



PROJECTNR.: 23/30006

DOC.NR.: 23-00115

KRUISING PROFIEL VAN VRIJE RUIMTE & BESCHERMINGSZONE TE ARCEN

KRUISWEG 50

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

DUTCH TRENCHLESS SOLUTIONS

VERSIE 2, 20 APRIL 2023

Inhoudsopgave

1. Algemeen	3
1.1. Inleiding	3
2. Projectgegevens	4
2.1. Revisiebeheer	4
2.2. Projectgegevens	4
2.3. Projectlocatie	5
3. Materieel	6
3.1. Voorstel in te zetten boorrig	6
3.2. Specificatie pilot en ruimgang	6
3.3. In te zetten meetsysteem	7
4. Parameters gestuurde boring	8
4.1. Afwijkingen	8
4.2. Boortechnische wijze van uitvoeren	8
4.3. Planning uitvoering	9
5. Ondergrondgegevens	10
5.1. Grondgesteldheid	10
5.2. Grondwaterstand	11
6. Beschrijving werkmethode	12
6.1. Voorbereidende werkzaamheden	12
6.2. Uitlegtracé en laslocatie	12
6.3. Mobilisatie en demobilisatie	12
6.4. Pilotboring	12
7. Materiaal	13
7.1. Specificatie leiding- en buismateriaal	13
7.2. Boorvloeistof	13
8. Uitvoeringsrisico's	14
9. Sterkte- en boorspoeldrukberekeningen	15
9.1. Theoretische trekkracht	15
9.2. Toelaatbare boorspoeldruk	15
9.3. Toelaatbare treksterkte	16
Bijlage 1: Boortekening	17
Bijlage 2: Boorrig	18
Bijlage 3: Geotechnisch grondonderzoek	19
Bijlage 4: Boorstaat	20
Bijlage 5: Certificaat bentoniet	21
Bijlage 6: Sterkte- en boorspoeldrukberekeningen	22
Bijlage 7: Drill-control rapportage	23

1. Algemeen

1.1. Inleiding

Dutch Trenchless Solutions (DTS) heeft opdracht gekregen van VW Telecom Infratechniek B.V. voor het ontwerpen van een sleufloze kruising middels een horizontaal gestuurde boring (HDD). Middels een horizontaal gestuurde boring kunnen ondergrondse netwerken worden aangelegd met minimale overlast.

Een horizontaal gestuurde boring is een techniek waarbij de werkzaamheden vanaf het maaiveld plaatsvinden. Dit heeft onder andere als voordeel dat er geen bouwkuipen of bemaling nodig is waarmee een project goedkoper maar vooral ook veiliger kan worden uitgevoerd.

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring is opgebouwd uit drie fasen. Als eerste wordt vanaf het intredepunt een pilotboring uitgevoerd volgens het ontworpen tracé. Na een neergaande bocht, een horizontaal gedeelte en een opgaande bocht wordt het uittredepunt bereikt. De eventuele rechtstand in de boring is afhankelijk van de beschikbare ruimte en benodigde bochtstralen. Gedurende deze eerste fase worden de coördinaten van de pilotboring driedimensionaal geregistreerd met behulp van een meetsysteem. Aan de hand van een meetsysteem wordt een driedimensionale plaatsbepaling van de pilotboring verkregen. De diepte, lengte, te kruisen objecten en beoogde nauwkeurigheid van de boring zal uitmaken met welk meetsysteem gewerkt zal worden.

Tijdens de ruimfase, welke uit meerdere ruimgangen kan bestaan, wordt de gewenste diameter van de boorgang verkregen. De keuze van de soort ruimer is sterk afhankelijk van de plaatselijke grondslag. Door bij de laatste ruimgang de gereedliggende leiding direct achter de ruimer te bevestigen met behulp van een trekkop wordt een begin gemaakt met de derde fase. Door de ruimer inclusief de buis terug te trekken wordt de laatste fase voltooid.

Horizontaal gestuurde boringen worden uitgevoerd met behulp van boorspoeling. Boorspoeling is een mengsel van water met bentoniet, eventueel aangevuld met polymeren of andere additieven.

Het gebruik van boorspoeling is noodzakelijk, de boorspoeling heeft een aantal belangrijke functies:

- Afvoeren / transporteren uitkomende grond
- Stabiliseren van het boorgat
- Afpleisteren van de tunnelwand
- Smering van de boorstreng en de in te trekken mediumleiding
- Koeling van de boorkop / boorbit en aandrijven mudmotor

Boorspoeling wordt via boorstangen onder hoge druk de boortunnel ingepompt. Het is van belang om vooraf te bepalen wat de minimale en maximaal toelaatbare boorspoeldruk mag zijn. Een te lage boorspoeldruk kan leiden tot een vervuilde boortunnel of instabiliteit van het gat. Een te hoge druk kan een blow-out op maaiveld als gevolg hebben.

In Nederland is veel variatie in grondgesteldheid. Daarom wordt voor iedere boring vooraf een analyse gedaan van de beschikbare geotechnische gegevens, eventueel uitgebreid met aanvullend grondonderzoek. Kennis van de lokale grondgesteldheid is van groot belang voor een gedegen ontwerp. Deze informatie wordt onder andere meegenomen in de sterkte- & boorspoeldrukberekeningen. Deze berekeningen bepalen het benodigde equipment maar ook de werkmethode en toe te passen buismaterialen.

2. Projectgegevens

2.1. Revisiebeheer

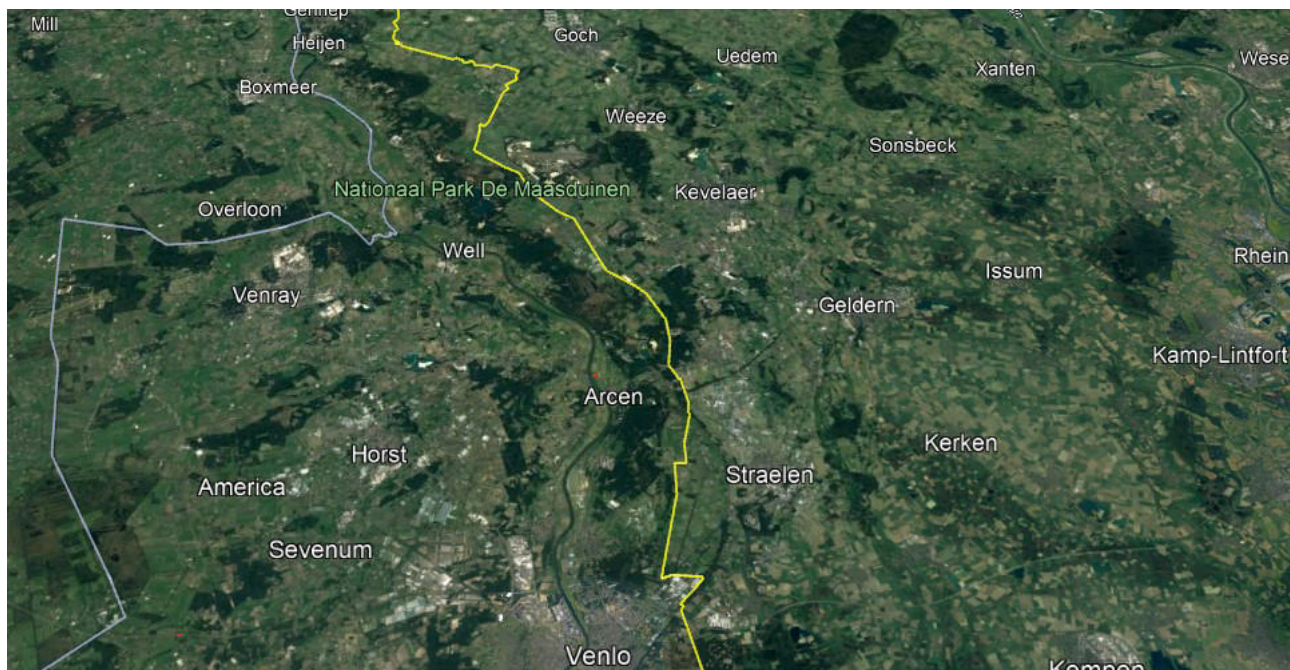
Versie:	Auteur:	Verificatie:	Datum:	Paraaf:	Status:
01			20-4-2023		Vervallen
02			20-4-2023		Goedgekeurd
03					

2.2. Projectgegevens

Opdrachtgever	:	VW Telecom Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	:	Waterschap Limburg
Aanlegmethode	:	Horizontaal gestuurd boren (HDD)
Locatie	:	838802 -0 Arcen,,Kruisweg 44
Kruising met	:	In Profiel van vrije ruimte: PVR waterkering / Code: 175700
Gemeente	:	Venlo
Besteknummer	:	-
Projectnummer	:	23/30006
KLIC-nummer	:	23O0009693
Tekeningnummer	:	23_30006-02B_838802-DTS-P
Aantal boringen	:	1 stuks
Lengte boring	:	± 114.5 m ¹
Diameter boring	:	1x Ø 160 mm
Buismateriaal	:	HDPE 110 PE100 SDR11 t.b.v. doorvoer datakabels
Meetsysteem	:	Walk-over
Ruimer	:	Conisch/Flycutter Ø 160 mm
Revisiebeheer	:	Wijziging op versie 01: Kleikisten toegevoegd aan uiteinden boring

2.3. Projectlocatie

De boring bevindt zich in Profiel van vrije ruimte: PVVR waterkering / Code 175656, Kruisweg 50 te Arcen, zoals weergegeven op Afbeelding 1 en 2. In **bijlage 1** is de boortekening met daarop onder andere het lengteprofiel van de boring terug te vinden.



Afbeelding 1: Projectlocatie, vanaf



Afbeelding 2: Projectlocatie, dichtbij

3. Materieel

3.1. Voorstel in te zetten boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties voorgesteld om in te zetten voor deze boring. De berekeningen en het boorontwerp dienen door de booraannemer gecontroleerd te worden en indien nodig aangepast te worden om overeen te komen met het specifieke materieel van de booraannemer.

De boring zal worden uitgevoerd met een boorrig met een minimale capaciteit van 9 ton. De specificaties van dit type boorrig zijn toegevoegd in **bijlage 2**.

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

3.2. Specificatie pilot en ruimgang

De diameter van de boorstang en het boorgat zijn bepalend in de berekening van de boorspoeldruk. Door het opvoeren van de druk in de boortunnel wordt de boorspoeling teruggevoerd naar het mudgat (intredepunt). De ruimte tussen de boorstang en het boorgat is mede bepalend voor de berekening van de (maximale) boorspoeldruk. Daarnaast neemt de boorspoeldruk toe naar mate de boorlengte toeneemt.

Pilot: Ø 48 mm boorstang
 Ø 110 mm boorgat

Ruimgang: Ø 160 mm Flycutter

3.3. In te zetten meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

WALK-OVER MEETSYSTEEM

Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. 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 gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

STEERINGTOOL

De Steeringtool is een 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.

PARATRACK II

Paratrack II is in feite een voorloper van het Gyroscopisch meetsysteem. Het paratrack II meetsysteem is een nauwkeurige methode en werkt op basis van referentievlakken op maaiveld. Deze referentievlakken worden per project op maaiveld aangebracht door middel van kabels, hierdoor is dit meetsysteem vrij arbeidsintensief. Tussen de referentievlakken wordt met behulp van een kompas de boorkop ingemeten. De meetsonde van dit systeem wordt in een niet-magnetische behuizing vlak achter de boorkop geplaatst.

GYRO STEERINGTOOL

De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

4. Parameters gestuurde boring

4.1. Afwijkingen

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

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

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

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

4.2. Boortechnische wijze van uitvoeren

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

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

4.3. Planning uitvoering

De bepaling van de tijdsduur voor het realiseren van de werkzaamheden is mede afhankelijk van het in te zetten materieel. Met de gekozen boorstelling zal voor de boring onderstaand tijdschema kunnen worden gehanteerd:

Mobiliseren	1 uur
Uitvoeren pilotboring	4 uur
Ruimen boortunnel	2 uur
Intrekfase	2 uur
Demobiliseren	1 uur

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt 1 dag.

De vermoedelijke start van de werkzaamheden gaat in overleg met de opdrachtgever, na het verkrijgen van alle benodigde vergunningen.

De werktijden zijn vastgelegd van 7.00 tot 19.00 en worden aangepast aan de werkzaamheden die technisch achtereenvolgend uitgevoerd dienen te worden. Mocht het, i.v.m. de werkzaamheden nodig zijn, dan wordt er langer of op zaterdag gewerkt. Indien verlenging van de werktijd gewenst is zal dit op een zo vroeg als mogelijk tijdstip kenbaar gemaakt worden aan de opdrachtgever en de directie.

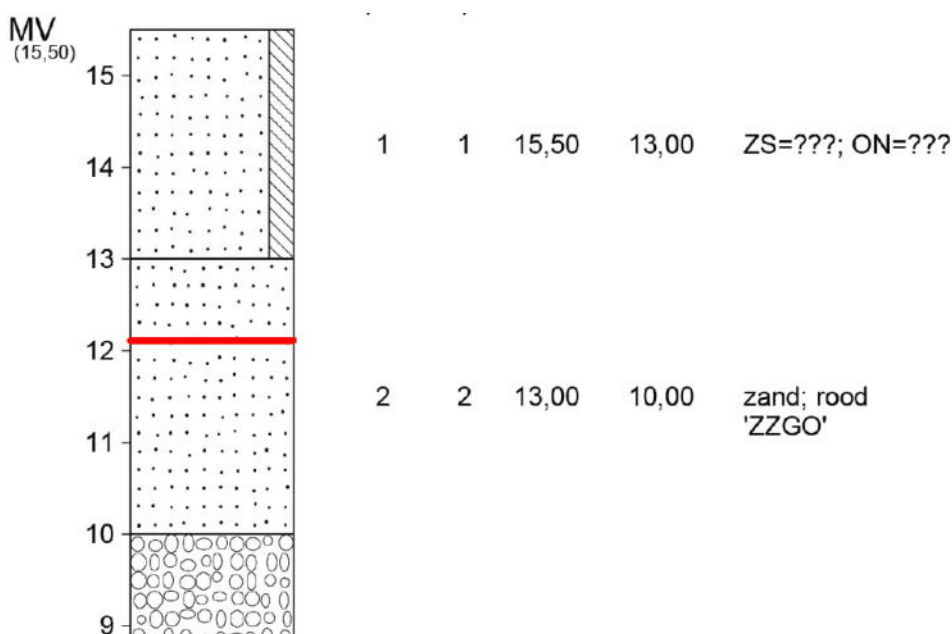
5. Ondergrondgegevens

5.1. Grondgesteldheid

Het is belangrijk om vooraf inzicht te krijgen in de samenstelling van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden rondom de boorlocatie. De eigenschappen en samenstelling van het grondpakket kunnen over korte afstanden variëren. Geadviseerd wordt om, afhankelijk van de boorlengte en de te verwachten variatie, meerdere sonderingen en/of mechanische grondboringen op te nemen in het boorplan. Het doel is om met deze parameters de gewenste boordiepte te bepalen en sterkte- en boorspoeldrukberekeningen af te stemmen op de grondgesteldheid rondom de boorlocatie.

Geotechnisch grondonderzoek is afkomstig uit DINOloket. Hierin staan reeds uitgevoerde grondonderzoeken. Opgenomen grondonderzoek is dichtbij de boorlocatie. Voor deze dijk kruising zijn 2 mechanische grondboringen en 2 sonderingen opgenomen waarmee de grondlagen in kaart zijn gebracht.

Afbeelding 3 geeft een projectie van de boorlijn en de bijbehorende grondgesteldheid op de maximale boordiepte. Tevens is het volledige rapport van het geotechnisch grondonderzoek toegevoegd in **bijlage 3**.



Afbeelding 3: boorlijn in grondonderzoek

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit grof grindhoudend zand.

Het gemiddelde maaiveldniveau ligt op ca. +15.9m NAP. Sonderingen en bodemprofielen bij het intreden en uittredepunt laten grotendeels een eenduidig beeld zien. Hieruit blijkt dat van het intredepunt tot uittredepunt van maaiveld tot ca. +10m NAP vooral zand aanwezig is met een conusweerstand van maximaal 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.

Bijlage 3 bevat het geotechnisch grondonderzoek van de opgenomen boringen in dit boorplan.

5.2. Grondwaterstand

Gedurende het jaar kunnen grondwaterstanden sterk fluctueren. Aan het begin van het kalenderjaar is naar verwachting de grondwaterstand het hoogst en na de zomer het laagst. De uitvoeringsdatum van de boorwerkzaamheden is een belangrijke factor in het bepalen van de grondwaterstand tijdens de uitvoering. De jaargemiddelde grondwaterstand is het uitgangspunt voor de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen.

Rondom de boorlocatie zijn diverse metingen van grondwaterstanden opgenomen, die afkomstig zijn uit DINOloket. Aan de hand van deze jaargemiddeldes is een gemiddelde maatgevende grondwaterstand bepaald die is opgenomen in dit boorplan.

Nummer	Maaiveldniveau	Jaargemiddelde GWS
B52F0002	+ 16.93 m NAP	+ 13.5 m NAP

De maatgevende grondwaterstand bedraagt ca. + **13.5m** NAP oftewel ca. + **2,40 m¹** minus maaiveld.

6. Beschrijving werkmethode

6.1. Voorbereidende werkzaamheden

Voor de start van de boorwerkzaamheden zullen de toegangswegen en werkterreinen gereed gemaakt worden. Afhankelijk van de boorlocatie wordt het terrein voorzien van rijplaten om schade aan de ondergrond te minimaliseren. Voor intrede- en uittredepunten die niet direct aan een verharde weg liggen dient vooraf een toegangsweg te worden gerealiseerd, zodat het boormaterieel de intrede- en uittredepunten kan bereiken. De benodigde afmetingen van de werkterreinen zijn sterk afhankelijk van de in te zetten boorrig.

6.2. Uitlegtracé en laslocatie

Het intrekken van de buis geschiedt door het opstellen van een haspel achter het uittredepunt. Bij het opstellen van een haspel achter het uittredepunt is minimale ruimte benodigd ten opzichte van het uitleggen van de buis. Hierdoor is minder (verkeers)overlast en blijft eventuele schade aan het terrein beperkt.

6.3. Mobilisatie en demobilisatie

De berm en de weg wordt gebruikt als werkterrein waar de boorrig geplaatst wordt. Deze ruimte is voldoende om alle benodigde equipment te plaatsen.

Voor het realiseren van de boringen wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 80 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 20 m². Binnen een straal van 30 meter moet er een opstellocatie van circa 50 m² zijn, voor de bijhorende werkplaats en mudset. Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 20 m² excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer).

6.4. Pilotboring

In hoofdstuk 3.3 is het plaatsbepalingssysteem bepaald. Tijdens het boorproces zal de positie van de boorkop door de boormeester worden bijgehouden en geregistreerd in een boorstaat. Hierin worden de volgende punten geregistreerd:

- Intrede- en uittredehoeken (procenten)
- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling van de booraannemer verwerkt in de revisie. Deze gegevens worden bij de booraannemer geregistreerd en gearcheveerd. Bovendien zal de booraannemer de revisie overhandigen aan de betreffende opdrachtgever.

De opzet van een dergelijk boorstaat is toegevoegd in **bijlage 4**.

6.5. Kwelscherm

Aan de uiteinden van de boring worden kwelschermen in een kleikist toegepast.

7. Materiaal

7.1. Specificatie leiding- en buismateriaal

De aan te brengen mantelbuizen heeft de volgende specificaties:

Diameter	Materiaal	Aantal
Ø 125 mm	HDPE PE100 SDR11	1

De toegepaste buis wordt door de booraannemer geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de buis gegarandeerd en kan indien gewenst worden geleverd.

7.2. Boorvloeistof

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit water vermengd met bentoniet. Het bentoniet is voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling aangepast wordt aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt is dat de samengestelde boorspoeling voldoende steun geeft aan het boorgat en de plaatselijke ondergrond. De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water en heeft een soortelijk gewicht van circa 1.150 kg/m³, afhankelijk van de omstandigheden.

Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd, zodat een stabiel boorgat wordt gegarandeerd. De specificaties/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

8. Uitvoeringsrisico's

OBSTAKELS IN DE BOORLIJN

Een belangrijk aspect bij het uitvoeren van gestuurde boringen is het in kaart brengen van bestaande kabels en leidingen. Om inzicht hierin te krijgen wordt tijdens de engineeringfase een KLIC-melding gedaan. Hiermee worden alle bekende kabels en leidingen van de betreffende netbeheerders aangeleverd.

Uit de KLIC-melding blijkt er geen raakvlak is met de bestaande kabels en leidingen. De booraannemer is verantwoordelijk voor het uitzetten van een graafmelding. Kabels en leidingen met een eisvoorzorgmelding dienen door de booraannemer afgehandeld te worden. Tevens dient de graafmelding met aandacht te worden bekeken door de booraannemer, omdat tussen de engineeringfase en de uitvoeringsfase diverse kabels en leidingen kunnen worden aangelegd die een raakvlak vormen met de boorlijn. Hierdoor zal het boortracé in verticale en/of horizontale richting gewijzigd moeten worden. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

AFWIJKINGEN VAN DE KLIC-MELDING

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding wordt navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

Voor de engineering van deze boring(en) zijn de volgende aanvullende gegevens opgevraagd:

- Zones Waterschap

BLOW-OUT

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringfase worden de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens kan de booraannemer tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out minimaliseren door de volgende factoren te monitoren:

- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

9. Sterkte- en boorspoeldrukberekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2022 1.3, conform NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 6**.

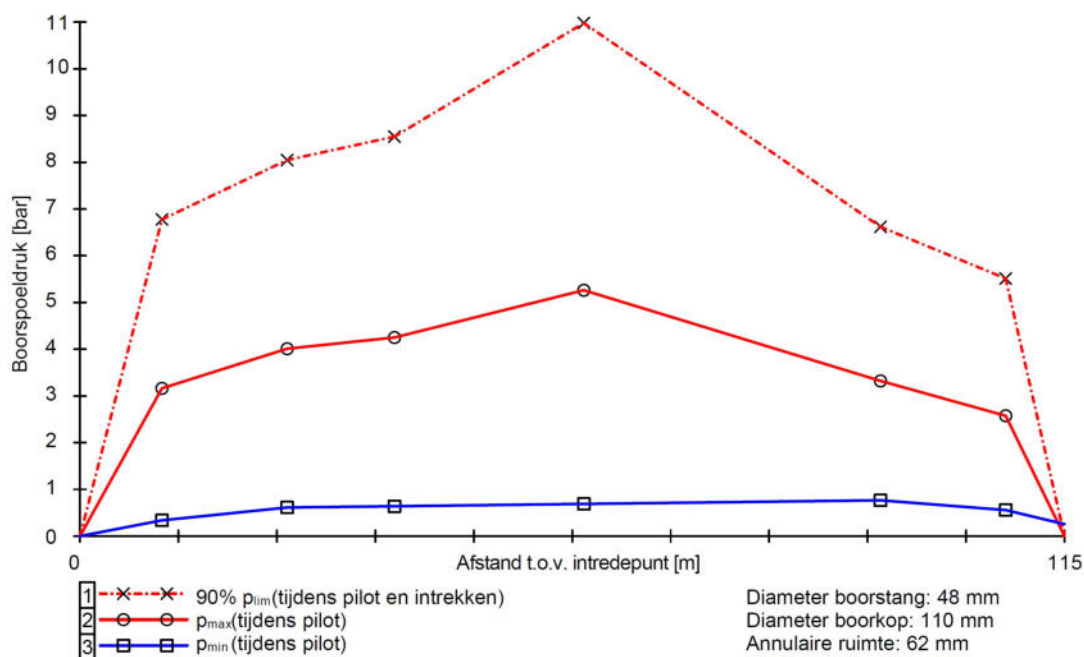
9.1. Theoretische trekkracht

De Sigma berekening is uitgevoerd om de minimale capaciteit van de boorrig te bepalen. De verwachte trekkracht bedraagt conform deze berekening:

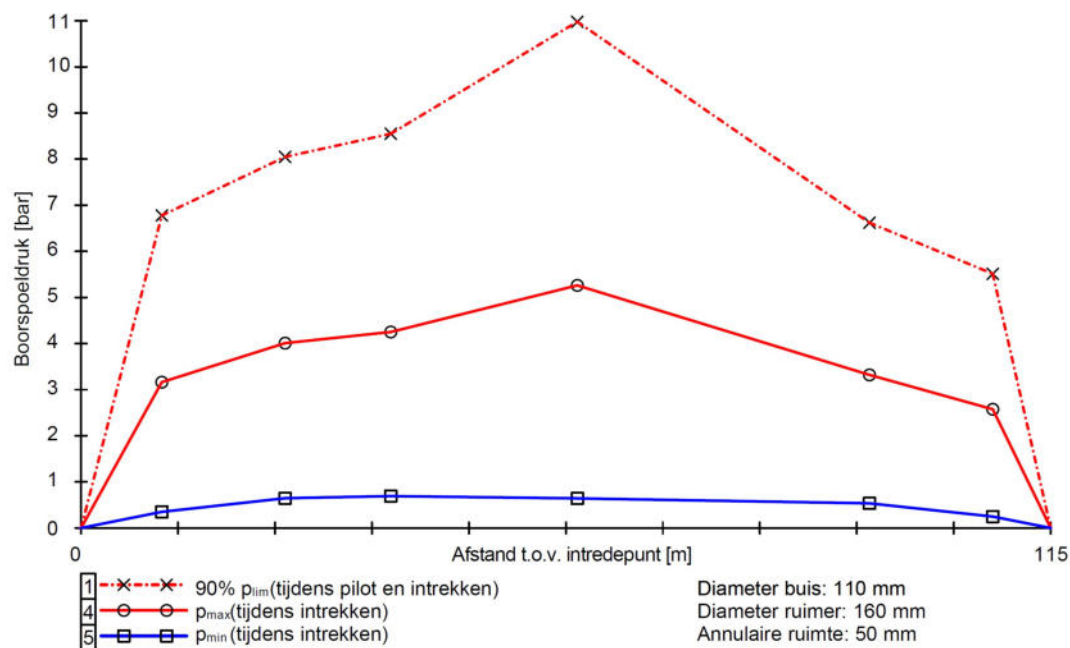
Lengte leiding in boorgat (m)	Verwachte trekkracht (kN)
7	1.2
21	1.8
90	3.4
105	4.2
115	4.4

9.2. Toelaatbare boorspoeldruk

De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen, zie afbeeldingen 4 en 5. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.



Afbeelding 4: boorspoeldruk tijdens pilot



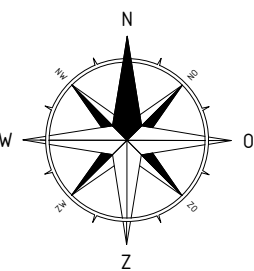
Afbeelding 5: boorspoeldruk tijdens ruimfase

9.3. Toelaatbare treksterkte

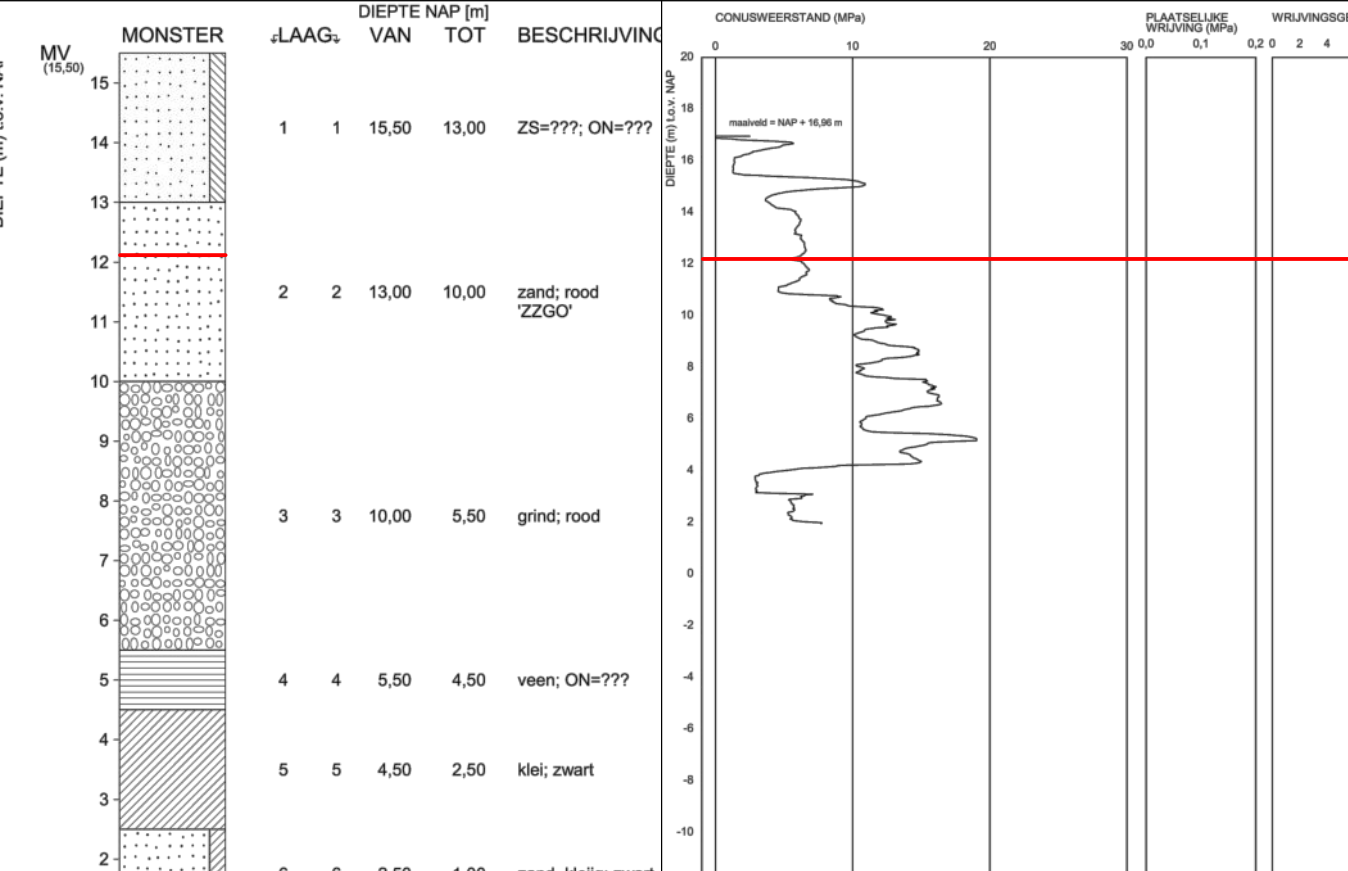
De maximaal toelaatbare trekkracht voor de in te trekken HDPE-buis van de gestuurde boring wordt door de leverancier als volgt opgegeven:

- PE 100 Ø 110 mm SDR 11 drukklasse PN 16 => 31,41 kN \approx 3,1 ton

Bijlage 1: Boortekening



	X	Y	Z (NAP)
Intrede	209493.56	388844.61	15.90
Tv1	209484.42	388844.73	13.16
Tv2	209470.06	388844.92	11.06
Tv3	209401.01	388845.86	11.06
Tv4	209386.64	388846.05	13.16
Uitrede	209380.09	388846.14	15.13



- Let op!! Boring bevindt zich in Profiel van vrije ruimte en Beschermingszone, zie tekening.
- Let op!! Bij Uittrede gaan we 0.9m langs een pomp-put op.
- Dienen verkeersmaatregelen te worden genomen zodat de boormachine en boorploeg veilig langs de weg kunnen werken
- Kwelschermen in kleikist plaatsen aan uiteinden boring

[illegible]

Bijlage 2: Boorrig

Algemeen

Mini-Rig 9 Tonner

- Leverancier: Vermeer D20x22 S3 Navigator
- Gewicht: 4,9 ton inclusief stangen
- Afmeting (LxBxH): 5200x1219x1981 mm
- Rijwerk: Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

- Max. te boren lengte: 300 m
- Max. te boren buisdiameter: Ø 400 mm
- Min. boorstraal: R = 30.1 m
- Materiaal/diameter/lengte boorstang: staal / Ø 48 mm / 3000 mm
- Trekkracht: 87 kN
- Drukracht: 87 kN
- Torque: 260.3 Nm
- Toerental: 257 rpm
- Pompcapaciteit: 94.6 liter/minuut
- Pompdruk: maximaal 69 bar


Overige gegevens

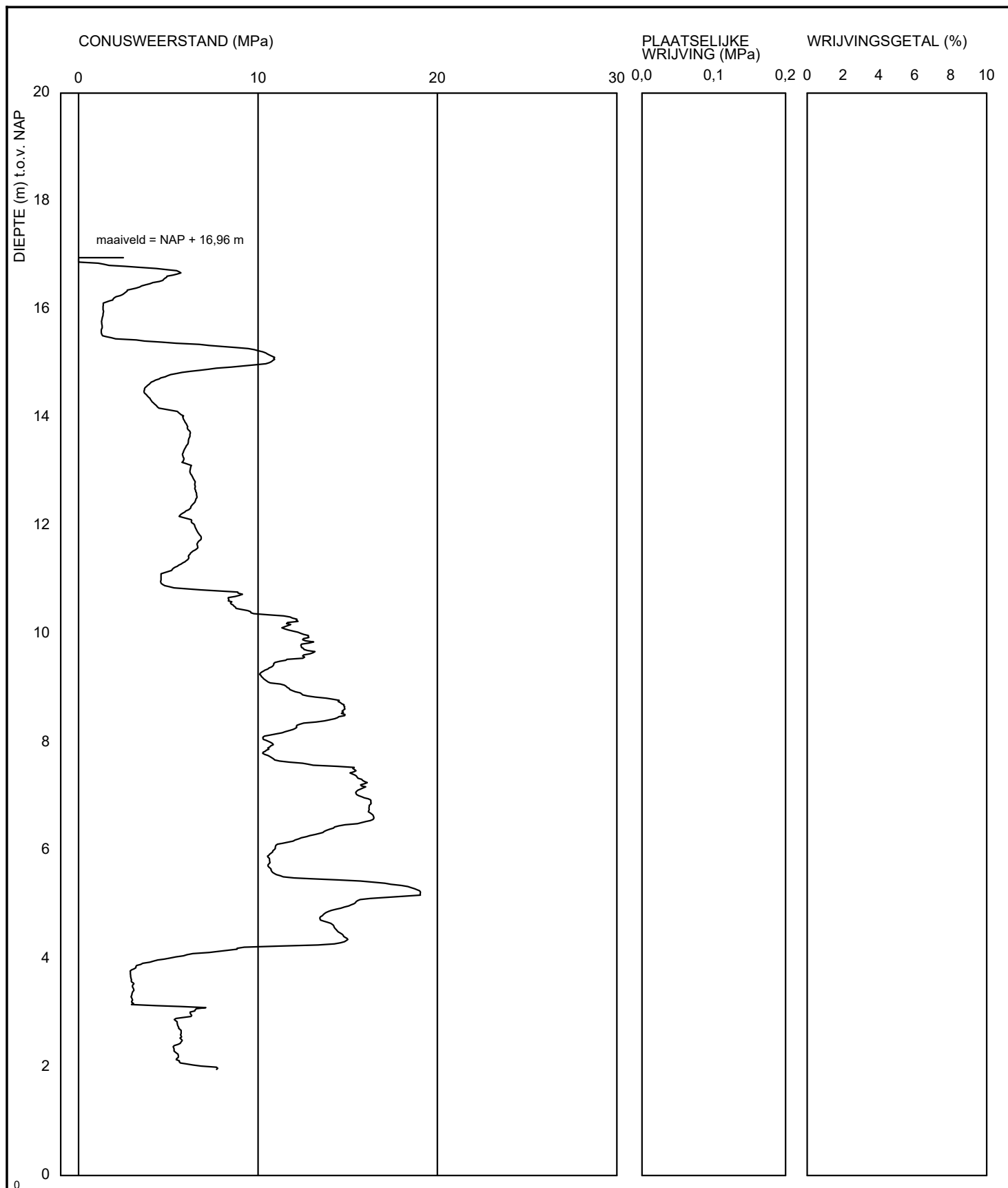
- Intrede hoek: 12° - 17°
- Uittredehoek: 10° - 20°
- Boorkop: Jet bit with nozzle
- Plaatsbepalingssysteem: Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection
- Barrel/conische ruimer Ø 110, 160, 225, 270, 340, 440 mm
- Transport methode: vrachtwagen met aanhanger
- Mudpomp/Mengunit: in vrachtwagen
- Overig transport: evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling.

Bijlage 3: Geotechnisch grondonderzoek

		DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING		
		↓LAAG↓	VAN TOT			
DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MV (15,60)	MONSTER				
	15	1	1	15,60	14,10	klei; ON=???
	14	2	2	14,10	11,60	GZ=???; ON=???
	13					
	12					
	11					
	10	3	3	11,60	10,10	ZG=???; bruin
	9	4	4	10,10	9,60	zand; ON=??? 'SCZX'
	8	5	5	9,60	8,85	grind; ON=??? 'GZG'
	7	6	6	8,85	7,85	ZG=???; ON=??? 'ZGC'
	6	7	7	7,85	7,60	grind; ON=???
	5	8	8	7,60	6,85	ZG=???; ON=??? 'ZGC'
	4	9	9	6,85	6,60	zand; licht-, bruin
	3	10	10	6,60	6,10	grind; ON=??? 'GZG'
	2	11	11	6,10	5,10	zand; grijs 'SCZX'
	1	12	12	5,10	4,45	zand; ON=???
	0	13	13	4,45	0,10	leem; zwart
	-1	14	14	0,10	-1,15	klei; grijs
	-2	15	15	-1,15	-5,90	zand; ON=??? 'ZFC'
	-3					
	-4					
	-5					
	-6	16	16	-5,90	-7,90	zand; ON=??? 'SCZX'
	-7					
DTS Dutch Trenchless Solutions		Telefoon Telefax		datum 1947-12-05		
-				get.		
				gez.		
- [Blad 1 / 3]				form. A4		
				BIJL.		

	MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
		↓LAAG↓	VAN TOT	
DIEPTE (m) t.o.v. NAP	-8	16 16	-5,90 -7,90	zand; ON=??? 'SCZX'
	-9	17 17	-7,90 -10,15	zand; ON=??? 'ZGC'
	-10	18 18	-10,15 -10,40	ZG=???; ON=??? 'ZGC'
	-11	19 19	-10,40 -11,15	klei; ON=???
	-12	20 20	-11,15 -12,15	zand; ON=???
	-13	21 21	-12,15 -12,40	klei; ON=???
	-14	22 22	-12,40 -15,40	zand; ON=???
	-15			
	-16			
	-17			
	-18			
	-19			
	-20			
	-21			
	-22	23 23	-15,40 -28,40	zand; ON=??? 'ZGC'
	-23			
	-24			
	-25			
	-26			
	-27			
	-28			
	-29	24 24	-28,40 -29,40	zand; ON=??? 'SCZX'
Geboord tot NAP -29,40 m		Einde Boring B52E0003		
DTS <small>Dutch Trenchless Solutions</small>		Telefoon Telefax		datum 1947-12-05
-		DINO-BOR		get.
-		BIJL.		gez.
-		[Blad 2 / 3]		form. A4

	MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
		↓LAAG↓	VAN TOT	
DIEPTE (m) t.o.v. NAP	-8			
	-9	9	9 -6,50 -10,50	zand; grijs 'ZZGO'
	-10			
	-11	10	10 -10,50 -12,50	klei; grijs
	-12			
	-13	11	11 -12,50 -14,50	zand; ON=??? 'ZMGO'
	-14			
	-15			
	-16			
	-17			
	-18			
	-19	12	12 -14,50 -24,50	zand; donker-, grijs 'ZZGO'
	-20			Einde Boring B52E0241
	-21			
	-22			
	-23			
	-24			
Geboord tot NAP -24,50 m				
maaiveld: NAP 15,50 m X = 209510 m Y = 388870 m (RD)				
			Telefoon Telefax	datum 1987-02-01
-			DINO-BOR	
-			BIJL.	
[Blad 2 / 2]			A4	



DTS

Telefoon
Telefax

datum

2012-09-19

get.

-

gez.

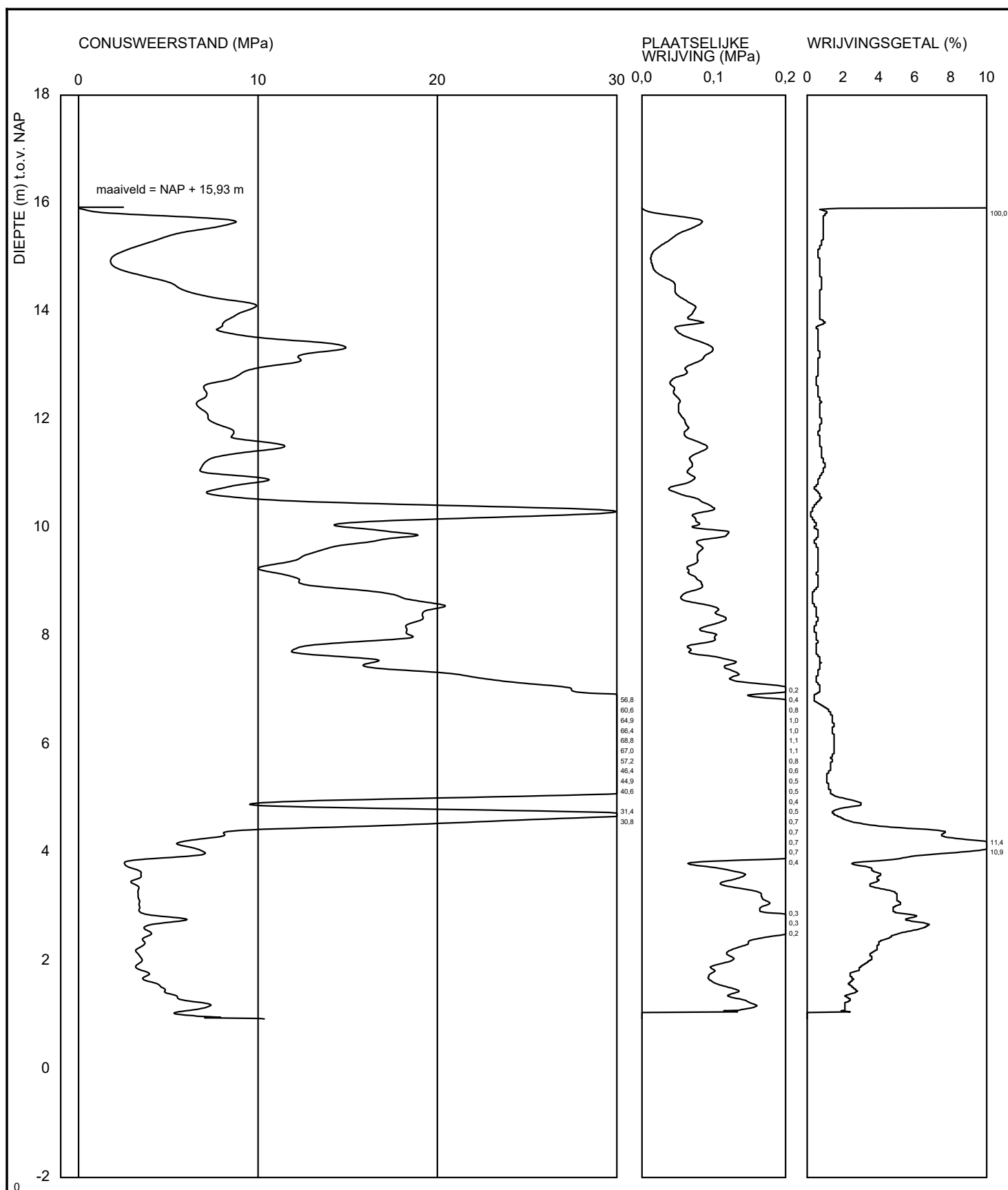
BRO-/

form.

BIJL. -

A4

Sondering CPT000000072450



DTS

Telefoon
Telefax

datum

2021-10-12

get.

-

gez.

BRO-/

form.

BIJL.

-

A4

Sondering CPT000000180693

Bijlage 4: Boorstaat

Opdrachtgever							
Projectnr.							
Uitvoeringsdatum							
Plaats							
Adres				Boormachine (ton) 2,5 / 9 / 22 / 45 / 150			
Boormeester				Surveyor (CV)			
Testen kalibreren Ja / Nee				Machinist			
Klic aanwezig Ja / Nee				Boringnr.			
Tekening aanwezig Ja / Nee				Boorlengte meter			
Buis geleverd Ja / Nee				Diameter buis Ø SDR			
Pilotboring Ja / Nee				Lengte geleverde buis meter			
Spoeling afgevoerd Opdr.gever / Loonw. / HD				Haspel nummer			
Zelf grondwerk Ja / Nee				Restant lengte op haspel			
Zelf digitaal ingemeten Ja / Nee				Hoeveelheid spoeling m ³			
Schets getekend Ja / Nee				Aantal uren grondwerk uur			
Stang	Diepte	Pitch	Opdracht / bijzonderheden	Stang	Diepte	Pitch	Opdracht / bijzonderheden
1				31			
2				32			
3				33			
4				34			
5				35			
6				36			
7				37			
8				38			
9				39			
10				40			
11				41			
12				42			
13				43			
14				44			
15				45			
16				46			
17				47			
18				48			
19				49			
20				50			
21				51			
22				52			
23				53			
24				54			
25				55			
26				56			
27				57			
28				58			
29				59			
30				60			
Aldus ingevuld door uitvoerende				Voor akkoord opdrachtgever			
Naam boormeester				Naam uitvoerder			
Handtekening				Handtekening			

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

TUNNEL-GEL™ PLUS



THE *Original* DRILLING FLUIDS COMPANY.

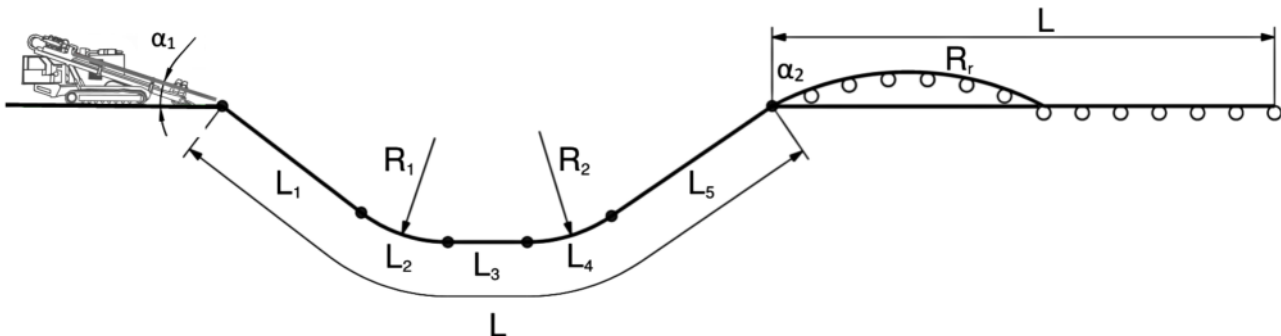
Viscosifier/Gellant

Beschrijving:	TUNNEL-GEL™ PLUS is speciaal geformuleerd voor gebruik in doorpersingen en horizontaal gestuurd boren. TUNNEL-GEL™ PLUS geeft de boorvloeistof viscositeit om het transport van boorgruis te bevorderen, zorgt er voor dat vaste delen gemakkelijk te verwijderen zijn in de scheidings installatie en geeft stabiliteit aan het boorgat door een goed filtraatwater verlies (FL). TUNNEL-GEL™ PLUS is zonder probleem in combinatie met andere BAROID producten te gebruiken.
Toepassing/Functies:	<ul style="list-style-type: none"> - Geeft viscositeit aan de boorspoeling. - Heeft draagkracht voor het transport van boorgruis. - Reduceert water indringing in de waterdoorlatende formatie.. - Bevordert boorgat stabiliteit in moeilijk te boren formaties.
Voordelen:	<ul style="list-style-type: none"> - Goede transport capaciteit van boorgruis tijdens het boren. - Goed draagvermogen tijdens stilstand. - Gemakkelijk te mengen en bereikt snel de maximale viscositeit - Niet giftig en fermenteert niet.
Typische eigenschappen:	Geel poeder Dichtheid 2600 kg/m ³ pH in 3% suspensie ≈ 10
Aanbevolen gebruik:	Voeg langzaam toe door een hopper of strooi het in de vortex van een hoge snelheids mixer. Gebruik in normale condities: 25 – 35 kg/m ³ leidingwater. Gebruik in moeilijke of grind condities: 35 – 40 kg/m ³ leidingwater. Als het aanmaakwater een lage pH /of een hoge hardheid heeft, voeg dan 1 kg SODA ASH per m ³ aan het water toe, daarna TUNNEL-GEL™ PLUS
Verpakking:	TUNNEL-GEL™ PLUS is verpakt in 25 kg meervoudige, special gecoate zakken en in 1.000 kg big-bags.
Beschikbaarheid:	TUNNEL-GEL™ PLUS wordt geleverd door onze distributeurs.

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.

Bijlage 6: Sterkte- en boorspoeldrukberekeningen

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : 23-30006 Kruisweg 47 Arcen			
Projectonderdeel : 1x 110mm SDR 11 (Stuurplaat 160mm)			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 110,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L	= 114,58	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 9,54	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 14,57	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 69,06	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 14,57	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 6,84	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 100,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 50,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 50,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 16,70 / 30	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 16,70 / 30	° / %
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

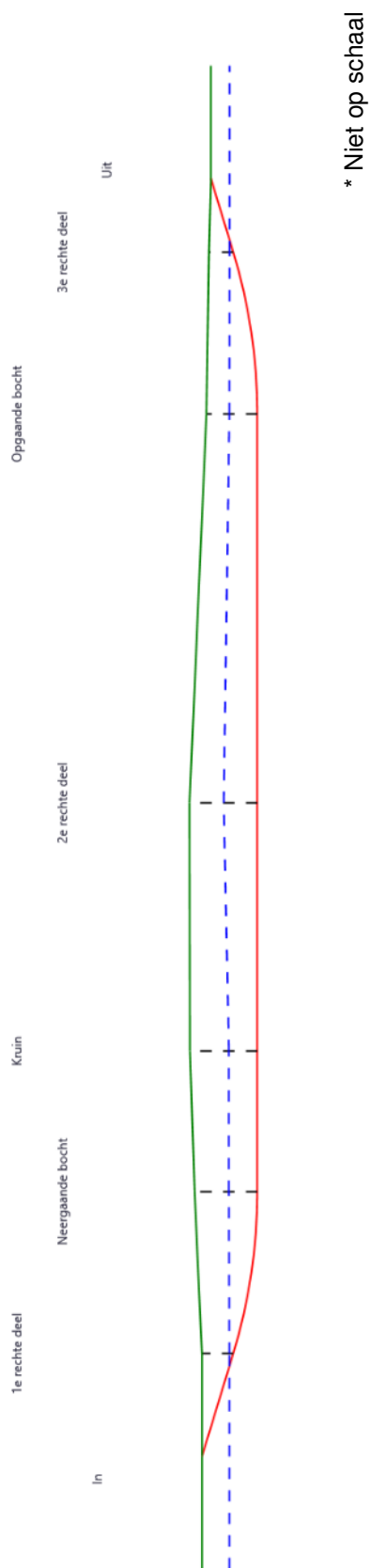


The diagram illustrates the profile of a horizontal borehole. It starts with a drilling rig at an entry angle α_1 . The profile consists of five segments: a horizontal segment L₁, a downward curve L₂ with radius R₁, a horizontal segment L₃, an upward curve L₄ with radius R₂, and a final horizontal segment L₅. The ground surface is represented by a dashed line with radius R_r. The exit angle is α_2 . The total length L is the sum of all segments.

22-03-2023 14:16:43

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2022 1.3 ©		
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang				D_b	= 48	mm	
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat				D_p	= 110	mm	
Soortelijk gewicht boorvloeistof				$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³	
Zwichtspanning boorvloeistof				$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa	
Plastische viscositeit boorvloeistof				η_p	= 0,009	Pa·s	
Debiet boorvloeistof				$Q_{m,p}$	= 100	l/min	
<i>Tijdens intrekken</i>							
Gecombineerd ruimen/intrekken							
Diameter ruimer/boorgat				$D_{g,i}$	= 160	mm	
Soortelijk gewicht boorvloeistof				$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³	
Zwichtspanning boorvloeistof				$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa	
Plastische viscositeit boorvloeistof				η_i	= 0,009	Pa·s	
Debiet boorvloeistof				$Q_{m,i}$	= 500	l/min	
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan							
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang							
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij normale boring				f	= 1,4		
Belastingfactor, bovengronds				$f_{k,b}$	= 1,1		
Belastingfactor, ondergronds				$f_{k,o}$	= 1,4		
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds				$f_{r,o}$	= 0,9		
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan				f_1	= 0,3		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof				f_2	= 0,00005	N/mm ²	
Wrijving tussen leiding/boorgangwand				f_3	= 0,2		
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	9,54	2,75	2,40	Zand	19,59	21,00	35,00
Neergaande bocht	24,11	5,50	3,00	Zand	19,06	20,93	32,50
Kruin	36,6	5,90	3,40	Zand	18,72	20,94	32,50
2e rechte deel	58,64	5,94	3,00	Zand	19,59	20,94	35,00
Opgaande bocht	93,17	4,46	2,00	Zand	19,80	20,95	32,50
3e rechte deel	107,74	2,13	1,80	Zand	19,93	21,00	35,00
Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting			
1e rechte deel	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
Neergaande bocht	0,0310	0,00	45,00	Grafiek ½ x II			
Kruin	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II			
2e rechte deel	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
Opgaande bocht	0,0310	0,00	45,00	Grafiek ½ x II			
3e rechte deel	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
					22-03-2023 14:16:43		

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	CPT180693
Neergaande bocht	Geen	CPT180693
Kruin	Geen	CPT180693
2e rechte deel	Geen	CPT180693
Opgaande bocht	Geen	CPT180693
3e rechte deel	Geen	CPT180693



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 3.966.260,73	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm ¹

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds*4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld*

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	114,58	1.444
Na intrekken van L_5	107,74	1.358
Na intrekken van $L_5 + L_4$	93,17	1.174
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	24,11	304
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	9,54	120

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,4 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	1.444	0,46
Na intrekken van L_5	1.358	0,43
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1.174	0,37
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	304	0,10
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	120	0,04

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141,59}$$

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538,15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{42.538,15}{72.114} = \mathbf{0,59 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,46	0,84
Na intrekken van L ₅	0,43	0,82
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,37	0,76
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,10	0,48
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,04	0,42

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,59 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat**5.1 Berekening van de vereiste trekkraft T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand**

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 345,58 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0793 \text{ N/mm}^1$

Trekkraft T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	6,84	317	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	21,41	-	993
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	90,47	4.197	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	105,04	-	4.873
Geheel ingetrokken	114,58	5.315	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de vereiste trekkraft T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten**5.2.1 Neergaande bocht**

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0310}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 50.000} = 0,0037 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{0,0037}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0039} \cdot 0,2 = \mathbf{187,58 \text{ N}}$$

5.2.2 Opgaande bocht

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0310}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 50.000} = 0,0037 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{0,0037}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0039} \cdot 0,2 = \mathbf{187,58 \text{ N}}$$

5.3 Berekening van de wrijving door bochtcracht T_{3c}

Trekkcracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,neer}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,op}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	839	709	134	-	1.682
Opgaande bocht	86	3.481	134	134	3.834

Neergaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$

Opgaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkcracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,35	1.682	137
Opgaande bocht	8,35	3.834	312

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,4 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

5.4 Totalisatie van de trekkcrachten in fase II

Trekkcracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	1.358	317	-	-	-	-	1.675
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1.174	993	188	137	-	-	2.492
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	304	4.197	188	137	-	-	4.825
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	120	4.873	188	137	188	312	5.817
Geheel ingetrokken	0	5.315	188	137	188	312	6.139

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,neer,max} + T_{3c,neer} + T_{3b,op,max} + T_{3c,op}$$

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	970	227	-	-	-	-	1.196
Na intrekken van $L_5 + L_4$	839	709	134	98	-	-	1.780
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	217	2.998	134	98	-	-	3.447
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	86	3.481	134	98	134	223	4.155
Geheel ingetrokken	0	3.797	134	98	134	223	4.385

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **4.385 N** ($\approx 0,5$ ton).

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

5.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	1.675	0,53
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.492	0,79
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.825	1,54
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	5.817	1,85
Geheel ingetrokken	6.139	1,95

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{3.141,59}$$

*5.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat*5.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 50.000} = 120.309,91 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{120.309,91}{72.113,83} = \mathbf{1,67 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 50.000} = 120.309,91 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{120.309,91}{72.113,83} = \mathbf{1,67 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	1.675	0,53	-	0,53
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.492	0,79	1,67	1,88
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.825	1,54	-	1,54
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	5.817	1,85	1,67	2,94
Geheel ingetrokken	6.139	1,95	-	1,95

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{3.141,59} = \sigma_t$$

$$\text{Gebogen delen: } \sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$$

$$\text{Toelaatbare spanning: } \sigma_{kd} = \text{MRS} = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$$

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase*6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk*

Leiding is drukloos:

$$\sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$$f_{rr} = 1,00$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	2,75	2,40	Zand	51,72	4,59	56,30	6,19
Neergaande bocht	5,50	3,00	Zand	62,90	32,56	95,46	10,50
Kruin	5,90	3,40	Zand	70,01	32,59	102,60	11,29
2e rechte deel	5,94	3,00	Zand	64,65	38,32	102,97	11,33
Opgaande bocht	4,46	2,00	Zand	43,56	32,09	75,65	8,32
3e rechte deel	2,13	1,80	Zand	39,46	4,32	43,78	4,82

$$q_{\text{droog}} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_{\text{nat}} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	2,75	Grafiek 1/2 x II	4,25	0,47
Neergaande bocht	5,50	Grafiek 1/2 x II	1,79	0,20
Kruin	5,90	Grafiek 1/2 x II	1,64	0,18
2e rechte deel	5,94	Grafiek 1/2 x II	1,63	0,18
Opgaande bocht	4,46	Grafiek 1/2 x II	2,31	0,25
3e rechte deel	2,13	Grafiek 1/2 x II	6,00	0,66

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	6,19	0,47	6,66	45,96	2,76
Neergaande bocht	10,50	0,20	10,70	73,81	4,43
Kruin	11,29	0,18	11,47	79,12	4,75
2e rechte deel	11,33	0,18	11,51	79,39	4,76
Opgaande bocht	8,32	0,25	8,58	59,17	3,55
3e rechte deel	4,82	0,66	5,48	37,79	2,27

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{16,67}$$

6.6 Optredende spanning σ_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten

6.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,083 \cdot 0,0037 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,11 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,083 \cdot 0,0037 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,11 \text{ N/mm}^2}$$

6.7 Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

$$\sigma_{ax} = \mathbf{0 \text{ N/mm}^2}$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83,33}{100^3} = 0,0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,25 \text{ kN/m}^2}$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²**

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78 m** grondwater boven de leiding

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen*9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding*

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	2,76	-	0,65	1,79
Neergaande bocht	4,43	0,11	0,65	2,95
Kruin	4,75	-	0,65	3,09
2e rechte deel	4,76	-	0,65	3,10
Opgaande bocht	3,55	0,11	0,65	2,38
3e rechte deel	2,27	-	0,65	1,47

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²*9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding*

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,00	1,67	0,65	1,08
Kruin	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	1,67	0,65	1,08
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$ Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²**10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie**

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_y [mm]	δ_y/D_g [%]
1e rechte deel	6,19	0,47	-	1,34	1,34
Neergaande bocht	10,50	0,20	0,0037	2,05	2,05
Kruin	11,29	0,18	-	2,20	2,20
2e rechte deel	11,33	0,18	-	2,37	2,37
Opgaande bocht	8,32	0,25	0,0037	1,63	1,63
3e rechte deel	4,82	0,66	-	1,07	1,07

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 50,00^3}{350 \cdot 83,33}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 100,00 = **8,00** mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	2,75	45,92	19,58	32,75	51,54	56,28
Neergaande bocht	5,50	74,55	34,49	54,52	83,82	43,97
Kruin	5,90	80,45	37,23	58,84	90,45	45,58
2e rechte deel	5,94	79,99	34,11	57,05	89,78	76,10
Opgaande bocht	4,46	58,25	26,95	42,60	65,49	39,14
3e rechte deel	2,13	35,61	15,19	25,40	39,97	49,63

$$\sigma_{\text{vert}} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{\text{hor}} = \sigma_{\text{vert}} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{\text{vert}} + \sigma_{\text{hor}}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1 + \sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$E_{100, \text{norm}} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m \quad (\text{Zand/Leem/Grind} \rightarrow m = 0,5; \text{Veen/Klei} \rightarrow m = 0,8)$$

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	29,08	0,00065	0,0035	0,2989	0,75	6,78
Neergaande bocht	23,61	0,0012	0,0250	0,3163	0,89	8,05
Kruin	24,48	0,0013	0,0250	0,3163	0,95	8,55
2e rechte deel	39,32	0,00083	0,0294	0,2989	1,22	10,98
Opgaande bocht	21,02	0,0011	0,0246	0,3163	0,74	6,62
3e rechte deel	25,64	0,00057	0,0033	0,2989	0,61	5,51

$$G = \frac{E_{100, \text{norm}}}{2 \cdot (1 + v)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$v = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{\text{lim}} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	0,68	2,74	0,32	3,16	0,03	0,34
Neergaande bocht	0,49	4,85	0,40	4,01	0,06	0,61
Kruin	0,48	4,85	0,43	4,25	0,06	0,64
2e rechte deel	0,60	4,85	0,53	5,26	0,07	0,69
Opgaande bocht	0,53	4,85	0,33	3,32	0,08	0,77
3e rechte deel	0,73	2,74	0,26	2,57	0,06	0,56

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}, R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (110^2 - 48^2)} = 0,217 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$

11.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	1,06	1,97	0,26	2,57	0,02 ⁽¹⁾	0,25
Opgaande bocht	0,77	4,07	0,33	3,32	0,05 ⁽¹⁾	0,53
2e rechte deel	0,88	4,07	0,53	5,26	0,06 ⁽¹⁾	0,64
Kruin	0,70	4,07	0,43	4,25	0,07 ⁽²⁾	0,69
Neergaande bocht	0,72	4,07	0,40	4,01	0,06 ⁽²⁾	0,65
1e rechte deel	1,00	1,97	0,32	3,16	0,03 ⁽²⁾	0,35

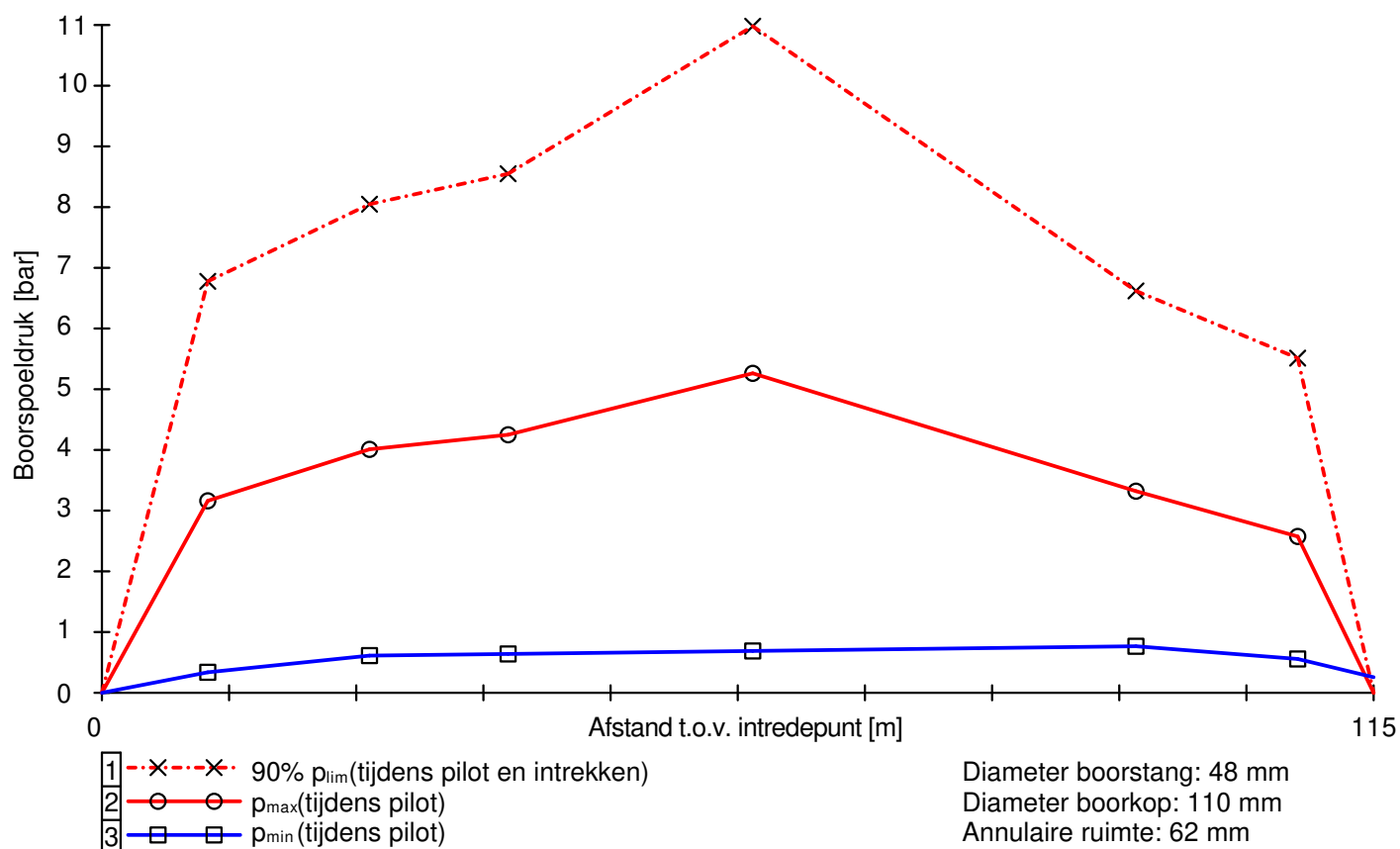
$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{160}{2} = 80 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_o^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (160^2 - 110^2)} = 0,786 \text{ m/s}$$

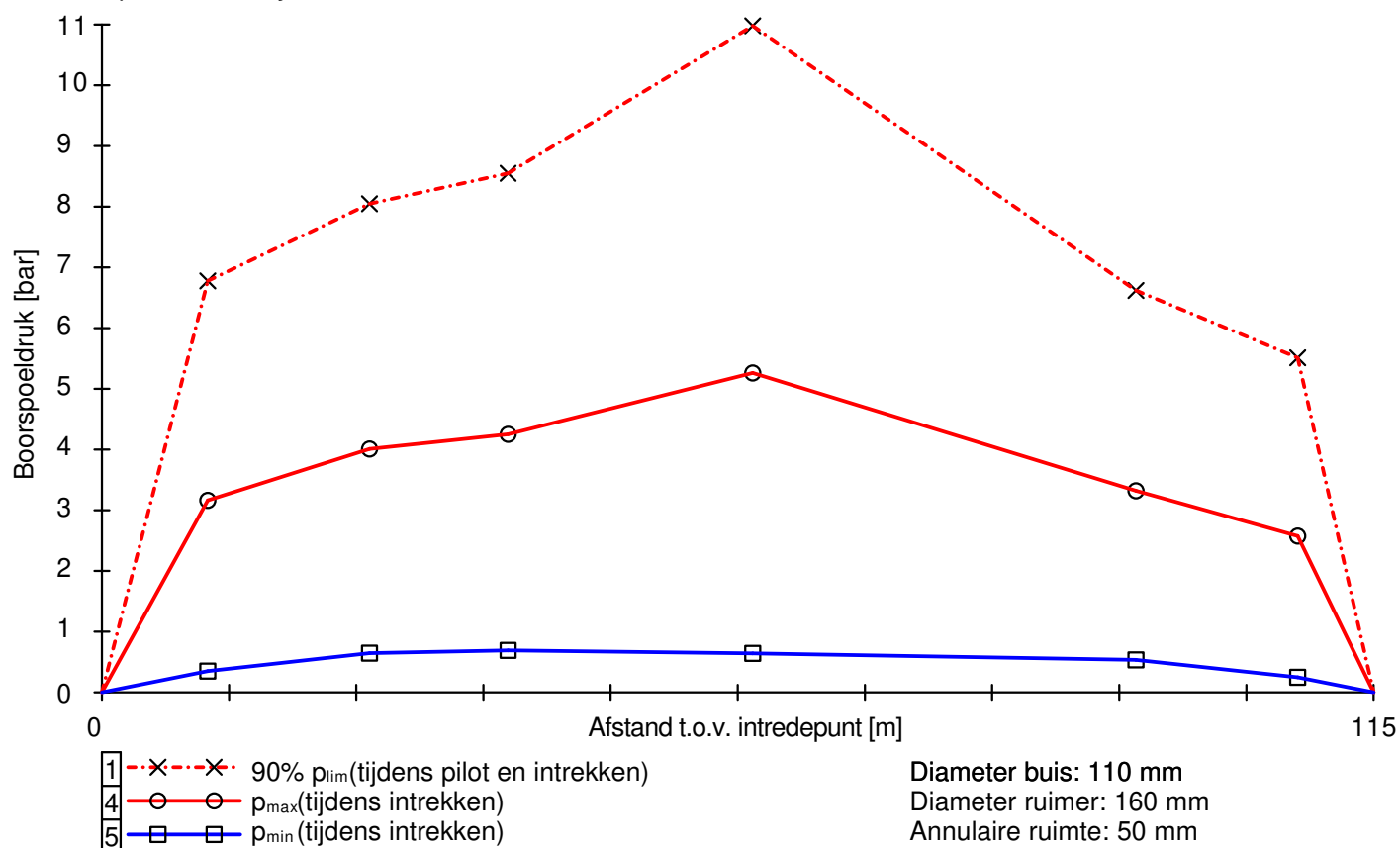
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

11.3 Boorspoeldrukken tijdens pilot



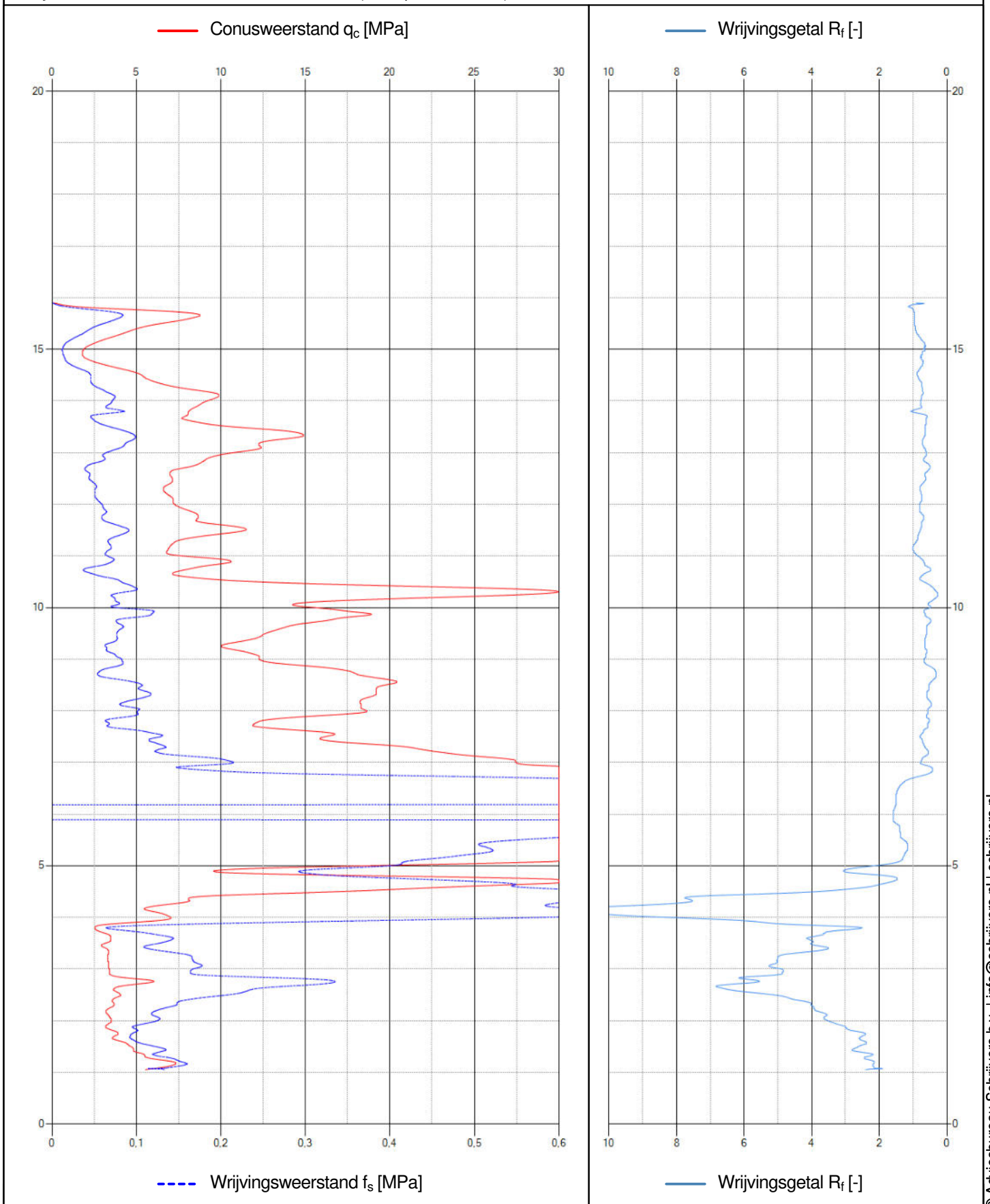
11.4 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



CPT000000180693

Naam van het project : 23-30006 Kruisweg 47 Arcen

Projectonderdeel : 1x 110mm SDR 11 (Stuurplaat 160mm)



Bijlage 7: Drill-control rapportage

---Algemeen---

Ontwerpdatum: 3/22/2023
Drill Control Versie: 6.6.2805
Boring nummer: 838802
Boring ontwerp op basis van Lengteprofiel

---Ontwerp parameters---

Topografische situatie aanwezig
Horizontaal ontwerp: Volgens Lengteprofiel
Verticaal ontwerp: 1 Controlepunt(en)

Intrede

Diepte Intredepunt t.o.v. Maaiveld = 0 meter
Hoek = -16.7 graden (-30%)
Minimale Lengte: 6
Neergaande Bocht
Verticale radius = 50 meter
Middelste Rechte
Hoek = 0 graden (0%)
Minimale Lengte: 0 meter
Opgaande Bocht
Verticale radius = 50 meter

Uittrede

Diepte Uittredepunt t.o.v. Maaiveld = 0 meter
Hoek = 16.7 graden (30%)
Minimale Lengte: 3 meter
Minimale boorradius = 30.1 meter

---Lengtes---

Totale lengte boorlijn = 114.58 meter
Neergaande rechte = 9.54 meter
Neergaande bocht = 14.57 meter
Middelste rechte = 69.06 meter
Opgaande bocht = 14.57 meter
Opgaande rechte = 6.84 meter

---Maximale gronddekking---

Neergaande rechte = 2.75 meter
Neergaande bocht = 5.5 meter
Middelste rechte = 5.94 meter
Opgaande bocht = 4.46 meter
Opgaande rechte = 2.13 meter

---Radius informatie---

Boring ontwerp bevat GEEN gecombineerde radii
Kleinste gemeten Radius = 50 meter

---Coördinaten boorlijn---

	X	Y	Z
ITP 209493.56	388844.61	15.90	
Tv1 209484.42	388844.73	13.16	
Tv2 209470.06	388844.92	11.06	
Tv3 209401.01	388845.86	11.06	
Tv4 209386.64	388846.05	13.16	
UTP 209380.09	388846.14	15.13	