394-0126-01-BT01a
- 5394-0126-01-BT01b
- 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 BT01a & BT01b
Kenmerk opdrachtgever	RLI-3022
Onderdeel	Terreinindeling

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

Engineer	Gecontroleerd	Goedgekeurd	

Blad	Aantal	Schaal	Formaat	Datum eerste uitgifte	Status:	Tekeningnummer
1	1	Diverse	A0	04-06-2026	CONCEPT	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						