

BOORPLAN

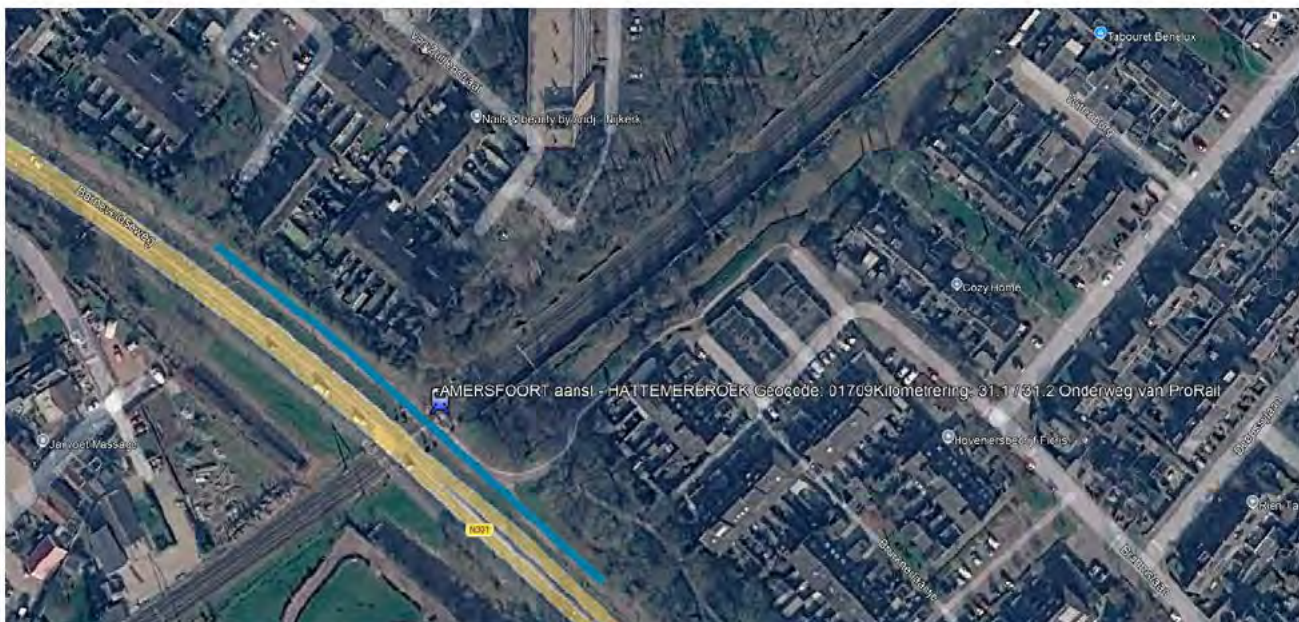
Horizontaal gestuurde boring

Project: 250724.07 - Nijkerk - Spoorboring
Barneveldseweg

AMERSFOORT – HATTEMERBROEK

Geocode: 01709

Kilometrering: 31.1 / 31.2



Opgesteld door:	Opdrachtgever:	Vergunningverlener:
Naam: [REDACTED] Datum: 7-4-2026	Naam: Liander	Naam: ProRail
 van gelder		ProRail



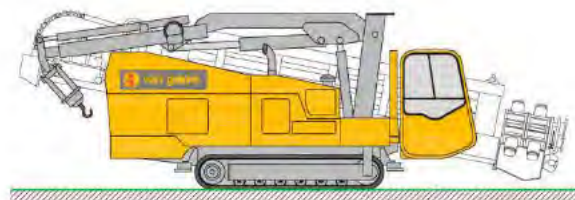
Voorwoord

Van Gelder afd. gestuurd boren heeft van u opdracht ontvangen voor het realiseren van een ontwerp voor een spoor-kruising middels gestuurd boren.

De plannen zijn zo zorgvuldig mogelijk opgesteld op basis van de aan Van Gelder verstrekte gegevens, waarbij rekening is gehouden met de bestaande kabels en leidingen en zoveel mogelijk met de wensen van vergunning- en/of toestemmingverleners.

Van Gelder kan niet aansprakelijk worden gesteld indien onbekende omstandigheden leiden tot stagnatie van de werkzaamheden. Om dit te voorkomen dient de aannemer zich ten allen tijde vóór aanvang van de werkzaamheden te conformeren aan het gerealiseerde plan en zelf een graafmelding te doen zoals vastgelegd in de WIBON.

Revisie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Geaccepteerd
1.0	7-4-2026	Definitief			
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					



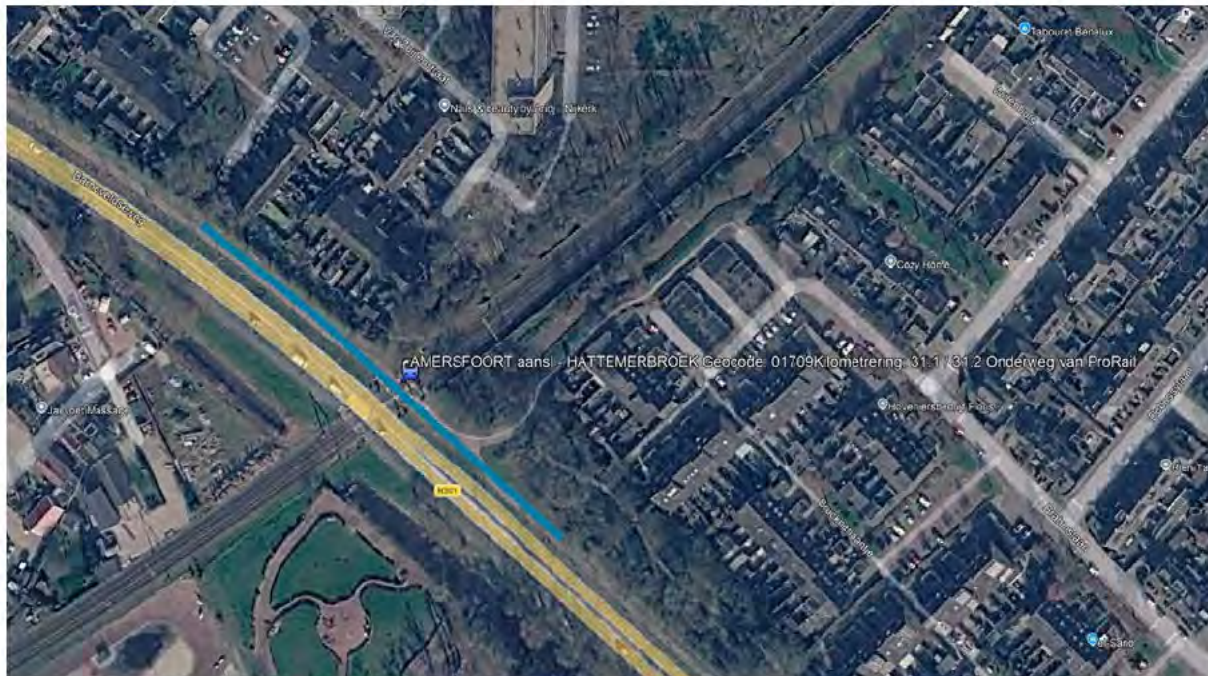
Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
2	Project specificaties	6
2.1	Belangrijke aspecten op dit project:	6
2.2	Keuze boortracé en geometrie:	6
2.3	Keuze boorlijn:	6
2.4	Inrichten in- en uittredepunt:	7
2.5	Geplande werktijd:	9
2.6	Personeel:	9
2.7	Registratie revisiegegevens:	9
2.8	Afwijkingen:	10
3	Technische gegevens.....	11
3.1	Aan te brengen buizen:	11
3.2	Geometrische gegevens:	11
3.3	Plaatsbepaling:	11
3.4	In te zetten materiaal:	12
4	Gegevens sterkteberekening	13
4.1	Grondopbouw met waterstand	13
4.2	Ballasten leiding	13
4.3	Trekkrachtberekening	14
4.4	Deflectie en Implosie $\varnothing 110$ (1): leiding no. 1	14
4.5	Deflectie en Implosie $\varnothing 110$ (2): leiding no. 2	14
4.6	Deflectie en Implosie $\varnothing 110$ (3): leiding no. 3	15
4.7	Conclusie sterkteberekening	15
5	Gegevens Muddrukberekening	16
5.1	Boorvloeiستofdrukken	16
5.2	Conclusie muddrukberekening	18
6	Algemene omschrijving gestuurde boring	19
6.1	Beschrijving boormethode:	19
6.2	Pilotboring:	19
6.3	Ruimen:	20
6.4	Cleaning run (optioneel):	20
6.5	Intrekoperatie:	21
6.6	Groutmaatregelen onder spoor:	21
6.7	Boorspoeldrukken:	21

6.8	Mobilisatie en demobilisatie	22
6.9	Opslag en transport van boorslurry	23
7	Boorspoeling	24
7.1	Doel van boorspoeling:	24
7.2	Het aanmaken van boorspoeling:	24
7.3	Debieten en muddrukken:	24
8	Beheersing kwelproblematiek	25
8.1	Kwel:	25
8.2	Risico's en maatregelen:	25
8.3	Maatregelen op dit project:	25
Bijlagen		26
1	Werktekening	27
2	Grondonderzoeken	28
3	Sterkte- en muddrukberekening	29
4	Specificaties meetsysteem	30
5	Specificatie boorspoeling	31
6	In te zetten boorrig	32
7	Risicoanalyse;	33

1 Inleiding

Liander heeft Van Gelder, afdeling gestuurd boren, gevraagd om een gestuurde boring te ontwerpen ten behoeve van een MS-tracé. Om dit tracé te kunnen realiseren, is het noodzakelijk om enkele infrastructurele werken te kruisen. In dit boorplan wordt de gestuurde boring onder de spoorweg nader toegelicht.



1 Figuur Werklocatie

2 Project specificaties

2.1 Belangrijke aspecten op dit project:

Het geplande boortracé kruist de spoorweg Amersfoort – Hattemerbroek, Geocode: 01709, Kilometrering: 31.1 / 31.2, Onderweg van ProRail. Hiervoor dient een vergunning te worden aangevraagd bij ProRail.

Het boortracé is vooraf geschouwd en er is bij het Kadaster een oriëntatiemelding gedaan (26O0008146). Uit dit vooronderzoek is gebleken dat rekening moet worden gehouden met onderstaande aandachtspunten.

Het boortracé is zodanig gekozen dat wordt voldaan aan de eisen van de opdrachtgevers en aan de richtlijnen van de vergunningverleners (ProRail), de Richtlijnen Boortechniek (2019) en de richtlijnen van diverse kabel- en leidingbeheerders.

Tijdens de uitvoering worden ter plaatse van het in- en uittredepunt alle aanwezige kabels en leidingen vrij gegraven. Indien noodzakelijk worden aanvullende beschermingsmaatregelen getroffen.

De input voor de sterkte- en muddrukberekeningen (zie bijlage 3) is gebaseerd op de bijgevoegde bodemonderzoeken (zie bijlage 2). Voor het inschatten van de grondwaterstand is gebruikgemaakt van peilbuisgegevens afkomstig van Dinoloket / Grondwatertools (TNO).

Uit de uitgevoerde sterkteberekening blijkt dat de aan te brengen buis geschikt is voor de geplande werkzaamheden. Daarnaast tonen de muddrukberekeningen aan dat ter plaatse van de berekende punten voldoende marge aanwezig is tussen de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorspoeldruk.

2.2 Keuze boortracé en geometrie:

Gyro

Op dit project is, in verband met het kruisen van het spoor, ervoor gekozen om de pilotboring te realiseren met behulp van een gyroscoop meetsysteem. Met dit computer gestuurde meetsysteem kan de surveyor de boorkop op afstand blijven volgen.

2.3 Keuze boorlijn:

De keuze van de boorlijn is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- De gestuurde boring wordt uitgevoerd met een 20/28-tons boorinstallatie.
- De intredehoek bedraagt 18 graden en de uittredehoek bedraagt 22 graden.
- De verticale boogstralen zijn ingesteld op 130 meter
- De horizontale boogstraal is ingesteld op 220 meter
- De gecombineerde radius is ingesteld op 111,92 meter
- Ter plaatse van de kruising met het spoor ligt de boring dieper dan 16 meter en bevindt deze zich buiten de invloedssfeer van de druklijn van het spoor

2.4 Inrichten in- en uittredepunt:

Uit de oriëntatiemelding (26O0008146) blijkt dat er ter plaatse van het in- en uittredepunt diverse kabels en leidingen aanwezig zijn. Ten einde deze niet te beschadigen is het noodzakelijk de exacte ligging hiervan te lokaliseren door middel van proefsleuven. Hierbij kan het noodzakelijk blijken om het exacte in- en uittredepunt aan te passen of om tijdelijk de bestaande kabels om te leggen.

Voor het verkrijgen van werkwater dient er water naar de locatie te worden getransporteerd.

Het intredepunt is aan de noordwestzijde gepland.

Door het aanbrengen van circa 750 m² rijplaten wordt ter plaatse van het intredepunt een opstelsterrein gerealiseerd. Op dit opstelsterrein zullen de boorinstallatie, het materieel en de voertuigen worden opgesteld.

Voor deze werkzaamheden zal het fietspad tijdelijk worden afgesloten. Daarnaast worden vijf boombeschermingen geplaatst.

Voor de in- en uitgaande verkeersbewegingen van het werkverkeer wordt één verkeersregelaar ingezet.

Het intredepunt wordt voorzien van een werkput met een inhoud van circa 10 m³.



Figuur 2 Overzicht intredepunt

Het uittredepunt is aan de zuidoostzijde gepland.

Door het aanbrengen van circa 350 m² rijplaten wordt ter plaatse een werkterrein gerealiseerd. Voor deze werkzaamheden wordt het fietspad tijdelijk afgesloten. Langs het werkterrein en de uitlegstrook worden bermafzettingen geplaatst. Daarnaast worden 16 boombeschermingen aangebracht. Voor de in- en uitgaande verkeersbewegingen van het werkverkeer wordt één verkeersregelaar ingezet.



Figuur 3 Overzicht uittredepunt

De 3 stuks Ø110 mm PE100 SDR11 buizen worden vanaf haspels, opgesteld achter het uittredepunt, uitgelegd.

Achter het uittredepunt is voldoende ruimte beschikbaar voor de uitlegstrook. Voor deze werkzaamheden wordt het fietspad tijdelijk afgesloten.

2.5 Geplande werktijd:

De geplande werktijd is bepaald in overeenstemming met de ingeschatte voortgangssnelheid per fase. Bij een gestuurde boring moeten de onderstaande fasen als opvolgend worden uitgevoerd. Het aanvoeren, lassen en beproeven van de buizen zal doorlopend gedurende de onderstaande fasen worden gerealiseerd.

Werkdag	1											
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vorbereidende werkzaamheden												
Verkeersmaatregelen treffen												
Aanvoeren en opstellen boorrig												
Controle klikmelding + proefsleuven												
Graven in-/ uittredepunt												
Werkdag	2											
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pilotboring (Gyro)												
Werkdag	3											
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ruimen												
Intrekken buis												
Herstellen werklocatie + afvoeren boorrig												

- Indicatieve voortgangssnelheid bij de pilotboring; ca. 25m tot 50m/uur
- Indicatieve voortgangssnelheid bij de ruimfase; ca. 30 tot 50m/uur
- Indicatieve voortgangssnelheid bij het intrekken; ca. 30 tot 50m/uur

De voortgangssnelheid van de pilotboring, ruimfase(s) en intrekken van mantelbuizen is onderhevig aan de lokale grondopbouw en externe factoren.

2.6 Personeel:

Inzet van het personeel op de boorrig zijn Surveyor, Boormeester, Mudman, Kraan en 1 of 2 assistenten. Hierbij is de taakverdeling als volgt:

- Boormeester:
 - Bediening van de boorrig
 - Koppelen van de boorstangen (intredepunt)
- Boorassistent:
 - Samenstellen van de boorspoeling
 - Spiegellassen van de buizen
- Surveyor:
 - Verzorgen meet- en revisiegegevens

2.7 Registratie revisiegegevens:

Conform de vigerende NEN- normen is het noodzakelijk om bij iedere boorfase (pilot, ruim en intrekfase) de voortgang van het proces te monitoren. Dit wordt gerealiseerd door het registreren van de onderstaande parameters:

- Positiebepalingen en metingen;
- Debiet en druk van de boorvloeistof (aan de pomp/boorkop);
- Trekkracht van de boorrig;
- Indien geëist de resultaten van de monitoring, met de nul- en vervolgmeting.

2.8 Afwijkingen:

Het is mogelijk dat een pilotboring onder bepaalde omstandigheden afwijkt van het vooraf geplande boortracé. De boormeester en assistent-boormeester houden continu en nauwlettend het boorproces in de gaten en eventuele afwijkingen worden geregistreerd. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door de hoofduitvoerder contact worden opgenomen met de opdrachtgever.

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

Richting	Maximale uitvoeringsafwijking
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal	
- In lengterichting t.p.v uittredepunt	+5m / -2m
- In dwarsrichting t.p.v uittredepunt	+1m / -1m
- In dwarsrichting tracé tussen in- /uittredepunt	+5m / -5m
Boogstralen	< 10%

Figuur 4 Maximale toegestane afwijking

3 Technische gegevens

In dit hoofdstuk zijn de technische gegevens van de gestuurde boring te vinden welke ingevoerd zijn in het rekenprogramma D-Geo Pipeline, versie 24.1.2

3.1 Aan te brengen buizen:

Bij het realiseren van de gestuurde boring zullen 3 stuks PE100 SDR11 buizen Ø110 mm worden aangebracht.

Totaal aantal aan te brengen buis/buizen	:	3 stuk(s)
Type buis	:	PE (polyethyleen)
Diameter buis	:	Ø110mm
Wanddikte	:	10,0mm
Kwaliteit	:	PE100 SDR-11
Drukklasse	:	PN16
Werkdruk	:	n.v.t.
Ontwerpdruk	:	n.v.t.

3.2 Geometrische gegevens:

Lengte boortracé (maaiveld)	:	160,52m
Lengte boortracé (boorlijn)	:	166,55m
Intredehoek	:	18°
Uittredehoek	:	22°
Neergaande verticale boogstraal	:	130m
Opgaande verticale boogstraal	:	130m
Horizontale boogstraal	:	220m
Gecombineerde boogstraal	:	111,92m
Diepste punt gestuurde boring (N.A.P.)	:	-17,00m
Diepste punt gestuurde boring (maaiveld)	:	-19,90m
Diameter te gebruiken ruimers	:	Ø305mm

3.3 Plaatsbepaling:

Gyro

De geplande gestuurde boring kan niet worden uitgevoerd met een walk-over meetsysteem. Het boortracé is daarom zo gepland dat de pilotboring kan worden gerealiseerd met het gyroscoop meetsysteem. Bij dit meetsysteem wordt er een andere boorkop gemonteerd, welke wordt gekoppeld aan een draad en hiermee de data doorgeeft aan een computerprogramma. Via de benodigde software kan de surveyor de zender nauwkeurig blijven volgen en controleren of er niet van de geplande boorlijn wordt afgeweken. Bij het aanbrengen van iedere boorstang moet de draad worden verlengd of ingekort. De zender geeft onder andere door:

- Azimuth (richting)
- Pitch (helling)
- Roll (klokstand)
- Diepte
- Temperatuur van de zender

Dit meetsysteem is ongevoelig voor storing door omgevingsinvloeden en blijft op iedere diepte nauwkeurig. Aanvullende informatie van dit meetsysteem is te vinden in Bijlage 4.

3.4 In te zetten materiaal:

Voor de processen van sleufloze aanlegtechnieken is een indeling gemaakt. De processen binnen de scope van sleufloze technieken worden bij gestuurde boringen onderverdeeld in drie categorieën (S-A, S-B en S-C).

Gestuurde boringen (processen S-A, S-B en S-C)

De indeling voor gestuurde boringen is gebaseerd op de omvang van de boring:

- Kleine gestuurde boringen (S-A) worden uitgevoerd met een boorinstallatie tot een maximale trekkracht van 12 ton (120 kN).
- Middelgrote gestuurde boringen (S-B) worden uitgevoerd met een boorinstallatie tot een maximale trekkracht van 80 ton (800 kN).
- Grote gestuurde boringen (S-C) worden uitgevoerd met een boorinstallatie met een trekkracht van meer dan 80 ton (800 kN).

De CKB-regeling geeft aan dat er onder bepaalde omstandigheden aanleiding kan zijn om van deze indeling af te wijken. Voorbeelden hiervan zijn:

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

Dit project wordt uitgevoerd met een boorinstallatie van 20/28 ton en valt daarmee binnen de categorie middelgrote gestuurde boringen (S-B) conform de CKB-regeling.

Vanwege het kruisen van het spoor en de bijbehorende veiligheids- en risicoklasse is gekozen voor deze boorinstallatie. Hiermee wordt een goede controle en veiligheid tijdens de uitvoering gewaarborgd.

4 Gegevens sterkteberekening

4.1 Grondopbouw met waterstand

Het grondonderzoek dat is toegepast voor de berekening is afkomstig van SOCOTEC Geotechnisch, zie bijlage 2. Voor het opstellen van de grondopbouw zijn de volgende sonderingen en grondwaterstanden toegepast.

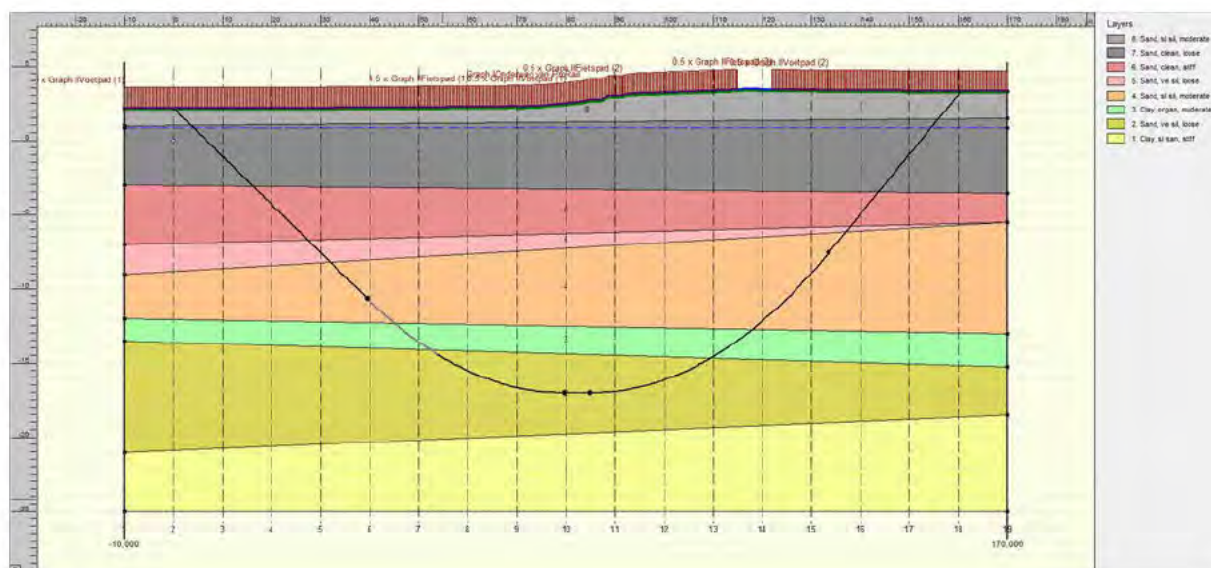
Sonderingen:

- 060304 – DKM001
- 060263 – DKM002

Grondwaterstand:

- De grondwaterstand is vastgesteld op circa 0,9 m NAP.

De grondopbouw met waterstand in combinatie met de te maken boring is als volgt:



4.2 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 vulling percentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal. Bij een vulling percentage van 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	32,26	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	9,17	[kg/m]
Resultaat	:	23,09	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

4.3 Trekkkrachtberekening

Volgens de trekkkracht berekening is er voor deze boring een maximale trekkkracht benodigd van 16 kN = 1,6 ton, zie bijlage 3. Vanwege onvoorziene omstandigheden adviseert Van Gelder boren hierin een ruime marge te nemen.

4.4 Deflectie en Implosie ø110 (1): leiding no. 1

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 10,0 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 2,2 mm ($2,24\% \times D_g$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm ($8,00\% \times S \times D_g$). De deflectie is toelaatbaar. De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm ($5,00\% \times D_g$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 237 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 179 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

4.5 Deflectie en Implosie ø110 (2): leiding no. 2

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 10,0 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 2,2 mm ($2,24\% \times D_g$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm ($8,00\% \times S \times D_g$). De deflectie is toelaatbaar. De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm ($5,00\% \times D_g$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 237 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 179 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

4.6 Deflectie en Implosie ø110 (3): leiding no. 3

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 10,0 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 2,2 mm ($2,24\% \times D_g$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm ($8,00\% \times S \times D_g$). De deflectie is toelaatbaar. De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm ($5,00\% \times D_g$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 237 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2 .

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 179 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2 .

4.7 Conclusie sterkteberekening

De conclusie van alle parameters: Grondonderzoek, boortekening en de sterkteberekening is als volgt: De boring is ontworpen binnen de toepasselijke richtlijnen van de boorinstallatie en het meetsysteem. Daarnaast blijkt uit de sterkteberekening dat de boring voldoet aan de gestelde eisen. Uit de sterkteberekening blijkt dat de boring voldoet aan de gestelde eisen.

Op basis van bovenstaande gegevens kan worden geconcludeerd dat deze boring geheel binnen de richtlijnen uitgevoerd kan worden.

5 Gegevens Muddrukberekening

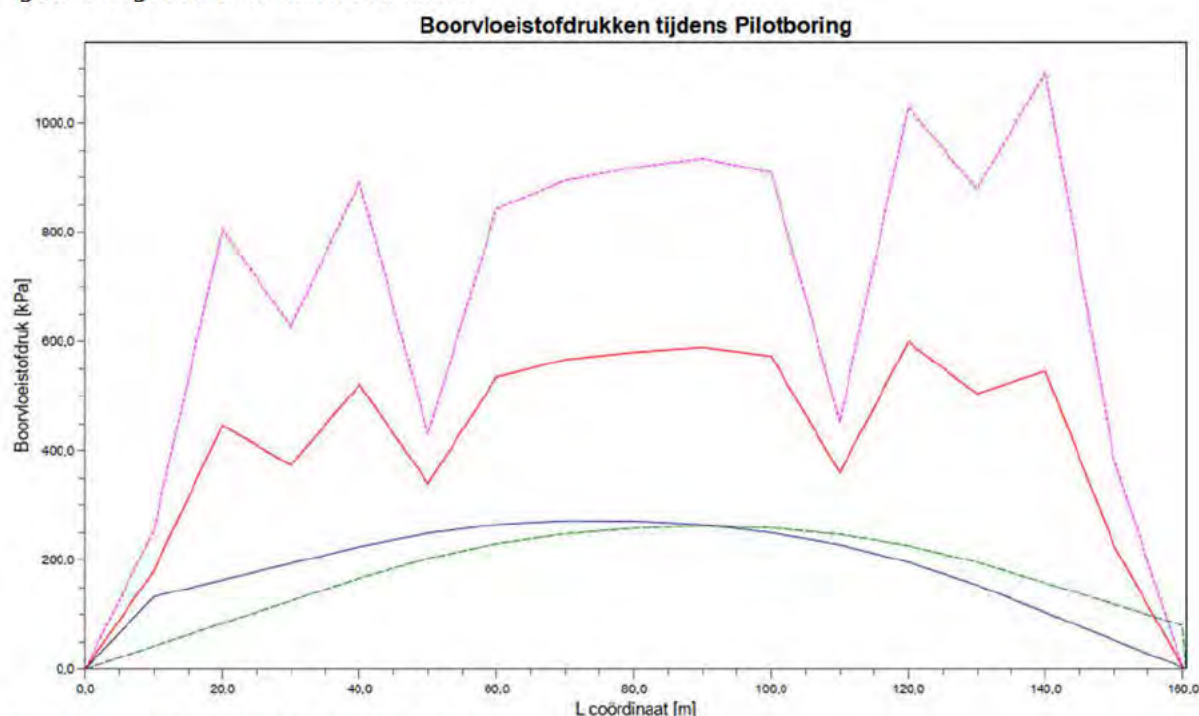
Bij het uitvoeren van gestuurde boringen wordt gebruik gemaakt van bentoniet. Dit is een natuurlijke soort klei, dat als een droge stof op de werklocatie wordt aangevoerd. In de meng-unit van de boorinstallatie wordt de bentoniet vermengd met water tot de gewenste viscositeit. Dit mengsel wordt tijdens alle fasen van het boorproces gebruikt. Het debiet van de pomp is afhankelijk van de verschillende boorfasen en grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (wegstroomt) zijn er muddrukberekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde mud druk vergeleken met de maximaal toelaatbare mud druk. Bij deze berekening is de pilotboring in de meeste gevallen maatgevend, omdat het uitstromen van de boorspoeling slechts aan één kant mogelijk is. Nabij het in-/uittredepunt is het risico op een blow-out het grootst vanwege de geringe dekking tot het maaiveld.

5.1 Boorvloeistofdrukken

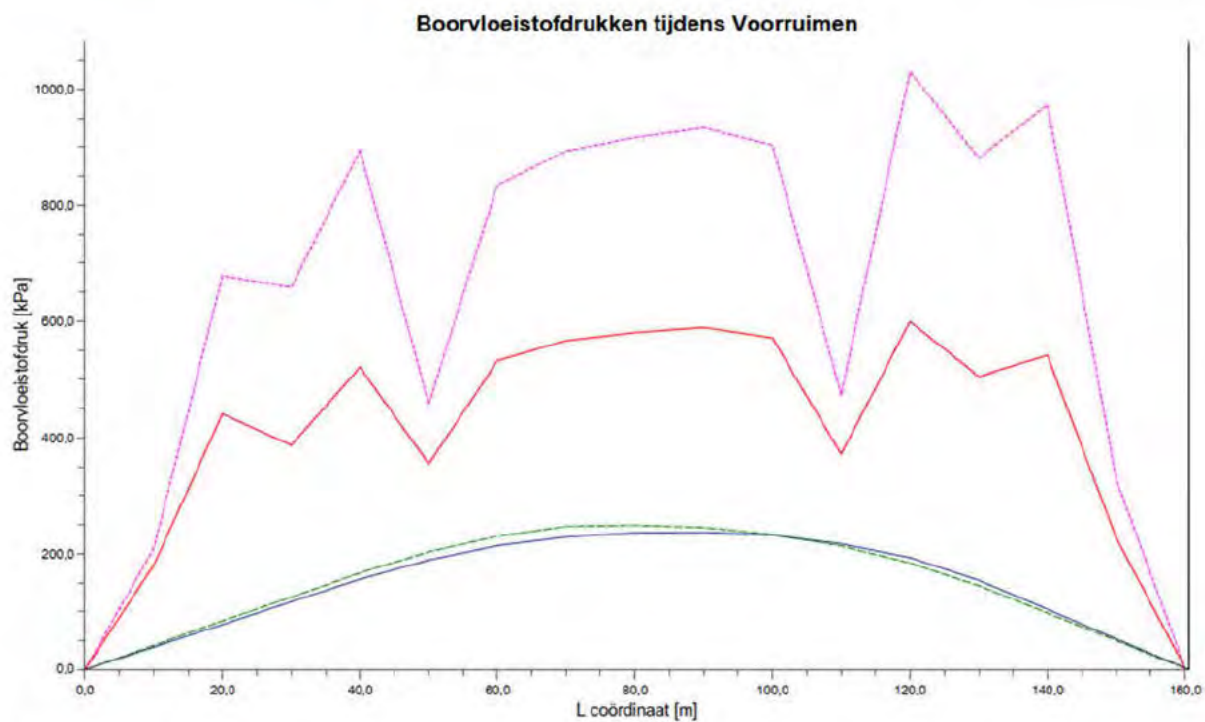
Onderstaand zijn de boorvloeistofdrukken die tijdens de pilotboring, voorruimen en intrekoperatie optreden weergegeven. Deze boorvloeistofdrukken volgen uit bijgevoegde berekening.



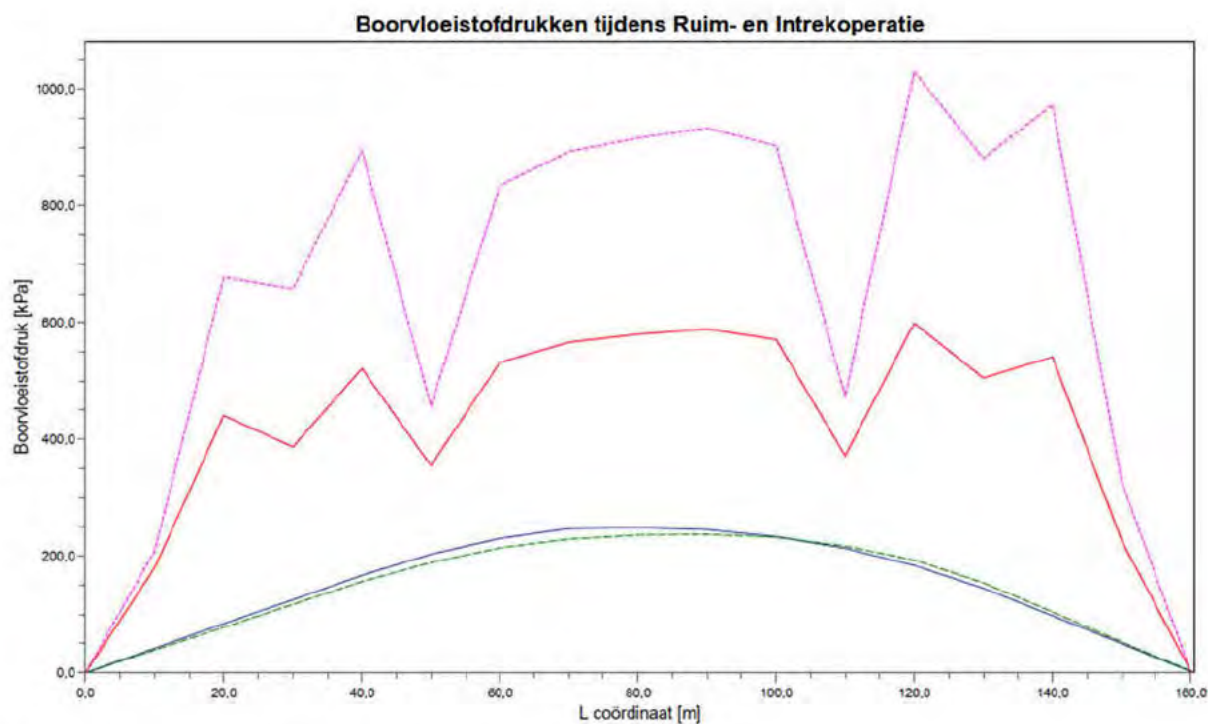
Figuur 6 Legenda Boorvloeistofdrukken



Figuur 7 Boorvloeistof tijdens Pilotboring



Figuur 8 Boorvloeistof tijdens Voorruimen



Figuur 9 Boorvloeistof tijdens Ruim- en intrekoperatie

5.2 Conclusie muddrukberekening

In de bovenstaande boorvloeistofdrukken die optreden tijdens de pilotboring, het voorruimen en de ruim- en intrekoperatie is te zien dat de boorvloeistofdrukken tijdens de pilotboring maatgevend zijn.

De pilotboring wordt uitgevoerd van links naar rechts en de pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

In de bovenstaande boorvloeistofdrukken is te zien dat de minimaal benodigde boorvloeistofdrukken (plastische zone, gerelateerd aan gronddruk) ruim onder de maximaal toelaatbare boorvloeistofdrukken blijft. Dit betekent dat er geen muduitbraak wordt verwacht.

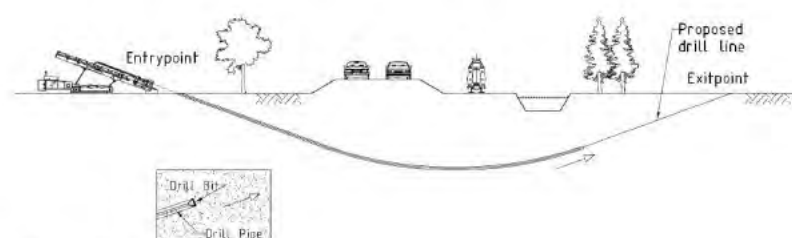
6 Algemene omschrijving gestuurde boring

6.1 Beschrijving boormethode:

Nadat het equipment is aangevoerd, geplaatst en aangesloten kan met het eigenlijke boorproces worden begonnen. Dit is onder te verdelen in drie stappen respectievelijk de pilotboring, ruimgangen en het intrekken van de pijpleiding. Onderstaand wordt dit boorproces beschreven.

6.2 Pilotboring:

De eerste stap is de pilotboring. Hierbij worden de boorbuizen van ca 9,5 meter lang één voor één door de boorstelling de grond ingeduwd. De afzonderlijke boorstangen worden door middel van een schroefkoppeling aan elkaar gekoppeld tot een boorstreng.



Pilotboring

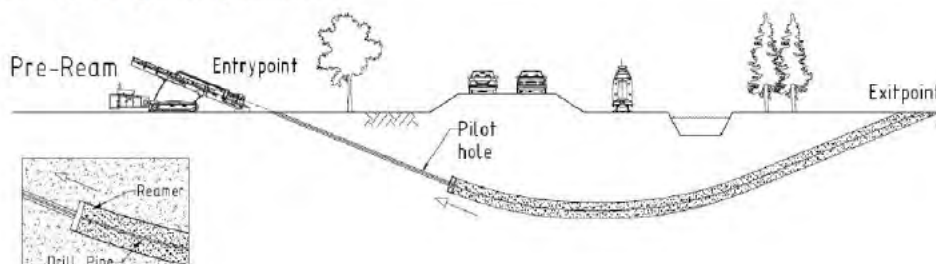
Door de boorstreng wordt boorvloeistof gepompt, welke met kracht door de nozzles in de bit naar buiten wordt gespoten. Dit creëert tezamen met de borende werking van het bit een gat.

Na het gereedkomen van de pilot, worden de gegevens ter controle en goedkeuring voorgelegd aan de opdrachtgever.

6.3 Ruimen:

Bij de HDD techniek wordt in een aantal stappen eerst een gat gecreëerd dat in diameter 25-40% groter is dan de in te trekken leiding of bundel. Indien de omstandigheden het niet toelaten om in één ruimgang te werken kan hierop afgeweken worden. Daarna wordt de leiding pas in het gecreëerde gat getrokken.

Het ruimen gebeurt met speciaal ontworpen ruimers met snijtanden en injectie sproeiërs. Ook hierbij wordt boorvloeistof vanaf de boorstelling door de boorstreng en via de ruimer (door sproeiërs) in het boorgat gespoten. De boorvloeistof vermengt zich met de losgefreesde gronddelen en dit mengsel stroomt door de pompdruk naar het in- of uittredepunt. De te gebruiken ruimertypes zijn mede afhankelijk van de ervaringen tijdens pilotfase.



Ruimfase

Het aantal ruimfasen zal, afhankelijk van de ervaringen opgedaan bij de pilot boring en de achtereenvolgende ruimfasen, door van Gelder tijdens de uitvoering van de boring bepaald worden.

6.4 Cleaning run (optioneel):

Voordat met intrekken kan worden begonnen is het vereist dat het gat voldoende groot, schoon en vrij is van obstakels. Indien hier twijfel over bestaat kan een cleaning run worden uitgevoerd. Afhankelijk van de verwachte problemen kan er voor gekozen worden om een barrel-reamer of een stenenvanger door het gat te trekken. Dit proces is vergelijkbaar met het ruimen, maar omdat er geen grond hoeft te worden verwijderd, kan dit veel sneller gebeuren. Ook tijdens het doortrekken van de barrel of stenenvanger zal door de nozzels boorspoeling worden gepompt.

Deze cleaning run zal normaal gesproken worden uitgevoerd met dezelfde barrel als voor het intrekken wordt gebruikt.

De beslissing om een cleaning run uit te voeren wordt genomen door de uitvoerder in overleg met zijn boormeester of de technische staf op kantoor.

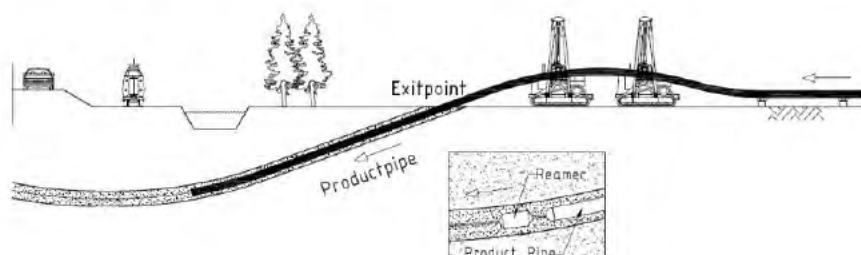
Aanleiding voor het uitvoeren van een cleaning run zou onder andere het volgende kunnen zijn:

- Een zeer afwijkend zandpercentage in de spoeling.
- Een afwijkend ruimproces (bijvoorbeeld in trekkracht of koppel)
- Onverwachte / onverklaarbare afwijking in de mud retourstroom
- Indicaties voor de aanwezigheid van stenen

6.5 Intrekoperatie:

De productleiding ligt in één stuk klaar om ingetrokken te worden en is aan de voorzijde voorzien van een trekkop.

Bij het uittredepunt wordt aan de boorstreng een barrel ruimer gekoppeld om eventuele hobbels tijdens het intrekken te kunnen opruimen. Dan wordt deze aan de te installeren pijpleiding gekoppeld met de swivel ertussen. Hiermee wordt voorkomen dat de roterende beweging van de boorstreng zich doorzet naar de productleiding. Vervolgens wordt m.b.v. de boorstelling de leiding in het boorgat ingetrokken.



Intrekken

6.6 Groutmaatregelen onder spoor:

Tijdens het intrekken van de mantelbuizen wordt over de laatste 150 meter drillgrout verpompt om de ruimte onder het spoor te vullen.

6.7 Boorspoeldrukken:

Bij de uitvoering van een HDD wordt boorspoeling gebruikt. Deze spoeling wordt in alle fases van het proces door de stangen naar beneden gepompt, en stroomt via de nozzles in de diverse werktuigen in het boorgat. Daar stroomt het via de annulus terug naar in- respectievelijk uittredepunt. Zolang deze spoeling in stilstand is heerst in de spoeling de hydrostatische druk. Om de boorvloeistof in beweging te krijgen is een geringe overdruk in het boorgat nodig om de effecten van de viscositeit en de wrijving te overwinnen. Tijdens de uitvoering van de pilot is deze druk het hoogste. Deze verhoogde druk in het boorgat moet door de formatie worden weerstaan. Het zou kunnen zijn dat de grond rondom het boorgat niet in staat is deze drukken te weerstaan. In dat geval ontstaat een zogenaamde blow out van spoeling door een breuk in de grond.

Voordat met de uitvoering van een boring wordt begonnen worden de minimale benodigde en de maximaal toelaatbare boorspoeldrukken berekend. Deze berekening wordt uitgevoerd op basis van de boorstangen.

Tijdens de uitvoering wordt de druk aan de boorinstallatie gemeten. Voorafgaand aan de verschillende fasen wordt daarom eerst een flowtest of druktest uitgevoerd, waarbij het drukverlies over de BHA bij een aantal debieten wordt gemeten. Deze informatie wordt gebruikt om de minimaal benodigde spoelingsdruk te herberekenen. Wanneer het nodig is om aanvullende maatregelen te treffen met betrekking tot boorspoeldrukken worden deze specifiek per boring aangegeven.

In veel gevallen is nabij het uittredepunt de benodigde druk hoger dan die welke de formatie aan kan. Door op het laatste stuk het spoelingsvolume te verminderen wordt de druk in de annulus ook verminderd en kan een uitbraak vaak vermeden worden. Uitbraken kunnen ook ontstaan als de grond in het verleden tot op grotere diepte geroerd is geweest, bijvoorbeeld door grondonderzoek of funderingen.

Mocht er zich ondanks alle maatregelen toch een uitbraak voordoen, dan wordt deze indien mogelijk gecontroleerd door rondom de uitbraak een dam te creëren van grond

Het is voor het boorproces van belang dat deze retourstroom zo veel mogelijk in stand blijft. Door de niveaus in de tanken en het gat bij in- en uittredepunt in de gaten te houden, wordt bewaakt dat er geen groot verlies aan spoeling optreedt. Als deze wegvalt zullen er verschillende pogingen worden gedaan om deze weer op gang te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door de stangen terug te halen/duwen om het boorgat op te schonen, ruimstappen of -richting te wijzigen, aanpassen van de spoelingseigenschappen dan wel volumes.

Het is echter mogelijk dat er (tijdelijk) geen retourstroom is, en deze ook niet meer op gang te krijgen is. Als er zich slappe lagen in de ondergrond bevinden nemen deze soms een groot volume aan spoeling op. Met name bij het boren van het laatste gedeelte tijdens de pilot van lange boringen is de benodigde druk om de spoeling naar het intredepunt terug te pompen soms te groot. Dan kan het pompvolume worden teruggebracht, in heel slappe lagen tot aan uittredepunt zelfs tot vrijwel 0. Tijdens het ruimen komt de spoeling eerst aan het uittredepunt terug. Na verloop van tijd is er een omslagpunt waarbij de spoeling naar het intredepunt gaat stromen. Er is dan een tijdje aan geen van beide kanten retour.

Als er geen retourstroom is, wordt een afweging gemaakt wat hiervan de oorzaak kan zijn en of er actie wordt ondernomen om de stroming weer op gang te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door bit of ruimer terug te halen als het vermoeden is dat instortingen de retourstroom belemmeren.

In sommige gevallen kan het proberen de retourstroom weer op gang te krijgen ook slechter zijn voor de boring. Als de indruk ontstaat dat het boorgat te lijden heeft onder pogingen de stroming weer op gang te krijgen, zal geaccepteerd moeten worden dat er tijdelijk geen retourstroom is. In deze gevallen zal de boorlijn nauwlettend in de gaten worden gehouden om te kijken of er eventuele doorbraken van spoeling aan de oppervlakte waargenomen worden. In dat geval wordt de boring tijdelijk gestopt om maatregelen te nemen en de spoeling ter plaatse te controleren en af te voeren.

6.8 Mobilisatie en demobilisatie

Bij de mobilisatie wordt het equipment op vrachtwagens aangevoerd. Met behulp van een graafmachine wordt het equipment afgeladen nabij in- en uittredepunt. Op de werkterreinen worden onder andere de volgende onderdelen geplaatst: rig, schaftheet, vrachtwagen, een pomp en mix unit, tankwagen, kraan, generatoren en boorbuizen.

Voor de rig wordt een mudpit gegraven voor het opvangen van de uitstromende boorslurry.

De boorstelling wordt onder de van tevoren bepaalde intredehoek met de horizontaal opgesteld. Dit geschiedt volledig hydraulisch. Naast het koppelen van de mudslangen tussen pompen en worden ook de elektrische voeding-, informatie- en stuurkabels tussen de rig, de meetunit en de besturingscabine aangesloten.

Ter plaatse van het uittredepunt wordt een mud pit gegraven waar de uitstromende boorspoeling in wordt opgevangen en eventueel verder getransporteerd.

Na het gereedkomen van een boring wordt de rig en het andere boormaterieel naar een volgende boorlocatie getransporteerd of volledig afgevoerd van het project.

6.9 Opslag en transport van boorslurry

Het boorspoeling systeem bestaat in hoofdzaak uit boorspoeling meng-/recycling unit en boorspoeling pompen. De mix unit mengt bentoniet en water tot de gewenste viscositeit. De boorspoeling is dan direct gereed voor gebruik. Het benodigde water wordt waar mogelijk onttrokken uit het nabij gelegen open water. Voorafgaand van de boorwerkzaamheden wordt gecontroleerd of de kwaliteit van het water geschikt is om de boorspoeling mee aan te maken. Indien er geen nabijgelegen water is, wordt gebruik gemaakt van waterleidingen of water wordt van verder weg aangevoerd met tankwagens.

De boorvloeistof wordt door de pompen via de boorstreng naar de boorkop of ruimer gepompt en via nozzle(s) in de boorkop dan wel ruimers wordt de grond los gespoten. Vervolgens stroomt de boorvloeistof verzadigd met de los geboorde gronddeeltjes (zgn. boorslurry) langs de buitenzijde van de boorstreng naar het in-, respectievelijk uittredepunt en wordt afgevoerd. Tijdens de uitvoering van de boringen zal de boorspoeling regelmatig gemeten worden om de kwaliteit van de boorvloeistof en daarmee de stabiliteit van het boorgat te waarborgen. Voor aanvang van de boring wordt de zuurgraad en de geleidbaarheid van het aanmaakwater gecontroleerd. Het aanmaakwater wordt beoordeeld of de kwaliteit voldoende is, niet te zuur en niet te zout.

De vrijgekomen boorslurry zal worden opgepompt en worden afgevoerd naar een erkend verwerkingsbedrijf

7 Boorspoeling

7.1 Doel van boorspoeling:

Bij het uitvoeren van gestuurde boringen wordt gebruik gemaakt van bentoniet. Dit is een natuurlijke soort klei, dat als een droge stof op de werklocatie wordt aangevoerd. In de meng-unit van de boorinstallatie wordt de bentoniet vermengd met water tot de gewenste viscositeit. Dit mengsel wordt tijdens alle fasen van het boorproces gebruikt. De specifieke eigenschappen van bentoniet zorgen gedurende het boorproces voor het volgende:

- Het lossputten van de grond ter plaatse van de boorkop
- Het afdrijven van los gespoten of los gesneden gronddelen
- Het afpleisteren van de grond rondom het boorgat
- Het stabiliseren van het boorgat
- Het koel houden van de streng en zender in de boorkop
- Smering bij het intrekken van de in te trekken buis
- Opvullen van de oversnijding na het intrekken van de buis.

7.2 Het aanmaken van boorspoeling:

Bentoniet wordt met water tot boorspoeling / mud vermengd. Zowel leidingwater als oppervlaktewater is geschikt hiervoor. Bij het gebruik van oppervlaktewater dient er rekening mee gehouden te worden dat vervuiling in het water, een te hoge zuurgraad (pH-waarde) of een te hoog zoutpercentage van invloed is op de kwaliteit van de boorspoeling. Nadelige effecten kunnen in een aantal gevallen met speciale toevoegingen aan de boorspoeling worden gereduceerd.

7.3 Debieten en muddrukken:

De boorspoeling wordt onder druk via de boorkop en de nozzles van de ruimer in de grond gespoten. Bij een midi rig varieert het debiet van de pomp tussen de 200 en 1200 l/min, Het debiet is afhankelijk van de schillende boorfasen en grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (blow-out) zijn er muddrubberekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde muddruk vergeleken met de maximaal toelaatbare muddruk. Om blow-outs te voorkomen dient de minimaal benodigde muddruk altijd kleiner te zijn dan de maximaal toelaatbare muddruk. In de meeste gevallen is de pilotboring maatgevend, omdat het uitstromen van de boorspoeling slechts aan één kant mogelijk is. Nabij het in-/uittredepunt is het risico op een blow-out het grootst vanwege de geringe dekking tot het maaiveld.

Maatregelen:

- Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt;
- Tevens zal de minimaal benodigde pompdruk zoveel mogelijk worden aangehouden;
- Door een (verhoudingsgewijs) zwaardere boorinstallatie als nodig in te zetten, om zodoende wat meer drukkracht als pompdruk te gebruiken, zal er ook een kleinere kans zijn op een blow-out;
- Verder het constant (visueel) in de gaten houden van de retour stroom zal er toe bijdragen dat het risico van een blow-out te verwaarlozen zal zijn.

Indien er ondanks alle voorzorg toch een Blow-out optreedt zal er ter plaatse van de blow-out een gat gegraven worden waarin de vrijgekomen bentoniet zal worden verzameld. Deze zal dan vervolgens worden afgezogen met een zuigwagen.

8 Beheersing kwelproblematiek

8.1 Kwel:

Tijdens het boorproces wordt grond verwijderd en wordt de oversnijding tussen het boorgat en de aangebrachte buis opgevuld door de boorspoeling. De grondspanning rondom het boorgat zal hierdoor veranderen. Nadat de gestuurde boring gereed is wordt er een nieuw spanningsevenwicht gevormd tussen de achtergebleven boorspoeling en de grond er omheen. Dit gebeurt doordat het water langzaam uit de boorspoeling wordt geperst. Daarnaast kan met name in situaties met relatief zout grondwater de bentoniet na verloop van tijd gaan uitvlokken, waardoor zelfs holle ruimten in het boorgat ontstaan. Door het veranderen van grondspanning of het ontstaan van holle ruimten kan grondwater (kwel) gaan stromen. Een kwelstroom kan optreden bij een waterstandverschil tussen het in- en uittredepunt. Daarbij moeten niet alleen het open waterpeil, polderpeilen en de freatische grondwaterstand worden beschouwd, maar ook de stijghoogte (potentiaal) van het diepe grondwater.

8.2 Risico's en maatregelen:

Het onverwachts ontstaan van kwel zorgt voor overlast en kan bovendien de werking van waterkeringen negatief beïnvloeden. In geval van twijfel kan er met een kwelwegberekening worden getoetst of er een kans is op kwel. Vanwege de geringe kosten en het risico van kwel adviseren wij in geval van twijfel altijd een kwelscherm met een kleikist te plaatsen. Hierdoor wordt een kwelstroom geblokkeerd indien deze onverwachts toch ontstaat.

8.3 Maatregelen op dit project:

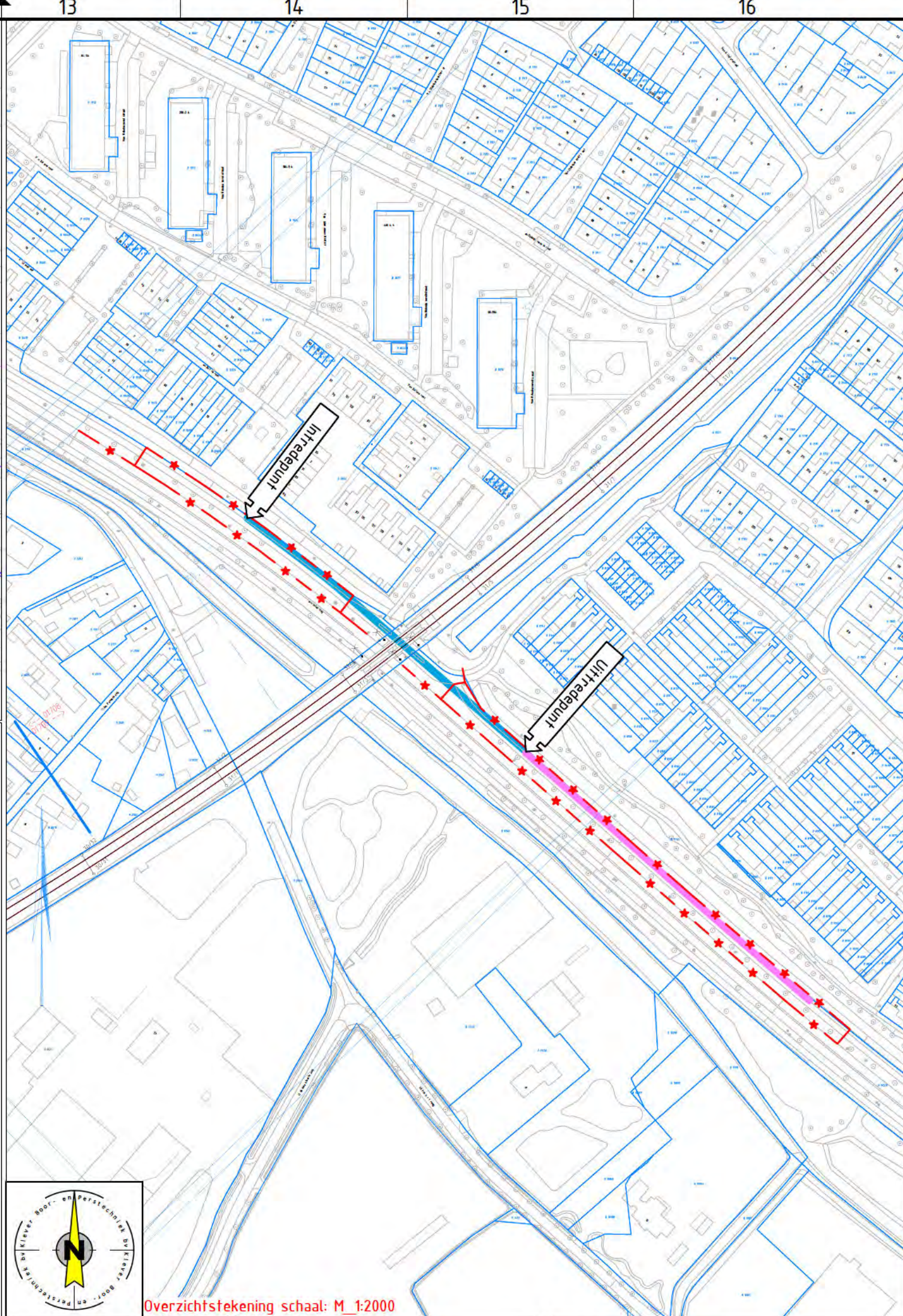
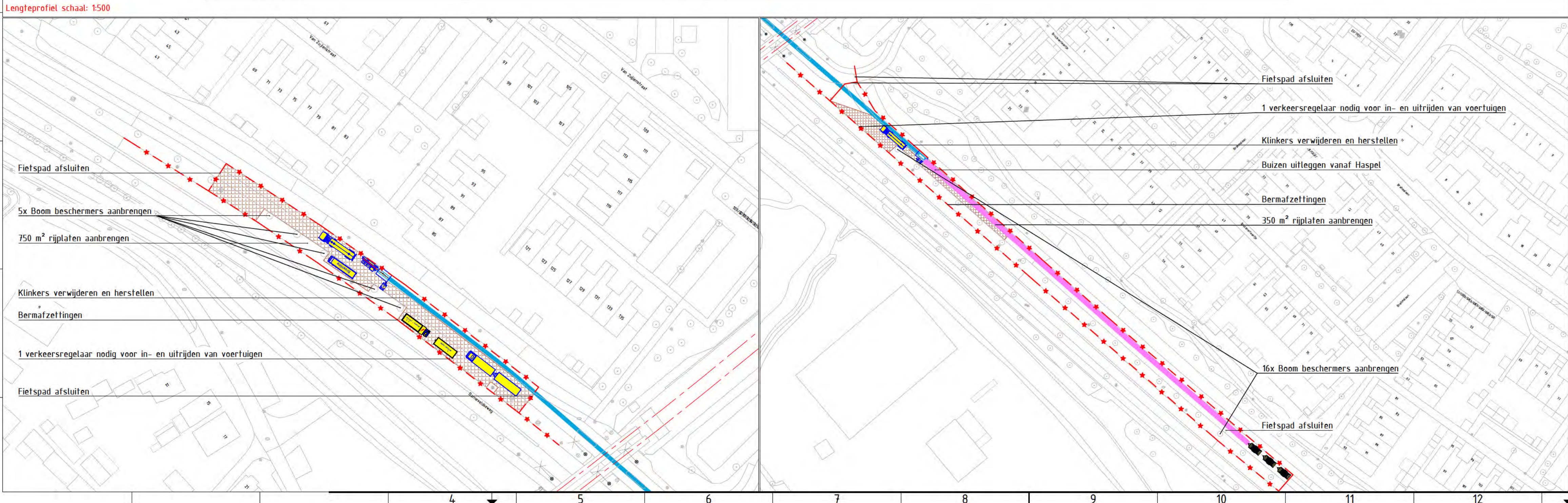
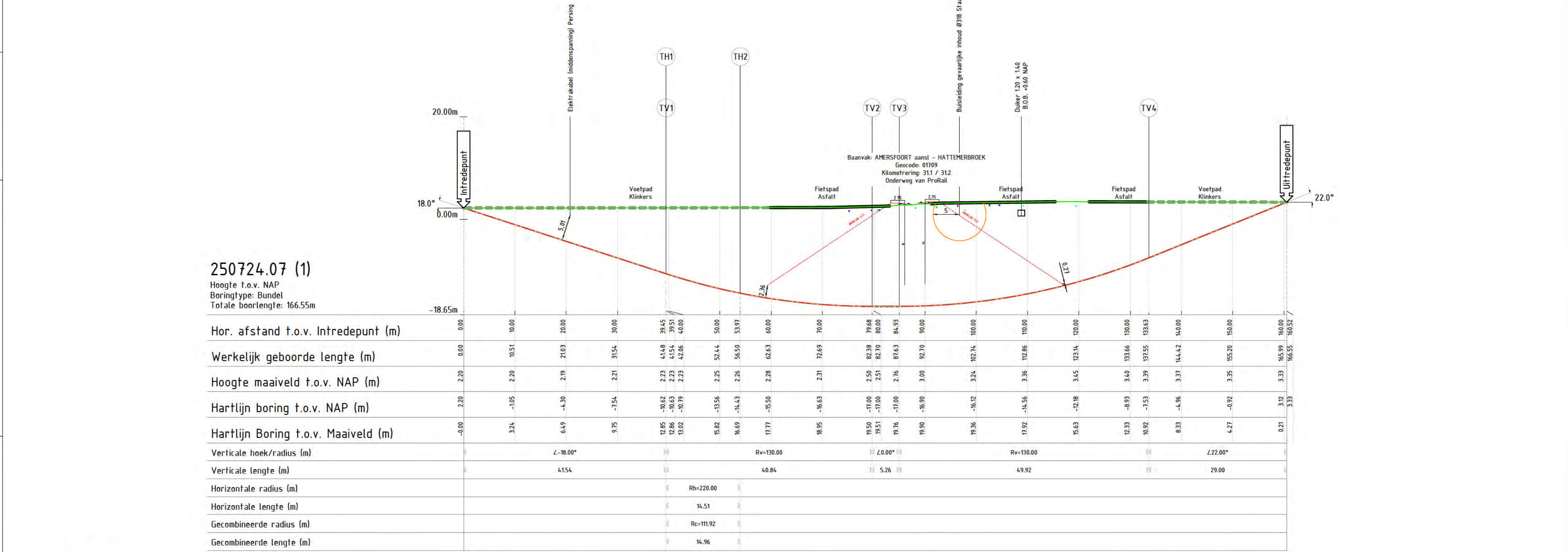
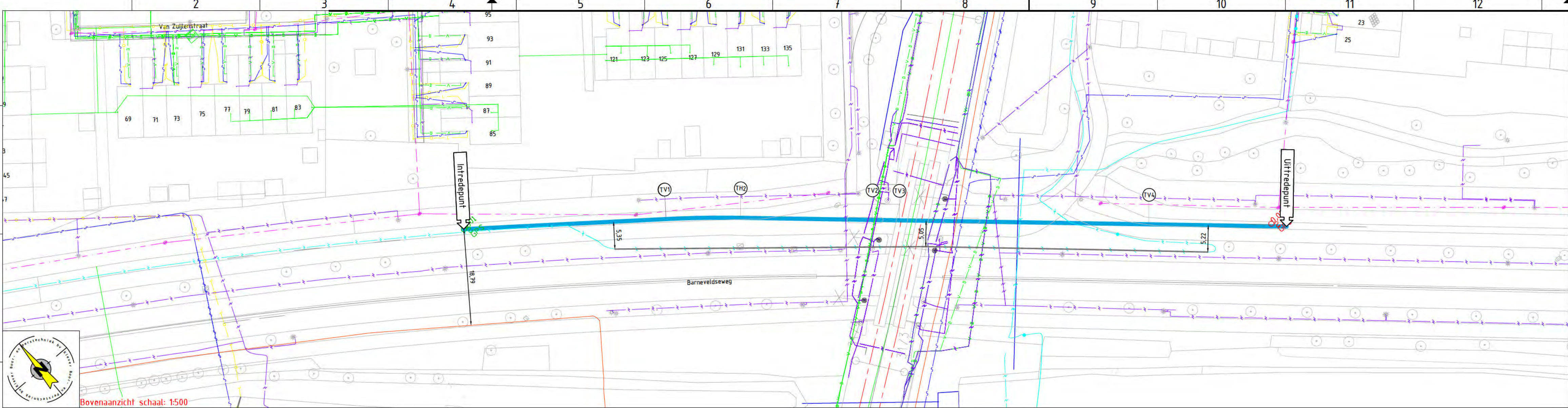
Op dit project worden geen waterkeringen of peilscheidingen gepasseerd en zijn de werkzaamheden geheel gepland binnen hetzelfde peilgebied. Langs loopsheid kan daarom niet optreden.

Om te kunnen controleren of er een risico is op kwel vanuit het diepe grondwater is met behulp van de bodemonderzoeken van Bijlage 2 geconstateerd dat er geen stijghoogte ontstaat die een risico vormt uit een mogelijke waterafsluitende laag. Uit deze gegevens is niet gebleken dat er risico is op kwel vanuit het diepe grondwater.

Op basis van deze gegevens is het nemen van maatregelen om een kwelstroom tegen te gaan op dit project niet van toepassing.

Bijlagen

1 Werktekening



Project gegevens:

- Geen werkwatervooraf, wafer aanvoren
- 3x110 Buisen lassen en uitleggen
- Nabij ITP ~750m² riplaten aanbrengen
- Nabij ITP ~350m² riplaten aanbrengen
- Verkeersplan benodigd
- Rondom ITP en ITP bouwhekken plaatsen
- Voor de opstelling bij de in- en uitgang wordt het fietspad en voetpad afgesloten
- In totaal 2x boom beschermers aanbrengen
- Klinkers bij in- en uitgang verwijderen en herstellen
- Bermafzettingen
- 2x verkeersregelaars nodig voor in- en uitrijden van voertuigen

Risico en aandachtspunten:

- De boring gaat onder de overweg van ProRail door.
- De boring parallel aan N301 weg.
- Verkeersmaatregelen regelen.

ProRail

Kilometring: 31.1/31.2
Geocode: 01709
Baanvak: AMERSFOORT aansl. - HATTEMERBROEK

Ontwerp van dit profiel is op basis van de door opdrachtgever verstrekte gegevens en wensen. De werkelijke uitvoering kan verschillen van het ontwerp. Het is de taak van de uitvoerder om de werkelijke situatie te controleren en de werkelijke situatie te rapporteren. De lokale en werkelijke lengte van de boring(en) wordt uiteindelijk bepaald door de situatie van de ondergrondse infra (wanneer deze is bekend) en de opbouw van het bestaande materiaal in de bestaande aangetroffen situatie.

Tangentpunten lijst '250724.07 (1)'

Naam	X	Y	Hoogte
Intredepunt	161389.21	469618.01	2.20
TH1	161420.60	469594.12	-10.62
TV1	161420.64	469594.09	-10.63
TH2	161431.85	469584.95	-14.43
TV2	161451.24	469568.07	-17.00
TV3	161455.20	469564.61	-17.00
TV4	161491.92	469532.63	-7.53
Uittredepunt	161512.20	469514.97	3.33

Doorsnede boorgang:

- 3x ø110 mm PE SDR-11 ZW/RD
- ø235 mm bundeldiameter
- ø305 mm ruimdiameter

Ontwerp akkoord voor oplevering:

Uitvoerder:

Liander

PLANTEKENING/VERGUNINGSAAVRAAG

Project:

Tekening gestuurde boring HD007 t.b.v. MS-Trace

Werklocatie Intra:

Parallel aan N301 hmp. 16.3 - 16.4

Werklocatie Uittra:

Parallel aan N301 hmp. 16.5 - 16.6

Tekening nr:

250724.07 - UO

Project nr:

250724

Meet methode:

Gyro

Inzet boor rig:

26/28 Tonner

Klic nr:

260006846

Opdrachtgever:

Liander

Belang bij:

ProRail

Formaat:

A1

Schaal:

Zie Tek.

Blad:

1/1

Datum:

7-4-2026

Par. Controle:

Getekend:

Gecontroleerd:

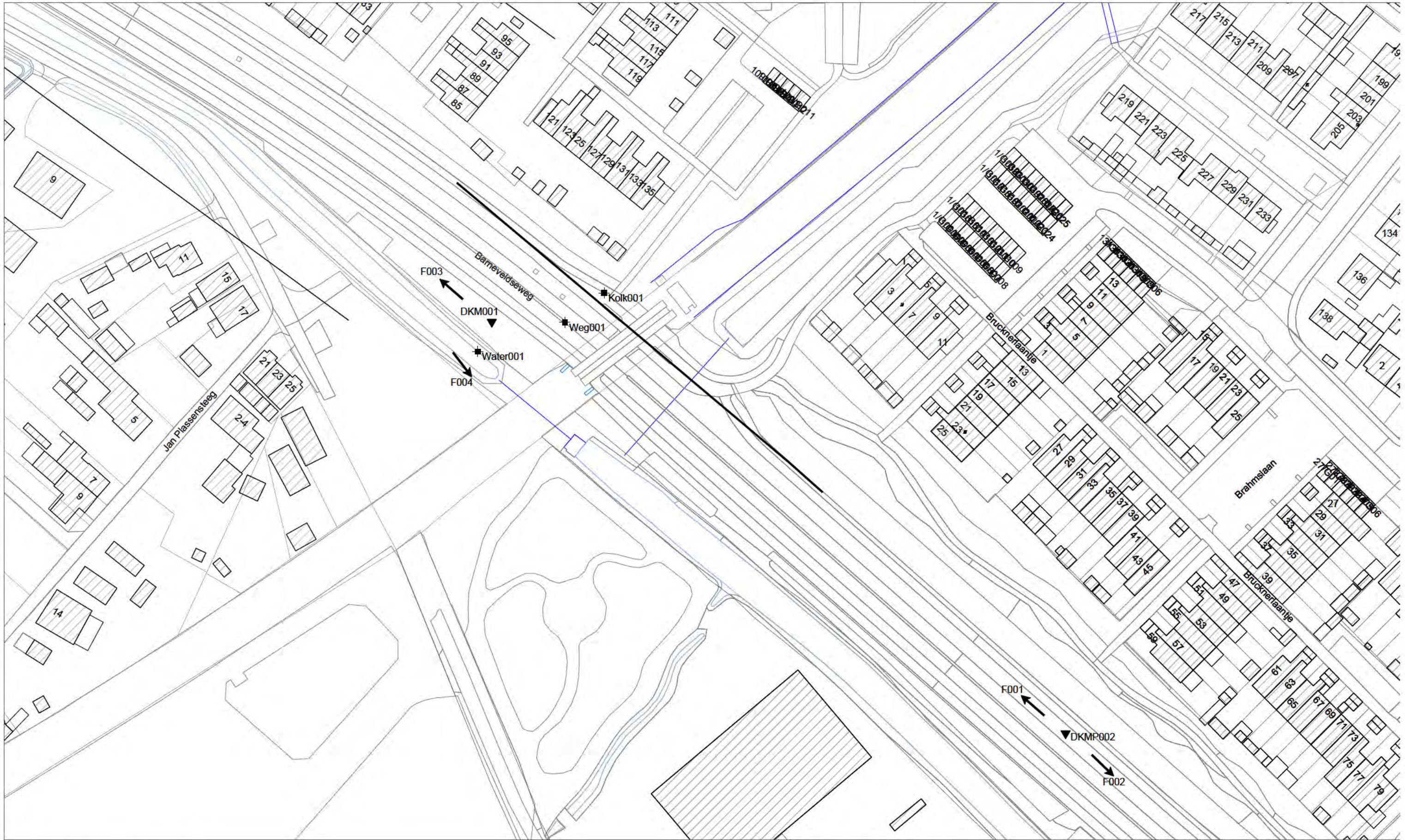
Status:

Uitvoering Ontwerp UO

Tekening nr:

250724.07 - UO

2 Grondonderzoeken



Opdrachtomschrijving / locatie:
**Gestuurde boringen
te Nijkerk**

Bewerkt: **CSS**
Datum: **14 januari 2025**

Omschrijving tekening:
Situatietekening

Schaal: **1:1000**
Formaat: **A3**
Opdrachtnummer: **25SP0002**
Bijlage: **SIT-01**

OVERZICHT MEETPUNTEN

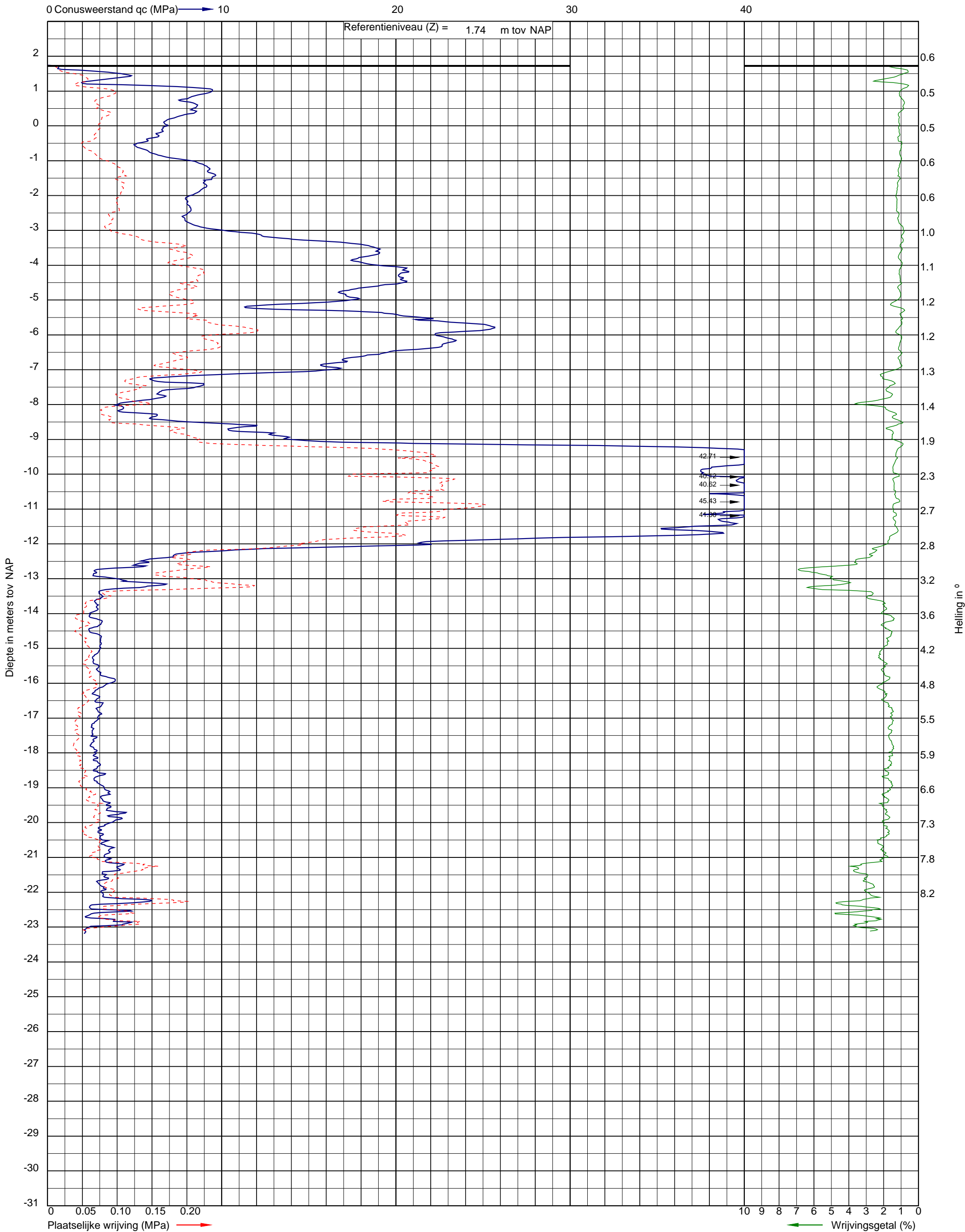
Horizontaal coördinatensysteem (X,Y) Rijksdriehoeksmeting (RD)
Verticale referentie (Z) Normaal Amsterdams Peil

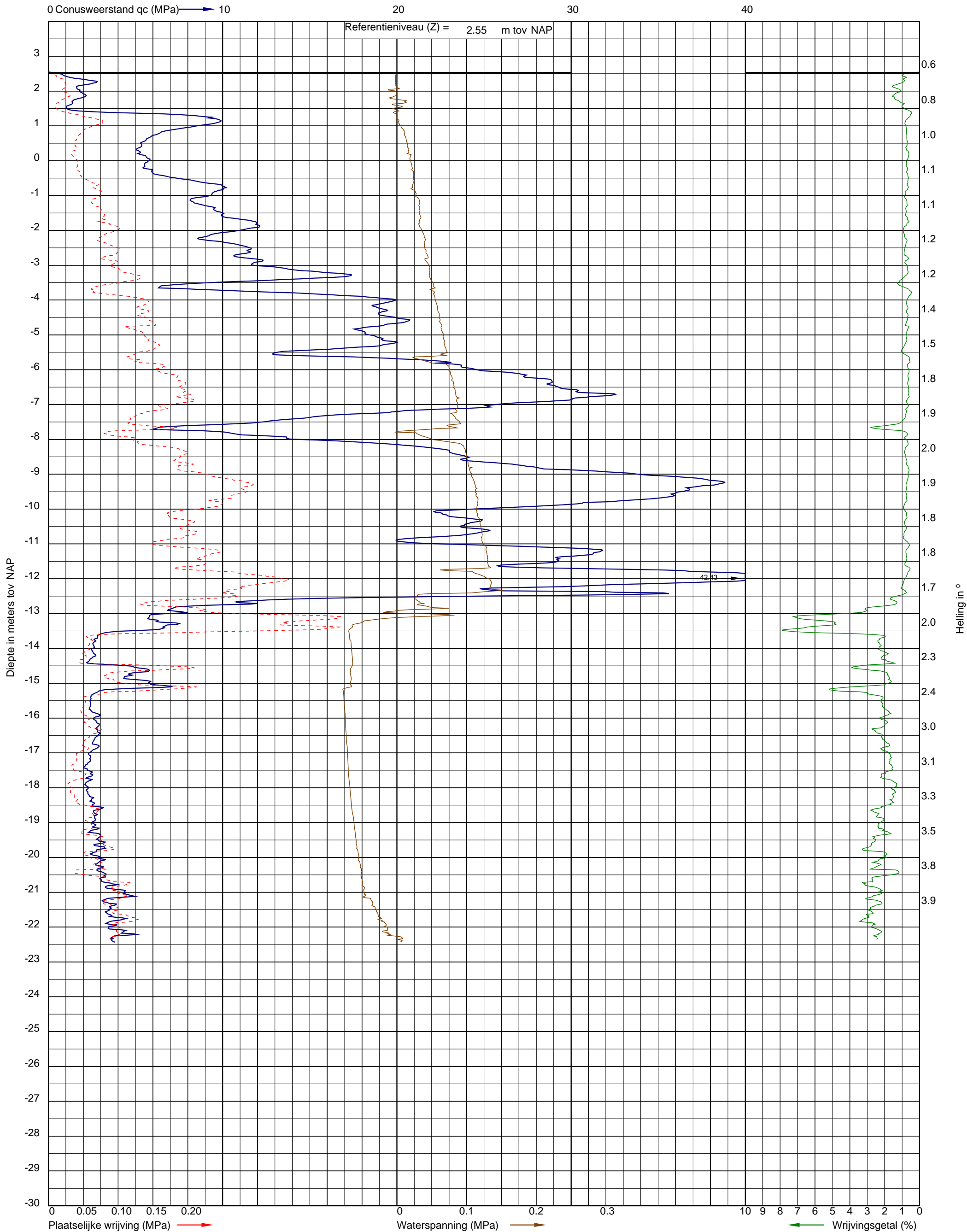
Meetpunt	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	Hoogte (Z) [m t.o.v. NAP]	GWS * [m t.o.v. NAP]	Datum uitvoering
DKM001	161415,61	469564,74	1,74	0,89	09-01-2025
DKMP002	161580,02	469446,82	2,55	---	09-01-2025
DKM003	161171,56	469672,54	1,71	---	09-01-2025
DKMP004	161239,73	469759,08	1,87	---	10-01-2025
DKMP005	161753,03	469310,47	2,43	---	10-01-2025
DKM006	161756,69	469154,91	2,28	1,73	10-01-2025
Dorpel001	---	---	2,15	---	10-01-2025
Kolk001	161447,80	469574,56	2,33	---	10-01-2025
Put001	161172,06	469681,65	1,68	---	10-01-2025
Put002	161226,70	469735,81	1,86	---	10-01-2025
Water001	161411,60	469557,73	0,20	---	10-01-2025
Water002	161184,55	469710,57	0,09	---	10-01-2025
Water003	161806,73	469228,12	1,00	---	10-01-2025
Weg001	161436,57	469566,13	2,42	---	10-01-2025
Weg002	161231,95	469762,04	1,71	---	10-01-2025
Weg003	161791,67	469180,80	2,42	---	10-01-2025

* Grondwaterstand ten tijde van het onderzoek

Let op:

Deze waterpasstaat dient om inzicht te geven in de hoogteligging en locaties van de meet- en onderzoeks-punten ten opzichte van een referentiepunt. Grondwaterstanden zijn ter indicatie en kunnen beïnvloed zijn door de uitgevoerde werkzaamheden. De resultaten dienen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.





LEGENDA TEKENINGEN EN VERKLARING AFKORTINGEN

SONDERING

▼	D	Sondering zonder kleefmeting
	DKM	Sondering met kleefmeting
	DKMP	Sondering met kleef- en waterspanningsmeting
	DM	Mechanische sondering
	DKMS	Seismische sondering met kleefmeting
	DKMPS	Seismische sondering met kleef- en waterspanningsmeting
	Dma	Magnetometer sondering
	Ma	Magnetometer (zonder conusweerstand)
	DB	Bolsondering
	DT	T-bar sondering
	FVT	Field vane test
	HPT	Hydraulic profiling tool
	DS	Slagsondering
	HM	Handsondering
	SPT	Standaard penetratie test
	DKM-EC	Geleidbaarheidssondering met kleefmeting
	DKMP-EC	Geleidbaarheidssondering met kleef- en waterspanningsmeting

▽ Niet uitgevoerd ▼ fase 2 ▼ fase 3 ▼ fase 4

BORING

●	HB	Handboring
	B	Mechanische boring
○		Niet uitgevoerd

PEILBUIS

●	Bpb	Mechanische boring met peilbuis
	HBpb	Handboring met peilbuis
	PB	Gedrukte peilbuis

MONITORING

⊗	WSM	Waterspanningsmeter
□	IMB	Inclinometerbuis
	IMS	Inclinometer SAAF
⊠	ZB	Zakbaak
⊞	DFB	Deformatiebout
⊕	SCM	Scheurmeter
⊞	EXM	Extensometer
⊞	TM	Tiltmeter
⊞	TRM	Trillingmeter
⊗	PDPs	Plaatdrukproef (statisch)
	PDPd	Plaatdrukproef (dynamisch)
⊗	PP	Pompput
⊗	PRP	Proefgat
⊗	PRS	Proefsleuf

ALGEMEEN

✱	Meetpunt: brug, dorpel, kolk, meetbout, put, weg, water
→	Foto
▨	Bestaande bebouwing
◁	0-Punt lokaal assenstelsel

LEGENDA BOORPROFIELEN (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN / KEITJES



GRIND



ZAND



SILT



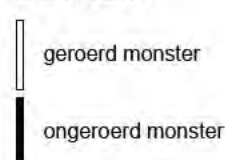
KLEI



VEEN / HUMUS / DETRITUS



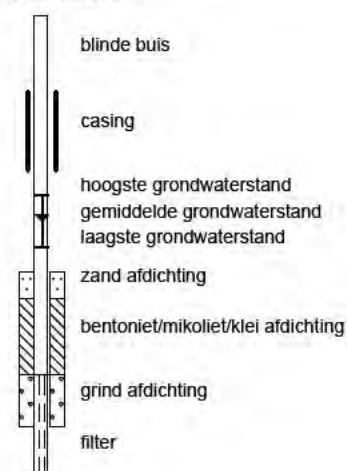
MONSTERS



KWALITEIT MONSTER

- QM1 = Ongeroid monster is geheel intact inclusief spanningstoestand
- QM2 = Ongeroid monster geheel intact
- QM3 = Ongeroid monster intact maar monsterverstoring zichtbaar
- QM4 = Monster is ernstig verstoord
- QM5 = Monster is geroerd

PEILBUIS



OVERIG

- ▲ Bijzonder bestanddeel
- ◀ Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- ≡ grondwaterstand
- ◆ Gemiddeld laagste grondwaterstand



Voor meer informatie zie: www.socotec.nl

SOCOTEC NEDERLAND SPECIALIST IN:

Geotechniek en milieu-expertise

Grondonderzoek

Geotechnisch laboratoriumonderzoek

Geotechnisch- en geohydrologisch advies

Bouwplaats- en grondwater monitoring

Waterveiligheid

Uitvoeringsbegeleiding

Milieutechniek

Risicobeheer, verzekering en inspecties

Claims

Controle van de omgeving

Risicoanalyses

Waardebepalingen

Gebouw veiligheid & duurzaamheid

Binnenklimaat

Drinkwaterveiligheid

Gebouw- en techniekinspecties

Gebouwprestatie

Gebouwinformatie

3 Sterkte- en muddrukberekening

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 7-4-2026
Tijd van rapport: 15:17:54
Rapport met versie: 24.1.2.1914
Berekend met versie: 24.1.2.1914

Bestandsnaam: DRI bestand - 250724.07

Projectbeschrijving: 250724.WP07 - Nijkerk - Spoorboring Barneveldseweg
3xØ110 PE100 SDR-11
Muddruk- en Sterkteberekening

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Berichten	4
2.1 Berekeningswaarschuwingen	4
3 Invoergegevens	5
3.1 Algemene Invoergegevens	5
3.2 Laagscheidingen	5
3.3 PN-Lijnen	5
3.4 Freatische Lijn	5
3.5 Grondprofielen	5
3.6 Grenslagen	6
3.7 Grondeigenschappen	6
3.8 Geometrie	7
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail	7
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht	7
3.9 Berekenings Verticalen	8
3.10 Verkeersbelasting	8
3.11 Configuratie van de Pijpleiding	8
3.12 Materiaalgegevens van de Leiding	9
3.13 Gegevens voor Leidingberekening	10
3.14 Boorvloeistof Gegevens	10
3.15 Factoren	10
3.16 Rekenopties	11
4 Boorvloeistofdrukken	12
4.1 Boorvloeistof Gegevens	12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	13
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	13
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	14
5 Grondmechanische Data	15
5.1 Grondmechanische Parameters 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1	15
5.2 Grondmechanische Parameters 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2	16
5.3 Grondmechanische Parameters 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3	17
5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal	18
6 Gegevens voor Sterkteberekening	20
6.1 Algemene Gegevens	20
6.2 Ballasten Leiding	20
6.3 Trekkkrachtberekening	20
7 Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1	22
7.1 Materiaalgegevens van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1	22
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1	22
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	22
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	23
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	23
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	23
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	23
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1	24
7.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1	25
8 Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2	26
8.1 Materiaalgegevens van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2	26
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2	26
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	26
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	27
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	27
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	27
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	27
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2	28
8.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2	29
9 Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3	30
9.1 Materiaalgegevens van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3	30
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3	30
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	30
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	31

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	31
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	31
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	31
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3	32
9.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3	33

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

De diameter van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (1)" ($Do = 110$ mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting ($200 \text{ mm} < Do < 1600 \text{ mm}$). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.

De diameter van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (2)" ($Do = 110$ mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting ($200 \text{ mm} < Do < 1600 \text{ mm}$). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.

De diameter van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (3)" ($Do = 110$ mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting ($200 \text{ mm} < Do < 1600 \text{ mm}$). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.

Voor de verkeersbelasting op verticaal 0,000 m voldoet de diepte van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (1)" niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 (te ondiep, diepte = -0,083 m). Het programma zal een diepte van 0,8 m toepassen voor de berekening van de verkeersbelasting.

Voor de verkeersbelasting op verticaal 160,000 m voldoet de diepte van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (1)" niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 (te ondiep, diepte = 0,125 m). Het programma zal een diepte van 0,8 m toepassen voor de berekening van de verkeersbelasting.

Voor de verkeersbelasting op verticaal 0,000 m voldoet de diepte van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (2)" niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 (te ondiep, diepte = -0,083 m). Het programma zal een diepte van 0,8 m toepassen voor de berekening van de verkeersbelasting.

Voor de verkeersbelasting op verticaal 160,000 m voldoet de diepte van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (2)" niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 (te ondiep, diepte = 0,125 m). Het programma zal een diepte van 0,8 m toepassen voor de berekening van de verkeersbelasting.

Voor de verkeersbelasting op verticaal 0,000 m voldoet de diepte van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (3)" niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 (te ondiep, diepte = -0,083 m). Het programma zal een diepte van 0,8 m toepassen voor de berekening van de verkeersbelasting.

Voor de verkeersbelasting op verticaal 160,000 m voldoet de diepte van buis "1xØ110 PE100 SDR-11 (3)" niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 (te ondiep, diepte = 0,125 m). Het programma zal een diepte van 0,8 m toepassen voor de berekening van de verkeersbelasting.

3 Invoergegevens

3.1 Algemene Invoergegevens

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

3.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
8 - L -	-10,000	0,000	21,472	67,068	68,900
8 - Z -	2,203	2,203	2,189	2,292	2,317
8 - L -	70,875	72,216	74,681	75,531	78,487
8 - Z -	2,307	2,336	2,351	2,381	2,459
8 - L -	78,846	81,269	82,162	82,294	83,086
8 - Z -	2,478	2,550	2,583	2,586	2,598
8 - L -	84,792	86,100	87,292	88,735	89,907
8 - Z -	2,760	2,761	2,760	2,999	3,000
8 - L -	91,235	92,744	108,763	115,392	116,551
8 - Z -	2,999	3,153	3,348	3,429	3,458
8 - L -	118,630	120,358	122,013	158,178	160,520
8 - Z -	3,452	3,447	3,414	3,334	3,334
8 - L -	170,000				
8 - Z -	3,334				
7 - L -	-10,000	170,000			
7 - Z -	1,000	1,500			
6 - L -	-10,000	170,000			
6 - Z -	-3,000	-3,550			
5 - L -	-10,000	170,000			
5 - Z -	-7,000	-5,500			
4 - L -	-10,000	170,000			
4 - Z -	-9,000	-5,500			
3 - L -	-10,000	170,000			
3 - Z -	-12,000	-13,000			
2 - L -	-10,000	170,000			
2 - Z -	-13,500	-15,250			
1 - L -	-10,000	170,000			
1 - Z -	-21,000	-18,500			
0 - L -	-10,000	170,000			
0 - Z -	-25,000	-25,000			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	170,000			
1 - Z -	0,900	0,900			

3.4 Freatische Lijn

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

3.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
8	Sand, sl sil, moderate	1	1
7	Sand, clean, loose	1	1
6	Sand, clean, stiff	1	1
5	Sand, ve sil, loose	1	1
4	Sand, sl sil, moderate	1	1
3	Clay, organ, moderate	1	1

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
2	Sand, ve sil, loose	1	1
1	Clay, sl san, stiff	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 8: Sand, sl sil, moderate

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 8: Sand, sl sil, moderate

3.7 Grondeigenschappen

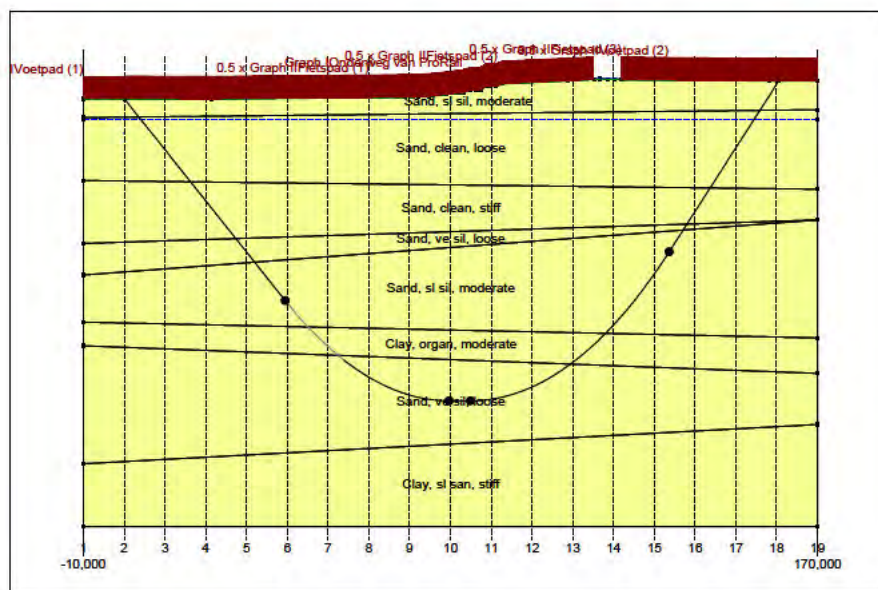
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Sand, clean, loose	17,50	19,50	0,00	31,25	0,00	0,00
Sand, clean, stiff	19,50	21,50	0,00	37,50	0,00	0,00
Sand, sl sil, moderate	18,50	20,50	0,00	29,75	0,00	0,00
Sand, ve sil, loose	18,50	20,50	0,00	27,50	0,00	0,00
Clay, sl san, stiff	20,50	20,50	14,00	25,00	145,00	145,00
Clay, organ, moderate	15,50	15,50	0,50	15,00	27,50	27,50

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Sand, clean, loose	-	-	30000,00	30000,00
Sand, clean, stiff	-	-	92500,00	92500,00
Sand, sl sil, moderate	-	-	42500,00	42500,00
Sand, ve sil, loose	-	-	22500,00	22500,00
Clay, sl san, stiff	-	-	7500,00	7500,00
Clay, organ, moderate	-	-	1500,00	1500,00

Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Sand, clean, loose	-	-	0,35
Sand, clean, stiff	-	-	0,35
Sand, sl sil, moderate	-	-	0,35
Sand, ve sil, loose	-	-	0,35
Clay, sl san, stiff	-	-	0,45
Clay, organ, moderate	-	-	0,45

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaaanzicht

Bovenaaanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	-10,000	n.a.
2	0,000	n.a.
3	10,000	-1,046
4	20,000	-4,295
5	30,000	-7,545
6	40,000	-10,793
7	50,000	-13,563
8	60,000	-15,498
9	70,000	-16,635
10	80,000	-16,996
11	90,000	-16,897
12	100,000	-16,120
13	110,000	-14,556
14	120,000	-12,177
15	130,000	-8,934
16	140,000	-4,957
17	150,000	-0,916
18	160,000	3,124
19	170,000	n.a.

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

3.10 Verkeersbelasting

Voetpad (1)		
L begin	-10,00	[m]
L einde	60,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Fietspad (1)		
L begin	60,00	[m]
L einde	83,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Onderweg van ProRail		
L begin	83,00	[m]
L einde	91,50	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Fietspad (2)		
L begin	91,50	[m]
L einde	115,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Fietspad (3)		
L begin	122,00	[m]
L einde	133,50	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Voetpad (2)		
L begin	133,50	[m]
L einde	170,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	

3.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	2,203	[m]

X coördinaat rechter punt	160,453	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	3,334	[m]
Hoek links	18,0000	[gr]
Hoek rechts	22,0000	[gr]
Kromtestraal links	130,000	[m]
Kromtestraal rechts	130,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	130,000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-16,996	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[gr]
Aantal horizontale bochten	1	
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.		

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	39,410	1,845	53,919	2,045	220,000	links

3.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]

Temperatuur variatie	0,00	[gr C]
----------------------	------	--------

3.13 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollenbaan	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
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	[-]

3.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,200	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,082	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,305	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,082	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,305	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,191	[m]
Debiet tijdens pilotboring	200,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	400,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	333,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegegewicht		
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	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegegewicht 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	[-]

3.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	180	254	42	133
2	447	805	84	163
3	373	627	125	194
4	521	892	167	224
5	340	431	203	249
6	535	843	230	265
7	567	895	248	272
8	580	918	258	271
9	589	935	262	265
10	573	909	259	250
11	360	453	247	228
12	599	1029	226	196
13	504	878	196	154
14	546	1093	158	104
15	226	383	119	53
16	4	4	80	3

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	180	209	39	42
2	441	678	78	84
3	387	658	117	125
4	521	894	156	167
5	355	457	189	203
6	532	835	214	230
7	566	893	229	247
8	580	916	236	249
9	589	933	237	245
10	571	903	232	233
11	372	474	217	213
12	599	1030	193	184
13	505	881	154	145
14	541	973	104	98
15	227	328	53	50
16	3	3	3	2

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	180	209	42	39
2	441	678	84	78
3	387	658	125	117
4	521	894	167	156
5	355	457	203	189
6	532	835	230	214
7	566	893	247	229
8	580	916	249	236
9	589	933	245	237
10	571	903	233	232
11	372	474	213	217
12	599	1030	184	193
13	505	881	145	154
14	541	973	98	104
15	227	328	50	53
16	3	3	2	3

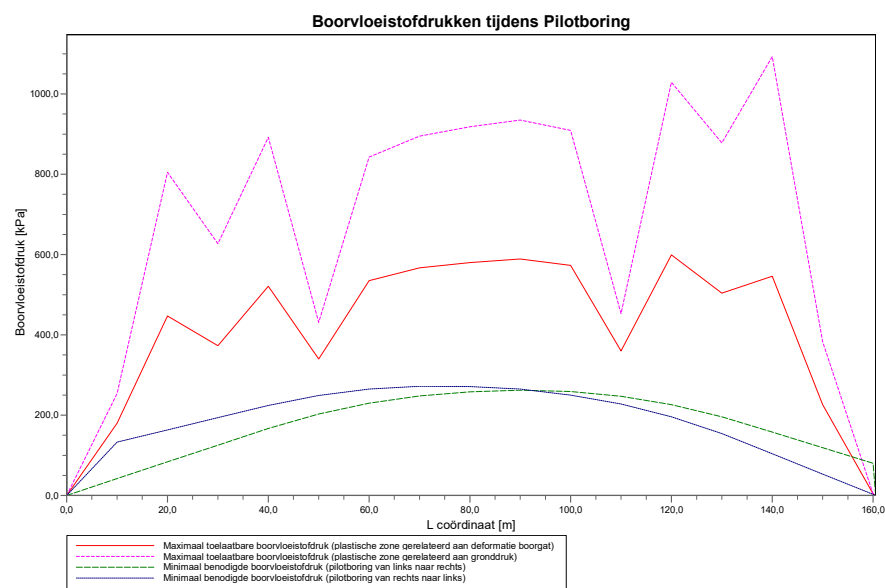
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	
1	36	19	1,85	voldoet
2	72	52	1,39	voldoet
3	108	84	1,28	voldoet
4	144	117	1,23	voldoet
5	176	145	1,22	voldoet
6	199	164	1,21	voldoet
7	213	175	1,22	voldoet
8	219	179	1,22	voldoet
9	219	178	1,23	voldoet
10	211	170	1,24	voldoet
11	195	155	1,26	voldoet
12	170	131	1,30	voldoet
13	136	98	1,38	voldoet
14	92	59	1,57	voldoet
15	47	18	2,60	voldoet
16	2	0	-	voldoet

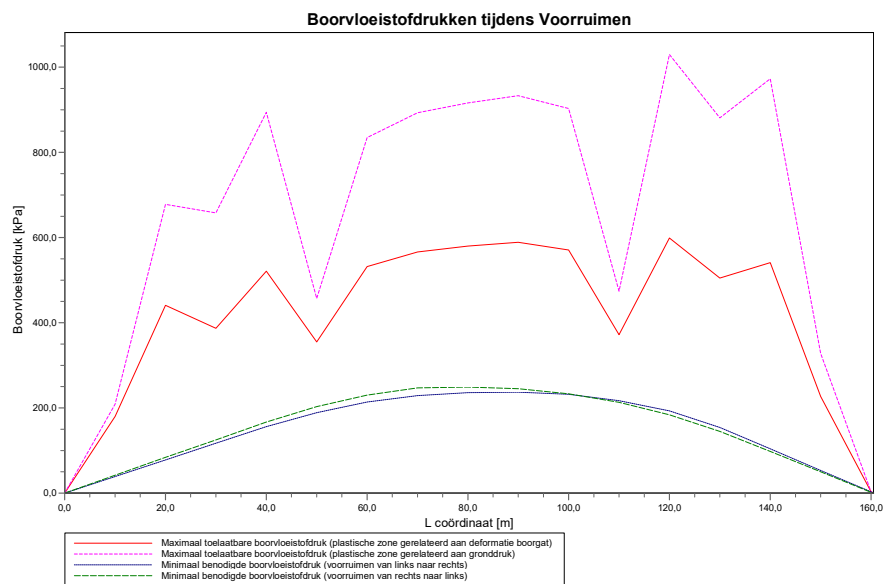
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

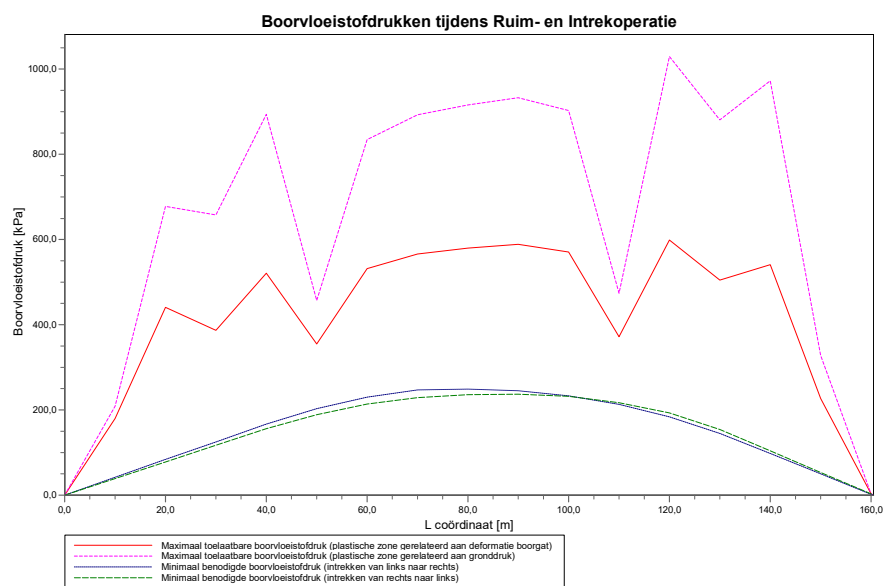
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 1xØ110 PE100 SDR-11 (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/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v;e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	406	42	4	7	3	1282
2	1151	75	4	6	1	4752
3	681	112	4	6	1	2280
4	1076	146	4	6	0	3794
5	319	169	4	6	0	960
6	969	187	4	6	0	3818
7	1012	199	4	6	0	4067
8	1036	206	4	6	0	4213
9	1062	214	4	6	2	4368
10	1048	210	4	6	0	4285
11	358	196	4	6	0	2684
12	1246	182	4	6	0	4720
13	1079	147	4	6	0	3806
14	1426	103	4	6	1	6548
15	555	62	5	8	2	1885
16	4	3	2	3	22	84

Verticaal nr.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	416	189015	189015	132311	0,05	7,5
2	1151	655512	655512	458859	0,05	7,5
3	681	137793	137793	96455	0,05	7,5
4	1076	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	319	27393	8078	19175	0,05	7,5
6	969	137793	137793	96455	0,05	7,5
7	1012	137793	137793	96455	0,05	7,5
8	1036	137793	137793	96455	0,05	7,5
9	1062	137793	137793	96455	0,05	7,5
10	1048	137793	137793	96455	0,05	7,5
11	358	124731	8078	87312	0,05	7,5
12	1246	248029	277393	173620	0,05	7,5
13	1079	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1426	655512	655512	458859	0,05	7,5
15	555	189015	189015	132311	0,05	7,5
16	26	16302	437	11411	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n;max} = 214 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer;max} = 25 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n;max} = 8 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 655512 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	

alleen voor verticalen in diepe situatie

: $k_{v;\max} = 1311024 \text{ kN/m}^3$ **5.2 Grondmechanische Parameters 1xØ110 PE100 SDR-11 (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/m^2
$q_{v;n}$	Neutrale grondspanning	kN/m^2
$q_{h;n}$	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m^2
$q_{v;r;n}$	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m^2
q_{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m^2
$q_{v;e}$	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m^2
$q_{h;e}$	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m^2
$k_{v;\text{bot}}$	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m^3
$k_{v;\text{top}}$	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m^3
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m^3
t_{\max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m^2
d_{\max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	$q_{v;p}$ [kN/m^2]	$q_{v;n}$ [kN/m^2]	$q_{h;n}$ [kN/m^2]	$q_{v;r;n}$ [kN/m^2]	q_{verkeer} [kN/m^2]	$q_{v;e}$ [kN/m^2]
1	406	42	4	7	3	1282
2	1151	75	4	6	1	4752
3	681	112	4	6	1	2280
4	1076	146	4	6	0	3794
5	319	169	4	6	0	960
6	969	187	4	6	0	3818
7	1012	199	4	6	0	4067
8	1036	206	4	6	0	4213
9	1062	214	4	6	2	4368
10	1048	210	4	6	0	4285
11	358	196	4	6	0	2684
12	1246	182	4	6	0	4720
13	1079	147	4	6	0	3806
14	1426	103	4	6	1	6548
15	555	62	5	8	2	1885
16	4	3	2	3	22	84

Verticaal nr.	$q_{h;e}$ [kN/m^2]	$k_{v;\text{bot}}$ [kN/m^3]	$k_{v;\text{top}}$ [kN/m^3]	k_h [kN/m^3]	t_{\max} [kN/m^2]	d_{\max} [mm]
1	416	189015	189015	132311	0,05	7,5
2	1151	655512	655512	458859	0,05	7,5
3	681	137793	137793	96455	0,05	7,5
4	1076	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	319	27393	8078	19175	0,05	7,5
6	969	137793	137793	96455	0,05	7,5
7	1012	137793	137793	96455	0,05	7,5
8	1036	137793	137793	96455	0,05	7,5
9	1062	137793	137793	96455	0,05	7,5
10	1048	137793	137793	96455	0,05	7,5
11	358	124731	8078	87312	0,05	7,5
12	1246	248029	277393	173620	0,05	7,5
13	1079	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1426	655512	655512	458859	0,05	7,5
15	555	189015	189015	132311	0,05	7,5
16	26	16302	437	11411	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	$q_{v;n;\max} = 214 \text{ kN/m}^2$
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	$q_{\text{verkeer};\max} = 25 \text{ kN/m}^2$
Maximale gereduceerde grondspanning	:	$q_{v;r;n;\max} = 8 \text{ kN/m}^2$
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;\max} = 655512 \text{ kN/m}^3$
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;\max} = 1311024 \text{ kN/m}^3$

5.3 Grondmechanische Parameters 1xØ110 PE100 SDR-11 (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/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v;e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	406	42	4	7	3	1282
2	1151	75	4	6	1	4752
3	681	112	4	6	1	2280
4	1076	146	4	6	0	3794
5	319	169	4	6	0	960
6	969	187	4	6	0	3818
7	1012	199	4	6	0	4067
8	1036	206	4	6	0	4213
9	1062	214	4	6	2	4368
10	1048	210	4	6	0	4285
11	358	196	4	6	0	2684
12	1246	182	4	6	0	4720
13	1079	147	4	6	0	3806
14	1426	103	4	6	1	6548
15	555	62	5	8	2	1885
16	4	3	2	3	22	84

Verticaal nr.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	416	189015	189015	132311	0,05	7,5
2	1151	655512	655512	458859	0,05	7,5
3	681	137793	137793	96455	0,05	7,5
4	1076	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	319	27393	8078	19175	0,05	7,5
6	969	137793	137793	96455	0,05	7,5
7	1012	137793	137793	96455	0,05	7,5
8	1036	137793	137793	96455	0,05	7,5
9	1062	137793	137793	96455	0,05	7,5
10	1048	137793	137793	96455	0,05	7,5
11	358	124731	8078	87312	0,05	7,5
12	1246	248029	277393	173620	0,05	7,5
13	1079	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1426	655512	655512	458859	0,05	7,5
15	555	189015	189015	132311	0,05	7,5
16	26	16302	437	11411	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n;max} = 214 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer;max} = 25 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n;max} = 8 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 655512 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 1311024 kN/m ³

5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
8	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden
7	Sand, clean, loose	Gebruikerswaarden
6	Sand, clean, stiff	Gebruikerswaarden
5	Sand, ve sil, loose	Gebruikerswaarden
4	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden
3	Clay, organ, moderate	Gebruikerswaarden
2	Sand, ve sil, loose	Gebruikerswaarden
1	Clay, sl san, stiff	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=-10 m)		Verticaal 2 (L=0 m)		Verticaal 3 (L=10 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
7	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
6	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500
5	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
4	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
3	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
2	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
1	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500

Laag nummer	Verticaal 4 (L=20 m)		Verticaal 5 (L=30 m)		Verticaal 6 (L=40 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
7	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
6	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500
5	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
4	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
3	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
2	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
1	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500

Laag nummer	Verticaal 7 (L=50 m)		Verticaal 8 (L=60 m)		Verticaal 9 (L=70 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
7	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
6	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500
5	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
4	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
3	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
2	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
1	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500

Laag nummer	Verticaal 10 (L=80 m)		Verticaal 11 (L=90 m)		Verticaal 12 (L=100 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
7	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
6	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500
5	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
4	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
3	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
2	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
1	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500

Laag nummer	Verticaal 13 (L=110 m)		Verticaal 14 (L=120 m)		Verticaal 15 (L=130 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
7	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
6	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500	92,500
5	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
4	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
3	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
2	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
1	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500

Laag nummer	Verticaal 16 (L=140 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	42,500	42,500
7	30,000	30,000
6	92,500	92,500
5	22,500	22,500
4	42,500	42,500
3	1,500	1,500
2	22,500	22,500
1	7,500	7,500

6 Gegevens voor Sterkteberekening

6.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 3 [-]
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent diameter leiding	:	Do = 237,34 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 13,40 mm
Equivalent volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 381583 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 130,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20

6.2 Ballasten Leiding

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

Bij een vulling percentage van 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	32,26	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	9,17	[kg/m]
Resultaat	:	23,09	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

6.3 Trekkraftberekening

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

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0,10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0,20)

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

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de 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	1
T2	29	4
T3	79	8
T4	84	9
T5	125	13

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T6	167	16

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaal factor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

7 Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buitendiameter	: Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10,00 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 = 167 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	: beta = 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 = 8 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 17 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 655512 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 111,920 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	: alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (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 10,0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_t = f_{\text{install}} \cdot T1/A = f_{\text{install}} \cdot (L_{\text{rol}} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	0,29	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a;\text{max}}$	=	0,66	N/mm ²

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b)$	=	0,67	N/mm ²
$\sigma_t = f_{\text{install}} \cdot T_{\text{max}}/A$	=	3,07	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a;\text{max}}$	=	3,50	N/mm ²

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 9,8E-3 \quad 1/\text{mm}$$

$$q_r = 0,0107 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,63 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t;\text{max}} = 0,41 \quad \text{N/mm}^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,24 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a;\text{max}} = 0,16 \quad \text{N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,38 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 2,96 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t;\text{max}} = 2,17 \quad \text{N/mm}^2$$

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,24 \quad \text{N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk:

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,38	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,96	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + \alpha \cdot \sigma_{qn} \cdot ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,17	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

- $\sigma_{a,max} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 2

- $\sigma_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 3

- $\sigma_{a,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 4

- $\sigma_{a,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
σ_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
σ_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
σ_{axiaal}	10,00 (kort)	0,66	3,50	-	-	-
σ_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\sigma_{tangent}$	10,00 (kort)	-	0,41	-	-	-
$\sigma_{tangent}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,17	2,17

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (2,24% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm (8,00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm (5,00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110 PE100 SDR-11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 237 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2 .

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 179 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2 .

8 Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buitendiameter	: Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10,00 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 = 167 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	: beta = 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 = 8 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 17 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 655512 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 111,920 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	: alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (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 10,0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_t = f_{\text{install}} \cdot T1/A = f_{\text{install}} \cdot (L_{\text{rol}} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	0,29	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a;\text{max}}$	=	0,66	N/mm ²

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b)$	=	0,67	N/mm ²
$\sigma_t = f_{\text{install}} \cdot T_{\text{max}}/A$	=	3,07	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a;\text{max}}$	=	3,50	N/mm ²

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 9,8E-3 \quad 1/\text{mm}$$

$$q_r = 0,0107 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,63 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t;\text{max}} = 0,41 \quad \text{N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,24 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a;\text{max}} = 0,16 \quad \text{N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,38 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 2,96 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t;\text{max}} = 2,17 \quad \text{N/mm}^2$$

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,24 \quad \text{N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk:

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,38	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,96	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + \alpha_{\sigma} \cdot ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,17	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

- $\sigma_{a,max} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 2

- $\sigma_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 3

- $\sigma_{a,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 4

- $\sigma_{a,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
σ_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
σ_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
σ_{axiaal}	10,00 (kort)	0,66	3,50	-	-	-
σ_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\sigma_{tangent}$	10,00 (kort)	-	0,41	-	-	-
$\sigma_{tangent}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,17	2,17

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (2,24% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm (8,00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm (5,00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110 PE100 SDR-11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 237 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2 .

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 179 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2 .

9 Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buitendiameter	: Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10,00 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 = 167 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	: S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9,54 kN/m ³
Opleghoek	: beta = 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 = 8 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 17 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 655512 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 111,920 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	: alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1xØ110 PE100 SDR-11 (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 10,0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f_{\text{install}} \cdot T1/A = f_{\text{install}} \cdot (L_{\text{rol}} \cdot Q \cdot f1)/A = 0,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a;\text{max}} = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f_{\text{install}} \cdot T_{\text{max}}/A = 3,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a;\text{max}} = 3,50 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

$$q_r = k_v \cdot y = (0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 9,8E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0107 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t;\text{max}} = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

$$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0,5 \cdot \sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a;\text{max}} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 2,96 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t;\text{max}} = 2,17 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot W_b) = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk:

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\sigma_{temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,38	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,96	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + \alpha_{\sigma} \cdot ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,17	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

- $\sigma_{a,max} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 2

- $\sigma_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 3

- $\sigma_{a,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Belasting combinatie 4

- $\sigma_{a,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$
- $\sigma_{t,max} < \text{LongStrength} \cdot \text{FactorOfImportance}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
σ_{ptest}	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
σ_{py}	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
σ_{axiaal}	10,00 (kort)	0,66	3,50	-	-	-
σ_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\sigma_{tangent}$	10,00 (kort)	-	0,41	-	-	-
$\sigma_{tangent}$	8,00 (lang)	-	-	-	2,17	2,17

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,2 mm (2,24% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm (8,00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm (5,00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110 PE100 SDR-11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 237 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2 .

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 179 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2 .

Einde Rapport

4 Specificaties meetsysteem

Gyro Steering Tools

Advantages with respect to downhole measurements with magnetic steering tools :

- No read-out errors due to the disturbance of the Earth's magnetic field.
- No need for use of non-magnetic materials ("Non-Mags").
- Insensitive to shocks and vibrations.
- Far higher accuracy of azimuth and pitch possible, resulting in more accurate following of the desired trajectory.
- Measurement with respect to true North (North Seeking while drilling).

Specifications :

Length / diameter of measuring drillstring, installed directly behind the drillhead : 2000/ 170 mm.

Accuracy :

- Pitch, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,01 [degr.]
- Azimuth , accuracy (3 Sigma) : +/- 0,04 [degr.]

Installation :

The measuring drillstring is provided with standard API threaded connections, making installation easy.
The mudflow is not interrupted. Mudflow channels are provided.

Since many years Brownline used magnetometer / accelerometer based strap-down probes for drillhead guidance. The surveyor at the job is needed for this type of probes, as a lot of experience is required to translate the information from these magnetometer based probes. Magnetometers using the Earth magnetic field as reference can give wrong read-outs due to the presence of materials, which can be or are magnetized and due to electric current carrying wires. Only due the surveyor's experience these disturbances of the Earth magnetic field can be filtered.

Brownline started a new magnetometer based probe design early 1999. The emphasis was to automatically compensate for the disturbances of the Earth magnetic field. This automatic compensation already proved in the first months of the project to be very difficult to realize. Consequently Brownline started a simultaneous new design, where gyroscopic sensors were used in order to avoid these magnetic disturbances. The emphasis for this type of gyroscopic probe not only was on magnetic disturbance insensitivity, but also on a far higher accuracy, such that this gyroscopic system in conjunction with a dead-reckoning program could match the trajectory accuracy of the artificial magnetic field systems.

Moreover the aim was to get a trajectory position measuring system, which is predictable and which can be used by less experienced engineers or by automated drilling systems.

Presently Brownline co-operates with iMAR of St. Ingbert, Germany for the joint development and marketing of gyroscopic based navigation tools for the drilling industry.

1. NAVIGATION BY MAGNETOMETERS AND ACCELEROMETERS AND WIRELESS TRANSMISSION.

Figure 1 shows the present Browline magnetometer based system, which was developed in the years 1999 / 2000. Navigation is achieved by the use of three magneto-resistive magnetometers and three accelerometers. This is a well-known configuration. However the wireless signal transmission developed for this probe uses new technology. Downhole electronics are used to modulate the signals. A downhole transmitter sends signals via the drillstring. The negative pole can be placed anywhere above the drillstring at the surface. the signals are demodulated at the surface in the receiver electronics. This wireless transmission system sends three times per second data to the surface. The data string contains the azimuth, pitch and roll angles of the drillhead, as well as downhole internal probe temperature and the mud pressure.

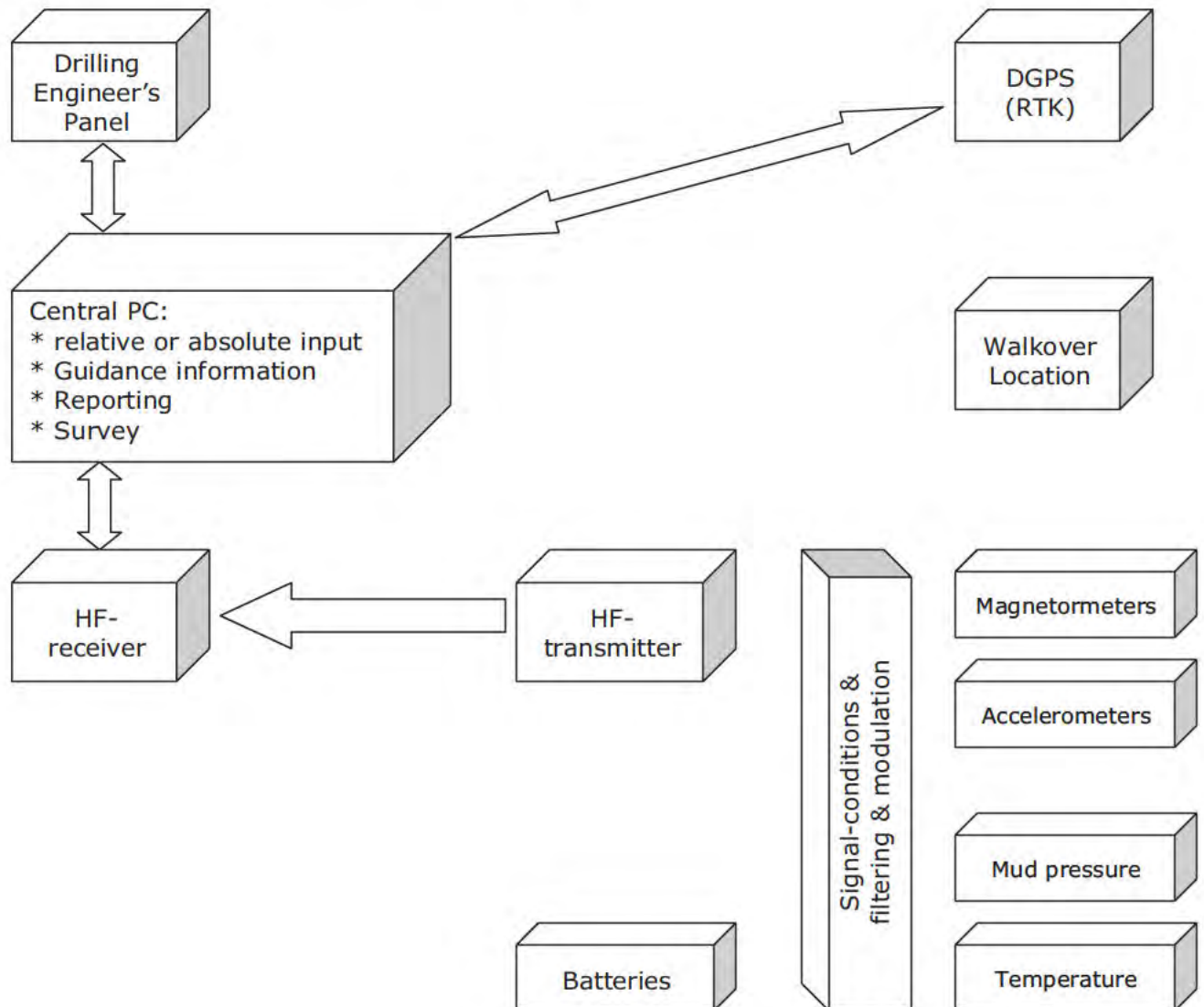


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

The original idea was to compensate for disturbances of the Earth magnetic field via the application of two downhole sensor units at a certain distance. Via a gradiometer like principle a compensation could be achieved. However, very accurate sensing of the magnetic field is required.

2. GYROSCOPIC SENSORS.

Various tests proved that it is extremely difficult to compensate for the disturbance of the Earth magnetic field. Very accurate measurement of the Hx, Hy and Hz vectors is required. Brownline already in late 2000 started investigations for other sensors as the magnetic based ones. The present Brownline simplex magnetic based sensor probe has an accuracy of the azimuthing angle of 0.40 [degrees]. This is not sufficient accurate for drilling jobs in highly urbanized areas or for drillings over long distances in conjunction with dead-reckoning.

So Brownline did not simply look for a direct replacement of the magnetometer based probe, but also looked for a far higher accuracy. Various gyroscopes were investigated. Mechanical dynamical tuned types proved to be too unreliable. Vibrating gyroscopes still were too inaccurate, although the dimensions are small. This led to the choice of fiber optic gyroscopes (FOG) and Ring Laser Gyroscopes (RLG) to start with. By using FOGs or RLGs very accurate azimuthing angles with respect to the geographic North can be measured. An accuracy of ten times better as for magnetic sensor based probes is possible. Having an azimuthing accuracy of 0.04 [degrees] and a reliable drillstring stroke measurement will give a trajectory measurement accuracy, which is better than possible with other navigation means.

Figure 2 shows a typical RLG, which is used as base for the new gyroscopic navigation tool. Data are transmitted either via wireline (10 times per second) or wireless (3 times per second).



Figure 2.

Probe with Ring Laser Gyroscope, the robust housing is suitable for a rough environment with high vibrations and shock loading.

The unit contains three perpendicular installed RLG's and three perpendicular installed servo-balanced accelerometers, as well as micro-controllers for processing and filtering of the measured data.

The total unit is build into the drillstring close to the drillhead.

This drillstring part contains a second micro-controller for processing of strain gage and mud pressure signals, as well as for modulation and transmission.

The Brownline gyroscopic probe system is presently being build. For the gyroscopic systems Brownline cooperates with iMAR of St Ingbert, Germany.

The gyroscopic navigation tool gives the following signals at a rate of ten times per second via a wireline to the surface receiver :

- Roll, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,02 [degr.]
- Pitch, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,01 [degr.]
- Azimuth , accuracy (3 Sigma) : +/- 0,04 [degr.]
- Vibration level
- Temperature, accuracy : +/- 0,5 [degr. C]
- Mud pressure, accuracy : +/- 0.05 [bar]
- E-power state
- Too high RPM (binary : TRUE or FALSE)
- Error message
- Status message
- North seeking state
- Pulling / pushing force.
- Bending moment (radius).
- Steering torque.

The wireline connection is a single wire used for electric power supply to the downhole system and used for signal transmission to the surface. Downhole batteries are provided for continuation of power supply, while a drill pipe is connected. The wireless option, as used for the magnetometer based systems could also be used, but the update rate is lower and larger downhole battery packs are required.

The downhole processing is very powerful, extensive filter technologies are used, based on iMAR's well-known system algorithm for sea and land navigation systems.

3.SIGNAL PROCESSING AND HUMAN MACHINE INTERFACES (HMI).

For both the magnetometer based and the gyroscopic navigation systems, Brownline uses a receiver unit at the surface. This receiver unit receives the downline string, either wireless or via a wireline and demodulates the signals. Also the cylinder stroke measurement signal of the drilling machine is received on this receiver unit. The receiver unit is connected with a PC, where the trajectory advice is computed. The planned trajectory is compared with the trajectory calculated from the measured downhole pipe length, the actual azimuth angle and the actual pitch.

Figure 3 depicts the HMI guidance display for the magnetometer based system.



Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

At the drilling machine a drilling engineer display is installed giving information on the actual difference between the desired and the actual track and the roll angle of the tool face. Also warnings etc. are given in case of dangerous steering actions. Figure 4 shows the drilling engineer's display. At the surveyors' display, at different pages, also information (graphical and numerical) is given on the planned and the actual track.

Reports can be given in local grid co-ordinates or in WGS84 format. The Ring Laser Gyroscope unit also is very well suitable to be used for surveying after reaming and installation of a pipe. This unit will then be used in conjunction with a DGPS (RTK) system. The DGPS is used to precisely measure the entry and the exit location of the drilled trajectory. This combination gives unsurpassed surveying accuracy. Again reports are given in local grid co-ordinates or in WGS84 format.



Figure 4. The display of the drilling engineer, which additional to the PC display of the surveyor. The drilling engineer pushes a button to let the software count for the number of pipes of known length. For RLG system the drilling machine cylinder stroke is measured to avoid human errors.

5 Specificatie boorspoeling



TUNNEL-GEL[®] MAX

Viscosifier

Description TUNNEL-GEL[®] MAX is a specially formulated, high-yield bentonite designed for use in tunneling and large diameter HDD operations. TUNNEL-GEL MAX promotes rapid viscosity development while maintaining effective borehole stabilization and enhanced filtration control in most water-based drilling fluids.

Applications/Functions *The use of TUNNEL-GEL MAX viscosifier promotes or assists the following:*

- Viscosifies water-based drilling fluids
- Reduces filtration by forming a thin filter cake with low permeability, resulting in borehole stabilization
- Improves hole-cleaning capability of drilling fluids

- Advantages**
- Can provide lubricity
 - Can mix easily and quickly reaches maximum viscosity
 - Can be effectively used in a wide range of concentrations
 - Can be effective in a variety of drilling applications.
 - Provides the option of using a variety of additives

Typical Properties	• Appearance	Tan Powder
	• Specific Density	2400 kg/m ³ ± 10%
	• pH (3% solution)	8.9

Recommended Treatment Using a Venturi hopper, or a colloidal mixer, add TUNNEL-GEL MAX viscosifier, slowly and uniformly to the entire circulating system or mix tank.

Approximate Amounts of TUNNEL-GEL MAX viscosifier Added to Freshwater, kg/m ³	
Normal Drilling Conditions	30-40
Unconsolidated Formations	40-45

Additional Information **Note:** For optimum yield and performance, pre-treat make-up water with 0.5 – 1.0 kg/m³ of soda ash.

Packaging TUNNEL-GEL[®] MAX viscosifier is packaged in 25-kg (55.1-lb) , 1000 kg (2204-lb) bags, and it is also available in bulk.

Availability TUNNEL-GEL MAX viscosifier is a regionally sourced product and may not be available through all Baroid Industrial Drilling Products Retailers. To locate the appropriate Baroid IDP retailer nearest you contact CEBO Holland.

CEBO Holland, BV

Authorized Retailer, Baroid IDP

Westerduinweg 4

NL-1976 BV IJmuiden

Customer Service: +31 (0)255-546262

6 In te zetten boorrig

TECHNISCHE GEGEVENS



Model

Basisuitvoering

GRUNDODRILL 18N

- Cummins motor T4i voor rij- en boorwerk, 126 kW
- Boorlafette met stalen rupsen en ge vulcaniseerde pads, steunschild(en)
- ruime cabine, comfortabele stoel, joystick, kleurenmonitor
- Boorautomaat
- half automatische stangenwisselsysteem
- half automatische klem- en losmaaksysteem
- Verankeringshamersysteem met bentonietopvangbak
- Hoogwaardige bentoniet HD-Pomp aan boord
- Boordateregistratie – telemetrie datatransmissie
- Hogedrukreiniger
- Optioneel:
Volautomaat, radiografische afstandsbediening, airconditioning

Gegevens opbrengst

L x B x H [mm]
Gewicht incl. stangen [kg]
Inhoud stangenbox [m]
Intredehoek
Trek- en boorkracht [kN]
Max. draaimoment [Nm]
Max. toerental booras [U/min]
Pilootboring Ø [mm]
Boorstang Twin Drive Ø [mm]
Bruikbare stanglengte [mm]
Gewicht boorstang [kg]
Ruimer-Ø* [mm]
Buis-Ø* [mm]
Boorlengte* [m]
Min. Boorradius [m]
Max. rijsnelheid [km/h] 2 standen
Schoonwatertank [l]
Maximaal gedempt [dB(A)]
Max. Motorvermogen [kW]
HD Bentonietpomp [l/min]

Boorstangen type: TD73 • TD82

6.700 x 2.300 x 2.570
14.350
225 • 210
12°–30°
180 • 200
7.500 • 10.000
200
115 • 140/170
73/63 • 82
3.000
42 • 46
≤ 600
≤ 500
≤ 400
55 • 75
3,3/5
130
66
126
320 (400)

7 Risicoanalyse;

Risico Analyse afdeling, versie 20-11-2017

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
1. Projectorganisatie				
1.01	Werkvoorbereiding / Planning	Onvoldoende aandacht voor Arbo- en Milieuzaken. Onvoldoende projectgerichte informatie van de opdrachtgever	KAM-afdeling betrekken bij voorbereiding Opvragen van projectgerichte V&G informatie ontwerpfase.	Werkvoorbereiding
1.02	Werkplekbezoek en oriëntatie	Niet geïnventariseerde risico's	Oriënterend werkplek bezoek. Analyseren van de risico's en gevaren van de werkplek/ omgeving.	Uitvoerder/ Voorman
1.03	Algemene werkzaamheden	Onvoldoende voorlichting en controle van medewerkers	Projectintroductie houden met iedereen die werkzaamheden gaat verrichten op het projectterrein	Uitvoerder
1.04			Vereiste certificaten en keuringen controleren van uitvoerenden	Uitvoerder
1.05			Bezoekers begeleiden en de vereiste PBM's verschaffen	Uitvoerder
1.06		Alcohol en drugsgebruik, ongevallen en letsel	Het bezit en/of onder invloed zijn van alcohol is verboden	Iedereen
1.07		Onvoldoende toezicht	Zorg voor vervanger tijdens afwezigheid van leidinggevende	Projectleider
1.08	Hygiëne / orde en netheid	Onervaren leidinggevende	Selectie van leidinggevende op basis van uit te voeren werk.	Projectleider
1.09		Rommel op en rond tracé, struikelen/vallen	Afval direct in container/afvalzak deponeren	Iedereen
1.10		Vuile schafwagens	Regelmatig opruim ronde houden	Iedereen
1.11			Regelmatig opruimen en legen van de schafwagens door gebruikers zelf	Iedereen
1.12			Ruim gereedschappen die niet gebruikt worden op	Iedereen
1.13	Losliggende kabels, struikelen/vallen	Bind de kabels op/pas de zogenoemde S-haken toe zodat men niet kan vallen	Iedereen	
1.15	Communicatie omwonenden	Opwekken van agressie door onaangekondigd het terrein betreden, handgemeen.	Contact op nemen met eigenaar en/of betrokkenen Zorg dat betrokkenen op de hoogte zijn en een klachten formulier hebben met een contactpersoon Zorg voor goed communicatie en gebruik hulpmiddelen	opdrachtgever
2. Coördinatie op de bouwplaats				
2.01	Diverse werkzaamheden (gelijktijdig)	Geen/bepaalde overleg en coördinatie,	Coördinatie op de bouwplaats door uitvoerder	Uitvoerder
2.02			Overleg werkzaamheden afstemmen en risico's en beheersmaatregelen bespreken	Uitvoerder
2.03			Coördinatie overleggen voor uitvoeren intrekoperatie	Opdrachtgever/ Uitvoerder
2.04	Werkzaamheden onderaannemers	Onbekende risico's, niet nemen van beheersmaatregelen, ongevallen	Startwerk-overleg met onderaannemers	Uitvoerder
2.05		Het niet nakomen van veiligheidsvoorschriften en/of het niet naleven van de samenwerkingsverplichting door onderaannemers	Aanwijzingen geven, nemen van maatregelen	Uitvoerder
2.06	Betreden bouwplaats onbevoegden	Vandalisme, diefstal, ongevallen door gevaren op de werkplek	Borden verboden toegang en hekwerk plaatsen (koppelen met klemmen)	Uitvoerder
2.07			Opruimen materiaal en materieel, putten/sleuven zoveel als mogelijk aanvullen	Uitvoerder
2.08			Indien noodzakelijk beveiliging van bouwplaats instellen	Uitvoerder
3. Wegafzettingen en verkeersmaatregelen				
3.01	Werken nabij wegen	Aanrijdingsgevaar bij plaatsen van bebording	Draag reflecterende/fluoriserende PBM	Uitvoerenden
3.02		Onvoldoende communicatie met wegbeheerder	In overleg met opdrachtgever afspraken maken met wegbeheerder	Werkvoorbereiding
3.03		Onduidelijke verkeerssituatie voor verkeersdeelnemers	Verkeersplan opstellen	Opdrachtgever
3.04		Onvoldoende/onjuiste verkeersmaatregelen, aanrijdingen tot gevolg	Maatregelen treffen conform CROW 96a voor autosnelwegen Maatregelen treffen conform CROW 96b voor niet-autosnelwegen	Uitvoerder/ Opdrachtgever
3.05		Ongeval bij het wegrijden van voertuigen	Indien mogelijk operationeel parkeren (met de voorkant richting de weg)	Uitvoerenden
3.06		Slipgevaar weggebruikers	Wegen schoon houden van modder/grond, bij constateren z.s.m. opruimen/vegen	Uitvoerenden
3.07		Onjuist plaatsen van wegafzetting/-bebording, letsel medewerkers/weggebruikers	Het plaatsen van afzettingen door erkend bedrijf, interne cursussen veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.08		Onbekendheid van de verkeersmaatregelen door medewerkers	Medewerkers voorlichting geven over de genomen verkeersmaatregelen, cursussen veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.09	Werken nabij waterwegen	Verdrinking	Werkterrein inrichten zodat er niet naast waterwegen gewerkt hoeft te worden	Uitvoerder
3.10			Collectieve maatregelen treffen ter voorkoming te water te geraken	Uitvoerder
3.11	Het kruisen van wegen met materieel	Onvoldoende verkeersmaatregelen	Verkeersmaatregelen conform CROW96a/b en in overleg met wegbeheerder	Opdrachtgever
3.12		Achteruitrijden	Machinisten/chauffeur begeleiden bij manoeuvres vanaf een defensieve positie (niet op de weg), hierbij reflecterende/fluoriserende PBM dragen	Uitvoerenden
3.13		Aanrijdingsgevaar bij het regelen van het verkeer	Aanwijzingen aan het overige verkeer door gecertificeerd verkeersregelaar	Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
4. Inrichting werkerterrein				
4.01	Ketenpark/ schafketen opstellen	Aanrijding bij uitstappen keet Schade of letsel door verkeershinder aan derden Letzel door struikelgevaar/aanrijdgevaar	Keten opstellen i.o.m. opdrachtgever / eigenaar locatie Bebording plaatsen i.o.m. beheerder Orde en netheid aanhouden	Uitvoerder
4.02	Keten	Ontbreken van hygiënische voorzieningen	Nieuwe jerrycans gebruiken en regelmatig schoonspelen	Uitvoerder
4.03	Lossen van platen	Oplopen van letsel door instabiliteit equipment	Aanvullen weggespoeld zand onder rijplaten	Uitvoerder
4.04	Parkeren	Blokkeren van het aanvoerwegen	Inrichten voldoende parkeergelegenheid	Uitvoerenden
4.05		Oplopen letsel door stuurloze auto	Auto parkeren met handrem of in versnelling	Uitvoerenden
4.06		Belemmerd uitzicht	Indien mogelijk operationeel parkeren (met de voorkant richting de weg)	Uitvoerenden
5. Aanvoeren/afvoeren materieel, transport				
5.01	Transportbewegingen	Gebrekkige organisatie, letsel door ongevallen	Begeleiden transporten	Uitvoerder
5.02	Aanvoer/afvoeren (zwaar)materieel	Kantelen/omvallen materieel	Draagkrachtige ondergrond	Uitvoerder
5.03			Bij twijfel over de stabiliteit van de ondergrond sondering uitvoeren om de stabiliteit te bepalen	Uitvoerder
5.04			Stempelen van kranen	Machinist
5.05			Aantoonbare onderrichte machinist voor bedienen kraan	Uitvoerder
5.06		Geblokkeerde wegen/bouwplaats/ manoeuvres (zwaar) materieel	Chauffeurs op bouwplaats begeleiden door medewerker met reflecterende kleding , medewerker geeft aanwijzingen van defensieve positie en blijft in zicht van chauffeur	Uitvoerder
5.07			Verkeersregelaar afroepen wanneer er aanwijzingen gegeven dienen te worden aan verkeer op de openbareweg	Uitvoerder
5.08			Chauffeurs uitsluitend afroepen wanneer er ruimte is om te laden/lossen	Uitvoerder
5.09	Uitrijden rijplaten en productiebuizen	Oplopen van letsel	Buiten bereik kraan blijven en communiceren	Uitvoerder
5.10	Buizen lassen	Afkeur las	Alle lassen volgens digitale laseisen vastleggen	Lasser
		Verwijderen rillen	Alle rillen bewaren en in een zak bewaren + tellen	Lasser

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
6. Grondwerk, putten en sleuven				
6.01	Werkzaamheden in de bodem	Ontbreken van/gebreekte bodeminformatie, treffen van ontoereikende maatregelen, blootstelling aan gevaarlijke stoffen	Informatie aanleveren omtrent de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.02	Werken in verontreinigde grond	Inademen van schadelijke dampen/stoffen Opname van schadelijke stoffen via de huid Brand en explosie gevaar Giftigheid van de stof (acute of vertraagde effecten)	Opstellen en naleven van Veiligheids & Gezondheidsplan voor het Werken in Verontreinigde grond	Werkvoorbereiding
6.03	Werkzaamheden in de bodem	Medewerkers niet op de hoogte van indicaties van verontreinigde grond	Bespreken met betrokken medewerkers over de Bodemverontreiniging	Uitvoerder
6.04		Aantreffen van verontreinigde grond, blootstelling aan gevaarlijke stoffen	Staken werkzaamheden en dit melden bij uitvoerder	Uitvoerenden
6.05			Melden bij opdrachtgever	Uitvoerder
6.06			Bodemonderzoek laten uitvoeren door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.07			Aanleveren van informatie omtrent NGE in de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.08		Aantreffen van Niet Gesprongen Explosieven, fataal letsel	Bij aantreffen werkzaamheden direct staken en ontruimen, afzetten gebied rondom vondst van 200 meter. Melden bij uitvoerder / 112 bellen/ Explosieven Opruimings Dienst inschakelen/ Melden bij opdrachtgever	Uitvoerenden/ Uitvoerder
6.09	Graven van en werken in putten en sleuven	Instortingsgevaar	Talud graven en instandhouden	Uitvoerder
6.10		Oplopen letsel door zich in het draaibereik van de machine te bevinden	Communiqueer met machinist en visueel contact houden	Uitvoerder
6.11		Raken van reeds aanwezige kabels en leidingen in de ondergrond bij graafwerkzaamheden	Vooraf graafmelding uitvoeren	Uitvoerder
6.12			Contact opnemen met kabels en leiding eigenaren/beheerders	Uitvoerder
6.13			Voorschriften van kabel- en leidingeigenaren aanhouden	Uitvoerder
6.14			KLIC-op de werkplek bespreken met betrokkenen bij de graafklus	Uitvoerder
6.15		Beschadigen van Kabels en leidingen, Elektrocutie en/of blootstelling aan medium van leiding	Voorzichtig voorsteken, machinaal niet dieper graven dan voorgestoken is. Nabij kabels en leidingen handmatig graven, werken conform CROW 250 Instructiekaart zorgvuldig graven	Uitvoerder
6.16			Ophangen en afschermen van kruisende/parallellopende kabels en leidingen opdat deze niet doorzakken of beschadigd raken. Voorschriften van kabel/leiding eigenaar/beheerder toepassen	Uitvoerder
6.17			Beschadiging door zettingen voorkomen door voldoende aan te vullen en te verdichten	Uitvoerder
6.18	Aanvullen en verdichten van putten en sleuven	Fysieke overbelasting	Regelmatig werkzaamheden afwisselen of rusten	Uitvoerder
6.19		In aanraking komen met draaiende machines	Communiqueer met machinist en visueel contact houden Bij geen communicatie of zicht geen activiteiten uitvoeren	Iedereen

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
7. Grondonderzoeken				
7.01	Overgang grondlagen	Afwijken boortrace Afbreken boorbuis Stuurproblemen Vast lopen boring Verlies boring	In ontwerpfase de juiste grondsoort/laag gaan bochten	Engineer/ werkvoorbereider
7.02	Overgang zoet -/ zout water	Degeneratie boorspoeling Vast lopen boring Verlies boring	In ontwerpfase vermelden, zodat men in de uitvoering rekening kan houden	Engineer/ werkvoorbereider
7.03	Grind/ Grindbedden	Afwijken boortrace Afbreken boorkop Stuurproblemen Vast lopen boring/ verlies boring	In de juiste grondsoort het ontwerp opstellen. Als dit niet mogelijk is, dit vermelden aan de uitvoering	Engineer/ werkvoorbereider/ uitvoerenden
7.04	Loopzand	Dichtvallen van het gemaakte boorgat	Regelmatige controle op kwaliteit boorspoeling	Uitvoerenden
7.05	Obstakels	Niet kunnen passeren Afbreken boorkop Afwijken boortrace	Boring terug trekken en nogmaals proberen	Engineer/ werkvoorbereider
7.06	Boorradius	De radius te klein ontworpen voor de te gebruiken machine	In ontwerpfase de juiste radius aanhouden van de te gebruiken machine	Engineer/ werkvoorbereider
7.07	Lengteboring	Boring is te lang voor de machine in samenwerking met grondsoort en diameter	In ontwerpfase de gewenste machine aangeven	Engineer/ werkvoorbereider
8. Pilotboring				
8.01	Slechte menging boorspoeling	Instorten boorgat vastlopen pilot	De mengverhouding aanhouden zoals de fabrikant deze aangeeft Nadelige effecten kunnen in een aantal gevallen met speciale toevoegingen aan de boorspoeling worden gereduceerd.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.02	Keuze boorbit anders dan verwacht	Stuurproblemen Vastlopen pilot	Door juiste vooronderzoek van de bodemgesteldheid, in uitvoering beslissen welke het beste van toepassing is	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.03	Instabiele bovengrond	Muduitbraak t.p.v. instabiele bovengrond Schade aan derden Wegvallen bentoniedruk Milieudelict	Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt; Tevens zal de minimaal benodigde pompdruk zoveel mogelijk worden aangehouden; Door een (verhoudingsgewijs) zw aardere boorinstallatie als nodig in te zetten, om zodoende wat meer drukkracht als pompdruk te gebruiken, zal er ook een kleinere kans zijn op een blow-out; Verder het constant (visueel) in de gaten houden van de retour stroom zal er toe bijdragen dat het risico van een blow-out te verwaarlozen zal zijn.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.04	Verouderd materiaal en materieel	Defecteonderdelen van het boorrig Verliezen van materieel/ boring	Aangeven voordat de werkzaamheden uitgevoerd gaan worden dat het materiaal/ materieel niet meer voldoet aan de eisen	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
9. Ruimfase				
9.01	Het dichtsluiten van de Nozzels tijdens de uitvoering	Afname snij eigenschappen Vollopen ruimer en het blokkeren van het ruimproces	Juiste ruimer kiezen bij de grondsoort	Uitvoerenden/ Uitvoerder
9.02	Verkeerde keuze ruimer	Slechte menging cuttings en boerspoeiing Verkeerde snij eigenschappen voor deze boring	Juiste ruimer kiezen bij de grondsoort	Uitvoerenden/ Uitvoerder
9.03	Snelheid ruimer	Instabiliteit boorgat en vervorming boorgat	Tijdens uitvoering controle uitvoeren op snelheid	Uitvoerenden/ Uitvoerder
9.04	Defecten aan ruimer	Tijdelijk blokkeren boorgat Verlies boring Vast lopen boring	Controle uitvoeren voordat men de ruimer gaat gebruiken	Uitvoerenden/ Uitvoerder
9.05	Obstakels in de grond	Tijdelijk blokkeren boorgat Verlies boring Vast lopen boring	De klic nalopen op obstakels. De niet vermelde obstakel kan men niet altijd in kaart brengen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
10. Intrekfase				
10.01	Defecte Swivel	Overbelasting Overmatig gebruik olie/vet gevolg met milieuschade Stagnatie intrekproces	Controle uit blijven voeren tijdens het intrekproces.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
10.02	Overschrijding maximale trekkracht op productiepijp	Overbelasting Stagnatie intrekproces	Controle uit blijven voeren tijdens het intrekproces. Niet meer dan de voorgeschreven maximale trekkracht.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
10.03	Te stijle invoerbocht	Te hoge trekkracht waardoor de productiebuys beschadigd kan worden	Tijdens de ontwerpfasen de juiste hoeken aangeven en dit aanhouden tijdens de uitvoering	Uitvoerenden/ Uitvoerder
10.04	Beschadiging productiebuys	Afkeur buis Overbelasting/kromme buis Slechte verbindingen	Tijdens uitvoering met voorzichtig de buis behandelen. De overgangen moeten door een erkende lasser aan elkaar verbonden worden.	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11. Werken met boorequipment				
11.01	Elektrische connecties tussen de verschillend equipment	Gew ondraken door electrocutie	Aarden van divers equipment	Uitvoerder
11.02		Weggliden bij boor of ontvangstgat	Tijdens het boren niet in de directe omgeving van de boor of het ontvangstgat komen en onbevoegden op afstand houden, boorgaten zichtbaar maken	Uitvoerenden
11.03		Letsel door wegzakken/vallen in mudpit	Mudpit onder talut graven en/of mudpit afzetten	Uitvoerder
11.04		Verw ondraken door draaiende en bewegende kraan	Buiten draaicirkel van het graafmachine blijven	Uitvoerenden
11.05		Letsel door draaiende delen	Waar mogelijk draaiende delen afschermen	Uitvoerder
11.06			Geen loshangende kleding dragen en haar opbinden.	Uitvoerenden
11.07			Tijdens opstellen de fittingen, koppelingen en stangen visueel controleren, leidingen vastzetten met borgingspinnen/kettingen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.08			Law aai-bron zoveel mogelijk afschermen, omgeving op de hoogte stellen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.09		Law aai van machine, gehoorschade	Gehoorbescherming verstrekken >80 dB(A)	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.10			Verplicht gehoorbescherming dragen >85dB(A)	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11.11	Aanbrengen en/of losmaken van de boorbuis	Letsel bij het aanbrengen en/ of losmaken van de boorbuis/mantelbuis	Geen draaiende delen tijdens het aanbrengen/loskoppelen. Communicatie	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.12			Gebruik juiste gereedschappen en hijsmiddelen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.13			Omgeving afschermen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.14	Intrekken van de leiding	Letsel of schade bij vastlopen of aflopen van de streng van de rollenbaan	Draag zorg voor onderhoud en begeleiding van de streng tijdens de trekoperatie	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.15		Knellen van vingers tussen rollen tijdens trekken	Houd afstand tijdens de trekoperatie	Uitvoerenden
11.16		Letsel bij breken van hijsmiddelen tijdens de trekoperatie	Gebruik alleen gecertificeerde en gekeurde hijsmiddelen die op gewicht en/of trekkracht zijn afgestemd met het werk	Uitvoerder
11.17	Aanmaken van bentoniet / water	Inademen van stof	Gebruik van stoffilters (P3)	Uitvoerder
11.18		Geraakt worden door bewegend materieel.	Gebruik van gecertificeerd hijsapparatuur en hijsgereedschap. Geen personen nabij bewegend delen. Eén man die de aanwijzingen geeft.	Uitvoerder

**van gelder****Van Gelder Groep B.V.**

J.P. Broekhovenstraat 36
8081 HC ELBURG
Postbus 29
8080 AA ELBURG
Tel: (0525) 65 98 88
Fax: (0525) 68 54 71
E-mail: groep@vangelder.com

**Aannemingsmaatschappij
Van Gelder B.V.**

J.P. Broekhovenstraat 36
8081 HC ELBURG
Postbus 29
8080 AA ELBURG
Tel: (0525) 65 98 88
Fax: (0525) 68 54 71
E-mail: aannemingsmaatschappij
@vangelder.com

**Van Gelder Kabel-, Leiding-
en Montagewerken B.V.**

Burg. Moslaan 11
8051 CP HATTEM
Postbus 20
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 56
Fax: (038) 444 37 39
E-mail: klm@vangelder.com

Van Gelder Rail B.V.

3^o Industrieweg 2
8051 CM HATTEM
Postbus 15
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 22
Fax: (038) 443 14 20
E-mail: rail@vangelder.com

Van Gelder Telecom B.V.

2^o Industrieweg 1
8051 CM HATTEM
Postbus 15
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 444 80 60
Fax: (038) 444 80 61
E-mail: telecom@vangelder.com

Van Gelder Verkeerstechniek B.V.

Burg. Moslaan 11
8051 CP HATTEM
Postbus 20
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 56
Fax: (038) 444 37 39
E-mail: verkeerstechniek@vangelder.com

Van Gelder regio West

Schillingweg 10
2153 PL NIEUW-VENNEP
Tel: (0252) 662 000
Fax: (0252) 662 099
E-mail: regiowest@vangelder.com

Regionale vestigingen

Almere
Amersfoort
Andelst
Borne
Den Haag
Duiven
Emmeloord
Enschede
Hardenberg
Leeuwarden
Ridderkerk
Uden
Zierikzee