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 | 04-06-2026 | 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 13 boorspoeldrukken tijdens pilotboring ..... 25

## Lijst met bijlagen

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

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

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

## 1. Inleiding

Reddyn B.V. heeft opdracht verleend aan ATRON Engineering B.V. voor de engineering van diverse horizontaal gestuurde boringen. Reddyn B.V. is momenteel bezig met de voorbereiding van de verlegging van twee 50kV 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 | 431.4 | m |
| Intredehoek | 16 | ○ |
| Uittredehoek | 16 | ○ |
| Neergaande bochtstraal | 260 | m |
| Opgaande bochtstraal | 260 | m |
| Horizontale bochtstraal | 250 | m |
| Gecombineerde bochtstraal | 180.21 | m |
| Maximale gronddekking (maaiveld) | 21.69 | 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.

| Omschrijving | |
|---|---|
| Materiaal | PE100 SDR11 |
| Uitwendige diameter | 250mm |
| Wanddikte | 22.8mm |
| Aantal | 4 |

Tabel 3 Specificaties mantelbuizen

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** 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

## 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.

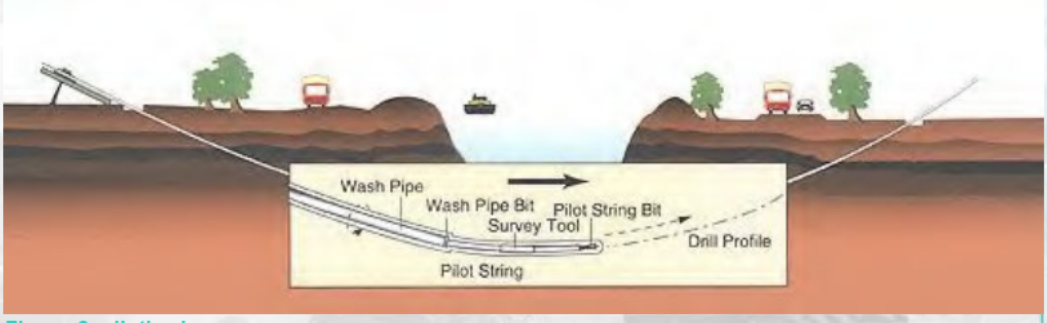
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- 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

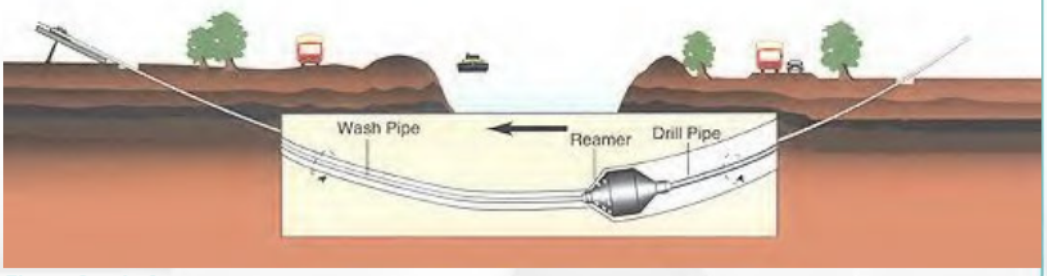
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing/beschermbuis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

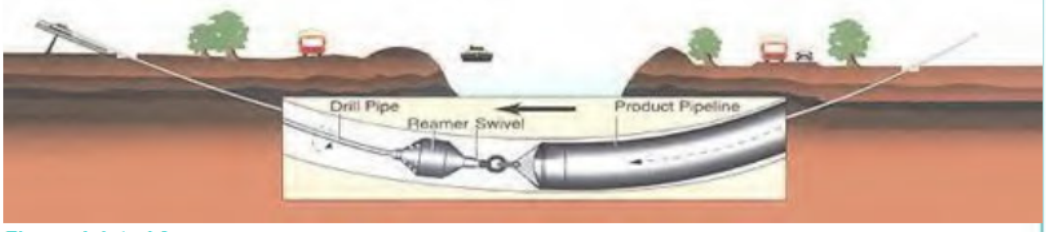
**Hoofdvestiging** (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

**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 aan de zuidkant 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 langs het fietspad. Na gereedkomen van de boorgang zal de bundel worden ingetrokken in de boortunnel.

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

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



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

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

### *4.4 Betrokken objecten boortracé*

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

- ❖ Kruising van 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) |
| Gasunie | Gas hoge druk | Achter intrede zijde |

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 : 6.00 dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring : 2.00 dag(en)
- Uitvoeren van ruimgang : 2.00 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 civiele aannemer om te bepalen op welke wijze hij het ‘dodemansbed’ zal realiseren en

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

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

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

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]
- Viscositeit [sec]



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

- 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<br>(in lengterichting t.p.v. uittredepunt) | +5m / -2m |
| Horizontaal<br>(in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt) | +1m / -1m |
| Horizontaal<br>(in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt | +5m / -5m |

**Tabel 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)**

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.

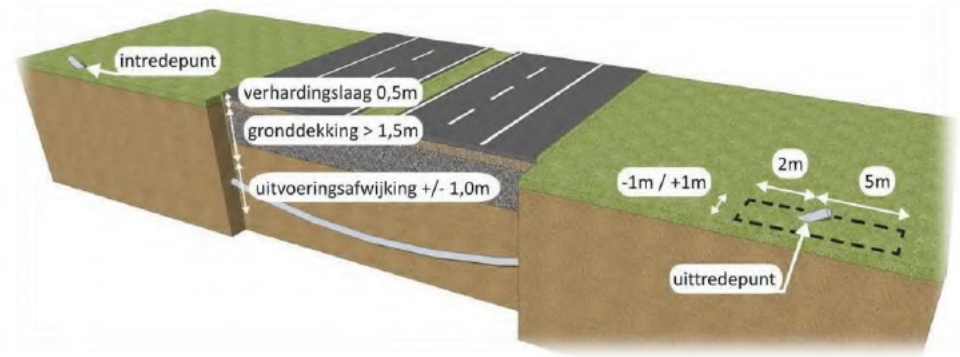
**Hoofdvestiging** (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

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




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

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

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

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

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

Tijdens de ruimfase worden de volgende parameters geregistreerd per stang:

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

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

hebben stilgelegen waardoor de staat van de boortunnel (boorgatstabiliteit) kan zijn verslechterd. De uitvoering van een 'Wiper trip' moet t.a.t. in de aanbieding en planning zijn meegenomen.

### *5.13 Intrekfase horizontaal gestuurde boring*

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

Tijdens de intrekfase worden de volgende parameters geregistreerd:

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

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

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

### *5.16 Mudretour*

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

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

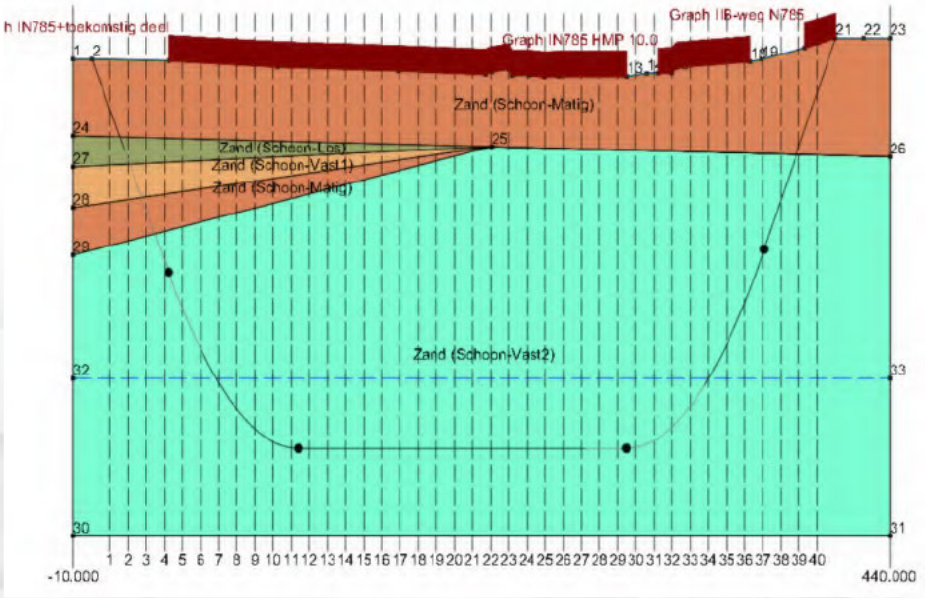
Voor deze horizontaal gestuurde boring is geotechnisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen als Bijlage 2.

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 de boortunnel. Hierbij zal het hoger gelegen grondwater via de boortunnel kunnen uitstromen in het lager gelegen grondwater.

***Van deze situatie is geen sprake.***

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

Indien er sprake is van een stijghoogte in het watervoerende pakket (arthesisch grondwater) welke hoger is dan de aanwezige freatische grondwaterstanden is er sprake van spanningswater. In dit geval kan het ook zo zijn dat eventuele kwel niet zichtbaar is



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

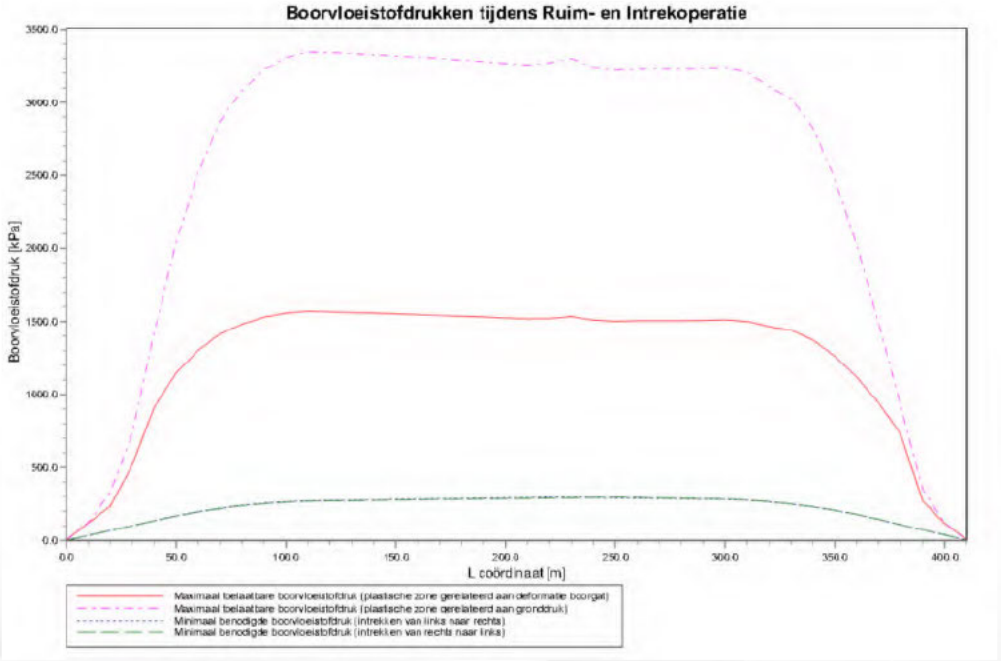
**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

# 7. Berekeningsresultaten

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

## *7.1 Boorspoeldrukken*

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




Figuur 13 boorspoeldrukken tijdens pilotboring

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

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

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

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



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

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

### 7.2 *Sterkteberekening*

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

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

| | Max toelaatbare spanning [N/mm²] | Spannings combinatie 1A | Spannings combinatie 1B | Spannings combinatie 2 | Spannings combinatie 3 | Spannings combinatie 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| sigma_ptest | 10.00 (kort) | - | - | 0.00 | - | - |
| sigma_py | 8.00 (lang) | - | - | 0.00 | - | - |
| sigma_axiaal | 10.00 (kort) | 1.90 | 3.39 | - | - | - |
| sigma_axiaal | 8.00 (lang) | - | - | - | 0.22 | 0.22 |
| sigma_tangent | 10.00 (kort) | - | 0.93 | - | - | - |
| sigma_tangent | 8.00 (lang) | - | - | - | 5.14 | 5.14 |

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen

De deflectie op de buis bedraagt 9.0mm (3,96% 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 93kN. (excl. onzekerheidsfactoren)

| Karakteristieke punten | Lengte leiding in gat (m) | Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN) |
|---|---|---|
| T1 | 0 | 26 |
| T2 | 44 | 33 |
| T3 | 117 | 48 |
| T4 | 297 | 68 |
| T5 | 375 | 86 |
| T6 | 416 | 90 |

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 90kN) 180kN.*

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

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

ATRON Engineering
Advies & Infra

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

**Nevenvestiging**
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

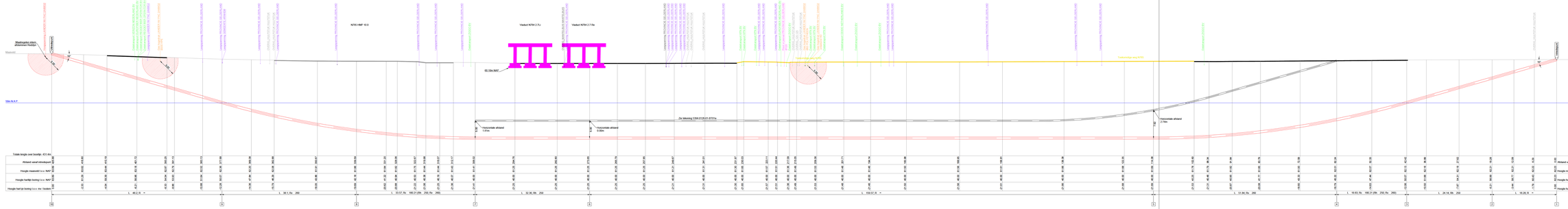
**T** 0183-216020
**E** info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

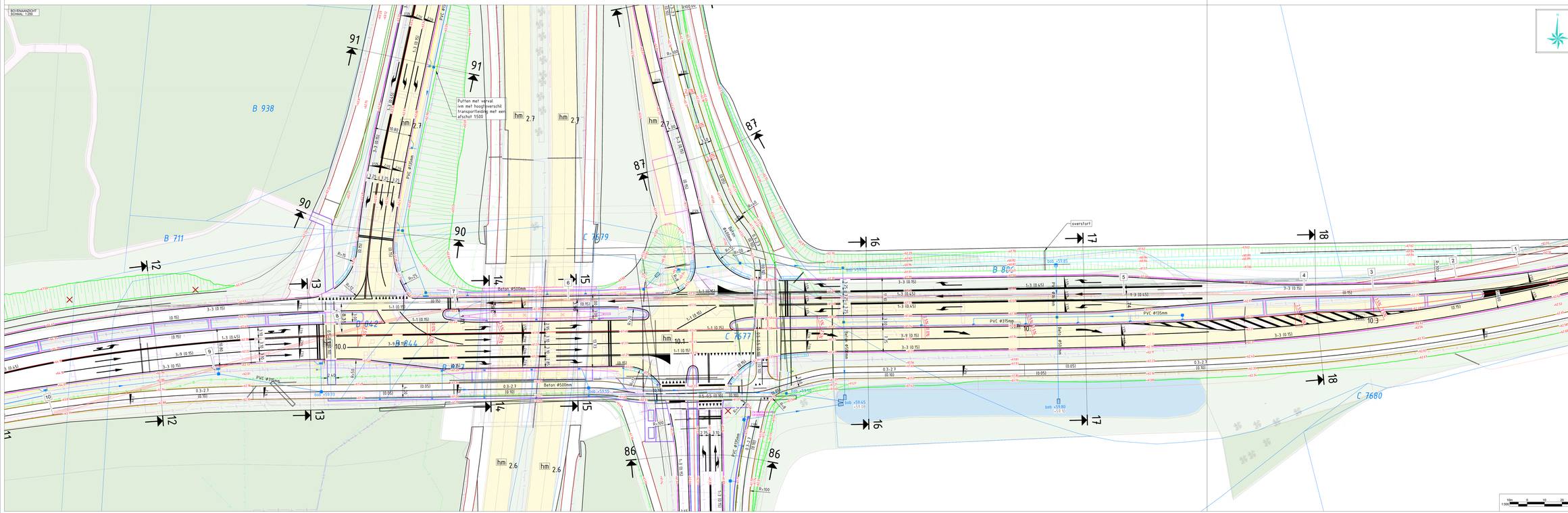
## Bijlage 1 Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring

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

DWARSPROFIEL
SCHAAL 1:200




BOVENAANZICHT
SCHAAL 1:200






| | COORDINATEN | | ZOMAP |
|---|---|---|---|
| 1 | Intrede | 192255.77 | 449629.96 | 42.37 |
| 2 | Begin Horizontale Bocht | 192235.80 | 449628.58 | 56.99 |
| 3 | Begin Verticale Bocht | 192211.90 | 449622.27 | 50.07 |
| 4 | Einde Horizontale Bocht | 192182.11 | 449622.29 | 49.22 |
| 5 | Einde Verticale Bocht | 192140.27 | 449617.76 | 40.00 |
| 6 | Begin Horizontale Bocht | 191980.71 | 449620.14 | 40.00 |
| 7 | Begin Verticale Bocht | 191948.48 | 449617.73 | 40.00 |
| 8 | Einde Horizontale Bocht | 191915.63 | 449610.84 | 42.18 |
| 9 | Einde Verticale Bocht | 191878.95 | 449603.54 | 50.07 |
| 10 | Uittrede | 191652.55 | 449587.50 | 63.89 |

DOORSNEDE
SCHAAL 1:20

TE BOREN BUIS
4x ØZ50mm PE100 SDR11

Rumpel DTH

Lengte HDD: 431.4 m
Materiaal(s) buisfunderi: Ø250 mm
Van-naar/te trekkracht: 190 kN

KLIC nummer: 2609010942
Ontvangstdatum: 22-01-2026

DE HOOGTEMATEN ZIJN VERPLICHT (0T.4/M) DEZE ZIJN INDICATIEF.
TEVACHTE LIGGING VAN KABELS EN LEIDINGEN DIENEN TIJDENS DE UITVOERINGSFASE TE WORDEN DOOR MIDDEL VAN PROEFSLEUVEN.

Legenda A:
- Horizontaal gestuurde boring
- Sleufloze boring: Horizontaal gestuurde boring / Boogzinker / Mantelbuis
- Kabelslib
- Kabelgoot
- Toekomstige topografie
- Grondcunterband
- Centerlijn weg
- Locatie aansluiting Rijks-wegenstaat
- Locatie sondering
- Locatie mechanische boring

Legenda A.C:
- Datatransport
- Laagspanning
- Middenspanning
- Hoogspanning
- Gas lage druk
- Gas hoge druk
- Water
- Riool vrijverval
- Riool onder druk
- Warmtetransport
- Buisleiding gevaarlijke inhoud
- Buisleiding gevaarlijke inhoud (Ammoniak)

Opmerkingenveld:
-
-
-

| Revisie | Omschrijving | Originator | Controle per | Goedgekeurd door | Datum |
|---|---|---|---|---|---|

ATRON Engineering
Advies & Intra

Project: 50kV KABEL KATTENBERG-PRESIKHAAF 1 EN 2 REC 50kV KBG-PSH SCHELMSEWEG
Locatie: N764 Putten
Titel: Horizontaal gestuurde boring t.b.v. 50kV 4x ØZ50mm PE100 SDR11 RLI-3022
Inhoud: Overzicht en dwarsprofiel

Opdrachtgever: Provincie Gelderland
Postbus 9030
6500 GM Nijmegen

Uitvoerder: Reebbus BV
Postbus 50
8920 AB Duiven

Beheerder: Reebbus BV
Postbus 50
8920 AB Duiven

Schaal: 1:200 / 1:20
Blad: 1
Bladen: 1
Formaat: Diverse
Versie: A0+
Ontwerpdatum: 16-03-2026
Status: CONCEPT

Tekening nr.: 5394-0126-01-BT01b

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:

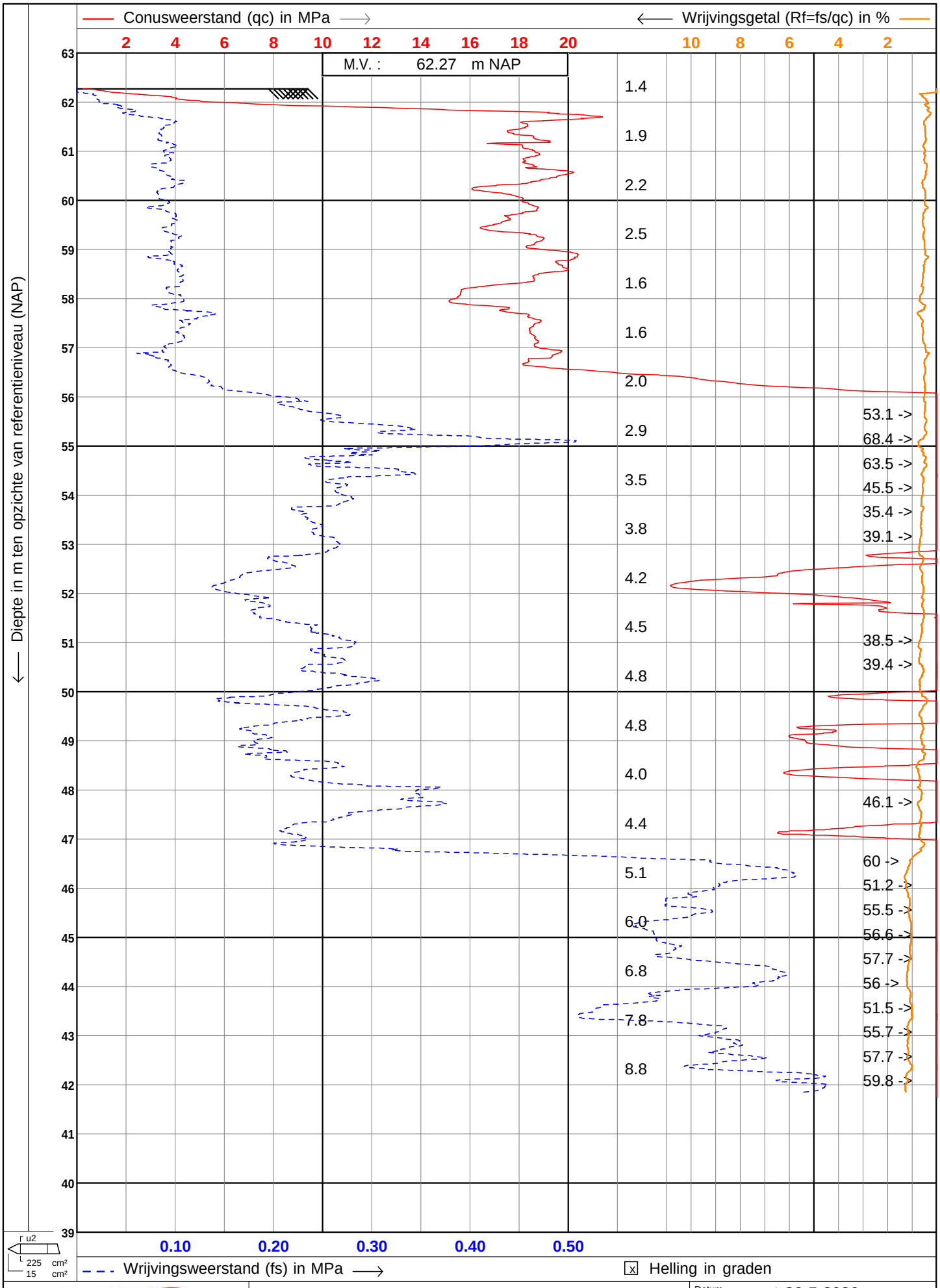
Sondering met kleefmeting

## Locaties monitoring

Handboring geotechnisch

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

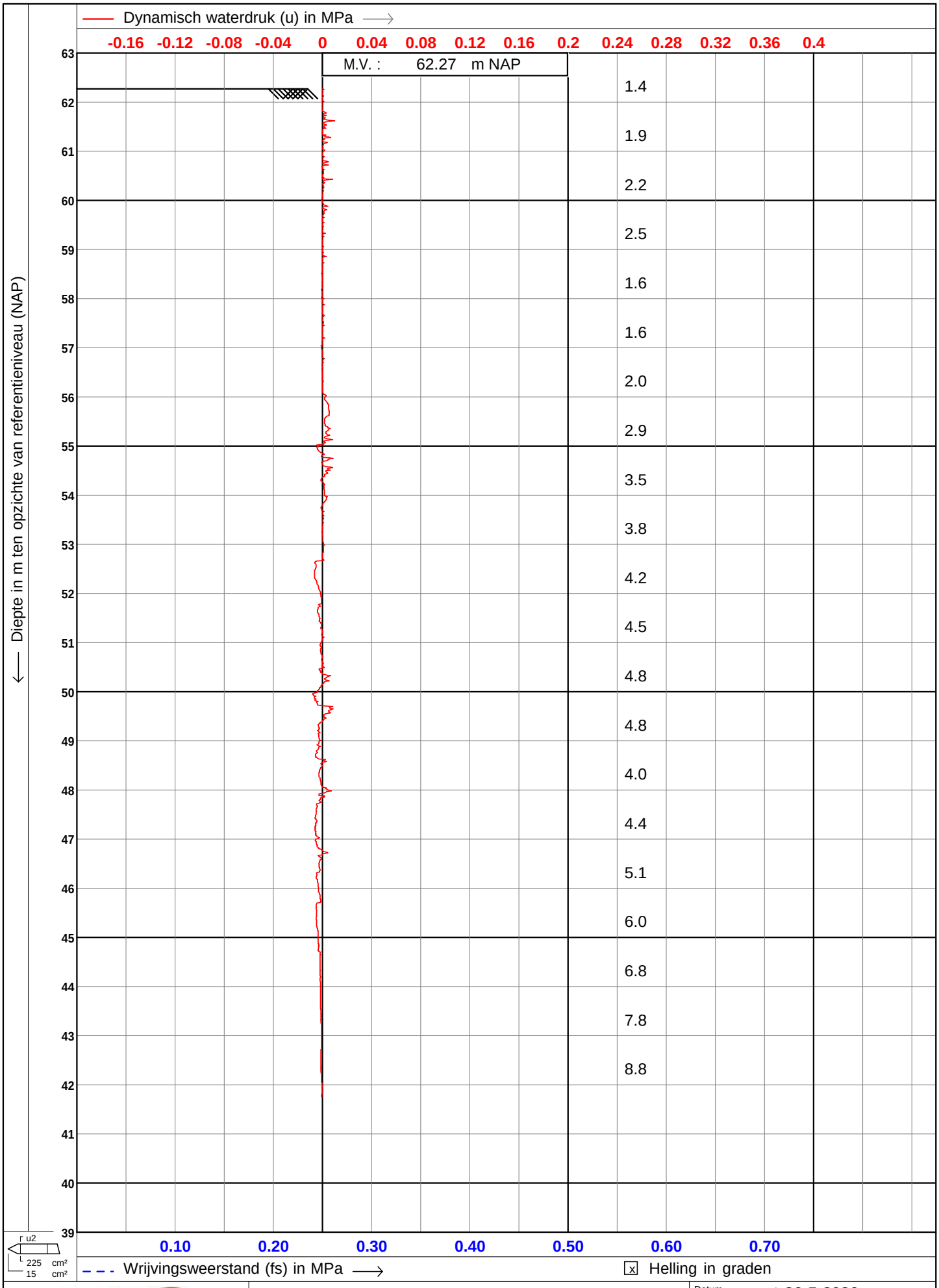





Test according ISO 22476-1

| | | |
|---|---|---|
| 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 |

# Legenda

## Project:

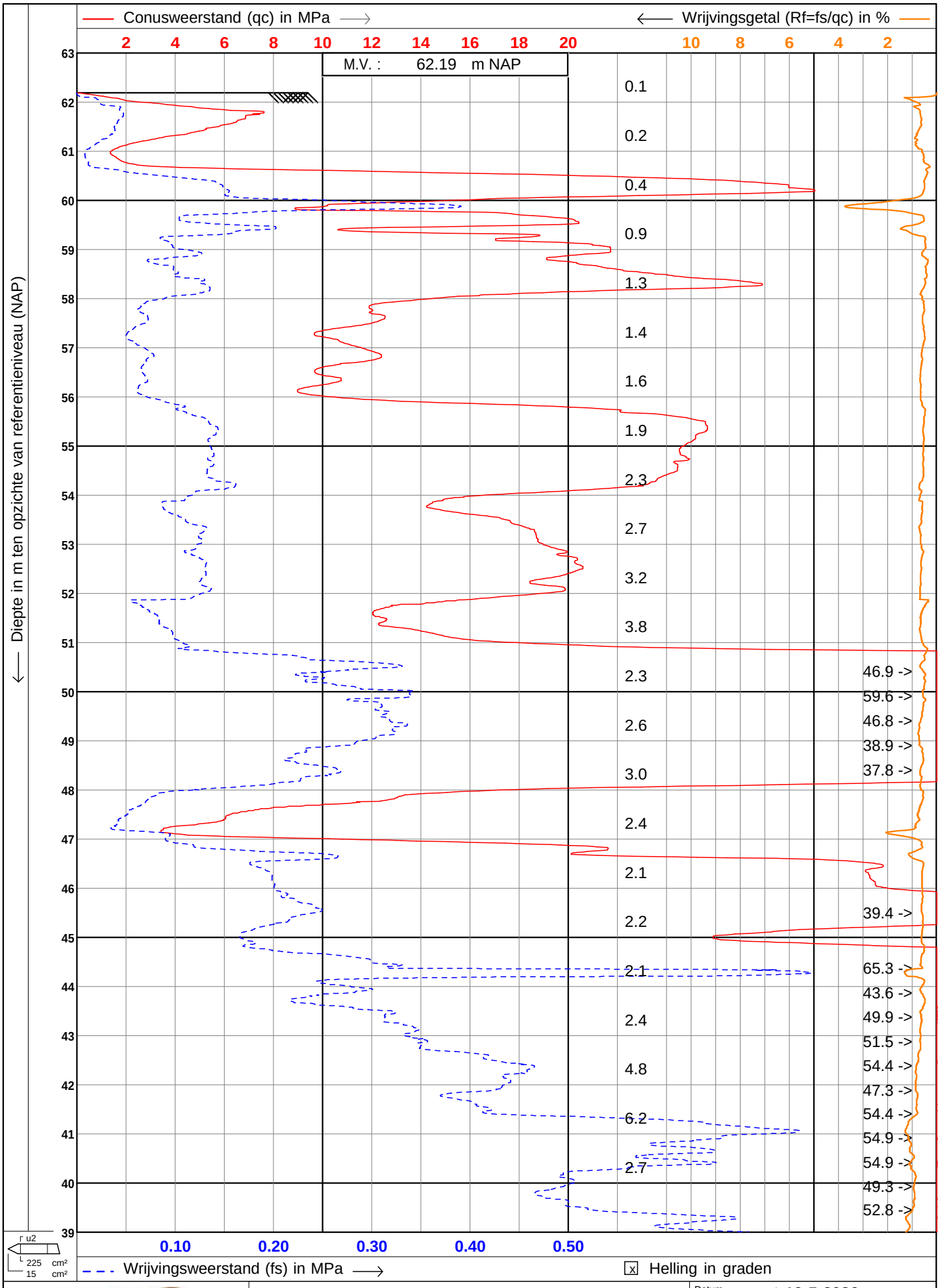
**B0957 – Arnhem**

## 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 |

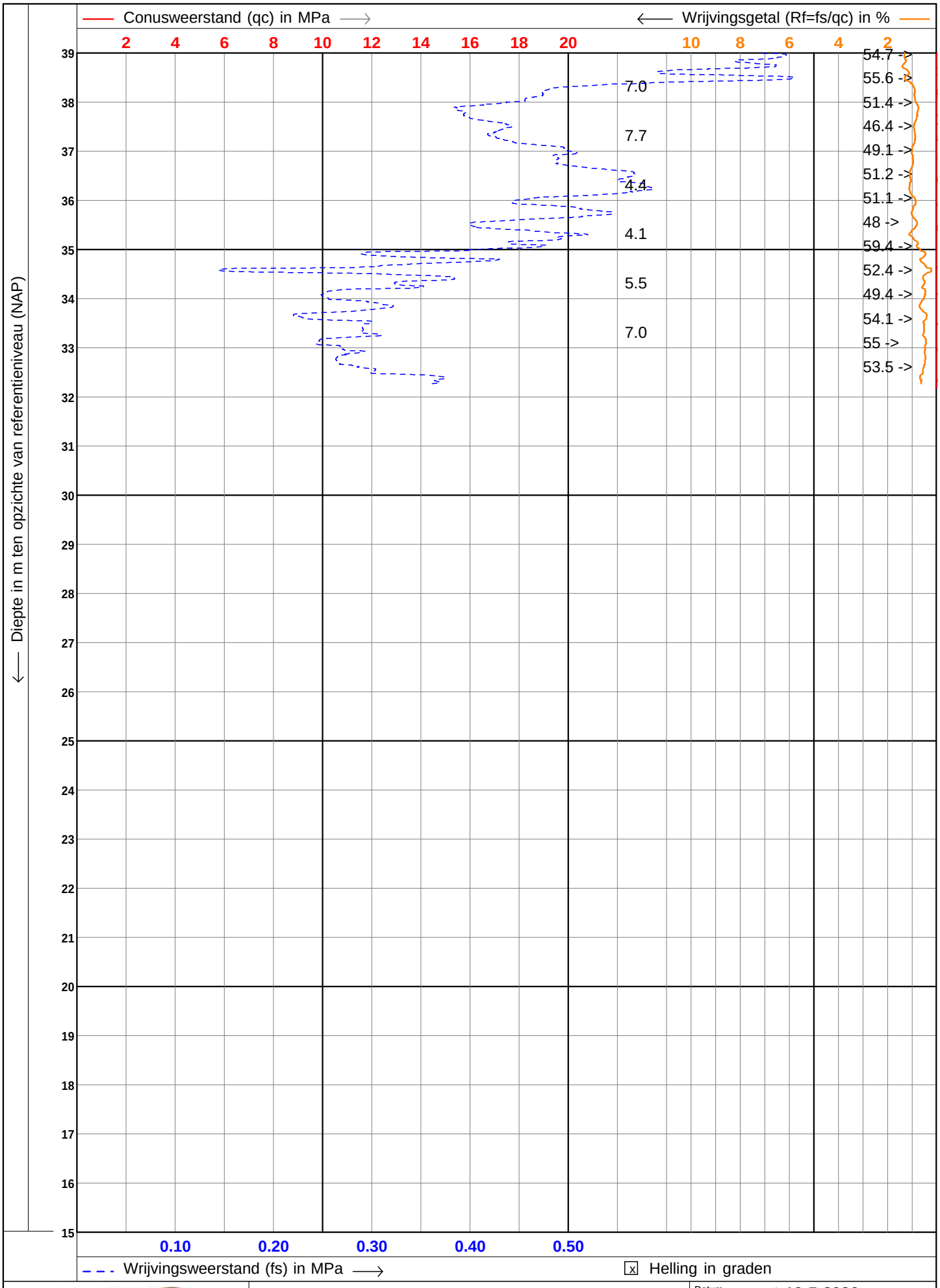





Test according ISO 22476-1

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

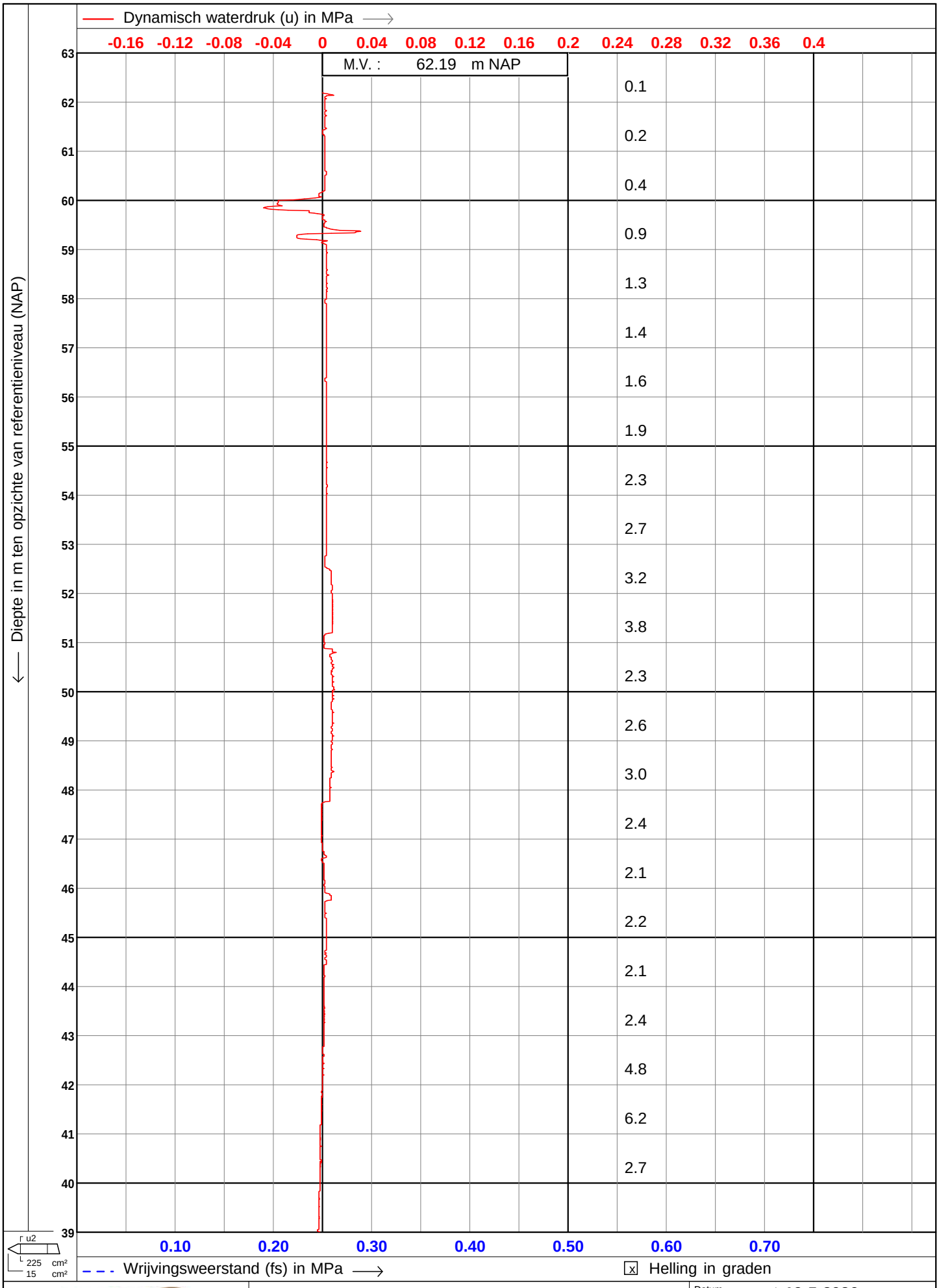
| | | |
|---|---|---|
| Datum | : | **19-5-2026** |
| Conusnr. | : | **DP15-CFPTXY.71457** |
| Projectnr. | : | **B0957** |
| Sondeernr. | : | **CPT02-2** |




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** |

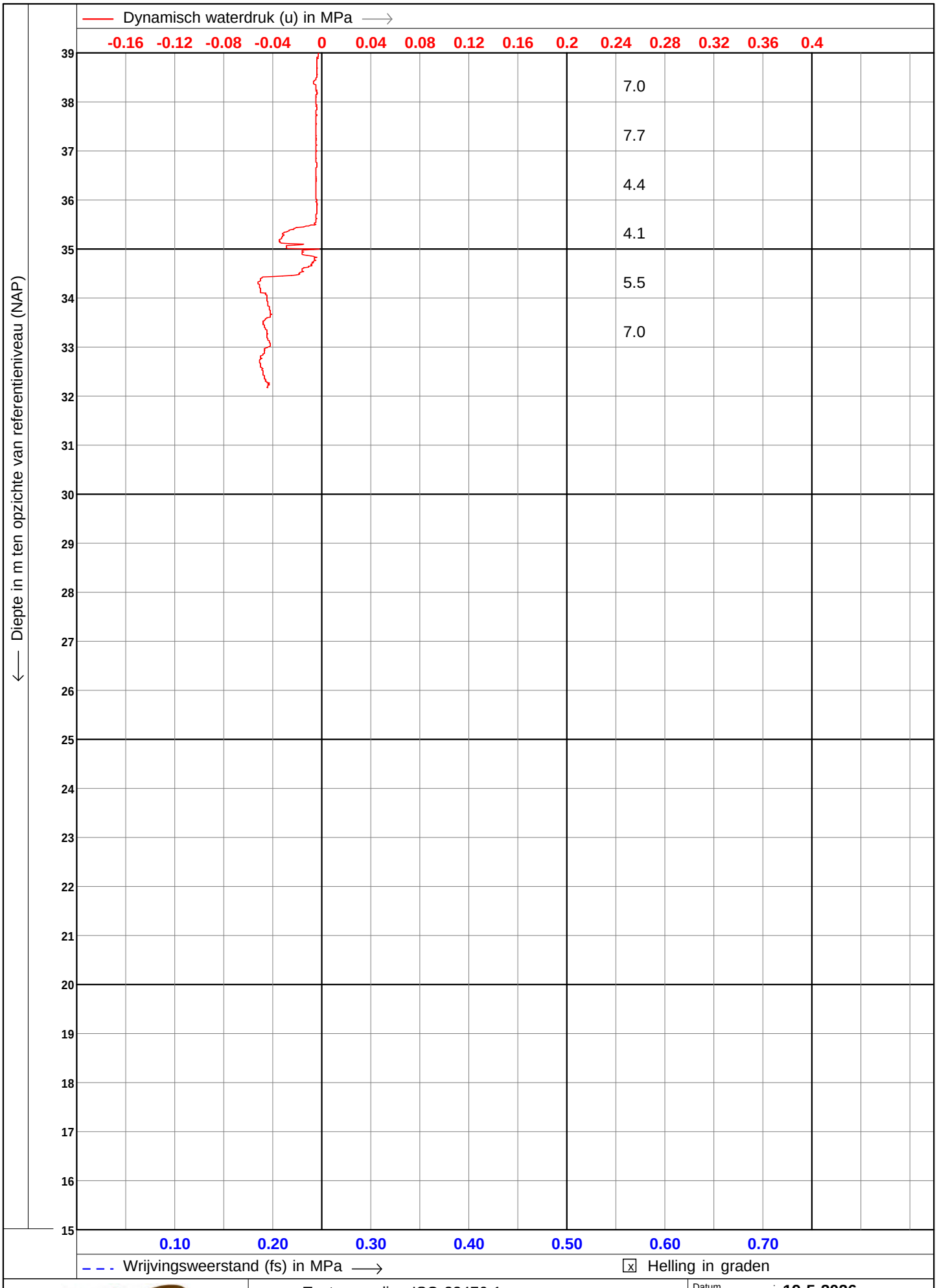



VWB bodem

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** |

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: | 6/4/2026 |
| Tijd van rapport: | 10:46:58 AM |
| Rapport met versie: | 24.1.2.1914 |
| Berekend met versie: | 24.1.2.1914 |
| Bestandsnaam: | 5394-BT01b |
| Projectbeschrijving: | 50kV KABEL KATTENBERG-PRESIKHAAF 1 EN 2 REC 50kV K<br>N784 - Schelmseweg te Arnhem<br>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 5
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 9
2.13 Gegevens voor Leidingberekening 10
2.14 Boorvloeistof Gegevens 11
2.15 Factoren 11
2.16 Rekenopties 11
3 Boorvloeistofdrukken 12
3.1 Boorvloeistof Gegevens 12
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 14
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 15
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 15
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 15
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 16
4 Grondmechanische Data 17
4.1 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 17
4.2 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 18
4.3 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 20
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 27
5.1 Algemene Gegevens 27
5.2 Ballasten Leiding 27
5.3 Trekkrachtberekening 27
6 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 29
6.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 29
6.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 29
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 29
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 30
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 30
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 30
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 30
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 31
6.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 32
7 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 33
7.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 33
7.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 33
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 33
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 34
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 34
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 34
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 34
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 35
7.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 36
8 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 37
8.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 37
8.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 37
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 37
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 38
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 38

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 38
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 38
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 39
8.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 40
9 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 41
9.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 41
9.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 41
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 41
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 42
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 42
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 42
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 42
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 43
9.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 44

# 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 | 42.420 | 102.600 | 168.950 |
| 5 - Z - | 62.230 | 62.230 | 62.130 | 61.780 | 61.560 |
| 5 - L - | 217.090 | 220.440 | 230.030 | 231.970 | 241.010 |
| 5 - Z - | 61.360 | 61.510 | 61.650 | 61.300 | 61.310 |
| 5 - L - | 249.670 | 257.850 | 294.760 | 306.020 | 312.170 |
| 5 - Z - | 61.210 | 61.250 | 61.250 | 61.410 | 61.430 |
| 5 - L - | 319.980 | 322.670 | 362.880 | 369.380 | 393.250 |
| 5 - Z - | 61.440 | 61.750 | 62.080 | 62.200 | 62.870 |
| 5 - L - | 409.960 | 425.880 | 440.000 | | |
| 5 - Z - | 63.410 | 63.410 | 63.410 | | |
| 4 - L - | -10.000 | 220.448 | 440.000 | | |
| 4 - Z - | 57.850 | 57.232 | 56.643 | | |
| 3 - L - | -10.000 | 220.448 | 440.000 | | |
| 3 - Z - | 56.071 | 57.232 | 56.643 | | |
| 2 - L - | -10.000 | 220.448 | 440.000 | | |
| 2 - Z - | 53.762 | 57.232 | 56.643 | | |
| 1 - L - | -10.000 | 220.448 | 440.000 | | |
| 1 - Z - | 51.046 | 57.232 | 56.643 | | |
| 0 - L - | -10.000 | 440.000 | | | |
| 0 - Z - | 35.000 | 35.000 | | | |

## 2.3 PN-Lijnen

| PN-lijnnummer | Coördinaten [m] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 - L - | -10.000 | 440.000 | | | |
| 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 | - | - |

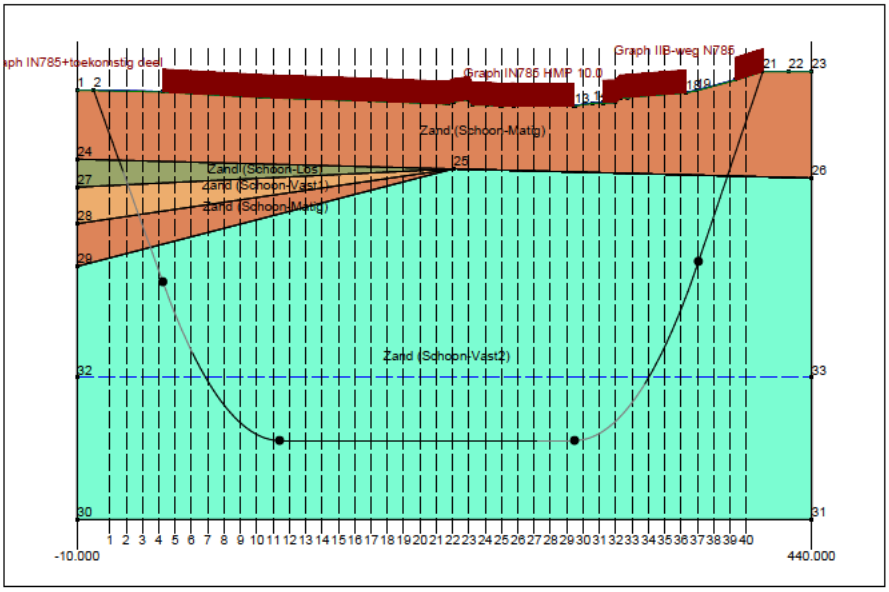
| Naam | Grondtype | Emod 100 [kN/m²] | Emod top [kN/m²] | Emod onder [kN/m²] |
|---|---|---|---|---|
| Zand (St Siltig kleiig1) | Zand | 15000.00 | - | - |
| Zand (St Siltig kleiig2) | Zand | 30000.00 | - | - |
| Leem (Zw zandig-sl... | Leem | 2000.00 | - | - |
| Leem (Zw zandig-sl... | Leem | 2000.00 | - | - |
| Leem (Zw zandig-M... | Leem | 3000.00 | - | - |
| Leem (Zw zandig-M... | Leem | 3000.00 | - | - |
| Leem (Zw zandig-V... | Leem | 5000.00 | - | - |
| Leem (Zw zandig-V... | Leem | 7000.00 | - | - |
| Leem (Sterk Zandig 1) | Leem | 3000.00 | - | - |
| Leem (Sterk Zandig 2) | Leem | 5000.00 | - | - |
| Klei (Schoon slap) | Klei | 1000.00 | - | - |
| Klei (Schoon Matig) | Klei | 2000.00 | - | - |
| Klei (Schoon Vast1) | Klei | 4000.00 | - | - |
| Klei (Schoon Vast2) | Klei | 10000.00 | - | - |
| Klei (Zw zandig Slap) | Klei | 1500.00 | - | - |
| Klei (Zw zandig Matig) | Klei | 2000.00 | - | - |
| Klei (Zw zandig Vast... | Klei | 5000.00 | - | - |
| Klei (Zw zandig Vast... | Klei | 10000.00 | - | - |
| Klei (Sterk zandig1) | Klei | 2000.00 | - | - |
| Klei (Sterk zandig2) | Klei | 5000.00 | - | - |
| Klei (Organisch Slap1) | Klei | 500.00 | - | - |
| Klei (Organisch Slap2) | Klei | 500.00 | - | - |
| Klei (Organisch Mati... | Klei | 1000.00 | - | - |
| Klei (Organisch Mati... | Klei | 2000.00 | - | - |
| Veen (niet vb Slap1) | Veen | 200.00 | - | - |
| Veen (niet vb Slap2) | Veen | 500.00 | - | - |
| Veen (Matig vb 1) | Veen | 500.00 | - | - |
| Veen (Matig vb 2) | Veen | 1000.00 | - | - |

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

| Naam | Adhesie A [kN/m²] | Delta D [gr] | Nu [-] |
|---|---|---|---|
| Klei (Zw zandig Vast... | - | - | 0.45 |
| Klei (Sterk zandig1) | - | - | 0.45 |
| Klei (Sterk zandig2) | - | - | 0.45 |
| Klei (Organisch Slap1) | - | - | 0.45 |
| Klei (Organisch Slap2) | - | - | 0.45 |
| Klei (Organisch Mati... | - | - | 0.45 |
| Klei (Organisch Mati... | - | - | 0.45 |
| Veen (niet vb Slap1) | - | - | 0.45 |
| Veen (niet vb Slap2) | - | - | 0.45 |
| Veen (Matig vb 1) | - | - | 0.45 |
| Veen (Matig vb 2) | - | - | 0.45 |

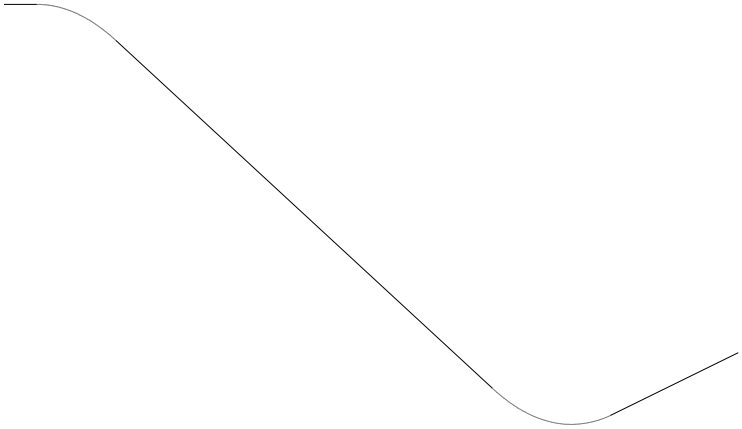
## 2.8 Geometrie

### 2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



### 2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht

**Bovenaanzicht**



## 2.9 Berekenings Verticalen

| Verticaal nr. | L-coörd. [m] | Z-coörd. [m] |
|---|---|---|
| 1 | 10.000 | 59.363 |
| 2 | 20.000 | 56.495 |
| 3 | 30.000 | 53.628 |
| 4 | 40.000 | 50.760 |
| 5 | 50.000 | 48.017 |
| 6 | 60.000 | 45.683 |
| 7 | 70.000 | 43.761 |
| 8 | 80.000 | 42.241 |
| 9 | 90.000 | 41.116 |
| 10 | 100.000 | 40.381 |
| 11 | 110.000 | 40.032 |
| 12 | 120.000 | 40.000 |
| 13 | 130.000 | 40.000 |
| 14 | 140.000 | 40.000 |
| 15 | 150.000 | 40.000 |
| 16 | 160.000 | 40.000 |
| 17 | 170.000 | 40.000 |
| 18 | 180.000 | 40.000 |
| 19 | 190.000 | 40.000 |
| 20 | 200.000 | 40.000 |
| 21 | 210.000 | 40.000 |
| 22 | 220.000 | 40.000 |
| 23 | 230.000 | 40.000 |
| 24 | 240.000 | 40.000 |
| 25 | 250.000 | 40.000 |
| 26 | 260.000 | 40.000 |
| 27 | 270.000 | 40.000 |
| 28 | 280.000 | 40.000 |
| 29 | 290.000 | 40.000 |
| 30 | 300.000 | 40.053 |

| Verticaal nr. | L-coörd. [m] | Z-coörd. [m] |
|---|---|---|
| 31 | 310.000 | 40.447 |
| 32 | 320.000 | 41.227 |
| 33 | 330.000 | 42.398 |
| 34 | 340.000 | 43.965 |
| 35 | 350.000 | 45.934 |
| 36 | 360.000 | 48.316 |
| 37 | 370.000 | 51.123 |
| 38 | 380.000 | 54.179 |
| 39 | 390.000 | 57.236 |
| 40 | 400.000 | 60.293 |

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

## 2.10 Verkeersbelasting

| | | |
|---|---|---|
| N785+toekomstig deel | | |
| L begin | 42.42 | [m] |
| L einde | 294.76 | [m] |
| Belastingsmodel (grafiektype) | Graph I | |
| N785 HMP 10.0 | | |
| L begin | 312.17 | [m] |
| L einde | 362.88 | [m] |
| Belastingsmodel (grafiektype) | Graph I | |
| B-weg N785 | | |
| L begin | 393.25 | [m] |
| L einde | 410.19 | [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 | 62.230 | [m] |
| X coördinaat rechter punt | 406.140 | [m] |
| Y coördinaat rechter punt | -37.080 | [m] |
| Z coördinaat rechter punt | 63.410 | [m] |
| Hoek links | 16.0000 | [gr] |
| Hoek rechts | 17.0000 | [gr] |
| Kromtestraal links | 260.000 | [m] |
| Kromtestraal rechts | 260.000 | [m] |
| Kromtestraal rollenbaan (intrekboog) | 100.000 | [m] |
| Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé) | 40.000 | [m] |
| Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen) | 0.0000 | [gr] |
| Aantal horizontale bochten | 2 | |

De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken.

| Bocht nr. | X1-coörd. [m] | Y1-coörd. [m] | X2-coörd. [m] | Y2-coörd. [m] | Kromtestraal [m] | Richting |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18.280 | 0.000 | 62.020 | -3.860 | 250.000 | links |
| 2 | 270.160 | -40.840 | 335.850 | -43.730 | 250.000 | rechts |

## 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 | 155 | 234 | 38 | 296 |
| 2 | 228 | 440 | 77 | 321 |
| 3 | 495 | 996 | 115 | 347 |
| 4 | 969 | 2144 | 153 | 372 |
| 5 | 1166 | 2590 | 190 | 396 |
| 6 | 1312 | 2918 | 222 | 416 |
| 7 | 1423 | 3162 | 250 | 431 |
| 8 | 1488 | 3289 | 273 | 441 |
| 9 | 1534 | 3378 | 292 | 448 |
| 10 | 1562 | 3431 | 306 | 450 |
| 11 | 1573 | 3451 | 316 | 447 |
| 12 | 1570 | 3444 | 323 | 441 |
| 13 | 1565 | 3433 | 329 | 435 |
| 14 | 1560 | 3423 | 335 | 429 |
| 15 | 1556 | 3412 | 341 | 423 |
| 16 | 1551 | 3401 | 348 | 417 |
| 17 | 1545 | 3389 | 354 | 410 |
| 18 | 1539 | 3376 | 360 | 404 |
| 19 | 1533 | 3362 | 366 | 398 |
| 20 | 1527 | 3348 | 372 | 392 |
| 21 | 1520 | 3334 | 378 | 386 |
| 22 | 1524 | 3341 | 385 | 379 |
| 23 | 1535 | 3367 | 391 | 373 |
| 24 | 1511 | 3313 | 397 | 367 |
| 25 | 1505 | 3299 | 403 | 361 |
| 26 | 1508 | 3306 | 409 | 355 |
| 27 | 1508 | 3306 | 416 | 349 |
| 28 | 1508 | 3307 | 422 | 342 |
| 29 | 1509 | 3308 | 428 | 336 |
| 30 | 1512 | 3316 | 434 | 329 |
| 31 | 1502 | 3298 | 435 | 319 |
| 32 | 1469 | 3234 | 433 | 304 |
| 33 | 1442 | 3189 | 426 | 285 |
| 34 | 1377 | 3064 | 415 | 261 |
| 35 | 1265 | 2815 | 400 | 233 |
| 36 | 1123 | 2498 | 380 | 200 |
| 37 | 952 | 2115 | 355 | 162 |
| 38 | 755 | 1585 | 327 | 122 |
| 39 | 270 | 536 | 300 | 82 |
| 40 | 153 | 228 | 272 | 41 |

| Verticaal nr. | Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Max, deformatie | Max, gronddruk | Min, links | Min, rechts |
| 1 | 155 | 172 | 34 | 38 |
| 2 | 230 | 404 | 68 | 77 |
| 3 | 503 | 902 | 101 | 115 |
| 4 | 948 | 1862 | 135 | 153 |
| 5 | 1159 | 2479 | 168 | 190 |
| 6 | 1308 | 2906 | 196 | 222 |
| 7 | 1420 | 3153 | 219 | 250 |
| 8 | 1486 | 3282 | 238 | 273 |
| 9 | 1532 | 3372 | 252 | 292 |
| 10 | 1560 | 3426 | 262 | 306 |
| 11 | 1571 | 3447 | 268 | 316 |
| 12 | 1568 | 3440 | 270 | 316 |

| Verticaal nr. | Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Max, deformatie | Max, gronddruk | Min, links | Min, rechts |
| 13 | 1564 | 3430 | 272 | 314 |
| 14 | 1559 | 3419 | 274 | 312 |
| 15 | 1554 | 3409 | 276 | 310 |
| 16 | 1549 | 3398 | 278 | 308 |
| 17 | 1544 | 3386 | 280 | 306 |
| 18 | 1538 | 3373 | 282 | 304 |
| 19 | 1532 | 3360 | 284 | 302 |
| 20 | 1526 | 3346 | 285 | 301 |
| 21 | 1519 | 3331 | 287 | 299 |
| 22 | 1523 | 3339 | 289 | 297 |
| 23 | 1534 | 3365 | 291 | 295 |
| 24 | 1510 | 3311 | 293 | 293 |
| 25 | 1504 | 3297 | 295 | 291 |
| 26 | 1507 | 3304 | 297 | 289 |
| 27 | 1507 | 3304 | 299 | 287 |
| 28 | 1508 | 3305 | 301 | 285 |
| 29 | 1508 | 3306 | 303 | 283 |
| 30 | 1511 | 3314 | 304 | 281 |
| 31 | 1501 | 3296 | 301 | 275 |
| 32 | 1468 | 3231 | 295 | 264 |
| 33 | 1441 | 3186 | 284 | 249 |
| 34 | 1376 | 3060 | 261 | 230 |
| 35 | 1264 | 2810 | 233 | 206 |
| 36 | 1121 | 2421 | 200 | 178 |
| 37 | 948 | 1887 | 162 | 144 |
| 38 | 745 | 1266 | 122 | 108 |
| 39 | 270 | 453 | 82 | 73 |
| 40 | 153 | 167 | 41 | 37 |

| Verticaal nr. | Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Max, deformatie | Max, gronddruk | Min, links | Min, rechts |
| 1 | 122 | 122 | 34 | 34 |
| 2 | 234 | 330 | 68 | 68 |
| 3 | 516 | 730 | 102 | 101 |
| 4 | 913 | 1426 | 136 | 135 |
| 5 | 1147 | 2045 | 169 | 168 |
| 6 | 1301 | 2519 | 197 | 196 |
| 7 | 1415 | 2875 | 221 | 219 |
| 8 | 1482 | 3081 | 240 | 238 |
| 9 | 1529 | 3223 | 254 | 252 |
| 10 | 1557 | 3309 | 265 | 262 |
| 11 | 1569 | 3346 | 271 | 268 |
| 12 | 1566 | 3343 | 273 | 270 |
| 13 | 1561 | 3335 | 275 | 272 |
| 14 | 1557 | 3327 | 277 | 274 |
| 15 | 1552 | 3318 | 280 | 276 |
| 16 | 1547 | 3310 | 282 | 278 |
| 17 | 1542 | 3301 | 284 | 280 |
| 18 | 1536 | 3290 | 286 | 282 |
| 19 | 1531 | 3279 | 288 | 284 |
| 20 | 1524 | 3268 | 290 | 285 |
| 21 | 1518 | 3256 | 292 | 287 |
| 22 | 1521 | 3271 | 295 | 289 |
| 23 | 1533 | 3300 | 295 | 291 |
| 24 | 1509 | 3238 | 293 | 293 |
| 25 | 1502 | 3220 | 291 | 295 |
| 26 | 1506 | 3228 | 289 | 293 |
| 27 | 1506 | 3228 | 287 | 291 |
| 28 | 1506 | 3228 | 285 | 288 |
| 29 | 1507 | 3229 | 283 | 286 |
| 30 | 1510 | 3236 | 281 | 284 |
| 31 | 1500 | 3205 | 275 | 277 |

| Verticaal nr. | Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Max, deformatie | Max, gronddruk | Min, links | Min, rechts |
| 32 | 1466 | 3109 | 264 | 266 |
| 33 | 1439 | 3025 | 249 | 251 |
| 34 | 1373 | 2827 | 230 | 231 |
| 35 | 1261 | 2474 | 206 | 207 |
| 36 | 1117 | 2022 | 178 | 179 |
| 37 | 941 | 1483 | 144 | 145 |
| 38 | 728 | 921 | 108 | 109 |
| 39 | 270 | 351 | 73 | 73 |
| 40 | 119 | 119 | 37 | 37 |

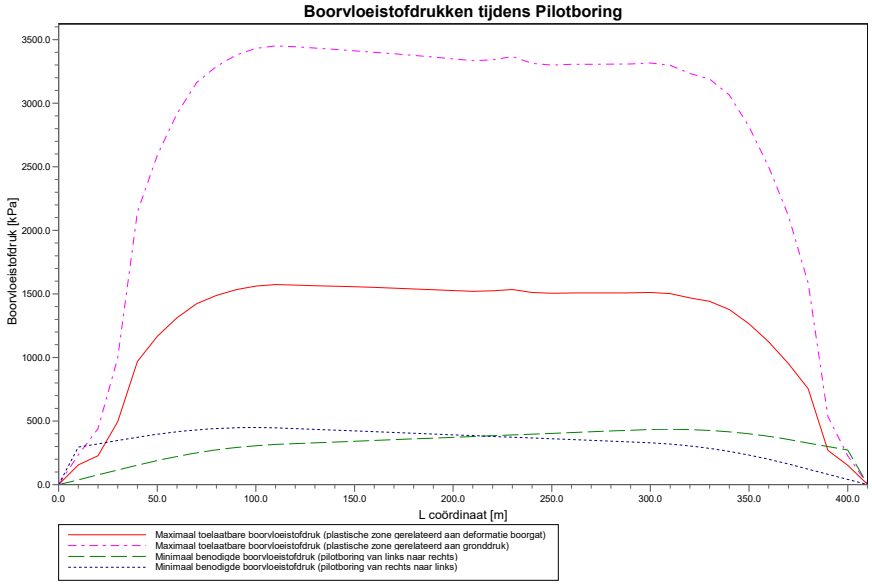
### 3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

| 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 | 158 | 0 | - | voldoet |
| 6 | 184 | 0 | - | voldoet |
| 7 | 206 | 2 | 86.39 | voldoet |
| 8 | 223 | 18 | 12.70 | voldoet |
| 9 | 236 | 29 | 8.19 | voldoet |
| 10 | 245 | 36 | 6.76 | voldoet |
| 11 | 249 | 40 | 6.28 | voldoet |
| 12 | 250 | 40 | 6.25 | voldoet |
| 13 | 250 | 40 | 6.26 | voldoet |
| 14 | 251 | 40 | 6.27 | voldoet |
| 15 | 251 | 40 | 6.28 | voldoet |
| 16 | 251 | 40 | 6.29 | voldoet |
| 17 | 252 | 40 | 6.30 | voldoet |
| 18 | 252 | 40 | 6.31 | voldoet |
| 19 | 253 | 40 | 6.32 | voldoet |
| 20 | 253 | 40 | 6.33 | voldoet |
| 21 | 253 | 40 | 6.34 | voldoet |
| 22 | 254 | 40 | 6.35 | voldoet |
| 23 | 254 | 40 | 6.36 | voldoet |
| 24 | 255 | 40 | 6.37 | voldoet |
| 25 | 255 | 40 | 6.38 | voldoet |
| 26 | 255 | 40 | 6.39 | voldoet |
| 27 | 256 | 40 | 6.40 | voldoet |
| 28 | 256 | 40 | 6.41 | voldoet |
| 29 | 257 | 40 | 6.42 | voldoet |
| 30 | 256 | 39 | 6.50 | voldoet |
| 31 | 252 | 36 | 7.11 | voldoet |
| 32 | 244 | 28 | 8.81 | voldoet |
| 33 | 232 | 16 | 14.46 | voldoet |
| 34 | 215 | 0 | 612.21 | voldoet |
| 35 | 193 | 0 | - | voldoet |
| 36 | 167 | 0 | - | voldoet |
| 37 | 136 | 0 | - | voldoet |
| 38 | 102 | 0 | - | voldoet |
| 39 | 69 | 0 | - | voldoet |
| 40 | 35 | 0 | - | voldoet |

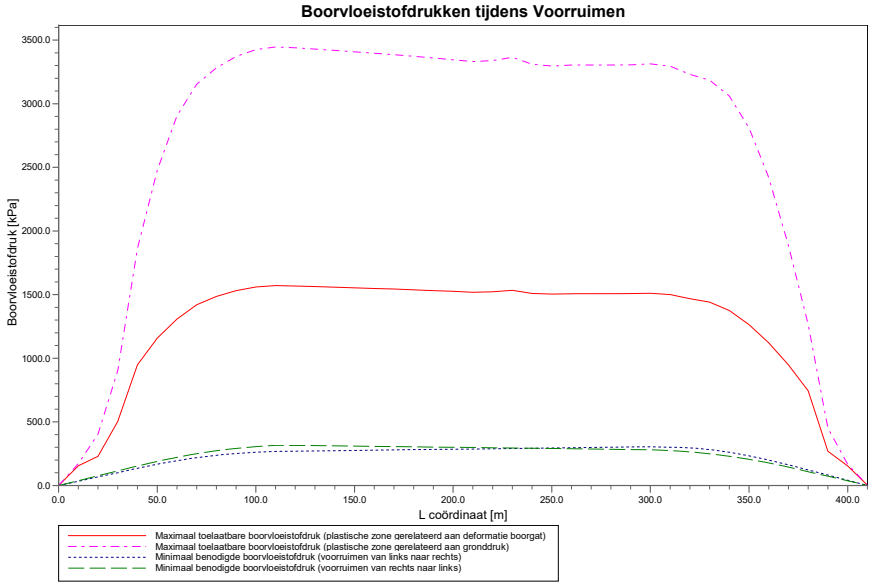
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

## 3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

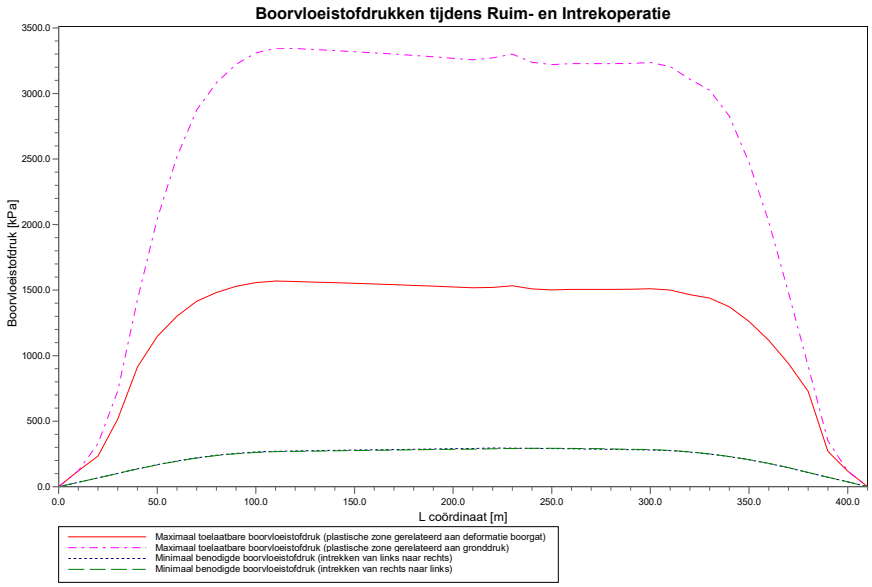
### 3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring




### 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 | 210 | 49 | 32 | 49 | 0 | 1752 |
| 2 | 594 | 99 | 15 | 23 | 0 | 4042 |
| 3 | 1314 | 152 | 15 | 24 | 0 | 5366 |
| 4 | 2878 | 206 | 15 | 24 | 0 | 18020 |
| 5 | 3513 | 261 | 16 | 24 | 3 | 22746 |
| 6 | 4024 | 307 | 16 | 25 | 3 | 26748 |
| 7 | 4409 | 344 | 16 | 25 | 3 | 29868 |
| 8 | 4597 | 362 | 15 | 24 | 2 | 31407 |
| 9 | 4734 | 375 | 15 | 24 | 2 | 32533 |
| 10 | 4820 | 383 | 15 | 23 | 2 | 33253 |
| 11 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33599 |
| 12 | 4864 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33625 |
| 13 | 4863 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33618 |
| 14 | 4862 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33611 |
| 15 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33603 |
| 16 | 4860 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33596 |
| 17 | 4859 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33588 |
| 18 | 4857 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33567 |
| 19 | 4854 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33547 |
| 20 | 4852 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33526 |
| 21 | 4849 | 386 | 15 | 24 | 2 | 33506 |
| 22 | 4873 | 388 | 15 | 24 | 2 | 33708 |
| 23 | 4902 | 391 | 15 | 24 | 2 | 33954 |
| 24 | 4839 | 385 | 15 | 24 | 2 | 33418 |
| 25 | 4820 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33261 |
| 26 | 4827 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33316 |
| 27 | 4826 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33312 |
| 28 | 4826 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33307 |
| 29 | 4825 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33302 |
| 30 | 4832 | 384 | 15 | 24 | 0 | 33359 |
| 31 | 4800 | 381 | 15 | 24 | 0 | 33098 |
| 32 | 4706 | 372 | 15 | 24 | 2 | 32310 |
| 33 | 4626 | 364 | 16 | 24 | 2 | 31659 |
| 34 | 4442 | 347 | 16 | 25 | 3 | 30104 |
| 35 | 4038 | 309 | 16 | 25 | 3 | 26882 |
| 36 | 3526 | 262 | 16 | 25 | 3 | 22873 |
| 37 | 2904 | 209 | 16 | 25 | 0 | 18250 |
| 38 | 1656 | 153 | 16 | 24 | 0 | 13384 |
| 39 | 734 | 98 | 15 | 23 | 0 | 5208 |
| 40 | 203 | 48 | 31 | 48 | 7 | 1721 |

| 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 | 413 | 97832 | 72072 | 68482 | 0.05 | 7.5 |
| 2 | 594 | 213229 | 40694 | 149260 | 0.05 | 7.5 |
| 3 | 1314 | 165934 | 206897 | 116154 | 0.05 | 7.5 |
| 4 | 2878 | 524577 | 484085 | 367204 | 0.05 | 7.5 |
| 5 | 3513 | 592395 | 555868 | 414677 | 0.05 | 7.5 |
| 6 | 4024 | 645322 | 611315 | 451725 | 0.05 | 7.5 |
| 7 | 4409 | 678040 | 653562 | 474628 | 0.05 | 7.5 |
| 8 | 4597 | 696731 | 677728 | 487712 | 0.05 | 7.5 |
| 9 | 4734 | 710173 | 691462 | 497121 | 0.05 | 7.5 |
| 10 | 4820 | 718662 | 700130 | 503064 | 0.05 | 7.5 |
| 11 | 4861 | 722717 | 704269 | 505902 | 0.05 | 7.5 |
| 12 | 4864 | 723020 | 704578 | 506114 | 0.05 | 7.5 |
| 13 | 4863 | 722935 | 704492 | 506055 | 0.05 | 7.5 |
| 14 | 4862 | 722851 | 704406 | 505996 | 0.05 | 7.5 |
| 15 | 4861 | 722767 | 704320 | 505937 | 0.05 | 7.5 |
| 16 | 4860 | 722683 | 704234 | 505878 | 0.05 | 7.5 |
| 17 | 4859 | 722583 | 704132 | 505808 | 0.05 | 7.5 |
| 18 | 4857 | 722345 | 703890 | 505642 | 0.05 | 7.5 |
| 19 | 4854 | 722108 | 703647 | 505475 | 0.05 | 7.5 |
| 20 | 4852 | 721870 | 703405 | 505309 | 0.05 | 7.5 |
| 21 | 4849 | 721633 | 703162 | 505143 | 0.05 | 7.5 |
| 22 | 4873 | 723995 | 705574 | 506797 | 0.05 | 7.5 |
| 23 | 4902 | 726867 | 708504 | 508807 | 0.05 | 7.5 |
| 24 | 4839 | 720598 | 702106 | 504418 | 0.05 | 7.5 |
| 25 | 4820 | 718761 | 700231 | 503133 | 0.05 | 7.5 |
| 26 | 4827 | 719410 | 700894 | 503587 | 0.05 | 7.5 |
| 27 | 4826 | 719355 | 700838 | 503549 | 0.05 | 7.5 |
| 28 | 4826 | 719301 | 700782 | 503511 | 0.05 | 7.5 |
| 29 | 4825 | 719246 | 700726 | 503472 | 0.05 | 7.5 |
| 30 | 4832 | 719912 | 701407 | 503939 | 0.05 | 7.5 |
| 31 | 4800 | 716846 | 698276 | 501792 | 0.05 | 7.5 |
| 32 | 4706 | 707533 | 688765 | 495273 | 0.05 | 7.5 |
| 33 | 4626 | 699778 | 680842 | 489844 | 0.05 | 7.5 |
| 34 | 4442 | 681506 | 655836 | 477054 | 0.05 | 7.5 |
| 35 | 4038 | 647060 | 613129 | 452942 | 0.05 | 7.5 |
| 36 | 3526 | 594156 | 557719 | 415909 | 0.05 | 7.5 |
| 37 | 2904 | 528089 | 487828 | 369662 | 0.05 | 7.5 |
| 38 | 2195 | 450482 | 404270 | 315337 | 0.05 | 7.5 |
| 39 | 878 | 300500 | 114859 | 210350 | 0.05 | 7.5 |
| 40 | 404 | 97085 | 71096 | 67959 | 0.05 | 7.5 |

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 391 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 56 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 49 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 726867 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1453733 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 | 210 | 49 | 32 | 49 | 0 | 1752 |
| 2 | 594 | 99 | 15 | 23 | 0 | 4042 |
| 3 | 1314 | 152 | 15 | 24 | 0 | 5366 |
| 4 | 2878 | 206 | 15 | 24 | 0 | 18020 |
| 5 | 3513 | 261 | 16 | 24 | 3 | 22746 |
| 6 | 4024 | 307 | 16 | 25 | 3 | 26748 |
| 7 | 4409 | 344 | 16 | 25 | 3 | 29868 |
| 8 | 4597 | 362 | 15 | 24 | 2 | 31407 |
| 9 | 4734 | 375 | 15 | 24 | 2 | 32533 |
| 10 | 4820 | 383 | 15 | 23 | 2 | 33253 |
| 11 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33599 |
| 12 | 4864 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33625 |
| 13 | 4863 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33618 |
| 14 | 4862 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33611 |
| 15 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33603 |
| 16 | 4860 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33596 |
| 17 | 4859 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33588 |
| 18 | 4857 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33567 |
| 19 | 4854 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33547 |
| 20 | 4852 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33526 |
| 21 | 4849 | 386 | 15 | 24 | 2 | 33506 |
| 22 | 4873 | 388 | 15 | 24 | 2 | 33708 |
| 23 | 4902 | 391 | 15 | 24 | 2 | 33954 |
| 24 | 4839 | 385 | 15 | 24 | 2 | 33418 |
| 25 | 4820 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33261 |
| 26 | 4827 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33316 |
| 27 | 4826 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33312 |
| 28 | 4826 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33307 |
| 29 | 4825 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33302 |
| 30 | 4832 | 384 | 15 | 24 | 0 | 33359 |
| 31 | 4800 | 381 | 15 | 24 | 0 | 33098 |
| 32 | 4706 | 372 | 15 | 24 | 2 | 32310 |
| 33 | 4626 | 364 | 16 | 24 | 2 | 31659 |
| 34 | 4442 | 347 | 16 | 25 | 3 | 30104 |
| 35 | 4038 | 309 | 16 | 25 | 3 | 26882 |
| 36 | 3526 | 262 | 16 | 25 | 3 | 22873 |
| 37 | 2904 | 209 | 16 | 25 | 0 | 18250 |
| 38 | 1656 | 153 | 16 | 24 | 0 | 13384 |
| 39 | 734 | 98 | 15 | 23 | 0 | 5208 |
| 40 | 203 | 48 | 31 | 48 | 7 | 1721 |

| 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 | 413 | 97832 | 72072 | 68482 | 0.05 | 7.5 |
| 2 | 594 | 213229 | 40694 | 149260 | 0.05 | 7.5 |
| 3 | 1314 | 165934 | 206897 | 116154 | 0.05 | 7.5 |
| 4 | 2878 | 524577 | 484085 | 367204 | 0.05 | 7.5 |
| 5 | 3513 | 592395 | 555868 | 414677 | 0.05 | 7.5 |
| 6 | 4024 | 645322 | 611315 | 451725 | 0.05 | 7.5 |
| 7 | 4409 | 678040 | 653562 | 474628 | 0.05 | 7.5 |
| 8 | 4597 | 696731 | 677728 | 487712 | 0.05 | 7.5 |
| 9 | 4734 | 710173 | 691462 | 497121 | 0.05 | 7.5 |
| 10 | 4820 | 718662 | 700130 | 503064 | 0.05 | 7.5 |
| 11 | 4861 | 722717 | 704269 | 505902 | 0.05 | 7.5 |
| 12 | 4864 | 723020 | 704578 | 506114 | 0.05 | 7.5 |
| 13 | 4863 | 722935 | 704492 | 506055 | 0.05 | 7.5 |
| 14 | 4862 | 722851 | 704406 | 505996 | 0.05 | 7.5 |
| 15 | 4861 | 722767 | 704320 | 505937 | 0.05 | 7.5 |
| 16 | 4860 | 722683 | 704234 | 505878 | 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] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 4859 | 722583 | 704132 | 505808 | 0.05 | 7.5 |
| 18 | 4857 | 722345 | 703890 | 505642 | 0.05 | 7.5 |
| 19 | 4854 | 722108 | 703647 | 505475 | 0.05 | 7.5 |
| 20 | 4852 | 721870 | 703405 | 505309 | 0.05 | 7.5 |
| 21 | 4849 | 721633 | 703162 | 505143 | 0.05 | 7.5 |
| 22 | 4873 | 723995 | 705574 | 506797 | 0.05 | 7.5 |
| 23 | 4902 | 726867 | 708504 | 508807 | 0.05 | 7.5 |
| 24 | 4839 | 720598 | 702106 | 504418 | 0.05 | 7.5 |
| 25 | 4820 | 718761 | 700231 | 503133 | 0.05 | 7.5 |
| 26 | 4827 | 719410 | 700894 | 503587 | 0.05 | 7.5 |
| 27 | 4826 | 719355 | 700838 | 503549 | 0.05 | 7.5 |
| 28 | 4826 | 719301 | 700782 | 503511 | 0.05 | 7.5 |
| 29 | 4825 | 719246 | 700726 | 503472 | 0.05 | 7.5 |
| 30 | 4832 | 719912 | 701407 | 503939 | 0.05 | 7.5 |
| 31 | 4800 | 716846 | 698276 | 501792 | 0.05 | 7.5 |
| 32 | 4706 | 707533 | 688765 | 495273 | 0.05 | 7.5 |
| 33 | 4626 | 699778 | 680842 | 489844 | 0.05 | 7.5 |
| 34 | 4442 | 681506 | 655836 | 477054 | 0.05 | 7.5 |
| 35 | 4038 | 647060 | 613129 | 452942 | 0.05 | 7.5 |
| 36 | 3526 | 594156 | 557719 | 415909 | 0.05 | 7.5 |
| 37 | 2904 | 528089 | 487828 | 369662 | 0.05 | 7.5 |
| 38 | 2195 | 450482 | 404270 | 315337 | 0.05 | 7.5 |
| 39 | 878 | 300500 | 114859 | 210350 | 0.05 | 7.5 |
| 40 | 404 | 97085 | 71096 | 67959 | 0.05 | 7.5 |

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 391 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 56 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 49 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 726867 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1453733 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 | 210 | 49 | 32 | 49 | 0 | 1752 |
| 2 | 594 | 99 | 15 | 23 | 0 | 4042 |
| 3 | 1314 | 152 | 15 | 24 | 0 | 5366 |
| 4 | 2878 | 206 | 15 | 24 | 0 | 18020 |
| 5 | 3513 | 261 | 16 | 24 | 3 | 22746 |
| 6 | 4024 | 307 | 16 | 25 | 3 | 26748 |
| 7 | 4409 | 344 | 16 | 25 | 3 | 29868 |
| 8 | 4597 | 362 | 15 | 24 | 2 | 31407 |
| 9 | 4734 | 375 | 15 | 24 | 2 | 32533 |
| 10 | 4820 | 383 | 15 | 23 | 2 | 33253 |

| 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] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33599 |
| 12 | 4864 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33625 |
| 13 | 4863 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33618 |
| 14 | 4862 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33611 |
| 15 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33603 |
| 16 | 4860 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33596 |
| 17 | 4859 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33588 |
| 18 | 4857 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33567 |
| 19 | 4854 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33547 |
| 20 | 4852 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33526 |
| 21 | 4849 | 386 | 15 | 24 | 2 | 33506 |
| 22 | 4873 | 388 | 15 | 24 | 2 | 33708 |
| 23 | 4902 | 391 | 15 | 24 | 2 | 33954 |
| 24 | 4839 | 385 | 15 | 24 | 2 | 33418 |
| 25 | 4820 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33261 |
| 26 | 4827 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33316 |
| 27 | 4826 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33312 |
| 28 | 4826 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33307 |
| 29 | 4825 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33302 |
| 30 | 4832 | 384 | 15 | 24 | 0 | 33359 |
| 31 | 4800 | 381 | 15 | 24 | 0 | 33098 |
| 32 | 4706 | 372 | 15 | 24 | 2 | 32310 |
| 33 | 4626 | 364 | 16 | 24 | 2 | 31659 |
| 34 | 4442 | 347 | 16 | 25 | 3 | 30104 |
| 35 | 4038 | 309 | 16 | 25 | 3 | 26882 |
| 36 | 3526 | 262 | 16 | 25 | 3 | 22873 |
| 37 | 2904 | 209 | 16 | 25 | 0 | 18250 |
| 38 | 1656 | 153 | 16 | 24 | 0 | 13384 |
| 39 | 734 | 98 | 15 | 23 | 0 | 5208 |
| 40 | 203 | 48 | 31 | 48 | 7 | 1721 |

| 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 | 413 | 97832 | 72072 | 68482 | 0.05 | 7.5 |
| 2 | 594 | 213229 | 40694 | 149260 | 0.05 | 7.5 |
| 3 | 1314 | 165934 | 206897 | 116154 | 0.05 | 7.5 |
| 4 | 2878 | 524577 | 484085 | 367204 | 0.05 | 7.5 |
| 5 | 3513 | 592395 | 555868 | 414677 | 0.05 | 7.5 |
| 6 | 4024 | 645322 | 611315 | 451725 | 0.05 | 7.5 |
| 7 | 4409 | 678040 | 653562 | 474628 | 0.05 | 7.5 |
| 8 | 4597 | 696731 | 677728 | 487712 | 0.05 | 7.5 |
| 9 | 4734 | 710173 | 691462 | 497121 | 0.05 | 7.5 |
| 10 | 4820 | 718662 | 700130 | 503064 | 0.05 | 7.5 |
| 11 | 4861 | 722717 | 704269 | 505902 | 0.05 | 7.5 |
| 12 | 4864 | 723020 | 704578 | 506114 | 0.05 | 7.5 |
| 13 | 4863 | 722935 | 704492 | 506055 | 0.05 | 7.5 |
| 14 | 4862 | 722851 | 704406 | 505996 | 0.05 | 7.5 |
| 15 | 4861 | 722767 | 704320 | 505937 | 0.05 | 7.5 |
| 16 | 4860 | 722683 | 704234 | 505878 | 0.05 | 7.5 |
| 17 | 4859 | 722583 | 704132 | 505808 | 0.05 | 7.5 |
| 18 | 4857 | 722345 | 703890 | 505642 | 0.05 | 7.5 |
| 19 | 4854 | 722108 | 703647 | 505475 | 0.05 | 7.5 |
| 20 | 4852 | 721870 | 703405 | 505309 | 0.05 | 7.5 |
| 21 | 4849 | 721633 | 703162 | 505143 | 0.05 | 7.5 |
| 22 | 4873 | 723995 | 705574 | 506797 | 0.05 | 7.5 |
| 23 | 4902 | 726867 | 708504 | 508807 | 0.05 | 7.5 |
| 24 | 4839 | 720598 | 702106 | 504418 | 0.05 | 7.5 |
| 25 | 4820 | 718761 | 700231 | 503133 | 0.05 | 7.5 |
| 26 | 4827 | 719410 | 700894 | 503587 | 0.05 | 7.5 |
| 27 | 4826 | 719355 | 700838 | 503549 | 0.05 | 7.5 |
| 28 | 4826 | 719301 | 700782 | 503511 | 0.05 | 7.5 |
| 29 | 4825 | 719246 | 700726 | 503472 | 0.05 | 7.5 |
| 30 | 4832 | 719912 | 701407 | 503939 | 0.05 | 7.5 |
| 31 | 4800 | 716846 | 698276 | 501792 | 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] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 4706 | 707533 | 688765 | 495273 | 0.05 | 7.5 |
| 33 | 4626 | 699778 | 680842 | 489844 | 0.05 | 7.5 |
| 34 | 4442 | 681506 | 655836 | 477054 | 0.05 | 7.5 |
| 35 | 4038 | 647060 | 613129 | 452942 | 0.05 | 7.5 |
| 36 | 3526 | 594156 | 557719 | 415909 | 0.05 | 7.5 |
| 37 | 2904 | 528089 | 487828 | 369662 | 0.05 | 7.5 |
| 38 | 2195 | 450482 | 404270 | 315337 | 0.05 | 7.5 |
| 39 | 878 | 300500 | 114859 | 210350 | 0.05 | 7.5 |
| 40 | 404 | 97085 | 71096 | 67959 | 0.05 | 7.5 |

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 391 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 56 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 49 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 726867 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1453733 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 | 210 | 49 | 32 | 49 | 0 | 1752 |
| 2 | 594 | 99 | 15 | 23 | 0 | 4042 |
| 3 | 1314 | 152 | 15 | 24 | 0 | 5366 |
| 4 | 2878 | 206 | 15 | 24 | 0 | 18020 |
| 5 | 3513 | 261 | 16 | 24 | 3 | 22746 |
| 6 | 4024 | 307 | 16 | 25 | 3 | 26748 |
| 7 | 4409 | 344 | 16 | 25 | 3 | 29868 |
| 8 | 4597 | 362 | 15 | 24 | 2 | 31407 |
| 9 | 4734 | 375 | 15 | 24 | 2 | 32533 |
| 10 | 4820 | 383 | 15 | 23 | 2 | 33253 |
| 11 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33599 |
| 12 | 4864 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33625 |
| 13 | 4863 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33618 |
| 14 | 4862 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33611 |
| 15 | 4861 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33603 |
| 16 | 4860 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33596 |
| 17 | 4859 | 387 | 15 | 23 | 2 | 33588 |
| 18 | 4857 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33567 |
| 19 | 4854 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33547 |
| 20 | 4852 | 386 | 15 | 23 | 2 | 33526 |
| 21 | 4849 | 386 | 15 | 24 | 2 | 33506 |
| 22 | 4873 | 388 | 15 | 24 | 2 | 33708 |
| 23 | 4902 | 391 | 15 | 24 | 2 | 33954 |
| 24 | 4839 | 385 | 15 | 24 | 2 | 33418 |
| 25 | 4820 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33261 |

| 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] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 4827 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33316 |
| 27 | 4826 | 384 | 15 | 24 | 2 | 33312 |
| 28 | 4826 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33307 |
| 29 | 4825 | 383 | 15 | 24 | 2 | 33302 |
| 30 | 4832 | 384 | 15 | 24 | 0 | 33359 |
| 31 | 4800 | 381 | 15 | 24 | 0 | 33098 |
| 32 | 4706 | 372 | 15 | 24 | 2 | 32310 |
| 33 | 4626 | 364 | 16 | 24 | 2 | 31659 |
| 34 | 4442 | 347 | 16 | 25 | 3 | 30104 |
| 35 | 4038 | 309 | 16 | 25 | 3 | 26882 |
| 36 | 3526 | 262 | 16 | 25 | 3 | 22873 |
| 37 | 2904 | 209 | 16 | 25 | 0 | 18250 |
| 38 | 1656 | 153 | 16 | 24 | 0 | 13384 |
| 39 | 734 | 98 | 15 | 23 | 0 | 5208 |
| 40 | 203 | 48 | 31 | 48 | 7 | 1721 |

| 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 | 413 | 97832 | 72072 | 68482 | 0.05 | 7.5 |
| 2 | 594 | 213229 | 40694 | 149260 | 0.05 | 7.5 |
| 3 | 1314 | 165934 | 206897 | 116154 | 0.05 | 7.5 |
| 4 | 2878 | 524577 | 484085 | 367204 | 0.05 | 7.5 |
| 5 | 3513 | 592395 | 555868 | 414677 | 0.05 | 7.5 |
| 6 | 4024 | 645322 | 611315 | 451725 | 0.05 | 7.5 |
| 7 | 4409 | 678040 | 653562 | 474628 | 0.05 | 7.5 |
| 8 | 4597 | 696731 | 677728 | 487712 | 0.05 | 7.5 |
| 9 | 4734 | 710173 | 691462 | 497121 | 0.05 | 7.5 |
| 10 | 4820 | 718662 | 700130 | 503064 | 0.05 | 7.5 |
| 11 | 4861 | 722717 | 704269 | 505902 | 0.05 | 7.5 |
| 12 | 4864 | 723020 | 704578 | 506114 | 0.05 | 7.5 |
| 13 | 4863 | 722935 | 704492 | 506055 | 0.05 | 7.5 |
| 14 | 4862 | 722851 | 704406 | 505996 | 0.05 | 7.5 |
| 15 | 4861 | 722767 | 704320 | 505937 | 0.05 | 7.5 |
| 16 | 4860 | 722683 | 704234 | 505878 | 0.05 | 7.5 |
| 17 | 4859 | 722583 | 704132 | 505808 | 0.05 | 7.5 |
| 18 | 4857 | 722345 | 703890 | 505642 | 0.05 | 7.5 |
| 19 | 4854 | 722108 | 703647 | 505475 | 0.05 | 7.5 |
| 20 | 4852 | 721870 | 703405 | 505309 | 0.05 | 7.5 |
| 21 | 4849 | 721633 | 703162 | 505143 | 0.05 | 7.5 |
| 22 | 4873 | 723995 | 705574 | 506797 | 0.05 | 7.5 |
| 23 | 4902 | 726867 | 708504 | 508807 | 0.05 | 7.5 |
| 24 | 4839 | 720598 | 702106 | 504418 | 0.05 | 7.5 |
| 25 | 4820 | 718761 | 700231 | 503133 | 0.05 | 7.5 |
| 26 | 4827 | 719410 | 700894 | 503587 | 0.05 | 7.5 |
| 27 | 4826 | 719355 | 700838 | 503549 | 0.05 | 7.5 |
| 28 | 4826 | 719301 | 700782 | 503511 | 0.05 | 7.5 |
| 29 | 4825 | 719246 | 700726 | 503472 | 0.05 | 7.5 |
| 30 | 4832 | 719912 | 701407 | 503939 | 0.05 | 7.5 |
| 31 | 4800 | 716846 | 698276 | 501792 | 0.05 | 7.5 |
| 32 | 4706 | 707533 | 688765 | 495273 | 0.05 | 7.5 |
| 33 | 4626 | 699778 | 680842 | 489844 | 0.05 | 7.5 |
| 34 | 4442 | 681506 | 655836 | 477054 | 0.05 | 7.5 |
| 35 | 4038 | 647060 | 613129 | 452942 | 0.05 | 7.5 |
| 36 | 3526 | 594156 | 557719 | 415909 | 0.05 | 7.5 |
| 37 | 2904 | 528089 | 487828 | 369662 | 0.05 | 7.5 |
| 38 | 2195 | 450482 | 404270 | 315337 | 0.05 | 7.5 |
| 39 | 878 | 300500 | 114859 | 210350 | 0.05 | 7.5 |
| 40 | 404 | 97085 | 71096 | 67959 | 0.05 | 7.5 |

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 391 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 56 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 49 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 726867 kN/m³

Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1453733 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 | 40.093 | 0.000 | 40.108 | 0.000 | 40.123 |
| 4 | 13.364 | 15.516 | 13.369 | 15.425 | 13.374 | 15.333 |
| 3 | 77.580 | 90.952 | 77.124 | 89.970 | 76.666 | 88.978 |
| 2 | 54.571 | 62.306 | 53.982 | 61.443 | 53.387 | 60.566 |
| 1 | 152.305 | 233.699 | 150.193 | 233.722 | 148.051 | 233.745 |

| 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 | 40.137 | 0.000 | 40.033 | 0.000 | 39.890 |
| 4 | 13.379 | 15.241 | 13.344 | 15.113 | 13.297 | 14.973 |
| 3 | 76.204 | 87.974 | 75.565 | 86.806 | 74.863 | 85.572 |
| 2 | 52.784 | 59.677 | 52.084 | 58.693 | 51.343 | 57.666 |
| 1 | 145.878 | 233.769 | 143.473 | 233.670 | 140.962 | 233.532 |

| 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 | 39.747 | 0.000 | 39.603 | 0.000 | 39.458 |
| 4 | 13.249 | 14.831 | 13.201 | 14.688 | 13.153 | 14.543 |
| 3 | 74.155 | 84.321 | 73.440 | 83.050 | 72.717 | 81.760 |
| 2 | 50.592 | 56.621 | 49.830 | 55.555 | 49.056 | 54.469 |
| 1 | 138.406 | 233.393 | 135.802 | 233.255 | 133.147 | 233.117 |

| 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 | 39.313 | 0.000 | 39.254 | 0.000 | 39.224 |
| 4 | 13.104 | 14.398 | 13.085 | 14.276 | 13.075 | 14.164 |
| 3 | 71.988 | 80.449 | 71.382 | 79.235 | 70.818 | 78.044 |
| 2 | 48.270 | 53.361 | 47.541 | 52.294 | 46.826 | 51.227 |
| 1 | 130.438 | 232.979 | 127.829 | 232.927 | 125.222 | 232.905 |

| 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 | 39.195 | 0.000 | 39.165 | 0.000 | 39.136 |
| 4 | 13.065 | 14.050 | 13.055 | 13.935 | 13.045 | 13.820 |
| 3 | 70.249 | 76.834 | 69.676 | 75.606 | 69.098 | 74.356 |
| 2 | 46.101 | 50.138 | 45.363 | 49.025 | 44.614 | 47.886 |
| 1 | 122.560 | 232.883 | 119.838 | 232.862 | 117.054 | 232.840 |

| 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 | 39.106 | 0.000 | 39.072 | 0.000 | 39.004 |
| 4 | 13.035 | 13.703 | 13.024 | 13.584 | 13.001 | 13.453 |
| 3 | 68.515 | 73.086 | 67.920 | 71.787 | 67.264 | 70.410 |
| 2 | 43.852 | 46.719 | 43.072 | 45.518 | 42.246 | 44.255 |

| 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] |
| 1 | 114.201 | 232.819 | 111.267 | 232.793 | 108.178 | 232.732 |

| 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 | 38.935 | 0.000 | 38.866 | 0.000 | 38.797 |
| 4 | 12.978 | 13.320 | 12.955 | 13.186 | 12.932 | 13.051 |
| 3 | 66.601 | 69.005 | 65.931 | 67.571 | 65.255 | 66.106 |
| 2 | 41.403 | 42.954 | 40.543 | 41.612 | 39.664 | 40.226 |
| 1 | 104.998 | 232.672 | 101.718 | 232.611 | 98.329 | 232.550 |

| 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 | 39.392 | 0.000 | 40.244 | 0.000 | 38.796 |
| 4 | 13.131 | 13.136 | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| 3 | 65.678 | 65.715 | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| 2 | 39.429 | 39.453 | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| 1 | 96.441 | 233.155 | 98.373 | 233.890 | 94.835 | 232.285 |

| 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 | 38.464 | 0.000 | 38.772 | 0.000 | 38.898 |
| 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 | 94.023 | 231.814 | 94.775 | 231.981 | 95.083 | 231.967 |

| 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 | 39.023 | 0.000 | 39.148 | 0.000 | 39.617 |
| 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 | 95.390 | 231.953 | 95.695 | 231.939 | 96.841 | 232.274 |

| 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 | 40.189 | 0.000 | 40.398 | 0.000 | 42.141 |
| 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 | 98.240 | 232.721 | 98.751 | 232.798 | 103.011 | 234.498 |

| Laag nummer | Verticaal 34 (L=340 m) | | Verticaal 35 (L=350 m) | | Verticaal 36 (L=360 m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | E-top [MPa] | E-onder [MPa] | E-top [MPa] | E-onder [MPa] | E-top [MPa] | E-onder [MPa] |
| 5 | 0.000 | 42.609 | 0.000 | 43.073 | 0.000 | 43.531 |
| 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 | 104.156 | 234.865 | 105.289 | 235.232 | 106.409 | 235.598 |

| Laag nummer | Verticaal 37 (L=370 m) | | Verticaal 38 (L=380 m) | | Verticaal 39 (L=390 m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | E-top [MPa] | E-onder [MPa] | E-top [MPa] | E-onder [MPa] | E-top [MPa] | E-onder [MPa] |
| 5 | 0.000 | 44.310 | 0.000 | 45.558 | 0.000 | 46.772 |
| 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. |

| Laag nummer | Verticaal 37 (L=370 m) | | Verticaal 38 (L=380 m) | | Verticaal 39 (L=390 m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | E-top [MPa] | E-onder [MPa] | E-top [MPa] | E-onder [MPa] | E-top [MPa] | E-onder [MPa] |
| 1 | 108.315 | 236.327 | 111.363 | 237.603 | 114.331 | 238.873 |

| Laag nummer | Verticaal 40 (L=400 m) | |
|---|---|---|
| | E-top [MPa] | E-onder [MPa] |
| 5 | 0.000 | 48.064 |
| 4 | n.v.t. | n.v.t. |
| 3 | n.v.t. | n.v.t. |
| 2 | n.v.t. | n.v.t. |
| 1 | 117.489 | 240.266 |

# 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 = 380437 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 | 26 |
| T2 | 44 | 33 |
| T3 | 117 | 48 |
| T4 | 297 | 68 |
| T5 | 375 | 86 |
| T6 | 416 | 90 |

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 = 416 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 = 49 kN/m² |
| Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor) | : | q_v = 7 kN/m² |
| Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) | : | k_v;max = 726867 kN/m³ |
| Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren) | : | Rmin = 180.208 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 | = | 0.79 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 1.90 | 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 | = | 2.77 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 3.39 | 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 | = | 5.4E-3 | 1/mm |
| qr | = | 0.0241 | N/mm² |
| sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do | = | 1.42 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 0.93 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 5.14 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | 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 | = | 5.14 | 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) | 1.90 | 3.39 | - | - | - |
| sigma_axiaal | 8.00 (lang) | - | - | - | 0.22 | 0.22 |
| sigma_tangent | 10.00 (kort) | - | 0.93 | - | - | - |
| sigma_tangent | 8.00 (lang) | - | - | - | 5.14 | 5.14 |

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 9.0 mm (3.96% 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 295 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 222 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1764 kN/m².

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

# 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 = 416 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 = 49 kN/m² |
| Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor) | : | q_v = 7 kN/m² |
| Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) | : | k_v;max = 726867 kN/m³ |
| Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren) | : | Rmin = 180.208 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 | = | 0.79 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 1.90 | 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 | = | 2.77 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 3.39 | 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 | = | 5.4E-3 | 1/mm |
| qr | = | 0.0241 | N/mm² |
| sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do | = | 1.42 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 0.93 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 5.14 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | 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 | = | 5.14 | 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) | 1.90 | 3.39 | - | - | - |
| sigma_axiaal | 8.00 (lang) | - | - | - | 0.22 | 0.22 |
| sigma_tangent | 10.00 (kort) | - | 0.93 | - | - | - |
| sigma_tangent | 8.00 (lang) | - | - | - | 5.14 | 5.14 |

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 9.0 mm (3.96% 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 295 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 222 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1764 kN/m².

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

# 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 = 416 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 = 49 kN/m² |
| Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor) | : | q_v = 7 kN/m² |
| Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) | : | k_v;max = 726867 kN/m³ |
| Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren) | : | Rmin = 180.208 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 | = | 0.79 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 1.90 | 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 | = | 2.77 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 3.39 | 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 | = | 5.4E-3 | 1/mm |
| qr | = | 0.0241 | N/mm² |
| sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do | = | 1.42 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 0.93 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 5.14 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | 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 | = | 5.14 | 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) | 1.90 | 3.39 | - | - | - |
| sigma_axiaal | 8.00 (lang) | - | - | - | 0.22 | 0.22 |
| sigma_tangent | 10.00 (kort) | - | 0.93 | - | - | - |
| sigma_tangent | 8.00 (lang) | - | - | - | 5.14 | 5.14 |

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 9.0 mm (3.96% 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 295 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 222 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1764 kN/m².

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

# 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 = 416 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 = 49 kN/m² |
| Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor) | : | q_v = 7 kN/m² |
| Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) | : | k_v;max = 726867 kN/m³ |
| Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren) | : | Rmin = 180.208 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 | = | 0.79 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 1.90 | 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 | = | 2.77 | N/mm² |
| Maximale axiale spanning sigma_a;max | = | 3.39 | 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 | = | 5.4E-3 | 1/mm |
| qr | = | 0.0241 | N/mm² |
| sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do | = | 1.42 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 0.93 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | N/mm² |
| Maximale tangentiele spanning sigma_t;max | = | 5.14 | 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 | = | 0.85 | N/mm² |
| sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do | = | 7.05 | 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 | = | 5.14 | 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) | 1.90 | 3.39 | - | - | - |
| sigma_axiaal | 8.00 (lang) | - | - | - | 0.22 | 0.22 |
| sigma_tangent | 10.00 (kort) | - | 0.93 | - | - | - |
| sigma_tangent | 8.00 (lang) | - | - | - | 5.14 | 5.14 |

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 9.0 mm (3.96% 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 295 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 222 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1764 kN/m².

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

## 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 $mm^2$ |

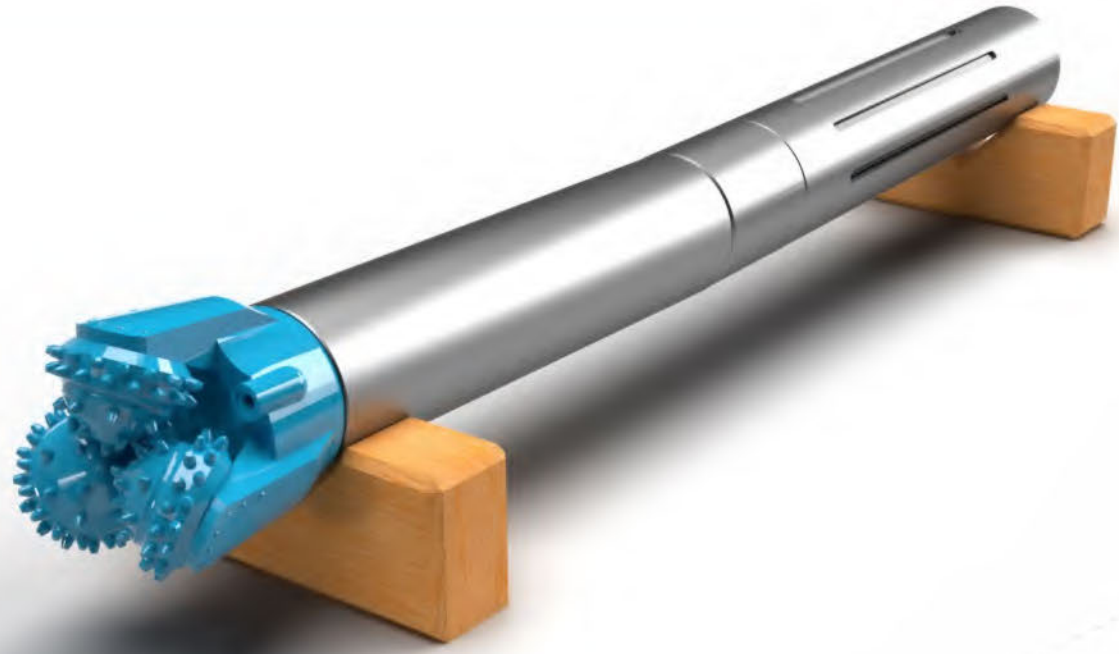
*Combining Drillguide GST, UXOscope and GPS Track in 1 tool*

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

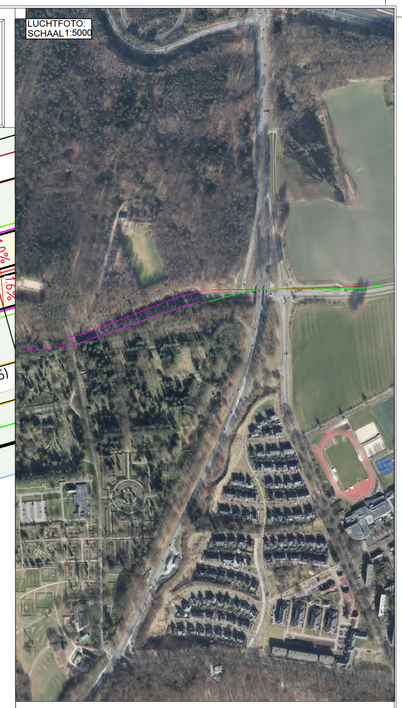
**KvK** 70156689
**BTW** NL858166173B01
**IBAN** NL42INGB0006956686

## 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

# Bijlage 7 Risicoanalyse

**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.

# 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<br>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<br>Geen loshangende kleding<br>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<br>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<br>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<br>Gebruik maken van oogbescherming | |
| **Transport** | | | | | | |
| 44 | Transport | Aanrijding | Transport materieel | Persoonlijke en materiele schade | Stapvoets rijden op werkterrein<br>Parkeren op aangewezen plaatsen<br>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<br>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<br>Gebruik zwaardere kettingen<br>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<br>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<br>Verspilling/vervuiling<br>Milieuschade | Verschillende afvalstoffen gescheiden van elkaar opslaan<br>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<br>Verspilling | Controle brandstof/olie peil Overdag of bij voldoende kunstlicht tanken<br>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<br>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<br>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** | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |