

Rozenburgweg Nijmegen N234 HMP 3.1

Initiatiefnemer	Liander
Opdrachtgever	Van Gelder KLM Andelst
Projectnummer OG	Case 311577
Projectlocatie	Intredepunt Van Rozenburgweg 150 Nijmegen
	Uittredepunt Streekweg te Nijmegen

Projectnummer	250822.01 t/m .04
Documentkenmerk	250822 BB A
Versie	A



Versie beheer

Uitgave	Opgesteld door:	Status	Datum	Gecontroleerd door:	Paraaf
Versie A	[redacted]	Gereed voor vergunning aanvraag	27-10-2026	[redacted]	

Aanpassingen per versie

In de onderstaande tabel worden de aanpassingen weergegeven per versie.

Uitgave	Datum	Aanpassing

In onderstaande tabel zijn de documenten opgesomd welke zijn toegevoegd na toetsing.

Uitgave	Datum	Documentnaam

Inhoud

1 Samenvatting van keuzes en berekeningen ..... - 4 -

2 Klever Boor- en Perstechniek ..... - 5 -

2.1 Certificering ..... - 5 -

3 Projectomschrijving ..... - 6 -

4 Engineering ..... - 7 -

4.1 De reden van deze boring ..... - 7 -

4.2 Eisen van de belanghebbende ..... - 7 -

4.3 Schouwen ..... - 8 -

4.4 Bodemverontreiniging ..... - 8 -

4.5 Historisch onderzoek ..... - 9 -

4.6 Uitwerking engineering ..... - 9 -

5 Veiligheid ..... - 10 -

5.1 Overleg en instructie werknemers ..... - 10 -

5.2 Zie voor de TRA de bijlage Taak Risico Analyse gestuurd boren. ..... - 10 -

5.3 Bedrijfshulpverlening en incidentenrapportage ..... - 10 -

5.4 Toezicht en veiligheidsinspecties ..... - 11 -

5.5 Alarmkaart ..... - 11 -

6 Uitvoering ..... - 12 -

6.1 Werktijd indeling ..... - 12 -

6.2 Aanwezig personeel ..... - 12 -

6.3 Bestaande kabels en leidingen ..... - 12 -

6.4 Verkeersmaatregelen ..... - 12 -

6.5 Inrichten in- en uittredepunt ..... - 13 -

6.6 Realisatie productleiding (lassen) ..... - 15 -

6.7 Fase opbouw van een gestuurde boring. ..... - 15 -

6.8 Pilotboring ..... - 15 -

6.9 Voorruimen ..... - 16 -

6.10 Barrel trip ..... - 16 -

6.11 Intrekken van de buis/bundel ..... - 17 -

6.12 Herstellen werkterrein ..... - 17 -

7 Technische gegevens ..... - 18 -

7.1 Buis gegevens van boringen 01 02 03 & 04 ..... - 18 -

7.2 Geometrische gegevens ..... - 18 -

7.3 Grondopbouw ..... - 19 -

7.4 Grondwater en oppervlaktewater ..... - 19 -

7.5 Parameters sterkteberekening conform NEN3650 & NEN3651 ..... - 20 -
7.6 In te zetten boormachine ..... - 24 -
8 Gebruik en beheersing bentoniet ..... - 25 -
8.1 Doel van de bentoniet ..... - 25 -
8.2 Debiet mud drukken ..... - 26 -
8.3 Conclusie mud druk berekening ..... - 28 -
9 Beheersing kwelproblematiek ..... - 29 -
9.1 Wat is kwel? ..... - 29 -
9.2 Welke risico's en welke maatregelen te nemen ..... - 29 -
9.3 Conclusie kwel ..... - 29 -
10 Bijlage: Risico matrix ..... - 30 -
11 Bijlage: Boortekening ..... - 31 -
12 Bijlage: Taak Risico Analyse – Gestuurd boren (HDD) ..... - 32 -
13 Bijlage: Grond gegevens ..... - 33 -
14 Bijlage: Sterkteberekening conform NEN 3650 & 3651 ..... - 34 -
15 Bijlage: Technische gegevens in te zetten materieel ..... - 35 -
16 Bijlage: Technische gegevens meet methode ..... - 36 -
17 Bijlage: Technische gegevens boorspoeling ..... - 37 -

1 Samenvatting van keuzes en berekeningen

- ✓ Intredepunt Van Rozenburgweg 150 Nijmegen
  Uittredepunt Streekweg te Nijmegen
- ✓ Provincie Gelderland
  Gemeente Nijmegen
- ✓ Aandachtspunten:
  - Dit project heeft 4 boringen van 3xø110 SDR-11 onder elkaar
  - ITP creëren naast onderstation
  - Boren onder Rozenburgweg N234 HMP 3.1
- ✓ Vervuilde grond nvt
- ✓ Verkeersplan benodigd
- ✓ De grondlagen zijn vooral Zand en bovenste laag is klei
- ✓ Soort boring gyro
  Lengtes boringen: uitleggen en vullen met water ø235 bundelmaat ø305 ruimermaat
  01: 439,29 m 3xø110 SDR 11
  02: 470,69 m3xø110 SDR 11
  03: 502,10 m 3xø110 SDR 11
  04: 553.57 m 3xø110 SDR 11
- ✓ PD80/45 80 tonner
- ✓ Trekkracht, muddruk voldoet
- ✓ Resultaten berekening verbruik bentoniet en tijd:

01	02	03	04	Eenheid	Omschrijving
32	34	37	41	M^3	Totaal Bentoniet
65	69	73	82	Ton	Zand
3	3	3	3	St.	Big Bags Bentoniet
42	42	42	42	M^3	Water
0	0	0	0	St.	Big Bags Drill Grout

Alle aantallen zijn theoretisch berekend.

2 Klever Boor- en Perstechniek

Klever Boor- en Perstechniek is gespecialiseerd in ondergrondse infrastructuren. Hiervoor zetten we horizontaal gestuurde boringen in. Het grote voordeel aan dit type boring is dat de overlast voor bestaande boven- en ondergrondse infra beperkt wordt. Horizontaal gestuurd boren is ook de ideale oplossing op plaatsen waar geen geul gegraven kan worden, bijvoorbeeld bij het realiseren van kabels en leidingen onder spoorlijnen, waterwegen en/of (snel)wegen.

Bij Klever hebben we vele jaren ervaring met het horizontaal gestuurd boren. Dat maakt ons niet alleen expert op het gebied van boren, maar zorgt ook dat we veel kennis hebben van engineeringsproces. We zijn dan ook graag uw partner van begin tot eind. Klever inschakelen als partner betekent een onbezorgd traject.

2.1 Certificering

In de loop der jaren heeft Klever Boor- en Perstechniek zich voor de ISO 9001, VCA**, CKB, CO2-prestatieladder niveau 5 en SCL Original – Trede 5 gecertificeerd.

Ons doel is om de kwaliteit, veiligheid en milieuzorg te waarborgen door het behalen van de genoemde certificaten. Hierdoor kunnen wij op vrijwel alle locaties en onder diverse omstandigheden ons werk goed ten uitvoer brengen.

Onze certificaten zijn in te zien op onze website: https://www.kleverbv.nl/certificaten-co2-portfolio/



3 Projectomschrijving

Van Gelder KLM te Andelst heeft Klever Boor- en Perstechniek de opdracht gegeven om gestuurde boringen te engineeren op de Rozenburgweg / Streekweg te Nijmegen. Dit zal gaan om 4 boringen met alle 4 een buisconfiguratie van 3xø110 SDR11. De door deze gestuurde boring aangebrachte buis wordt na realisatie gebruikt als mantelbuis voor kabel (s) t.b.v. elektra

Op onderstaande afbeelding is de locatie van de boringen geografisch weergegeven.



Belanghebbende bij deze boring zijn:

- Provincie Gelderland
- Gemeente Nijmegen

4 Engineering

4.1 De reden van deze boring

De boringen worden onder de rozenburgweg aangebracht om een verbinding te kunnen maken naar het onderstation t.b.v. het verzwaren van het Elektra netwerk in Nijmegen

4.2 Eisen van de belanghebbende

Provincie Gelderland

In de Provincie Gelderland gelden specifieke richtlijnen en regels voor het uitvoeren van horizontaal gestuurde boringen (HDD) en persen. Deze zijn wettelijk vastgelegd in de **Omgevingsverordening Gelderland** onder de regels voor activiteiten in de leefomgeving (wegen, grondwater en bodem).

https://www.gelderland.nl/vergunningen/kabels-en-leidingen

Afhankelijk van de lengte of inhoud van de boring in combinatie met de betrokken partijen kunnen er de onderstaande onderdelen voorgeschreven worden:

- Sonderingen maken*
- Muddruk en sterkteberekeningen*
- Kwelweg berekening
- Zettingsberekening
- Stabiliteitsberekening
- Toetsingen bij externe partijen
- Monitoring – nulmeting*

De onderdelen met * zitten standaard in onze boorboeken, de overige worden voorgeschreven door diverse belanghebbende.

4.3 Schouwen

Voordat de engineer de boorlocatie gaat onderzoeken wordt een oriëntatie klic-melding gedaan om eventuele problemen van de ondergrondse infra direct inzichtelijk te brengen. Indien vereist of gewenst wordt er een gps-meting uitgevoerd om het maaiveld in te meten ten opzichte van het N.A.P.

Uit de schouwing is gebleken dat er met de volgende zaken rekening gehouden dient te worden.

Aandachtspunten zijn:
- Intredepunt bevindt zich naast een onderstation
- boren onder de
- Langs de Streekweg bevinden zich bomen

4.4 Bodemverontreiniging

Bodemverontreiniging is een term die is gegeven aan stoffen en/of materialen welke van nature niet in de bodem of in het grondwater voorkomen. Bodemverontreiniging is een vorm van milieuverontreiniging. Vooronderzoek of er verontreiniging op de boorlocatie voorkomt is daarom zeer belangrijk. Bij het graven van het in- en uittredepunt en met de boor cuttings kunnen gevaarlijke stoffen uit de bodem vrij worden gesteld.



Uit onderzoek is gebleken dat op de locatie van de boring geen verontreiniging aanwezig is. Bron: Bodemloket.

4.5 Historisch onderzoek



Eind jaren 70 vorige eeuw zijn op locatie de woningen gebouwd wat bekend staat als gebied Tolhuis.

Ook is er in die tijd het trafostation gebouwd om te kunnen voorzien in elektra voor dit gebied

4.6 Uitwerking engineering

Aan de hand van het schouwen van de locatie en de gps-meting wordt een ontwerptekening opgesteld met een bijbehorend boorboek voor het doen van een vergunningaanvraag. Het boorboek is opgesteld volgens de eisen en voorschriften van de NEN3650, NEN3651 en de NPR 3659. Daarbij worden de eisen en de voorschriften van de belanghebbende ook meegenomen in dit boorboek en ook in de tekening.

5 Veiligheid

5.1 Overleg en instructie werknemers

Medewerkers worden voor aanvang van de werkzaamheden geïnformeerd over:

- Uitvoeringsgegevens
- Klic-melding gegevens
- Eventuele regels en voorschriften van de opdrachtgever
- Eventuele specifieke risico's van het project (zie onderstaand, tabel 1)

Daarnaast houdt de uitvoerder/voorman dagelijks een startwerkbespreking met alle medewerkers uit de boorploeg en eventueel aanwezige onderaannemers. Bij iedere nieuwe boring wordt deze tevens vastgelegd met behulp van de Klever-app.

Indien er bijzonderheden zijn zoals basisklasse bodemverontreiniging of complexe kabel- en leidinginfrastructuur dan geeft een DLP'er, uitvoerder of VGC-U van Klever Boor- en Perstechniek op locatie instructies.

Daarnaast worden medewerkers bij indiensttreding geïnformeerd over de kernwaarden, risico's op de projectlocaties en de regels en voorschriften van Klever Boor- en Perstechniek. Alle medewerkers beschikken over het certificaat VCA-basis of Veiligheid voor operationeel leidinggevenden (VCA-VOL).

Er worden regelmatig tool box meetings gehouden met de medewerkers waarbij een of meerdere onderwerpen op het gebied van veiligheid, gezondheid en milieu besproken worden.

Medewerkers dienen zich aan de regels conform plan van aanpak (werkplan) en/of V&G-plan van Klever Boor- en Perstechniek te houden. Alle werknemers van of namens Klever Boor- en Perstechniek dienen zich aan te melden bij de voorman van de ploeg die de boring uitvoert.

5.2 Zie voor de TRA de bijlage Taak Risico Analyse gestuurd boren.

5.3 Bedrijfshulpverlening en incidentenrapportage

Iedere ploeg beschikt over minimaal één mobiele telefoon voor het waarschuwen van de nooddiensten in geval van een calamiteit. Tevens beschikken de medewerkers over een brandblusser, pleisterdispenser en EHBO-trommel in de voertuigen.
Minimaal één medewerker uit de boorploeg is opgeleid tot bedrijfshulpverlener.

De medewerkers bespreken tijdens de startwerkbespreking de locatie van het dichtstbijzijnde ziekenhuis.
Alle medewerkers uit de boorploegen hebben de 112-NL app op hun telefoon, wanneer de alarmcentrale gebeld wordt via deze app wordt de locatie van de medewerker direct verzonden.

Alle incidenten dienen bij de uitvoerder van het project en de KAM-coördinator van Klever Boor- en Perstechniek gemeld te worden. De uitvoerder zorgt ervoor dat de opdrachtgever geïnformeerd wordt. De KAM-coördinator registreert het incident en voert indien nodig een ongevalsonderzoek uit.
De KAM-coördinator informeert de Nederlandse Arbeidsinspectie in geval van:

- Dodelijk ongeval
- Ongeval met ziekenhuisopname (tevens een dag opname)
- Ongeval met blijvend letsel

5.4 Toezicht en veiligheidsinspecties

Het dagelijks toezicht op de kwaliteit van het werk en de veiligheid van medewerkers en derden is de verantwoordelijkheid van de uitvoerder/voorman.

Bijzonderheden uit deze inspecties worden in het voorman-overleg of tijdens gesprekken met de boorploegen besproken. Belangrijke zaken worden opgenomen in de samenvatting van het voorman- overleg, die vervolgens ook besproken worden met de boorploegen.

5.5 Alarmkaart

Wanneer kan ik alarmnummer **112** bellen?

Het alarmnummer **112** is er voor spoedeisende hulp. Dus wanneer u of iemand anders leven in direct gevaar is. Bijvoorbeeld als u of iemand anders zwaargewond is en dringend medische hulp nodig heeft. Of wanneer u getuige bent van een misdrijf. Bijvoorbeeld geweld, moord of een inbraak.

Doorgeven waar en welke hulp nodig is. Wanneer u **112** belt, geef dan de volgende zaken door:

- Plaats van het ongeval
- Aantal slachtoffers
- Leeftijd slachtoffer + aard van de verwonding
- Mogelijke oorzaak (val, brand, aanrijding etc.)

Geen spoed, wel hulp nodig?

Het kan ook gebeuren dat u wel politie nodig heeft, maar de situatie niet levensbedreigend of op heterdaad is. Bel dan naar het landelijke politienummer: **0900-8844**.

6 Uitvoering

6.1 Werktijd indeling

De indeling van de werktijden is in overleg met de boormeester/uitvoerder bepaald en wordt per situatie bekeken. Bij deze gestuurde boring worden de onderstaande standaardwerkzaamheden in deze volgorde afgewerkt. Standaard werkdag met reizen inbegrepen duurt 12 uur totaal en start normaliter om 7:00 uur.

Per boring wordt gemiddeld 5 werkdagen uitgetrokken.

Bij dit project is er voor de voortgangssnelheid van de verschillende fasen de volgende inschatting gemaakt:

- ✓ Voortgangssnelheid bij de pilotboring: ca. 40 à 50 m/uur.
- ✓ Voortgangssnelheid bij de ruim- en intrekfase: ca. 80 à 100 m/uur.
- ✓ Deze snelheden zijn afhankelijk van het type grond waarin geboord wordt en het aantal in te trekken buizen of diameter van de buis.

6.2 Aanwezig personeel

Boormeester/voorman:	Algehele leiding over het project, deze draagt zorg voor een goede uitvoering van de pilotboring en de maatvoering.
Boor assistenten:	Bediening van de boormachine, verzorgen van de boorspoeling en het koppelen van de boorstangen.
Diverse medewerkers:	Voor het mengen van de bentoniet en het assisteren tijdens de boring, afvoeren van de bentoniet en eventueel het meetbedrijf.

6.3 Bestaande kabels en leidingen

Door het opstellen van de engineering met de oriëntatie klic-melding zijn de bestaande kabels en leidingen in kaart gebracht. Eventuele boorprofielen van reeds eerder uitgevoerde boringen zijn verzameld en in kaart gebracht voor de boormeester/uitvoerder.

Voor de uitvoering wordt door Klever Boor- en Perstechniek een graaf Klic-melding gedaan, om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende netbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden proefsleuven gemaakt bij het in- en uittredepunt van de boring. Door middel van deze proefsleuven worden kabels en leidingen opgezocht zoals aangegeven in de klic melding, zoals voorgeschreven in de wet Wibon. Wanneer er afwijkingen worden geconstateerd wordt bekeken of dit consequenties heeft voor de te maken boring. Wanneer er een conflict is wordt de ontwerptekening aangepast. De klic melding zal ten alle tijden op het werk aanwezig zijn.

Het in- en uittredepunt zal op de voorgeschreven wijze van CROW-publicatie 500 worden uitgegraven. Hier kunt u alle informatie over de CROW terugvinden: http://www.agentschaptelecom.nl/onderwerpen/kabels-en-leidingen.

Kabels en/of leidingen die binnen de gestelde NEN norm komen van het boor tracé of bestaande infra waar een eis Voorzorg op zit wordt op tekening behorend bij dit boorboek aangegeven en benoemd.

6.4 Verkeersmaatregelen

Alle boorploegen hebben standaard de algemene verkeersafzettingen bij zich, borden werk in uitvoering, schrikhekken en schildjes. In standaard situaties worden de werkplekken afgezet met de aanwezige materialen.

De verkeersmaatregelen dienen te worden uitgevoerd conform CROW 96-A/B.

6.5 Inrichten in- en uittredepunt

Het intredepunt



Het volgende materieel zal komen te staan bij het intredepunt:

- Vrachtwagen met een tankinstallatie om bentoniet af te zuigen
- Aanhanger met de boor rig en de minigraver.
- Mud mixer voor het aanmaken van bentoniet.
- Bentoniet container
- Water container
- Materieel en gereedschappen container.
- Boorstangen container.
- Brownlinebus voor het inmeten van de coördinaten voor de gyrotool.
- Mudpomp.
- Mobiele kraan.

Het uittredepunt





Het volgende materieel zal komen te staan bij het uittredepunt:

- Vrachtwagen met een tankinstallatie om bentoniet af te zuigen.
- Bentoniet container
- Mudpomp
- Minigraver
- Lasequipment en uit te leggen buizen.

6.6 Realisatie productleiding (lassen)

De las- en uitleglocatie zijn gelegen aan Streekweg te Nijmegen.

Wanneer er met lengtes wordt gewerkt zal er een opstelling worden gemaakt voor de opslag van de buizen en de werkplek van het spiegellassen met bijbehorende equipment. Tijdens het lassen wordt er een las protocol bijgehouden met de onderstaande gegevens per las.

	Streng:	A	Naam lasser:							Certificaat Nr.					volledig Scherm			
1.	2.		3.					4.	5.			6.		7.	8.	9.			
	Materiaal geg.		Weer gegevens					Spiegel	Opwarmen			Doorwarmen				Lassen en afkoelen			
Las Nr.	Materiaal diameter	Materiaal dikte	Zon	Droog	Regen	Temp. Buis	Temp. Buiten	Spiegel temp	Sleepkracht in bar	Druk in kN	Ril breedte	Druk in kN	Tijd in sec.	Omschakel tijd	Druktijd PE	Druk in kN	Tijd	Rilbreedte Min.	Rilbreedte Max.
	mm	mm	X	X	X	°C	°C	°C	bar	kN	mm	kN	min.	Sec.	Sec.	kN	Min.	mm	mm

Daarbij wordt indien gewenst/vereist nog een ril verwijder registratie bijgehouden en worden de rillen genummerd en per streng bewaard.



6.7 Fase opbouw van een gestuurde boring.

Een gestuurde boring bestaat uit 3 of 4 fases. Per fase wordt er een registratie gedaan per boorstang welke per dag kan worden gedeeld met de opdrachtgever indien gewenst of vereist door de opdrachtgever of verzekering. Ook wordt er elke dag tijdens het boren een bentoniet rapport bijgehouden welke ook per dag wordt gedeeld. Fase 1 is de pilot, fase 2 is het (voor)ruimen van de tunnel, fase 3 is een barrel trip om de tunnel schoon te krijgen en fase 4 betreft het intrekken van de buis/bundel.

6.8 Pilotboring

Voor deze boring is gekozen voor het inzetten van een gyro tool meetmethode. Deze speciale boorkop is voorzien van moderne technologie die vanaf het intredepunt een vooraf bepaald boortracé kan volgen, monitoren en registeren met een minimale afwijking. De registratie gebeurt vanuit het opgegeven RD-coördinaat waardoor de boorlijn geheel is te regenereren vanuit NAP-niveau en in X, Y en Z-waardes.

De in te zetten machine bepaald ook de grootte van de boorkop, de boormeester geeft aan de hand van de aangeleverde grondgegevens aan hoeveel sproeikoppen en waar hij deze wil hebben, verder wordt er aangegeven dat er een mud druksensor aan de boorkop moeten worden geïnstalleerd.

Tijdens het boren worden de volgende gegevens per boorstang door de boormeester geregistreerd:

Fase 1 - Pilotboring														
Nr. Boorstang	Meters	Begintijd	Eindtijd	Totaaltijd	Pitch	Azimuth	Diepte	Liters/p min.	Druk Rig Bar	Druk boorkop	RPM	Torqeu kN/m	Duwkracht kN	Opmerkingen
1														

Door Brownline worden de onderstaande gegevens geregistreerd:

Nr	X(m)	Y(m)	Z(m)	Easting(m)	Northing(m)	Elevation (m)	Pitch (°)	Azimuth (°)	Minimum Mud Pressure (bar)	Maximum Mud Pressure (bar)	Average Mud Pressure (bar)	Total Distance (m)
0	0.00	0.00	0.00	227706.24	580984.49	-0.22	-16.13	160.37	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 3.1: maximale uitvoeringsafwijking van theoretische lijn van de boring

** De minimale gronddekking dient te allen tijde gewaarborgd te blijven*

Richting	Maximale uitvoeringsafwijking
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal • In lengterichting; t.o.v. uittredepunt • In dwarsrichting; t.o.v. uittredepunt • In dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-2 m +1/-1 m +5/-5 m
Bochtstralen	<10%

6.9 Voorruimen

Wanneer de diameter van de in te trekken buizen te groot is om in een keer in te trekken moet de boorgang worden voorgeruimd. Het voorruimen van de boorgang wordt in stappen gedaan tot de gewenste diameter bereikt is, de grondgesteldheid bepaald de grootte van de stappen. Ook in deze fases wordt er bentoniet in de boorgang gepompt waarbij de bentoniet nu ook voor vermindering van wrijving zorgt. De overtollige bentoniet zal worden afgezogen door een zuigwagen en wordt afgevoerd of wordt ter plaatse gerecycled.

Tijdens de ruimfase worden de onderstaande gegevens geregistreerd :

Fase 2 - Ruimgang 1											
Nr. Boorstang	Meters	Begintijd	Eindtijd	Totaaltijd	Liters/p min.	Druk Rig Bar	RPM	Torqeu kN/m	Trekkracht kN	Mud retour	Opmerkingen
1											

6.10 Barrel trip

Wanneer de ruimgang geheel op de gewenste maat is kan het zijn dat een barrel trip wordt voorgeschreven of dat de ruimfase zo is verlopen dat een barrel trip gewenst is voordat de buis/bundel wordt aangebracht. De Barrel trip wordt gedaan met een barrel die groter is dan de buis/bundel die wordt aangebracht maar 10 a 15% kleiner is de ruimer die gebruikt is om de tunnel op maat te kruigen. Door deze barrel met boorspoeling door de tunnel heen te trekken verwijder je de laatste zand of klei resten die niet zijn meegenomen door de bentoniet.

Tijdens de barrel trip worden de onderstaande gegevens geregistreerd:

Fase 3 - Barrel - Wipertrip 1											
Nr. Boorstang	Meters	Begintijd	Eindtijd	Totaaltijd	Liters/p min.	Druk Rig Bar	RPM	Torqeu kN/m	Trekkracht kN	Mud retour	Opmerkingen
1											

6.11 Intrekken van de buis/bundel

Als de tunnel de gewenste grootte heeft bereikt wordt de ruimer vervangen voor een barrel die groter is dan de in te trekken buis/bundel maar iets kleiner dan de tunnel is geruimd. Achter de barrel komt een swivel die zorgt dat de buizen niet meen kunnen gaan draaien. Daarachter komt de buis/bundel die met kettingen van de swivel verbonden is met trekkoppen aan de buis/bundel. De buis/bundel zal met behulp van een graafmachine naar het uittredepunt worden begeleid waarna de intrek fase kan starten.

Tijdens het intrekken van de buis/bundel worden de onderstaande gegevens geregistreerd :

Intrek fase.											
Nr. Boorstang	Meters	Begintijd	Eindtijd	Totaaltijd	Liters/p min.	Druk Rig Bar	RPM	Torqeu kN/m	Trekkracht kN	Mud retour	Opmerkingen
1											

6.12 Herstellen werkterrein

Wanneer de werkzaamheden gereed zijn, worden de geulen dicht gemaakt zodat er geen gevaarlijke situaties achterblijven. De opdrachtgever zal na het aanbrengen van zijn werkzaamheden rondom de gestuurde boring de in- en uittredepunten definitief afwerken.

7 Technische gegevens

7.1 Buis gegevens van boringen 01 02 03 & 04

Het type buis	: Mantelbuis t.b.v. MS tracé.
Gegevens buis	: 3×ø110mm
Wanddikte	: 10.0mm
Klasse	: SDR 11
Drukklasse	: n.v.t.

7.2 Geometrische gegevens

Boring 250822.01:

Lengte boor tracé over het maaiveld	: 436,98 meter
Lengte langs de boorlijn	: 439,29 meter
Intrede hoek	: 12° 21.3%
Uittrede hoek	: 12° 21.3%
Diepste punt	: -6.32 meter NAP
Kleinste gemeten radius	: 182.76 meter
Diameter te gebruiken ruimer	: ca. Ø305mm

Boring 250822.02:

Lengte boor tracé over het maaiveld	: 466.98 meter
Lengte langs de boorlijn	: 470,69 meter
Intrede hoek	: 14° 24.9%
Uittrede hoek	: 14° 24.9%
Diepste punt	: -11.76 meter NAP
Kleinste gemeten radius	: 182.76 meter
Diameter te gebruiken ruimer	: ca. Ø305mm

Boring 250822.03:

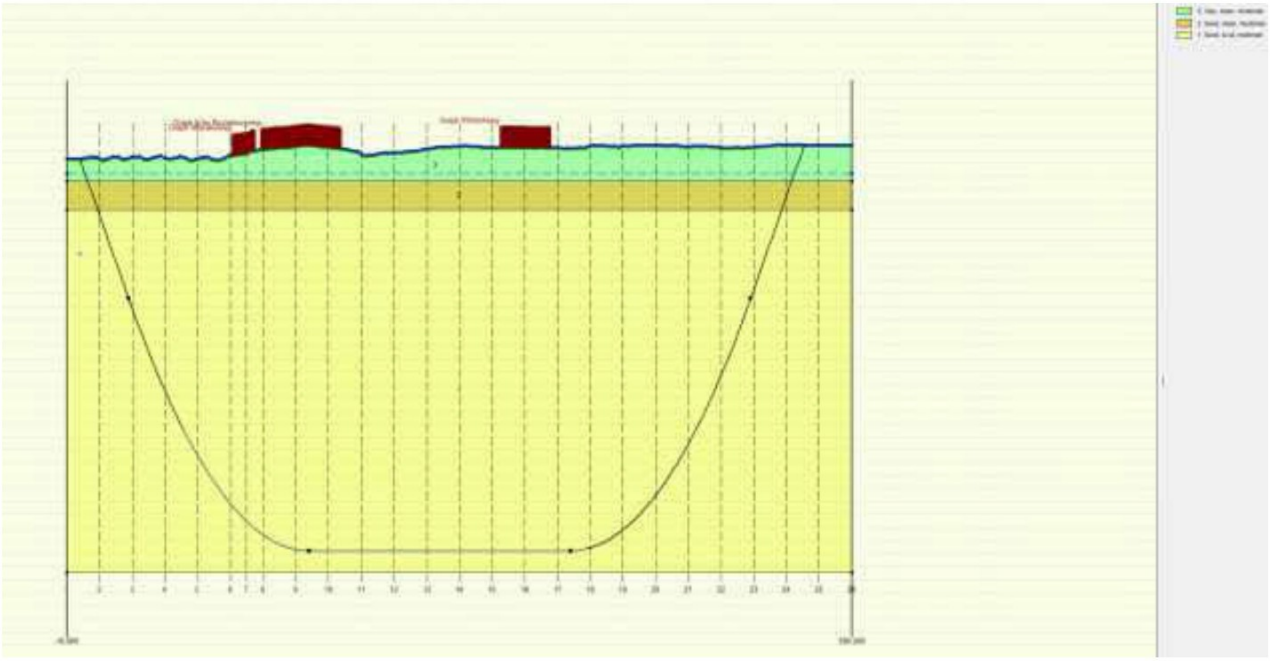
Lengte boor tracé over het maaiveld	: 496.95 meter
Lengte langs de boorlijn	: 502.10 meter
Intrede hoek	: 15° 26.8%
Uittrede hoek	: 15° 26.8%
Diepste punt	: -17.26meter NAP
Kleinste gemeten radius	: 184.62 meter
Diameter te gebruiken ruimer	: ca. Ø305mm

Boring 250822.04:

Lengte boor tracé over het maaiveld	: 553.57 meter
Lengte langs de boorlijn	: 560.33meter
Intrede hoek	: 16° 28.7%
Uittrede hoek	: 16° 28.7%
Diepste punt	: -22.76 meter NAP
Kleinste gemeten radius	: 185.70 meter
Diameter te gebruiken ruimer	: ca. Ø305mm

7.3 Grondopbouw

Voor deze boring zijn sonderingen uitgevoerd. Sondering CPT000000019896_IMBRO_A bevindt zich nabij het intredepunt van de boring. De sonderingen zijn uitgevoerd door *Dinoloket*. De grondopbouw in combinatie met de te maken boring is als volgt:



7.4 Grondwater en oppervlaktewater

De huidige waterstand van 1.24m maaiveld is +6.29m NAP.



7.5 Parameters sterkteberekening conform NEN3650 & NEN3651

Boring 250822.01:

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 (incl. vulling)	9,17 kg/m
Dit resulteert in een opwaartse kracht van	23,09 kg/m

Volgens de sterkteberekening is er een maximale trekkracht van 49 kilo Newton oftewel 4,9 ton nodig voor deze boring. De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,40 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	0,70	7,58	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,09	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,60	0,60

De deflectie van de leiding is 0,3 mm (0,35% 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.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 202 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 125 kN/m^2, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2.

Boring 250822.02:

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 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	32,26 kg/m
Gewicht productbuis (incl. vulling)	28,62 kg/m
Dit resulteert in een opwaartse kracht van	3,64 kg/m

Volgens de sterkteberekening is er een maximale trekkracht van 30 kilo Newton oftewel 3,0 ton nodig voor deze boring. De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,40 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,07	4,79	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	2,91	2,91

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (2,06% 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.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 264 kN/m^2, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 192 kN/m^2. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1740 kN/m^2.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 180 kN/m^2, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2.

Boring 250822.03:

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 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	32,26 kg/m
Gewicht productbuis (incl. vulling)	28,62 kg/m
Dit resulteert in een opwaartse kracht van	3,64 kg/m

Volgens de sterkteberekening is er een maximale trekkracht van 33 kilo Newton oftewel 3,3 ton nodig voor deze boring. Berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid van 1.4 moet worden toegepast in de sterkteberekening. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,21	5,10	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,16	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,97	0,97

De deflectie van de leiding is 0,7 mm (0,71% 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.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 328 kN/m^2, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 245 kN/m^2. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1793 kN/m^2.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 235 kN/m^2, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2.

Boring 250822.04:

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 vullingspercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal. Bij een vullings percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	32,26 kg/m
Gewicht productbuis (incl. vulling)	28,62 kg/m
Dit resulteert in een opwaartse kracht van	3,64 kg/m

Volgens de sterkteberekening is er een maximale trekkracht van 36 kilo Newton oftewel 3,67 ton nodig voor deze boring. Berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid van 1.4 moet worden toegepast in de sterkteberekening. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% 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.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m^2, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m^2.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m^2. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m^2.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m^2, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m^2.

7.6 In te zetten boormachine

De boormachines kunnen in drie kwalificaties verdeeld worden. De verdeling is gebaseerd op de trekkracht van de verschillende machines:

- ✓ Mini rig met een trekkracht tot 15 ton
- ✓ Midi rig met een trekkracht van 15 tot 40 ton
- ✓ Maxi rig met een trekkracht van 40 tot 250 ton
- ✓ Mega rig met een trekkracht van meer dan 250 ton

De in te zetten boor rig wordt bepaald door de lengte van de boring en/of de aan te brengen buis of bundel buizen. De onderstaande parameters bepalen mede de in te zetten boor rig:

- ✓ Type grondslag
- ✓ Diepte die gehaald moet worden
- ✓ Meetmethodes
- ✓ Risicobeperking

De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 36 Kilo Newton = 3,67Ton.

Inachtneming van de bovenstaande zaken en de gegevens van het grondonderzoek waarmee de mud druk en sterkteberekening zijn gemaakt, kunnen we de werkzaamheden met betrekking tot dit project categoriseren als:

☐ mini boring

☐ midi boring

☒ Maxi boring

De machine die op dit project ingezet wordt betreft de PD80/60 met een maximale trekkracht van 80 ton. Verdere gegevens van deze boor rig kunt u achter in dit boorplan terugvinden.

Conclusie sterkteberekening

De conclusie van alle parameters grondonderzoek, boortekening en de sterkteberekening is als volgt: de boring is ontworpen binnen de richtlijnen van de boor- en meetequipment. De boring voldoet aan de sterkteberekening.

Uit bovenstaande gegevens kunnen wij concluderen dat deze boring geheel binnen de richtlijnen uitgevoerd kan worden.

8 Gebruik en beheersing bentoniet

8.1 Doel van de bentoniet

In de boorindustrie is de boorspoeling een van de belangrijkste elementen voor het succesvol uitvoeren van de werkzaamheden. Een goede spoeling vergroot het rendement en verkleint het risico van mislukkingen. De boorspoeling heeft tijdens het boorproces een aantal belangrijke taken. Dit zijn onder andere:

- ✓ Stabilisatie van het boorgat
- ✓ Voorkomen van vloeistof verlies in de omliggende formatie
- ✓ Smeren van het boorgat
- ✓ Koelen van de beitel of bit
- ✓ Transporteren van het geboorde materiaal
- ✓ Voorkomen van bezinken van het geboorde materiaal in het boorgat

Hoewel horizontale boringen vergelijkbare eisen aan de boorspoeling stellen, zijn er toch belangrijke verschillen met verticale boringen. Daarom verschillen een aantal specifieke eigenschappen van de boorspoeling voor horizontale boringen sterk met die in de verticale boormarkt.

Factoren die van invloed zijn op de eigenschappen van bentoniet:

- Hardheid (calcium): de hardheid heeft een grote invloed op de activering van de bentoniet en de toegevoegde polymeren. De aanmaak van Soda Ash (Natrium Carbonaat) verlaagt de hardheid.
- pH: over het algemeen zal de pH van het aanmaakwater uit sloten en kanalen iets zuurder zijn. Door de toevoeging van Soda Ash wordt de gewenste zuurgraad van 8,5/9,5 bereikt.
- Chloride: elk type Bentoniet heeft last van invloeden door zouten, de grenswaarde voor de geleidbaarheid ligt rond de <1000 us.
- Soortelijk gewicht(s.g.): de boorspoeling heeft een zekere massa per volume-eenheid (s.g.) In het algemeen houdt men het s.g. laag (<1,05).
- Viscositeit: een hoge viscositeit/draagvermogen zorgt ervoor dat de los geboorde grond goed wordt afgevoerd, maar zorgt er tevens voor dat er bij de boorkop hogedrukken ontstaan.
- Fitraatwater verlies en filtercake: een zeer belangrijke eigenschap van een boorspoeling is het filtraatwater verlies en is van invloed op de filtercake.
- Zandgehalte: een goed werkende ontzandinginstallatie laat niet meer dan 2% zand in de boorspoeling door.
- Gel sterkte: de gel sterkte bepaalt de draagkracht van de boorspoeling. Het is een belangrijk aspect zeker bij het doorboren van grovere formaties. De gel sterkte moet zich snel opbouwen om te voorkomen dat boorgruis uit de boorspoeling zakt, maar moet daarna niet verder oplopen.

Werkwater voor de aanmaak van de benodigde bentoniet zal worden onttrokken aan de dichtstbijzijnde watergang of worden aangevoerd wanneer dit nodig is. Werkwater wordt gecontroleerd op PH waarde en zoutgehalte. Indien nodig zal er met toevoegingen het werkwater optimaal voor de bentoniet worden gemaakt.

Om de viscositeit van de bentoniet te bepalen wordt deze gemeten met een speciale beker en trechter (marsh funnel methode). Op iedere boorwagen is dit standaard aanwezig. Om een goede viscositeit te verkrijgen wordt

de bentoniet op 60 à 70 seconden (doorstroomtijd) gehouden. Boven de 70 seconden wordt de viscositeit te hoog waardoor de druk in de boortunnel toeneemt, onder de 40 seconden bevat het te veel water om nog dragend te kunnen werken.

Bij de bijlages kunt u de gehele beschrijving en samenstelling van de te gebruiken bentoniet terugvinden.

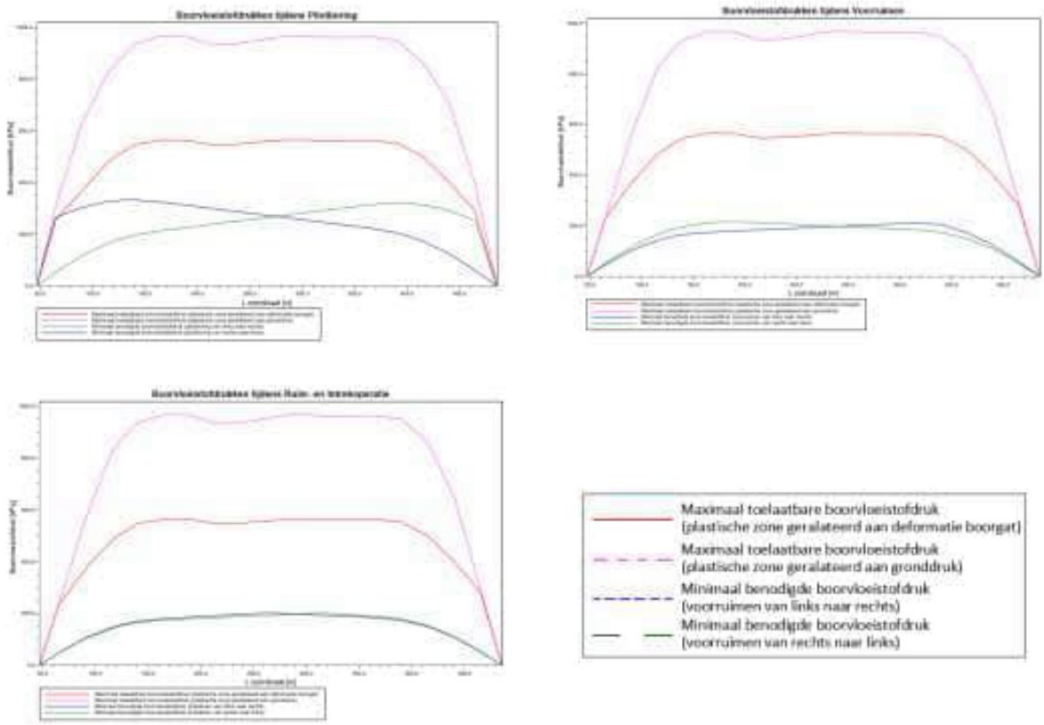
8.2 Debiet mud drukken

De bentoniet wordt met water tot boorspoeling (mud) vermengd. Zowel leidingwater als oppervlaktewater is hiervoor geschikt. De boorspoeling wordt onder druk via de boorkop of de ruimers in de grond gespoten. Het debiet is afhankelijk van de verschillende boorfasen en de grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (wegstroomt) zijn er muddruk berekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde muddruk vergeleken met de maximaal toelaatbare muddruk.

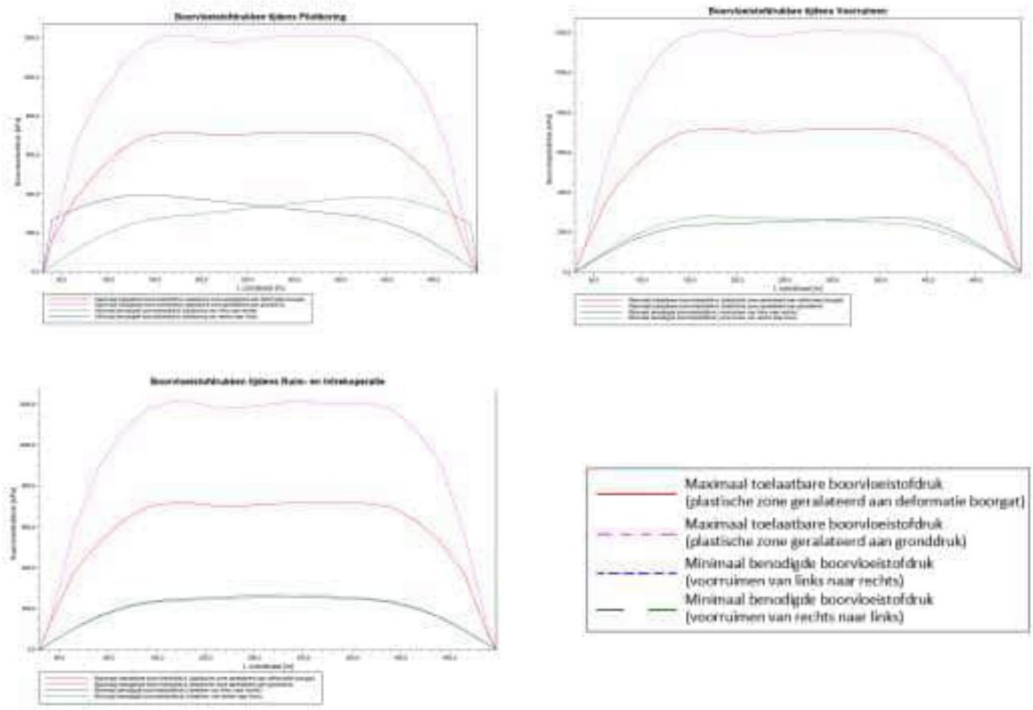
PD80/45 PD80/60 – 200 tot 2500 L/Pm

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

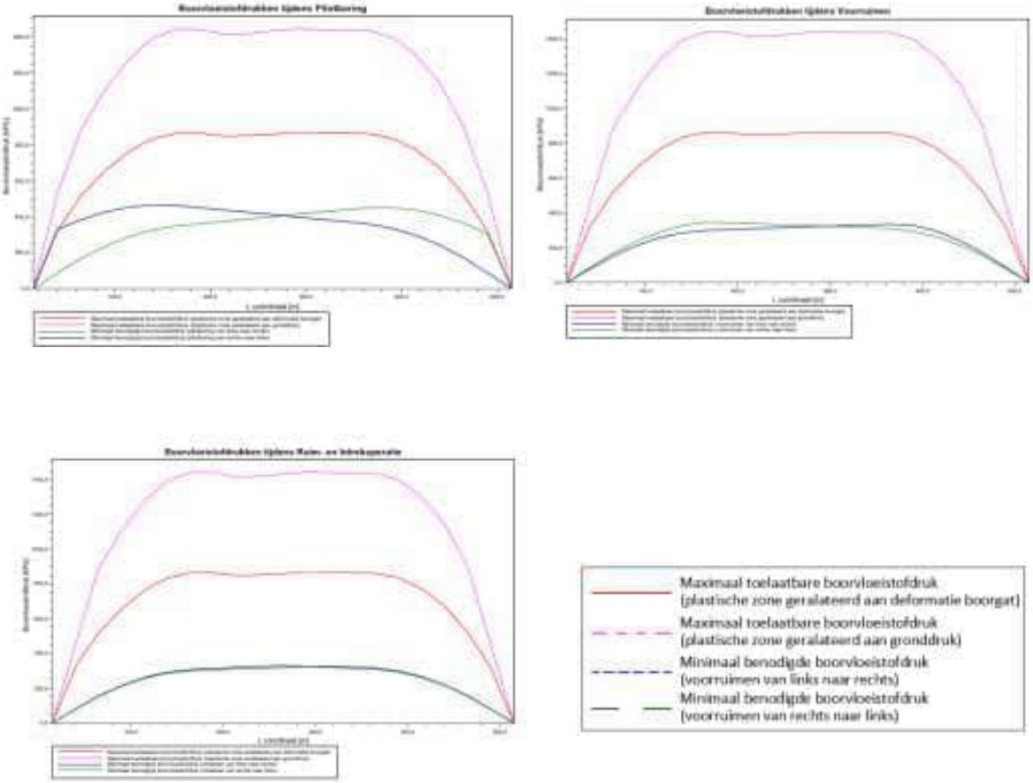
Boring 250822.01



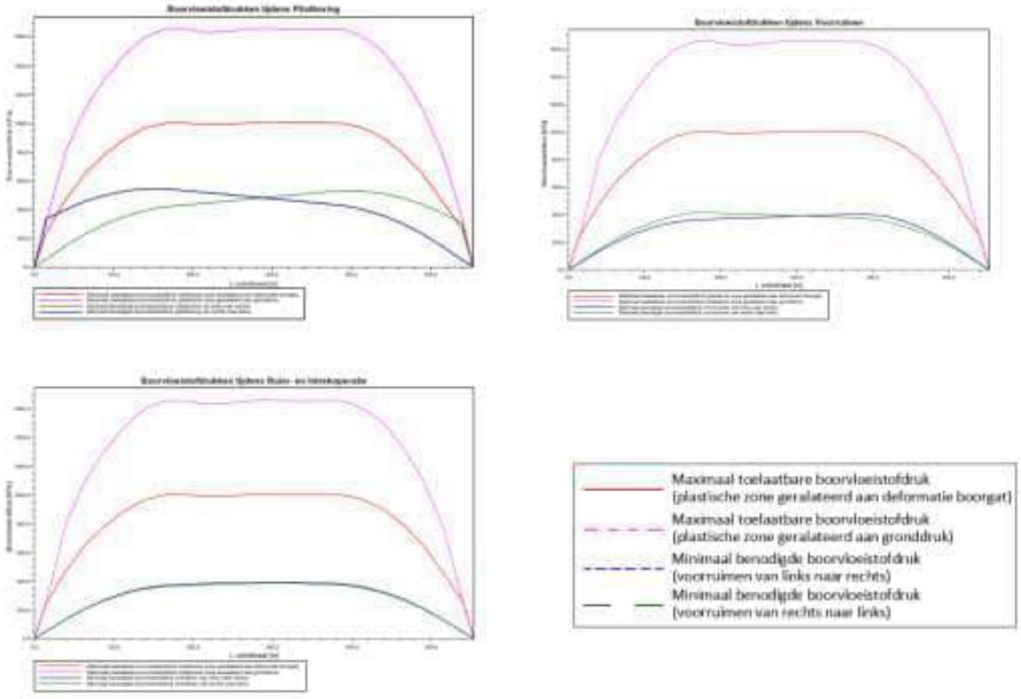
Boring 250822.02



Boring 250822.03



Boring 250822.04



8.3 Conclusie mud druk berekening

De benodigde boorspoeldrukken blijven zodanig laag bij alle boringen in dit project dat een mud uitbraak voorkomen wordt in alle fases van de gestuurde boring.

9 Beheersing kwelproblematiek

9.1 Wat is kwel?

Tijdens het boorproces wordt grond verwijderd en wordt de oversnijding tussen het boorgat en de aangebrachte bundel 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 eromheen. 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.

9.2 Welke risico's en welke maatregelen te nemen

Het ontstaan van kwelwater zorgt voor overlast en kan een waterkering negatief beïnvloeden. Wanneer we twijfelen of in opdracht van de belanghebbende kan er een kwelweg berekening gemaakt worden, waarin getoetst wordt of er kans is op kwelwater. Bij enig risico kan er altijd een kwelscherm met kleikist geplaatst worden of gebruik worden gemaakt van Drill Grout.

9.3 Conclusie kwel

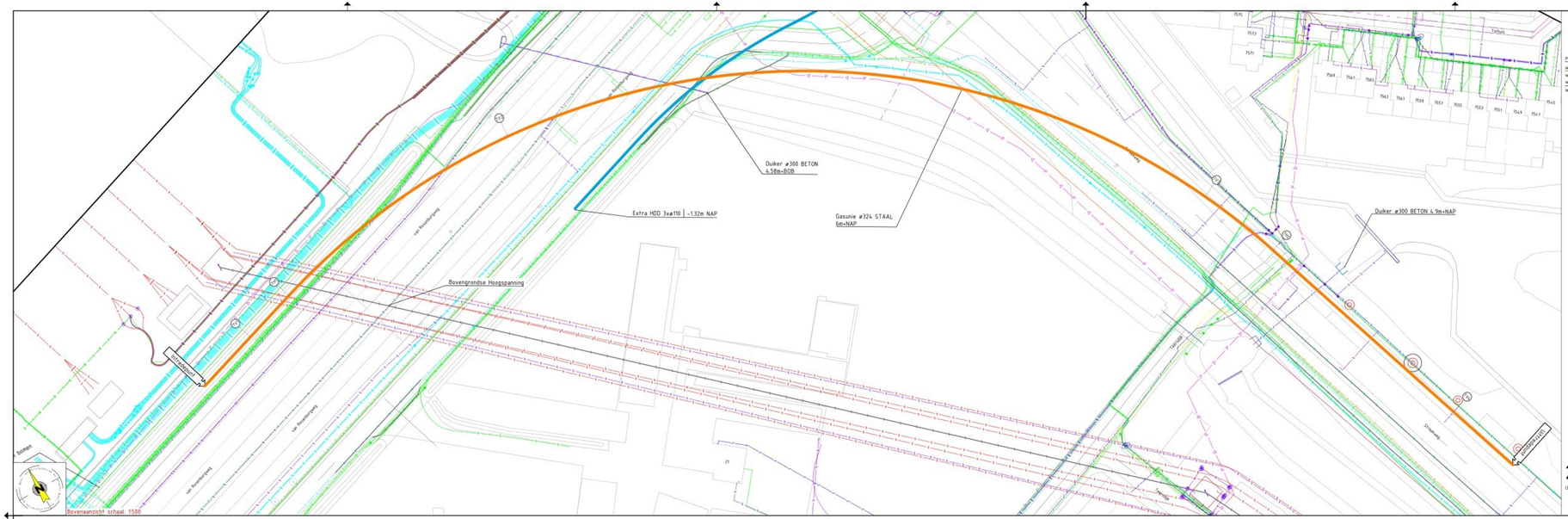
Op deze locatie worden geen waterkeringen of peilscheidingen gepasseerd en zijn de werkzaamheden geheel gepland binnen hetzelfde peilgebied. Langs loopsheid kan daarom niet optreden. Het treffen van maatregelen hieromtrent wordt daarom op voorhand niet noodzakelijk geacht. Desondanks is het veiligheidshalve bij iedere gestuurde boring noodzakelijk om continu visueel te monitoren of er onverhoopt toch kwel optreedt. Indien hiervan sprake is dan kan het soortelijk gewicht van de boorspoeling met additieven (bijvoorbeeld Dolomiet van CEBO Holland) worden verhoogd totdat de kwel stopt (onder voorbehoud van mud retour en pompdebiet). Bij de intrekoperatie zal de boortunnel worden opgevuld met drillgrout, waardoor kwel op de korte en middellange termijn niet kan optreden.

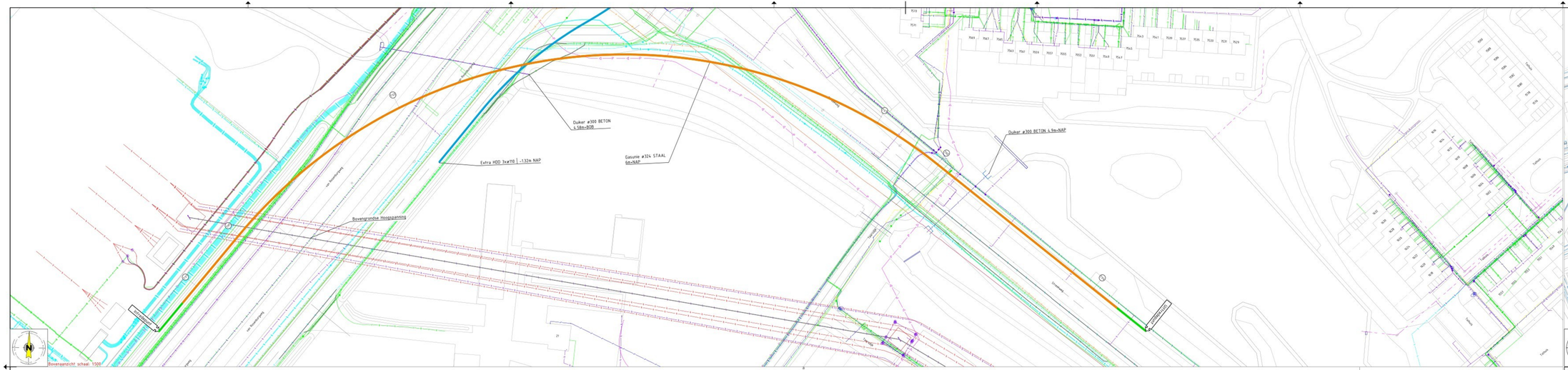
10 Bijlage: Risico matrix

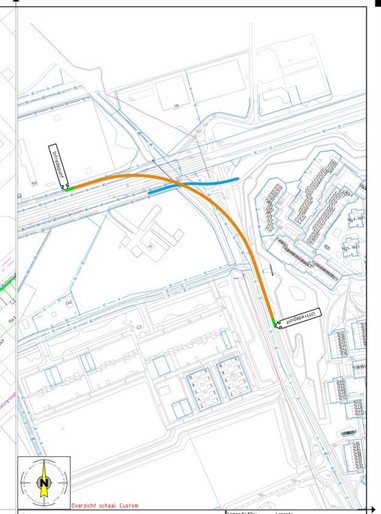
Element/onderdeel boring	Bevindingen/ risico's	MTTF	Kans score	Hinder	A	M	S	SE	H	E	€	P	Maximale	Risicoscor	Risico naonive
Dag uitvoering	Verkeershinder groot		1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	4	Acceptabel
Nacht uitvoering	Verkeershinder matig		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Afzetting	Omgevingsgevaar vorkomen op werknemers		0	1	1	0	1	1	0	2	1	1	2	2	Acceptabel
Aanvoer/afvoer en opstellen equipment	Hinder weggebruikers		1	1	1	0	1	1	0	2	1	1	2	2	Acceptabel
Klic bekijken	Kabels en leidingen lokaliseren		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Graven intrede	Inkalven van put waardoor weg kan inzakken		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Stabiliseren intredepunt	Het stutten van het intredepunt		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Boormachine	Jaarlijkse keuring materieel		1	0	1	2	1	0	0	1	2	0	2	2	Acceptabel
Gereedschappen	Gekeurde materiaal (jaarlijks)		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Boorkop	Altijd vooraf kalibreren		0	0	1	2	1	0	0	1	1	0	2	2	Acceptabel
Swivel	Altijd vooraf kalibreren		0	0	1	2	1	0	0	1	1	0	2	2	Acceptabel
Ruimer	Gekeurde materiaal (jaarlijks		0	0	1	2	1	0	0	1	1	0	2	2	Acceptabel
Gyro/steering tool	Het uitsluiten van		0	0	1	2	1	0	0	1	1	0	2	2	Acceptabel
Boren onder de weg door	Inzakken van de weg		1	1	1	0	1	1	0	2	1	1	2	2	Acceptabel
Aanvoer/afvoer en opstellen materiaal uittredepunt	Jinder weggebruikers		1	1	1	0	1	1	0	2	1	1	2	2	Acceptabel
Bentoniet aan en afvoeren	Hinder weggebruikers		0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	2	2	Acceptabel
Kabels en leidingen uittrede opzoeken naar aanleiding van de klic melding	Kabels en leiding lokaliseren		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Graven uittrede	Inkalven van put waardoor weg kan inzakken		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Stabiliseren uittredepunt	Het stutten van het uittredepunt		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Acceptabel
Afvoer materieel/materiaal	Hinder weggebruikers		1	1	1	0	1	1	0	2	1	1	4	4	Acceptabel

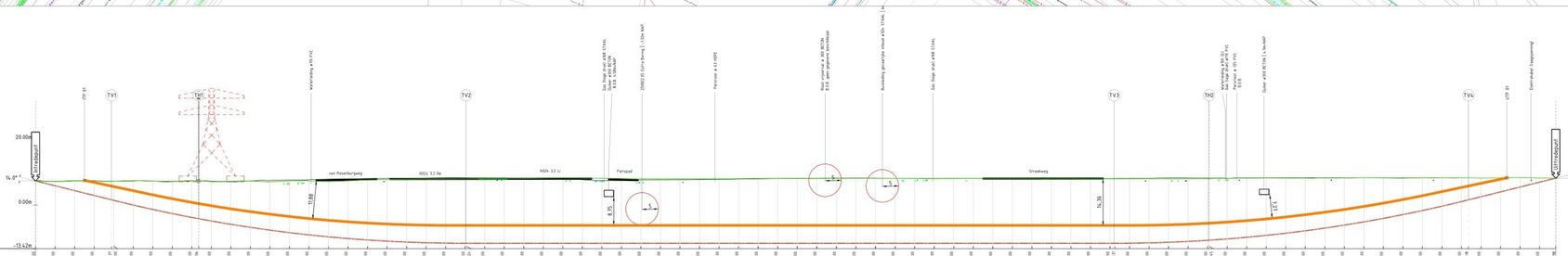
11 Bijlage: Boortekening

De boortekening wordt als aparte bijlage meegestuurd met het boorboek vanwege het grote formaat.


Duiker ø300 BETON
L 58m-BOB
Extra HDD 3xø110 | -1.32m NAP
Gasunie ø324 STAAL
6m+NAP
Bovengrondse Hoogspanning
Duiker ø300 BETON 4.9m+NAP
Intredepunt
Uittredepunt
van Rosenburgweg
Tuindreef
Tuindreef
Tuindreef





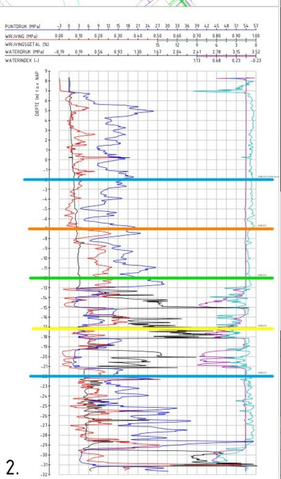


250822.02

Hoogte t.o.v. NAP
Boringtype: Bundel
Totale boorlengte: 4.70.69m

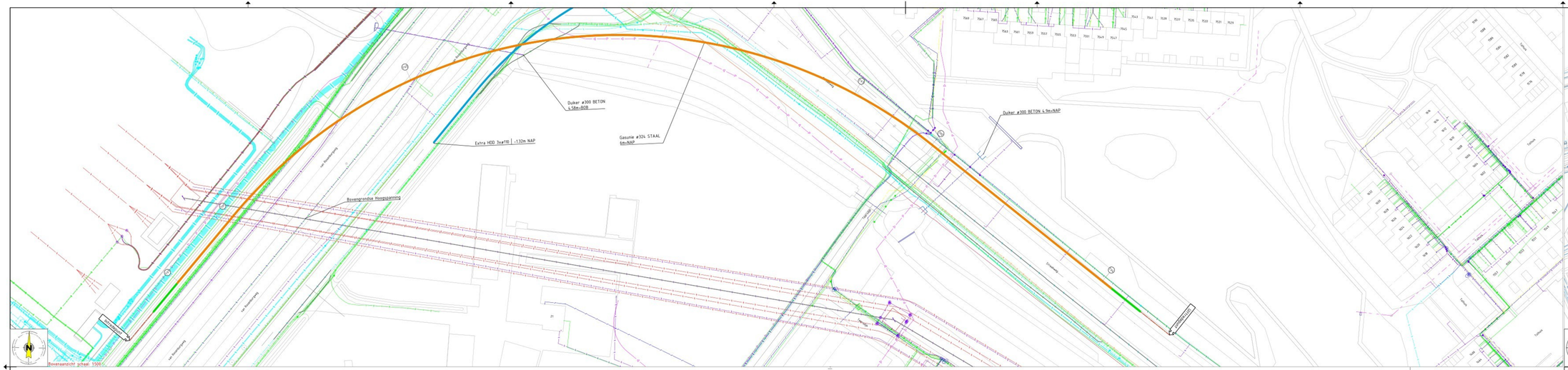
Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	
Werkelijk geboorde lengte (m)	
Hoogte maaiveld t.o.v. NAP (m)	
Hartlijn boring t.o.v. NAP (m)	
[redacted] t.o.v. Maaiveld (m)	
Verticale hoek/radius (m)	∠-14.00° / Rv=450.00 / ∠0.00° / Rv=450.00 / ∠14.00°
Verticale lengte (m)	24.09 / 199.96 / 199.08 / 199.96 / 27.62
Horizontale radius (m)	Rh=200.00
Horizontale lengte (m)	310.39
Gecombineerde radius (m)	Rc=182.76 / Rc=182.76
Gecombineerde lengte (m)	82.64 / 29.16

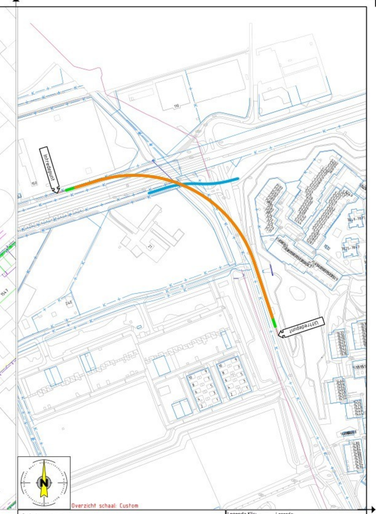
Langteprofiel schaal: 1:500

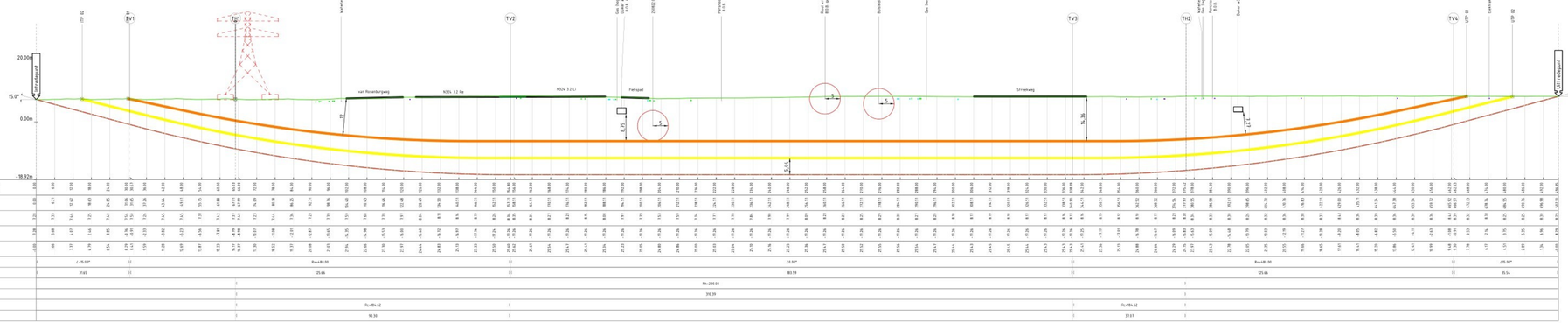


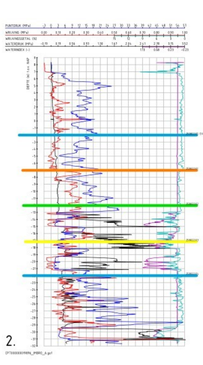
Project gegevens:
- Geen werkwater aanwezig, water aanvoeren
- Buis uitvegen vanaf Hoppe - grout inmeten
- Verkeersplan benodigd | ja
- Verkeersregelaar voor openbaren plaatsen
- 2 verkeersregelaars benodigd
- Rolstellen benodigd t.b.v. uitvegen buis

- Wvp
  - Wateropeng dempen t.b.v. ITP
  - 500m³ tijdelijke aanbrengen
  - Parallelweg dicht t.b.v. materieel
  - bomen in werkterrein beschermen
- Weg Asfalt
- Hartlijn Spoor
- Kerkpanden
- Rijksmonumenten/Beschermde gezichten
- Bebouwing
- Bebouwing overig
- Bebouwing overig
- Bebouwing overig









250822.03

Hoogte t.o.v. NAP
Boringtype: Bundel
Totale boorlengte: 502.10m

Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	
Werkelijk geboorde lengte (m)	
Hoogte maaiveld t.o.v. NAP (m)	
Hartlijn boring t.o.v. NAP (m)	
t.o.v. Maaiveld (m)	
Verticale hoek/radius (m)	∠-15.00° R=480.00 ∠0.00° R=480.00 ∠15.00°
Verticale lengte (m)	31.65 125.66 180.59 125.66 31.54
Horizontale radius (m)	R=200.00
Horizontale lengte (m)	310.39
Gecombineerde radius (m)	R=184.62 R=184.62
Gecombineerde lengte (m)	90.30 31.01

Langteprofiel schaal 1:500

Project gegevens.
- Geen verkwelwater aanwezig, water aanvoeren
- Buis uitleggen nadat Hoogte - grondz ontmeten
- Verkeersplan benodigd | Jn
- Verkeersregelaars | 2 verkeersregelaars plaatsen
- 2 verkeersregelaars benodigd
- Rolstellen benodigd ? b.v. uitleggen buis

- Wahrgang deepen ? b.v. ITP
- 500m³ rijplaten aanbrengen
- Parallelweg dicht ? b.v. materieel
- bomen in werkterrein beschermen

- Buizen gevuld ontvloeien
- ITP in Waterstopnummer 9955149 deze wahrgang dempen
- ITP (nabij boorgrondse hoogspanning
- ITP afvlotemen met Tonnet
- Boring verhangen van bomen en duikerø300 BETON

Legenda Klic:
DAT, MS, LS, HS, GAS, OHD, WAT, TEL, RIOO, RIOI, WMN, OVE

Legenda:
Boorlijn
Reviersle Boring
Hartlijn
Hulp (GIVAT) lijn
Uittreder Buis
Retour leiding
Kabelwrijf
Kabelbed
Werkterrein
Verkeersregelaars
Pijpstrain straat
Weg Asfalt
Weg Asfalt
Hartlijn Spoor
Bomkamp
Rioleringsputten/Kolkjes

Doorsnede boorgang
- 3x ø710 mm PE SDR-11 ZW/RO
- ø235 mm bundelanker
- ø305 mm ruimdanker

Ontwerp akkoord voor opleveringVerwerkt akkoord

Uitvoerder

Alleen toevoegen in uit formaat als van een stroken het datum en handtekening van voorzien zullen de opdracht tot uitvoering van het project in behandeling worden genomen.

Langte Boring: 502m

Koppelman BODEM EN MILIEUTECHNIEK
Nieuwland Steckpoler Bv.
Postbus 113, 4100 AC Culemborg
Mark Klaver, mk@koppelman.nl, www.koppelman.nl

Liander
onderdeel van alliander
Dienst/Afdeling: Boomkel
Ing. nr. opdrachtgever: 219537

PLANTEKENING/VERGUNNINGSAANVRAAG

Project:
Tekening gestuurde boring HDD03 1 b.v. MS-Track

Werklocatie - Intrede:
Van Rosenburgweg 90
Te Nijmegen

Werklocatie - Uittrede:
Uittredeweg
Te Nijmegen

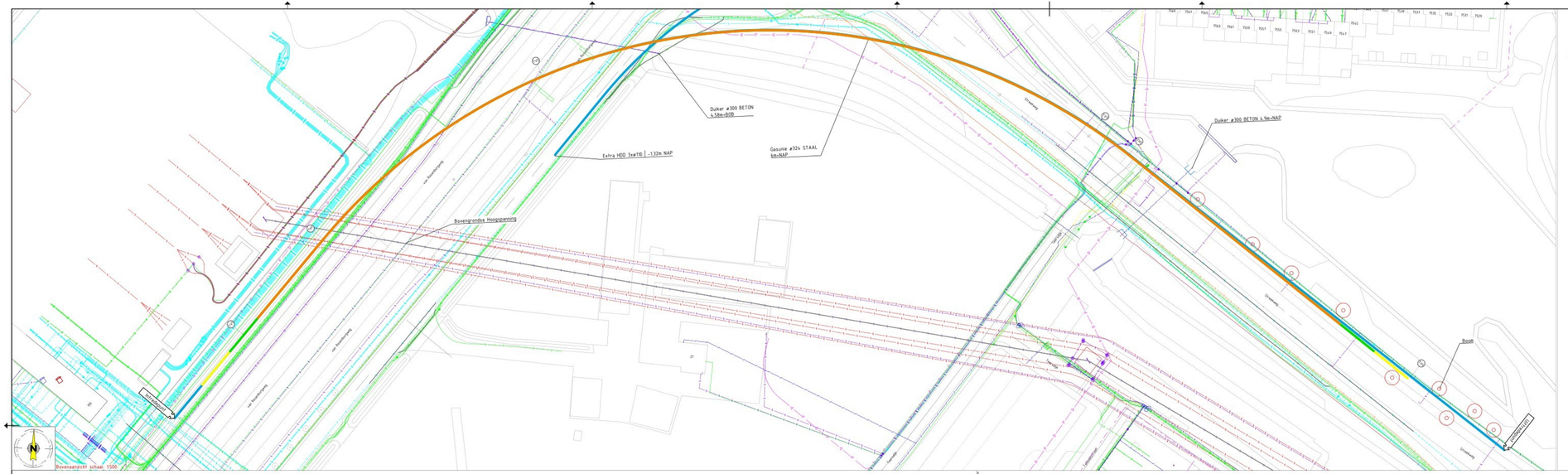
Project nr.	250822
Meet methode	Guro
Meet boor rig	P286/45
Klic nr.	24200306823
Bestelling bij	b.v.t.
Formaat	A4/a3/a0
Schaal	De Tak
Blad	3/3
Datum	29.09.2026
Getekend	
Gecontroleerd	
Status	Uitvoering Ontwerp UO
Tekening nr.	250822.03-UO

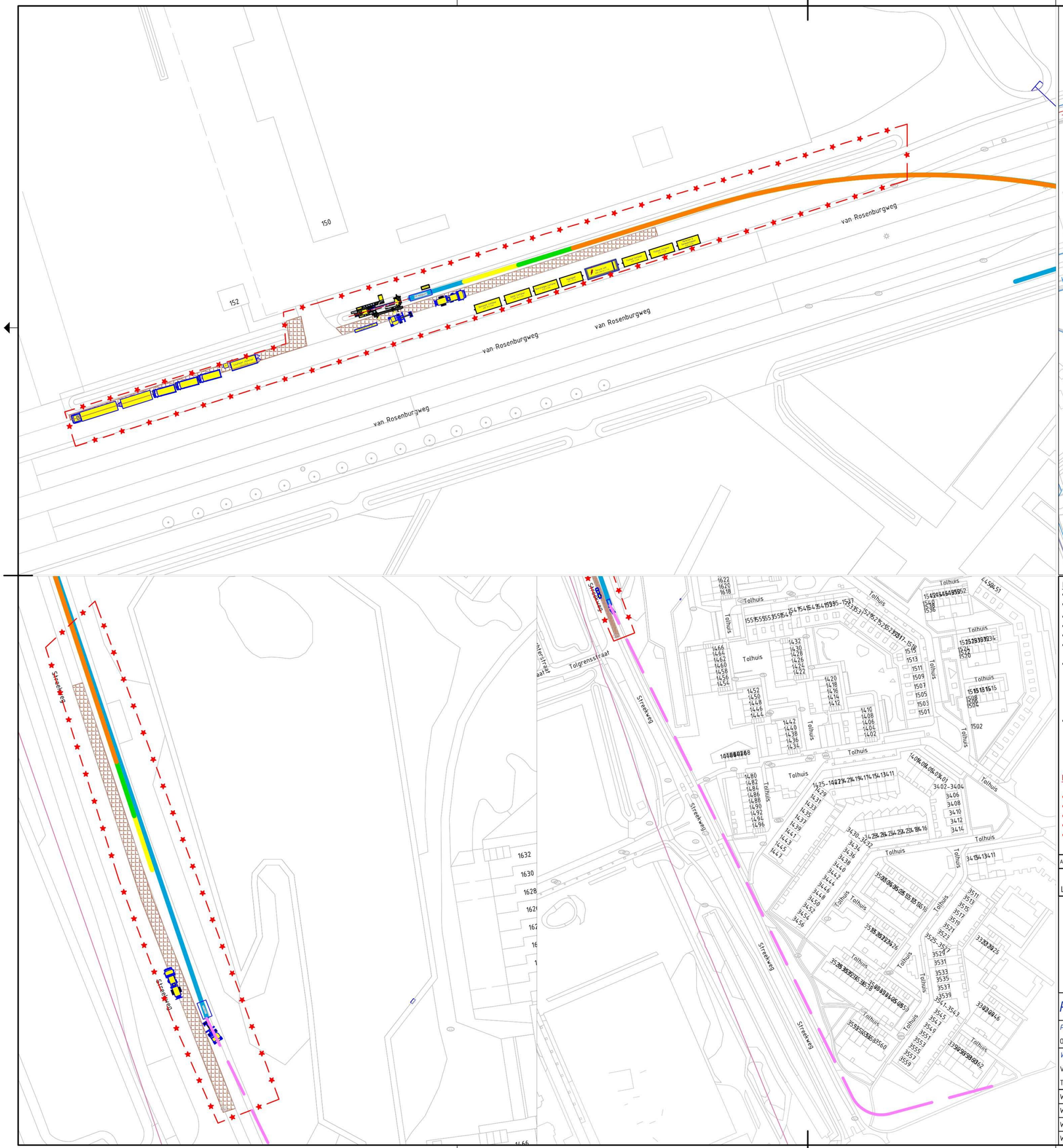
Per: Controle

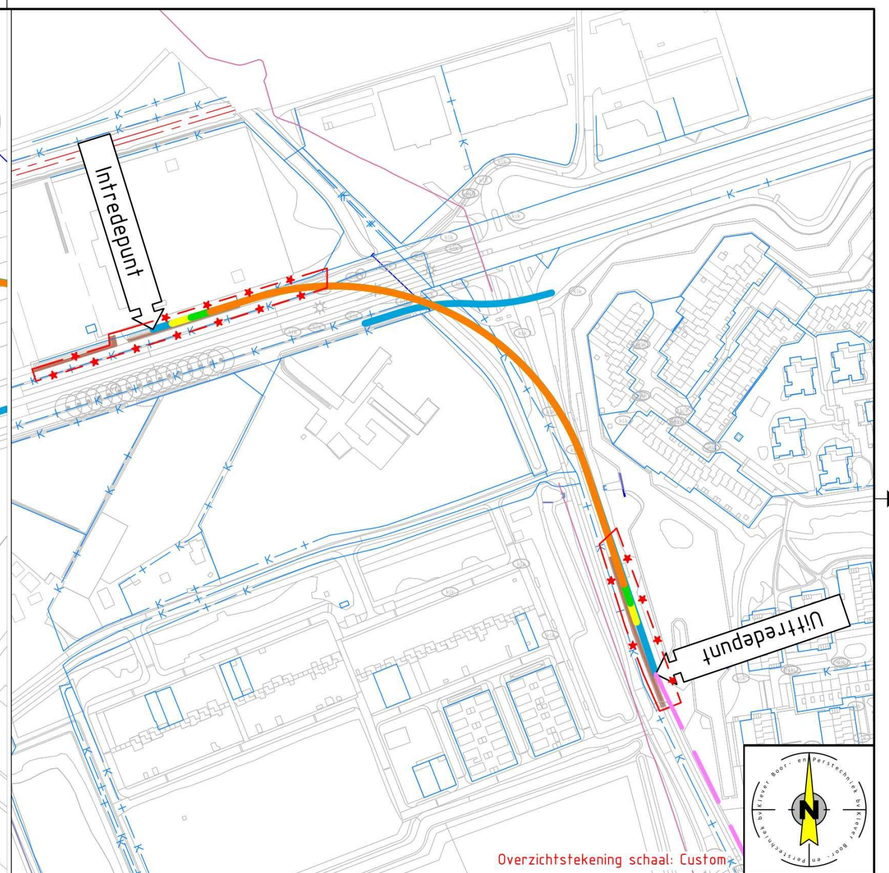
Tangentpunten lijst '250822.03'

Naam	X	Y	Hoogte
Intredepunt	182058.00	425794.65	7.28
TV1	182087.21	425803.67	-0.91
TH1	182120.13	425813.84	-8.79
TV2	182208.98	425820.53	-17.26
TV3	182354.33	425319.27	-17.26
TH2	182369.91	425685.37	-15.83
TV4	182396.41	425602.55	-0.91
Uittredepunt	182407.96	425569.96	8.29

Wijziging			
Wijziging			
Wijziging			
Wijziging			
Wijziging			


Duker ø300 BETON
L 58m=BOB
Extra HDD 3xø110 ; -132m NAP
Gasunie ø324 STAAL
bm=NAP
Bovengrondse Hoogspanning
Duker ø300 BETON 4.9m=NAP
Boom
Van Rosenburgweg
Tuinhek
Tuinhek
Tuinhek





Overzichtstekening schaal: Custom

Project gegevens:

- Geen werkwater aanwezig, water aanvoeren
- Buis uitleggen vanaf Haspel - gevuld intrekken
- Verkeersplan benodigd | Ja
- Rondom ITP en UTP bouwhekken plaatsen
- 2 verkeersregelaars benodigd
- Rolstellen benodigd t.b.v. uitleggen buis

- ITP
  - Watergang dempen t.b.v. ITP
  - 500m² rijplaten aanbrengen
  - Parallelweg dicht t.b.v. materieel
  - bomen in werkterrein beschermen

- UTP
  - 500m² rijplaten aanbrengen
  - Halve Baan Streekweg afsluiten
  - Fietspad dicht
  - Bomen werkterrein beschermen

Risico en aandachtspunten:

- Buizen gevuld intrekken
- ITP in Waterloopnummer 095949 deze watergang dempen
- ITP nabij bovengrondse hoogspanning
- ITP afstemmen met Tennet
- Boring verlengen ivm bomen en duiker ø300 BETON

Legenda:

- Boorlijn
- Bestaande Boring
- Hartlijn
- Hulp (zicht) lijn
- Uitleggen buis
- Intrekken buis
- Retour leiding
- Kadasterlijn
- Topografie
- Werkruimte
- Veiligheidsgebied
- Rijplaten staal

Ontwerp akkoord voor oplevering:	Paraaf akkoord
Uitvoerder	

Alleen tekeningen in pdf formaat die van een stempel met datum en handtekening zijn voorzien zullen bij opdracht tot uitvoering van het project in behandeling worden genomen.

Lengte Boring: m

Klever BOOR- EN PERSTECHNIEK
Boveneind Noordzijde 84c
3405 AK Benschop
0348-554986 info@kleverbv.nl www.kleverbv.nl

Liander onderdeel van alliander

Opdrachtgever	Liander	Project nr.	250822
	KLM Arnhem	Meet methode	Gyro
Proj. nr. opdrg.	311577	Inzet boor rig	PD80/45
		Klic nr.	2600060603
		Belang bij:	n.v.t.
		Formaat	A1-1470
		Schaal	Zie Tek.
		Blad	1/1
		Datum	29-09-2026
		Getekend	[redacted]
		Gecontroleerd	

PLANTEKENING/VERGUNNINGSAANVRAAG

Project:
Opsteltekening HDD01 - HDD04 t.b.v. MS-Tracé

Par. Controle [redacted]

Werklocatie Intrede:	*Werklocatie Uittrede:*	Status	Uitvoering Ontwerp UO
Van Rosenburgweg 150	Streekweg	Tekening nr.	250822.04-UO
Te Nijmegen	Te Nijmegen		

Wijziging			
Wijziging			
Wijziging			
Wijziging			

12 Bijlage: Taak Risico Analyse – Gestuurd boren (HDD)

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		Onervaren leidinggevende	Selectie van leidinggevende op basis van uit te voeren werk.	Projectleider
1.09	Hygiene / orde en netheid	Rommel op en rond tracé, struikelen/vallen	Afval direct in container/afvakzak deponeren	Iedereen
1.10			Regelmatig opruim ronde houden	Iedereen
1.11		Vuile schaftwagens	Regelmatig opruimen en wegen van de schaftwagens door gebruikers zelf	Iedereen
1.12		Rommelige werkplek, struikelen/vallen	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/beperkte overleg en coördinatie,	Coördinatie op de bouwplaats door uitvoerder	Uitvoerder
2.02			Overleg werkzaamheden afstemmen en risico's en beheersmaatregelen bespreken	Uitvoerder
2.03			Coordinatie 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 curses veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.08		Onbekendheid van de verkeersmaatregelen door medewerkers	Medewerkers voorlichting geven over de genomen verkeersmaatregelen, curses 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	Opdrachgever
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 werkterrein				
4.01	Ketenpark/ schaftketen opstellen	Aanrijding bij uitstappen keet Schade of letsel door verkeershinder aan derden Letsel 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 schoonspoelen	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/ manouvres (zwaar) materieel	Chauffers 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/gebrekkige 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 sotffen	Staken werkzaamheden en dit melden bij uitvoerder	Uitvoerenden
6.05			Melden bij opdrachtgever	Uitvoerder
6.06			Bodemonderzoek laten uitvoeren door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.07		Aantreffen van Niet Gesprongen Explosieven, fataal letsel	Aanleveren van informatie omtrent NGE in de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.08			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	Communiceer 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/parallel-lopende kabels en leidingen opdat deze niet doorzakken ofbeschadigd 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	Communiceer 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	In ontwerpfase de juiste grondsoort/laag gaan bochten	Engineer/ werkvoorbereider
		Afbreken boorbuis		
		Stuurproblemen		
		Vast lopen boring		
		Verlies boring		
7.02	Overgang zoet -/ zout water	Degeneratie boorspoeling	In ontwerpfase vermelden, zodat men in de uitvoering rekening kan houden	Engineer/ werkvoorbereider
		Vast lopen boring		
		Verlies boring		
7.03	Grind/ Grindbedden	Afwijken boortrace Afbreken boorkop	In de juiste grondsoort het ontwerp opstellen. Als dit niet mogelijk is, dit vermelden aan de uitvoering	Engineer/ werkvoorbereider/ uitvoerenden
		Stuurproblemen		
		Vast lopen boring/ verlies boring		
7.04	Loopzand	Dichtvallen van het gemaakte boorgat	Regelmatige controlle op kwaliteit boorspoeling	Uitvoerenden
7.05	Obstakels	Niet kunnen passeren	Boring terug trekken en nogmaals proberen	Engineer/ werkvoorbereider
		Afbreken boorkop		
		Afwijken boortrace		
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	Door juiste vooronderzoek van de bodemgesteldheid, in uitvoering beslissen welke het beste van toepassing is	Uitvoerenden/
		Vastlopen pilot		Uitvoerder
8.03	Instabiele bovengrond	Muduitbraak t.p.v. instabliele bovengrond	Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt;	Uitvoerenden/
		Schade aan derden	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;	Uitvoerder
		Wegvallen bentonietdruk	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.	
		Milieudelict		
8.04	Verouderd materiaal en materieel	Defecteonderdelen van het boorrig	Aangeven voordat de werkzaamheden uitgevoerd gaan worden dat het materiaal/ materieel niet meer voldoen aan de eisen	Uitvoerenden/
		Verliezen van materieel/ boring		Uitvoerder

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

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11. Werken met boorequipment				
11.01	Elektrische connecties tussen de verschillend equipment	Gewond raken door electrocutie	Aarden van divers equipment	Uitvoerder
11.02	Boren	Wegglijden 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		Verwond raken 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		Weg spuiten van boor-mud onder druk met letsel als mogelijk gevolg	Tijdens opstellen de fittingen, koppelingen en stangen visueel controleren, leidingen vastzetten met borgingspinnen/kettingen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.08		Lawaai van machine, gehoorschade	Lawaai-bron zoveel mogelijk afschermen, omgeving op de hoogte stellen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.09			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 hijsequipment en hijsgereedschap. Geen personen nabij bewegende 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) [redacted]
Fax: (038) 444 37 39
E-mail [redacted]@vangelder.com

Van Gelder Rail B.V.

3e 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.

2e 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

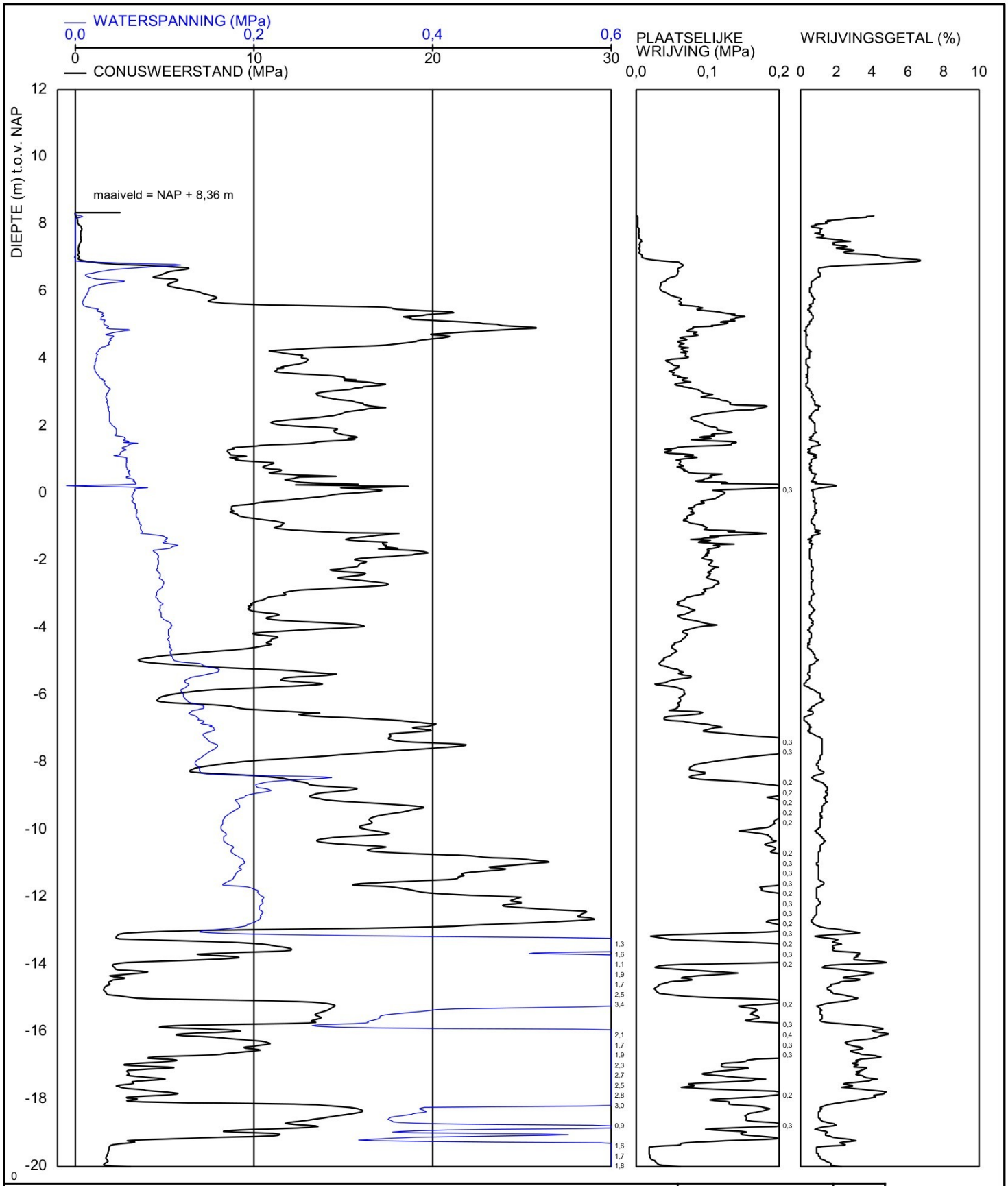
Van Gelder regio West

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

13 Bijlage: Grond gegevens

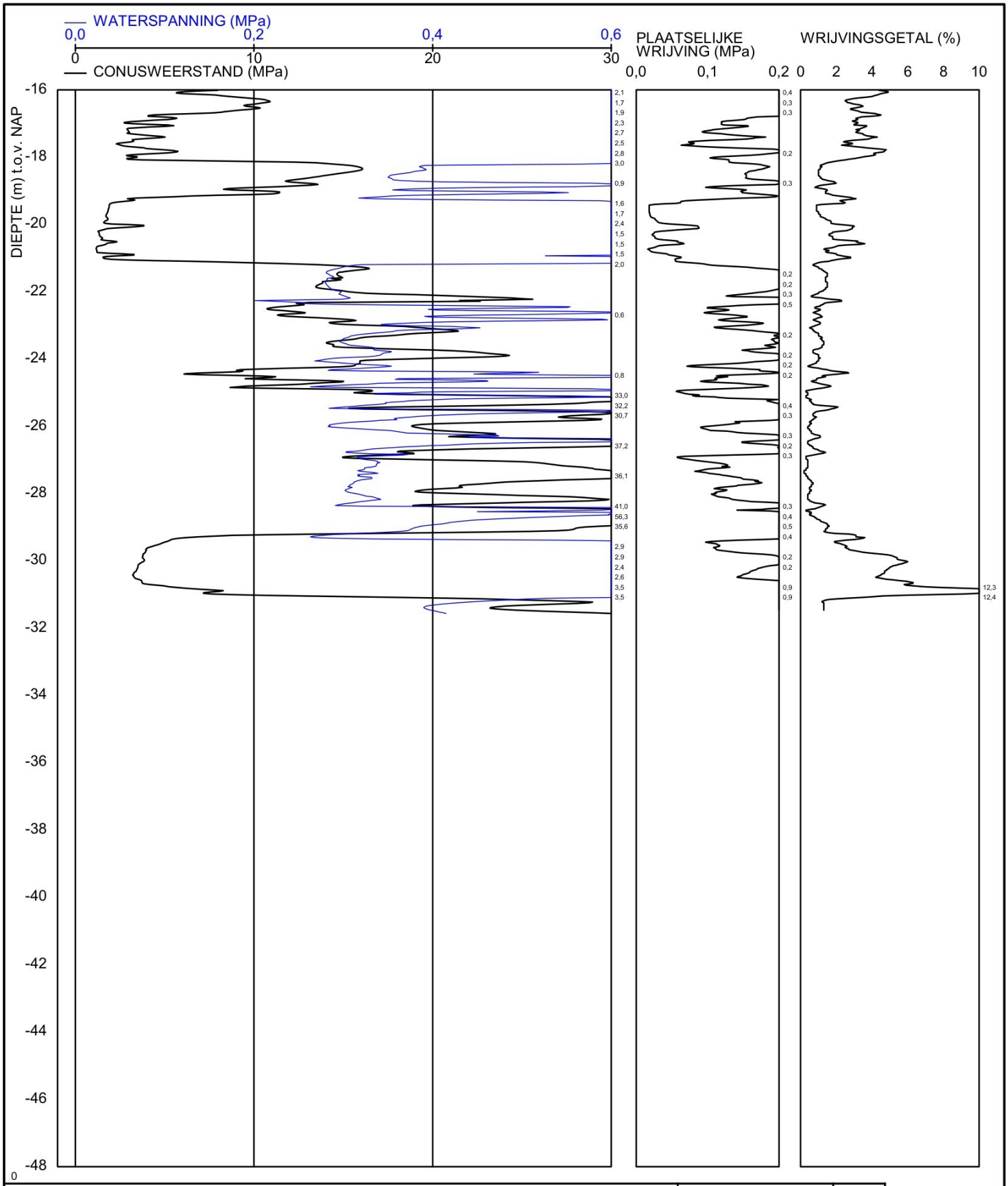


<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>
Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

datum 2000-07-03	get. -
BRO-/	gez.
BIJL. -	form. A4

-
-

Sondering CPT000000019896 [Blad 1 / 2]



<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>
Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

datum 2000-07-03

get. -

gez.

BRO-/

form. A4

BIJL. -

-

-

Sondering CPT000000019896 [Blad 2 / 2]

Grondwaterstand meetput GMW46A001641 in Wijchen

1,24 m
ONDER MAAIVELD

6,29 m
T.O.V. NAP

Lager dan normaal
-28 CM T.O.V. 5-JAARSGEMIDDELDE VOOR DEZE MAAND

13 juli 2026
LAATSTE METING

Verloop van de grondwaterstand (5 jaar)

De blauwe lijn toont het maandgemiddelde in meters NAP. De lichtblauwe band is de bandbreedte (laagste en hoogste maandgemiddelde) van deze put in dezelfde kalendermaand over de hele meetreeks; de bruine stippellijn is het maaiveld (7,53 m NAP).



14 Bijlage: Sterkteberekening conform NEN 3650 & 3651

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport:	28-10-2026
Tijd van rapport:	12:13:26
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	250822.01 - 3xø110 sdr 11
Projectbeschrijving:	250822.01 Rozenburgweg Malden Muddruk- en sterkte berekening 3xø110 SDR 11

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 7
3.4 Freatische Lijn 7
3.5 Grondprofielen 7
3.6 Grenslagen 7
3.7 Grondeigenschappen 7
3.8 Geometrie 8
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
3.9 Berekenings Verticalen 9
3.10 Verkeersbelasting 9
3.11 Configuratie van de Pijpleiding 9
3.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
3.13 Gegevens voor Leidingberekening 10
3.14 Boorvloeistof Gegevens 11
3.15 Factoren 11
3.16 Rekenopties 11
4 Boorvloeistofdrukken 12
4.1 Boorvloeistof Gegevens 12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 14
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 14
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 15
5 Grondmechanische Data 16
5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1 16
5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 17
5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 18
5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal 19
6 Gegevens voor Sterkteberekening 21
6.1 Algemene Gegevens 21
6.2 Ballasten Leiding 21
6.3 Trekkrachtberekening 21
7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 23
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 24
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 24
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 24
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 24
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
7.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 27
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 28
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 28
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 28
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 28
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
8.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 31
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 32

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 32
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 32
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 32
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33
9.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

De diameter van buis "1x110 SDR 11" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe 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]				
3 - L -	-10,000	-0,022	0,866	1,372	4,864
3 - Z -	7,292	7,292	7,277	7,277	7,377
3 - L -	6,605	8,862	11,838	12,860	16,166
3 - Z -	7,358	7,474	7,375	7,425	7,204
3 - L -	16,858	17,072	20,856	22,305	24,854
3 - Z -	7,197	7,200	7,331	7,338	7,488
3 - L -	27,538	28,852	32,771	33,107	36,848
3 - Z -	7,425	7,499	7,253	7,243	7,336
3 - L -	38,004	40,846	43,237	44,844	48,470
3 - Z -	7,350	7,484	7,444	7,548	7,320
3 - L -	48,843	50,047	52,841	53,703	56,839
3 - Z -	7,326	7,256	7,273	7,289	7,457
3 - L -	58,937	60,837	64,170	64,835	66,988
3 - Z -	7,431	7,562	7,395	7,414	7,298
3 - L -	68,833	69,403	72,831	74,636	76,829
3 - Z -	7,304	7,314	7,407	7,396	7,531
3 - L -	79,869	80,200	80,831	84,052	84,158
3 - Z -	7,368	7,381	7,405	7,190	7,189
3 - L -	84,858	85,082	88,117	88,930	90,259
3 - Z -	7,178	7,180	7,262	7,283	7,274
3 - L -	92,076	93,053	95,403	96,034	97,228
3 - Z -	7,386	7,445	7,368	7,402	7,466
3 - L -	99,993	100,517	101,459	103,951	105,604
3 - Z -	7,298	7,267	7,273	7,222	7,192
3 - L -	105,752	106,612	107,910	110,110	110,669
3 - Z -	7,191	7,207	7,270	7,374	7,363
3 - L -	111,869	114,539	115,716	115,827	119,043
3 - Z -	7,448	7,635	7,569	7,571	7,622
3 - L -	119,786	120,745	122,807	123,745	125,763
3 - Z -	7,616	7,610	7,675	7,680	7,694
3 - L -	127,703	128,314	130,773	131,662	133,098
3 - Z -	7,720	7,729	7,901	7,912	7,932
3 - L -	135,620	135,776	137,988	139,579	140,776
3 - Z -	7,979	7,981	7,997	8,020	8,038
3 - L -	142,993	143,537	145,777	147,496	148,135
3 - Z -	8,051	8,060	8,096	8,108	8,113
3 - L -	150,782	151,455	153,430	155,413	155,793
3 - Z -	8,143	8,147	8,160	8,162	8,163
3 - L -	158,878	159,372	160,814	163,331	164,524
3 - Z -	8,188	8,192	8,205	8,241	8,258
3 - L -	165,848	167,289	170,374	170,898	171,248
3 - Z -	8,270	8,294	8,346	8,352	8,353
3 - L -	173,627	175,206	175,969	176,471	179,165
3 - Z -	8,367	8,360	8,357	8,352	8,317
3 - L -	181,064	182,839	183,124	186,184	187,082
3 - Z -	8,292	8,277	8,274	8,237	8,228
3 - L -	189,559	191,041	191,335	194,999	196,167
3 - Z -	8,204	8,189	8,187	8,152	8,141
3 - L -	196,524	196,671	198,958	201,749	202,917
3 - Z -	8,137	8,135	8,108	8,073	8,048
3 - L -	204,273	206,875	207,017	210,834	212,067

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - Z -	8,018	7,977	7,974	7,891	7,863
3 - L -	212,339	212,505	214,792	217,711	218,751
3 - Z -	7,850	7,835	7,701	7,522	7,547
3 - L -	221,564	222,710	223,142	225,143	226,668
3 - Z -	7,606	7,580	7,570	7,602	7,651
3 - L -	228,643	230,627	231,804	234,210	234,585
3 - Z -	7,712	7,736	7,749	7,768	7,767
3 - L -	236,553	238,544	239,864	242,503	243,900
3 - Z -	7,766	7,774	7,778	7,779	7,780
3 - L -	245,602	246,461	246,847	250,420	251,439
3 - Z -	7,790	7,801	7,806	7,862	7,877
3 - L -	254,379	256,293	257,384	258,337	259,594
3 - Z -	7,895	7,906	7,910	7,933	7,962
3 - L -	262,296	263,450	265,114	266,254	269,645
3 - Z -	8,012	8,033	8,061	8,081	8,140
3 - L -	270,213	273,426	274,172	275,996	278,130
3 - Z -	8,152	8,218	8,226	8,245	8,239
3 - L -	281,318	282,089	282,505	286,047	288,858
3 - Z -	8,229	8,236	8,240	8,262	8,279
3 - L -	289,209	290,006	293,965	296,101	297,923
3 - Z -	8,282	8,284	8,293	8,298	8,290
3 - L -	301,882	303,091	303,291	305,841	309,799
3 - Z -	8,274	8,269	8,269	8,238	8,191
3 - L -	310,735	313,758	316,425	317,716	318,512
3 - Z -	8,184	8,178	8,174	8,162	8,155
3 - L -	321,675	322,822	325,634	326,686	329,067
3 - Z -	8,171	8,177	8,187	8,191	8,184
3 - L -	329,592	333,551	334,810	335,167	335,339
3 - Z -	8,184	8,183	8,183	8,182	8,183
3 - L -	337,509	338,844	341,152	341,468	342,464
3 - Z -	8,177	8,173	8,171	8,170	8,165
3 - L -	344,578	345,427	347,017	349,385	350,507
3 - Z -	8,168	8,162	8,153	8,161	8,165
3 - L -	352,788	353,344	354,585	357,302	358,463
3 - Z -	8,162	8,164	8,170	8,159	8,155
3 - L -	361,261	362,598	364,058	365,220	365,596
3 - Z -	8,179	8,191	8,192	8,199	8,201
3 - L -	369,178	369,580	372,853	373,137	375,029
3 - Z -	8,109	8,100	8,118	8,115	8,091
3 - L -	377,095	378,088	380,421	381,054	381,905
3 - Z -	8,131	8,151	8,106	8,135	8,176
3 - L -	385,013	385,756	388,971	390,155	391,046
3 - Z -	8,148	8,142	8,266	8,313	8,317
3 - L -	392,785	396,325	398,137	401,603	406,120
3 - Z -	8,339	8,333	8,338	8,311	8,284
3 - L -	406,882	408,372	412,161	414,102	417,440
3 - Z -	8,278	8,295	8,170	8,312	8,305
3 - L -	419,090	422,719	423,959	427,998	430,067
3 - Z -	8,290	8,352	8,364	8,356	8,357
3 - L -	433,277	438,049	438,556	439,546	443,835
3 - Z -	8,335	8,361	8,357	8,370	8,348
3 - L -	446,032	449,114	454,014	454,393	455,134
3 - Z -	8,341	8,296	8,367	8,363	8,368
3 - L -	459,672	461,996	464,951	469,979	470,230
3 - Z -	8,262	8,276	8,228	8,293	8,289
3 - L -	470,721	475,509	477,961	480,788	485,944
3 - Z -	8,303	8,290	8,319	8,252	8,221
3 - L -	486,067	486,308	491,346	493,926	496,625
3 - Z -	8,218	8,220	8,153	8,151	8,117
3 - L -	501,895	507,183	509,891	512,462	517,482
3 - Z -	8,160	8,146	8,175	8,162	8,243
3 - L -	517,741	517,873	523,020	525,856	528,299
3 - Z -	8,244	8,247	8,248	8,318	8,307
3 - L -	533,069	533,578	533,838	538,857	541,821
3 - Z -	8,398	8,397	8,402	8,369	8,387

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - L -	544,136	548,656	549,415	549,803	553,630
3 - Z -	8,340	8,382	8,377	8,380	8,340
3 - L -	590,000				
3 - Z -	8,340				
2 - L -	-10,000	590,000			
2 - Z -	5,600	5,600			
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	3,400	3,400			
0 - L -	-10,000	590,000			
0 - Z -	-24,416	-24,416			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	6,200	6,200			

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
3	Clay, clean, moderate	1	1
2	Sand, clean, moder...	1	1
1	Sand, sl sil, moderate	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate

3.7 Grondeigenschappen

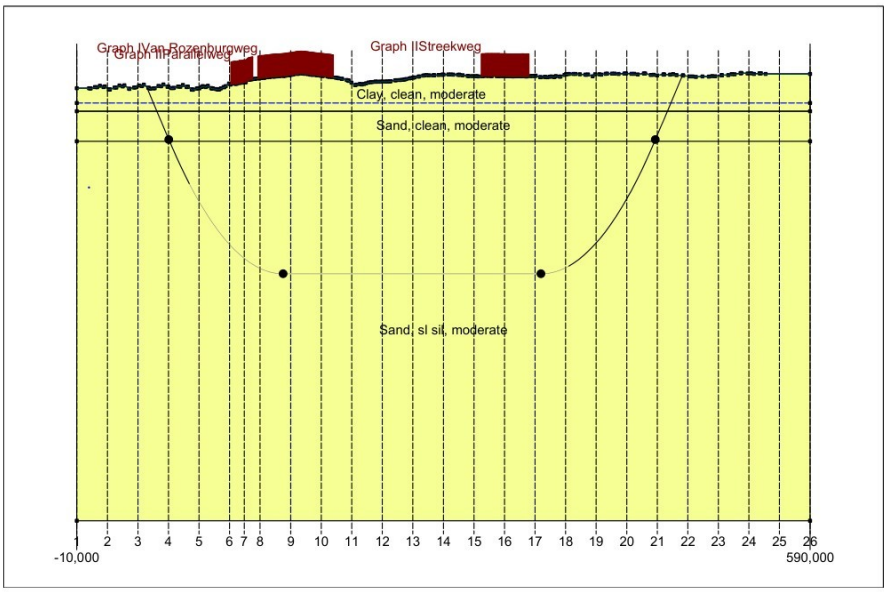
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	18,00	18,00	9,00	17,50	75,00	75,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00
Sand, ve sil, loose	18,50	20,50	0,00	27,50	0,00	0,00
Sand, sl sil, moderate	18,50	20,50	0,00	29,75	0,00	0,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	-	-	3000,00	3000,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00
Sand, ve sil, loose	-	-	22500,00	22500,00
Sand, sl sil, moderate	-	-	42500,00	42500,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00

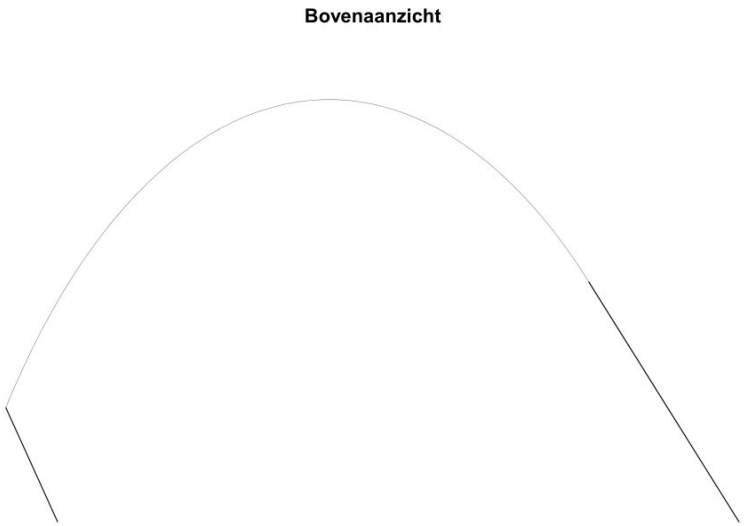
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Clay, clean, moderate	-	-	0,45
Sand, clean, moder...	-	-	0,35
Sand, ve sil, loose	-	-	0,35
Sand, sl sil, moderate	-	-	0,35
Sand, clean, moder...	-	-	0,35

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	-10,000	n.a.
2	15,000	n.a.
3	40,000	n.a.
4	65,000	3,586
5	90,000	-1,014
6	115,000	-4,173
7	127,011	-5,189
8	140,000	-5,923
9	165,000	-6,320
10	190,000	-6,320
11	215,000	-6,320
12	240,000	-6,320
13	265,000	-6,320
14	290,000	-6,320
15	315,000	-6,320
16	340,000	-6,320
17	365,000	-6,320
18	390,000	-5,870
19	415,000	-4,051
20	440,000	-0,822
21	465,000	3,847
22	490,000	n.a.
23	515,000	n.a.
24	540,000	n.a.
25	565,000	n.a.
26	590,000	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

Parallelweg		
L begin	116,00	[m]
L einde	134,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	
Van Rozenburgweg		
L begin	138,00	[m]
L einde	200,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Streekweg		
L begin	321,00	[m]
L einde	360,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	

3.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	47,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	7,412	[m]
X coördinaat rechter punt	372,625	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	8,223	[m]
Hoek links	12,0000	[gr]
Hoek rechts	12,0000	[gr]
Kromtestraal links	450,000	[m]
Kromtestraal rechts	450,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	450,000	[m]

Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-6,320	[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	22,277	27,076	300,861	56,813	200,000	links

3.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
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	120	[gr]
Belastingshoek	180	[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	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,450	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,450	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,191	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	700,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	750,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

3.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	256	307	52	265
2	368	633	116	303
3	480	825	164	326
4	514	881	181	331
5	546	936	196	333
6	565	969	213	324
7	563	965	225	312
8	546	933	238	299
9	549	939	251	286
10	559	956	263	274
11	566	970	276	261
12	562	964	289	248
13	562	963	301	236
14	563	965	314	223
15	554	951	322	205
16	500	865	314	173
17	403	709	291	124
18	288	393	252	59

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	230	230	46	52
2	368	560	102	116
3	480	818	141	164
4	514	880	155	181
5	546	935	165	196
6	565	968	174	213
7	563	965	179	216
8	546	933	184	212
9	549	938	188	207
10	558	956	193	202
11	566	970	198	198
12	562	963	202	193
13	562	963	207	189
14	563	964	211	184
15	553	950	205	174
16	500	864	173	150
17	403	653	124	109
18	282	297	59	52

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	230	230	47	46
2	368	560	104	102
3	480	818	145	141
4	514	880	159	155
5	546	935	170	165
6	565	968	180	174
7	563	965	186	179
8	546	933	192	184
9	549	938	198	188
10	558	956	202	193
11	566	970	198	198
12	562	963	193	202

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
13	562	963	189	196
14	563	964	184	190
15	553	950	174	179
16	500	864	150	153
17	403	653	109	111
18	282	297	52	54

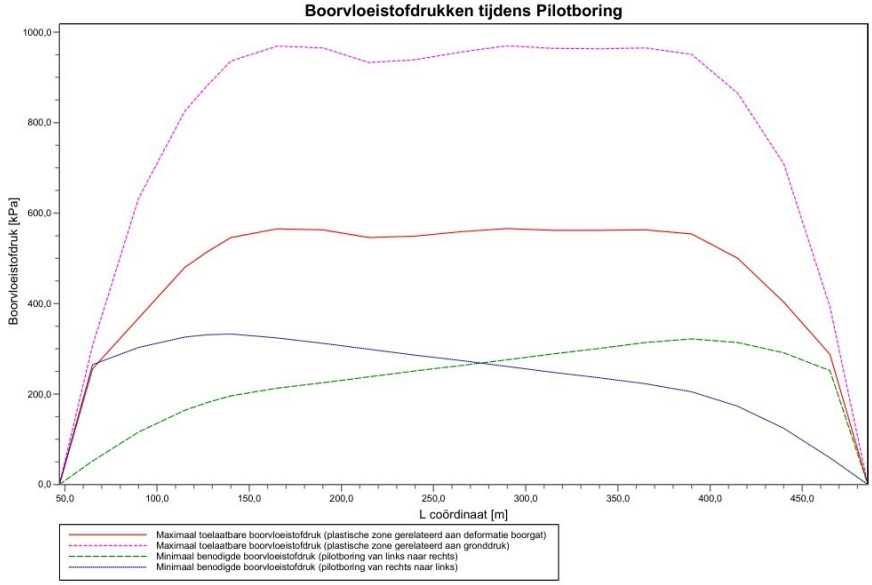
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	42	26	1,62	voldoet
2	94	72	1,30	voldoet
3	130	104	1,25	voldoet
4	141	114	1,24	voldoet
5	150	121	1,23	voldoet
6	155	125	1,24	voldoet
7	155	125	1,24	voldoet
8	156	125	1,24	voldoet
9	156	125	1,25	voldoet
10	157	125	1,25	voldoet
11	158	125	1,26	voldoet
12	158	125	1,26	voldoet
13	159	125	1,27	voldoet
14	159	125	1,27	voldoet
15	155	121	1,28	voldoet
16	135	103	1,32	voldoet
17	100	70	1,42	voldoet
18	49	24	2,06	voldoet

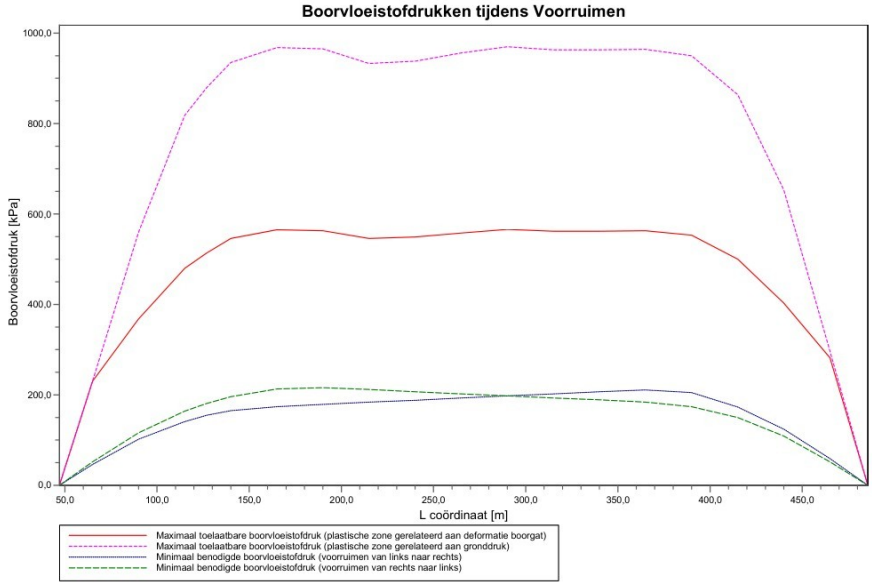
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

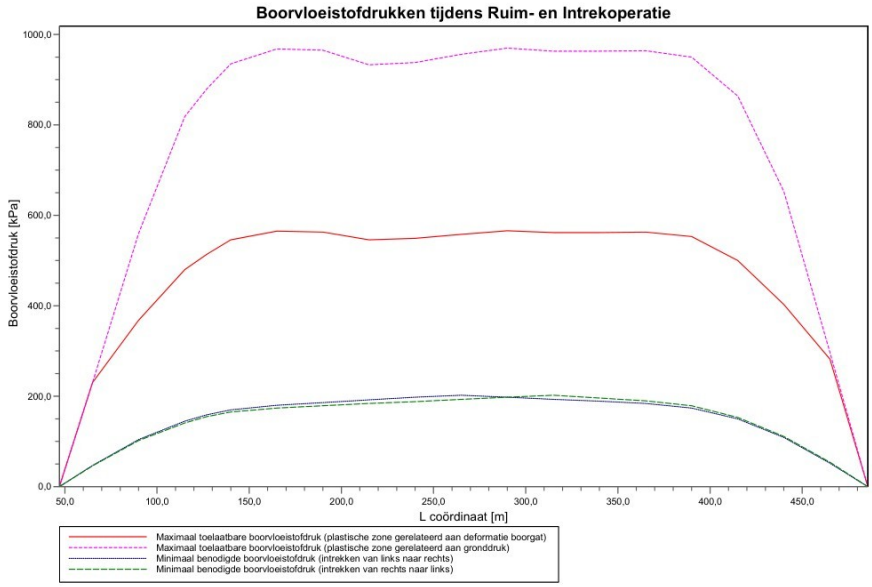
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	531	47	6	10	0	1567
2	794	93	6	9	0	2420
3	1007	132	6	9	0	3437
4	1070	145	6	9	1	3761
5	1136	158	6	9	3	4109
6	1176	167	6	9	3	4328
7	1170	166	6	9	3	4298
8	1126	156	6	9	0	4059
9	1134	158	6	9	0	4101
10	1158	163	6	9	0	4233
11	1177	167	6	9	0	4338
12	1168	165	6	9	0	4287
13	1168	165	6	9	1	4285
14	1170	165	6	9	0	4297
15	1157	163	6	9	0	4226
16	1064	144	6	9	0	3731
17	893	111	6	10	0	2877
18	733	59	7	12	0	2404

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	616	307547	405931	215283	0,05	7,5
2	794	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1007	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1070	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1136	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1176	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1170	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1126	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1134	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1158	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1177	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1168	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1168	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1170	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1157	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1064	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	893	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	733	368494	405931	257946	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 167 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 811862 kN/m³

5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	531	47	6	10	0	1567
2	794	93	6	9	0	2420
3	1007	132	6	9	0	3437
4	1070	145	6	9	1	3761
5	1136	158	6	9	3	4109
6	1176	167	6	9	3	4328
7	1170	166	6	9	3	4298
8	1126	156	6	9	0	4059
9	1134	158	6	9	0	4101
10	1158	163	6	9	0	4233
11	1177	167	6	9	0	4338
12	1168	165	6	9	0	4287
13	1168	165	6	9	1	4285
14	1170	165	6	9	0	4297
15	1157	163	6	9	0	4226
16	1064	144	6	9	0	3731
17	893	111	6	10	0	2877
18	733	59	7	12	0	2404

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	616	307547	405931	215283	0,05	7,5
2	794	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1007	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1070	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1136	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1176	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1170	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1126	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1134	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1158	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1177	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1168	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1168	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1170	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1157	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
16	1064	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	893	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	733	368494	405931	257946	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 167 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	531	47	6	10	0	1567
2	794	93	6	9	0	2420
3	1007	132	6	9	0	3437
4	1070	145	6	9	1	3761
5	1136	158	6	9	3	4109
6	1176	167	6	9	3	4328
7	1170	166	6	9	3	4298
8	1126	156	6	9	0	4059
9	1134	158	6	9	0	4101
10	1158	163	6	9	0	4233
11	1177	167	6	9	0	4338
12	1168	165	6	9	0	4287
13	1168	165	6	9	1	4285
14	1170	165	6	9	0	4297
15	1157	163	6	9	0	4226
16	1064	144	6	9	0	3731
17	893	111	6	10	0	2877
18	733	59	7	12	0	2404

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	616	307547	405931	215283	0,05	7,5
2	794	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1007	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1070	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1136	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1176	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1170	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1126	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1134	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1158	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
11	1177	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1168	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1168	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1170	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1157	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1064	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	893	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	733	368494	405931	257946	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 167 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
3	Clay, clean, moderate	Gebruikerswaarden
2	Sand, clean, moderate	Gebruikerswaarden
1	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=-10 m)		Verticaal 2 (L=15 m)		Verticaal 3 (L=40 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 4 (L=65 m)		Verticaal 5 (L=90 m)		Verticaal 6 (L=115 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 7 (L=127,011 m)		Verticaal 8 (L=140 m)		Verticaal 9 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 10 (L=190 m)		Verticaal 11 (L=215 m)		Verticaal 12 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 13 (L=265 m)		Verticaal 14 (L=290 m)		Verticaal 15 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 16 (L=340 m)		Verticaal 17 (L=365 m)		Verticaal 18 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

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
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 237,34 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 13,40 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 234989 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 450,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm²
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 Trekkrachtberekening

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

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

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding.
De pijpleiding wordt van 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	4
T2	23	6
T3	117	13
T4	328	36
T5	422	48

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T6	441	49

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,40 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: 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 = 441 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 182,762 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,17	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0,59	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,70	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	7,31	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,58	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0052	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,14	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,09	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,08	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	0,84	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,60	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,08	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	0,84	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,60	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	0,70	7,58	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,09	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,60	0,60

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,3 mm (0,35% 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 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 202 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 125 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): 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 = 441 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 182,762 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,17	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0,59	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,70	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	7,31	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,58	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0052	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,14	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,09	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,08	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	0,84	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,60	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,08	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	0,84	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,60	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	0,70	7,58	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,09	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,60	0,60

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,3 mm (0,35% 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 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 202 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 125 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): 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 = 441 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 120 graden
Belastingshoek	:	alfa = 180 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,061
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,083
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,131
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,138
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,089
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 182,762 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,17	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	0,59	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,70	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	7,31	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,58	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0052	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,14	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,09	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,08	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	0,84	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,60	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,08	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	0,84	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,60	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	0,70	7,58	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,09	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,60	0,60

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,3 mm (0,35% 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 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 202 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 125 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

Einde Rapport

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport:	28-10-2026
Tijd van rapport:	13:35:39
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	250822.02 - 3xø110 sdr 11
Projectbeschrijving:	250822.01 Rozenburgweg Malden Muddruk- en sterkte berekening 3xø110 SDR 11

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 7
3.4 Freatische Lijn 7
3.5 Grondprofielen 7
3.6 Grenslagen 7
3.7 Grondeigenschappen 7
3.8 Geometrie 8
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
3.9 Berekenings Verticalen 9
3.10 Verkeersbelasting 9
3.11 Configuratie van de Pijpleiding 9
3.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
3.13 Gegevens voor Leidingberekening 10
3.14 Boorvloeistof Gegevens 11
3.15 Factoren 11
3.16 Rekenopties 11
4 Boorvloeistofdrukken 12
4.1 Boorvloeistof Gegevens 12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 14
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 14
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 15
5 Grondmechanische Data 16
5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1 16
5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 17
5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 18
5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal 19
6 Gegevens voor Sterkteberekening 21
6.1 Algemene Gegevens 21
6.2 Ballasten Leiding 21
6.3 Trekkrachtberekening 21
7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 23
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 24
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 24
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 24
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 24
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
7.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 27
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 28
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 28
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 28
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 28
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
8.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 31
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 32

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 32
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 32
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 32
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33
9.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

De diameter van buis "1x110 SDR 11" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe 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]				
3 - L -	-10,000	-0,022	0,866	1,372	4,864
3 - Z -	7,292	7,292	7,277	7,277	7,377
3 - L -	6,605	8,862	11,838	12,860	16,166
3 - Z -	7,358	7,474	7,375	7,425	7,204
3 - L -	16,858	17,072	20,856	22,305	24,854
3 - Z -	7,197	7,200	7,331	7,338	7,488
3 - L -	27,538	28,852	32,771	33,107	36,848
3 - Z -	7,425	7,499	7,253	7,243	7,336
3 - L -	38,004	40,846	43,237	44,844	48,470
3 - Z -	7,350	7,484	7,444	7,548	7,320
3 - L -	48,843	50,047	52,841	53,703	56,839
3 - Z -	7,326	7,256	7,273	7,289	7,457
3 - L -	58,937	60,837	64,170	64,835	66,988
3 - Z -	7,431	7,562	7,395	7,414	7,298
3 - L -	68,833	69,403	72,831	74,636	76,829
3 - Z -	7,304	7,314	7,407	7,396	7,531
3 - L -	79,869	80,200	80,831	84,052	84,158
3 - Z -	7,368	7,381	7,405	7,190	7,189
3 - L -	84,858	85,082	88,117	88,930	90,259
3 - Z -	7,178	7,180	7,262	7,283	7,274
3 - L -	92,076	93,053	95,403	96,034	97,228
3 - Z -	7,386	7,445	7,368	7,402	7,466
3 - L -	99,993	100,517	101,459	103,951	105,604
3 - Z -	7,298	7,267	7,273	7,222	7,192
3 - L -	105,752	106,612	107,910	110,110	110,669
3 - Z -	7,191	7,207	7,270	7,374	7,363
3 - L -	111,869	114,539	115,716	115,827	119,043
3 - Z -	7,448	7,635	7,569	7,571	7,622
3 - L -	119,786	120,745	122,807	123,745	125,763
3 - Z -	7,616	7,610	7,675	7,680	7,694
3 - L -	127,703	128,314	130,773	131,662	133,098
3 - Z -	7,720	7,729	7,901	7,912	7,932
3 - L -	135,620	135,776	137,988	139,579	140,776
3 - Z -	7,979	7,981	7,997	8,020	8,038
3 - L -	142,993	143,537	145,777	147,496	148,135
3 - Z -	8,051	8,060	8,096	8,108	8,113
3 - L -	150,782	151,455	153,430	155,413	155,793
3 - Z -	8,143	8,147	8,160	8,162	8,163
3 - L -	158,878	159,372	160,814	163,331	164,524
3 - Z -	8,188	8,192	8,205	8,241	8,258
3 - L -	165,848	167,289	170,374	170,898	171,248
3 - Z -	8,270	8,294	8,346	8,352	8,353
3 - L -	173,627	175,206	175,969	176,471	179,165
3 - Z -	8,367	8,360	8,357	8,352	8,317
3 - L -	181,064	182,839	183,124	186,184	187,082
3 - Z -	8,292	8,277	8,274	8,237	8,228
3 - L -	189,559	191,041	191,335	194,999	196,167
3 - Z -	8,204	8,189	8,187	8,152	8,141
3 - L -	196,524	196,671	198,958	201,749	202,917
3 - Z -	8,137	8,135	8,108	8,073	8,048
3 - L -	204,273	206,875	207,017	210,834	212,067

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - Z -	8,018	7,977	7,974	7,891	7,863
3 - L -	212,339	212,505	214,792	217,711	218,751
3 - Z -	7,850	7,835	7,701	7,522	7,547
3 - L -	221,564	222,710	223,142	225,143	226,668
3 - Z -	7,606	7,580	7,570	7,602	7,651
3 - L -	228,643	230,627	231,804	234,210	234,585
3 - Z -	7,712	7,736	7,749	7,768	7,767
3 - L -	236,553	238,544	239,864	242,503	243,900
3 - Z -	7,766	7,774	7,778	7,779	7,780
3 - L -	245,602	246,461	246,847	250,420	251,439
3 - Z -	7,790	7,801	7,806	7,862	7,877
3 - L -	254,379	256,293	257,384	258,337	259,594
3 - Z -	7,895	7,906	7,910	7,933	7,962
3 - L -	262,296	263,450	265,114	266,254	269,645
3 - Z -	8,012	8,033	8,061	8,081	8,140
3 - L -	270,213	273,426	274,172	275,996	278,130
3 - Z -	8,152	8,218	8,226	8,245	8,239
3 - L -	281,318	282,089	282,505	286,047	288,858
3 - Z -	8,229	8,236	8,240	8,262	8,279
3 - L -	289,209	290,006	293,965	296,101	297,923
3 - Z -	8,282	8,284	8,293	8,298	8,290
3 - L -	301,882	303,091	303,291	305,841	309,799
3 - Z -	8,274	8,269	8,269	8,238	8,191
3 - L -	310,735	313,758	316,425	317,716	318,512
3 - Z -	8,184	8,178	8,174	8,162	8,155
3 - L -	321,675	322,822	325,634	326,686	329,067
3 - Z -	8,171	8,177	8,187	8,191	8,184
3 - L -	329,592	333,551	334,810	335,167	335,339
3 - Z -	8,184	8,183	8,183	8,182	8,183
3 - L -	337,509	338,844	341,152	341,468	342,464
3 - Z -	8,177	8,173	8,171	8,170	8,165
3 - L -	344,578	345,427	347,017	349,385	350,507
3 - Z -	8,168	8,162	8,153	8,161	8,165
3 - L -	352,788	353,344	354,585	357,302	358,463
3 - Z -	8,162	8,164	8,170	8,159	8,155
3 - L -	361,261	362,598	364,058	365,220	365,596
3 - Z -	8,179	8,191	8,192	8,199	8,201
3 - L -	369,178	369,580	372,853	373,137	375,029
3 - Z -	8,109	8,100	8,118	8,115	8,091
3 - L -	377,095	378,088	380,421	381,054	381,905
3 - Z -	8,131	8,151	8,106	8,135	8,176
3 - L -	385,013	385,756	388,971	390,155	391,046
3 - Z -	8,148	8,142	8,266	8,313	8,317
3 - L -	392,785	396,325	398,137	401,603	406,120
3 - Z -	8,339	8,333	8,338	8,311	8,284
3 - L -	406,882	408,372	412,161	414,102	417,440
3 - Z -	8,278	8,295	8,170	8,312	8,305
3 - L -	419,090	422,719	423,959	427,998	430,067
3 - Z -	8,290	8,352	8,364	8,356	8,357
3 - L -	433,277	438,049	438,556	439,546	443,835
3 - Z -	8,335	8,361	8,357	8,370	8,348
3 - L -	446,032	449,114	454,014	454,393	455,134
3 - Z -	8,341	8,296	8,367	8,363	8,368
3 - L -	459,672	461,996	464,951	469,979	470,230
3 - Z -	8,262	8,276	8,228	8,293	8,289
3 - L -	470,721	475,509	477,961	480,788	485,944
3 - Z -	8,303	8,290	8,319	8,252	8,221
3 - L -	486,067	486,308	491,346	493,926	496,625
3 - Z -	8,218	8,220	8,153	8,151	8,117
3 - L -	501,895	507,183	509,891	512,462	517,482
3 - Z -	8,160	8,146	8,175	8,162	8,243
3 - L -	517,741	517,873	523,020	525,856	528,299
3 - Z -	8,244	8,247	8,248	8,318	8,307
3 - L -	533,069	533,578	533,838	538,857	541,821
3 - Z -	8,398	8,397	8,402	8,369	8,387

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - L -	544,136	548,656	549,415	549,803	553,630
3 - Z -	8,340	8,382	8,377	8,380	8,340
3 - L -	590,000				
3 - Z -	8,340				
2 - L -	-10,000	590,000			
2 - Z -	5,600	5,600			
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	3,400	3,400			
0 - L -	-10,000	590,000			
0 - Z -	-24,416	-24,416			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	6,200	6,200			

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
3	Clay, clean, moderate	1	1
2	Sand, clean, moder...	1	1
1	Sand, sl sil, moderate	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate

3.7 Grondeigenschappen

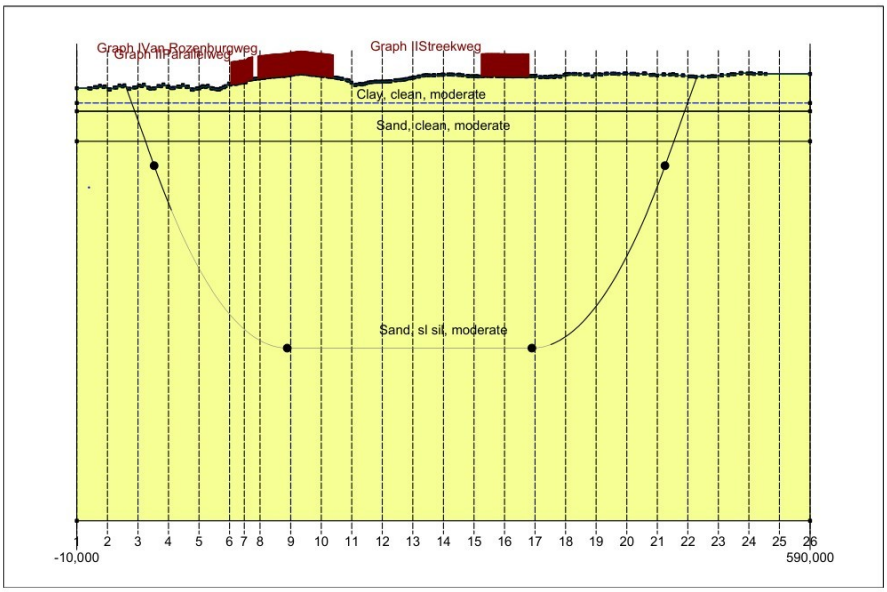
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	18,00	18,00	9,00	17,50	75,00	75,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00
Sand, ve sil, loose	18,50	20,50	0,00	27,50	0,00	0,00
Sand, sl sil, moderate	18,50	20,50	0,00	29,75	0,00	0,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	-	-	3000,00	3000,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00
Sand, ve sil, loose	-	-	22500,00	22500,00
Sand, sl sil, moderate	-	-	42500,00	42500,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00

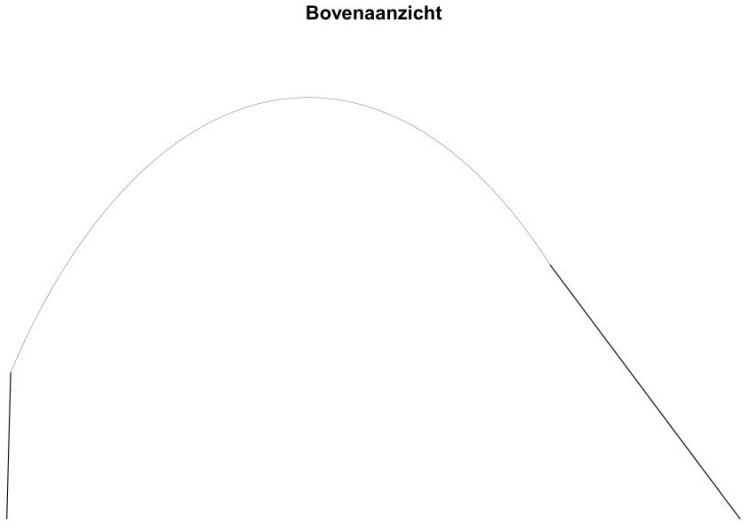
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Clay, clean, moderate	-	-	0,45
Sand, clean, moder...	-	-	0,35
Sand, ve sil, loose	-	-	0,35
Sand, sl sil, moderate	-	-	0,35
Sand, clean, moder...	-	-	0,35

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	-10,000	n.a.
2	15,000	n.a.
3	40,000	4,934
4	65,000	-1,136
5	90,000	-5,930
6	115,000	-9,279
7	127,011	-10,384
8	140,000	-11,215
9	165,000	-11,764
10	190,000	-11,764
11	215,000	-11,764
12	240,000	-11,764
13	265,000	-11,764
14	290,000	-11,764
15	315,000	-11,764
16	340,000	-11,764
17	365,000	-11,757
18	390,000	-10,923
19	415,000	-8,691
20	440,000	-5,040
21	465,000	0,065
22	490,000	6,249
23	515,000	n.a.
24	540,000	n.a.
25	565,000	n.a.
26	590,000	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

Parallelweg		
L begin	116,00	[m]
L einde	134,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	
Van Rozenburgweg		
L begin	138,00	[m]
L einde	200,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Streekweg		
L begin	321,00	[m]
L einde	360,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	

3.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	30,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	7,427	[m]
X coördinaat rechter punt	408,917	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	8,124	[m]
Hoek links	14,0000	[gr]
Hoek rechts	14,0000	[gr]
Kromtestraal links	450,000	[m]
Kromtestraal rechts	450,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	450,000	[m]

Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-11,764	[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	32,030	38,474	310,781	66,601	200,000	links

3.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
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	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m³]

Opleghoek	30	[gr]
Belastingshoek	30	[gr]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[gr]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

3.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,450	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,450	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,191	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	700,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	750,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

3.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	166	166	33	269
2	377	654	113	323
3	521	888	179	363
4	629	1064	229	388
5	663	1120	248	394
6	696	1175	264	397
7	718	1212	282	390
8	716	1208	295	377
9	701	1179	308	365
10	703	1184	320	352
11	712	1200	333	339
12	718	1213	346	327
13	715	1207	358	314
14	715	1207	371	301
15	716	1208	383	289
16	696	1178	387	267
17	634	1080	375	229
18	531	916	347	176
19	370	647	303	106
20	64	99	248	25

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	122	122	30	33
2	377	582	102	113
3	521	888	160	179
4	629	1064	201	229
5	663	1120	216	248
6	696	1174	228	264
7	718	1212	238	282
8	716	1208	243	278
9	701	1179	248	273
10	703	1184	252	269
11	712	1200	257	264
12	718	1213	261	260
13	715	1207	266	255
14	715	1206	271	250
15	716	1208	275	246
16	696	1178	267	232
17	634	1079	229	202
18	531	915	176	157
19	370	572	106	96
20	64	82	25	22

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	122	122	30	30
2	377	582	103	102
3	521	888	163	160
4	629	1064	206	201
5	663	1120	221	216
6	696	1174	233	228
7	718	1212	245	238
8	716	1208	251	243

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
9	701	1179	257	248
10	703	1184	263	252
11	712	1200	264	257
12	718	1213	260	261
13	715	1207	255	264
14	715	1206	250	258
15	716	1208	246	252
16	696	1178	232	237
17	634	1079	202	206
18	531	915	157	160
19	370	572	96	97
20	64	82	22	23

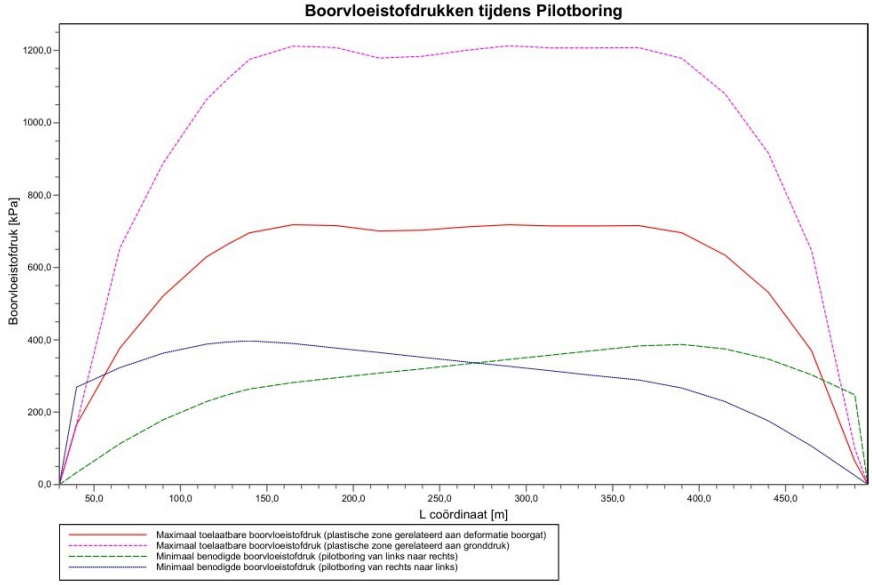
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	28	13	2,19	voldoet
2	95	73	1,30	voldoet
3	149	121	1,23	voldoet
4	187	155	1,21	voldoet
5	199	166	1,20	voldoet
6	209	174	1,20	voldoet
7	215	180	1,20	voldoet
8	216	180	1,20	voldoet
9	216	180	1,20	voldoet
10	216	180	1,21	voldoet
11	217	180	1,21	voldoet
12	217	180	1,21	voldoet
13	218	180	1,21	voldoet
14	218	180	1,22	voldoet
15	219	180	1,22	voldoet
16	210	171	1,23	voldoet
17	186	149	1,25	voldoet
18	146	112	1,29	voldoet
19	89	61	1,46	voldoet
20	21	0	-	voldoet

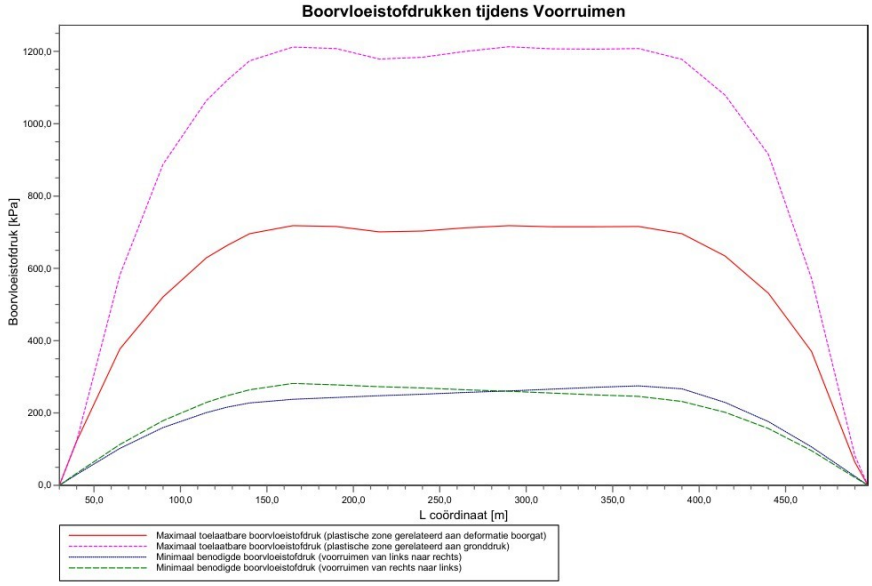
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

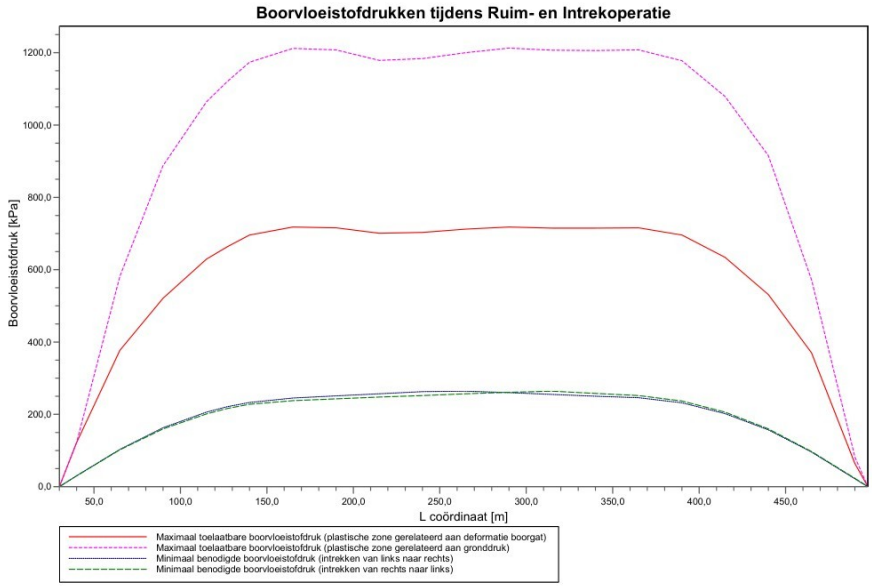
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	259	34	7	11	0	1370
2	815	97	6	9	0	2513
3	1070	145	6	9	0	3760
4	1265	186	6	9	0	4829
5	1326	199	6	9	0	5178
6	1389	214	6	9	2	5552
7	1432	224	6	9	2	5812
8	1427	223	6	9	2	5783
9	1388	213	6	9	0	5544
10	1395	215	6	9	0	5586
11	1416	220	6	9	0	5717
12	1434	224	6	9	0	5822
13	1426	222	6	9	0	5772
14	1425	222	6	9	0	5770
15	1427	223	6	9	0	5780
16	1398	216	6	9	0	5603
17	1294	192	6	9	0	4996
18	1120	155	6	9	0	4028
19	827	99	6	10	0	2570
20	163	34	22	34	0	422

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	438	405931	405931	284152	0,05	7,5
2	815	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1070	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1265	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1326	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1389	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1432	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1427	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1388	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1395	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1416	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1434	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1426	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1425	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1427	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1398	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1294	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1120	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	827	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
20	163	17042	17042	11930	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 224 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 34 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	259	34	7	11	0	1370
2	815	97	6	9	0	2513
3	1070	145	6	9	0	3760
4	1265	186	6	9	0	4829
5	1326	199	6	9	0	5178
6	1389	214	6	9	2	5552
7	1432	224	6	9	2	5812
8	1427	223	6	9	2	5783
9	1388	213	6	9	0	5544
10	1395	215	6	9	0	5586
11	1416	220	6	9	0	5717
12	1434	224	6	9	0	5822
13	1426	222	6	9	0	5772
14	1425	222	6	9	0	5770
15	1427	223	6	9	0	5780
16	1398	216	6	9	0	5603
17	1294	192	6	9	0	4996
18	1120	155	6	9	0	4028
19	827	99	6	10	0	2570
20	163	34	22	34	0	422

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	438	405931	405931	284152	0,05	7,5
2	815	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1070	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1265	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1326	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1389	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1432	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1427	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1388	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1395	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
11	1416	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1434	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1426	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1425	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1427	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1398	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1294	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1120	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	827	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	163	17042	17042	11930	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 224 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 34 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	259	34	7	11	0	1370
2	815	97	6	9	0	2513
3	1070	145	6	9	0	3760
4	1265	186	6	9	0	4829
5	1326	199	6	9	0	5178
6	1389	214	6	9	2	5552
7	1432	224	6	9	2	5812
8	1427	223	6	9	2	5783
9	1388	213	6	9	0	5544
10	1395	215	6	9	0	5586
11	1416	220	6	9	0	5717
12	1434	224	6	9	0	5822
13	1426	222	6	9	0	5772
14	1425	222	6	9	0	5770
15	1427	223	6	9	0	5780
16	1398	216	6	9	0	5603
17	1294	192	6	9	0	4996
18	1120	155	6	9	0	4028
19	827	99	6	10	0	2570
20	163	34	22	34	0	422

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	438	405931	405931	284152	0,05	7,5
2	815	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1070	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1265	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1326	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1389	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1432	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1427	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1388	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1395	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1416	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1434	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1426	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1425	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1427	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1398	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1294	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1120	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	827	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	163	17042	17042	11930	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 224 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 34 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
3	Clay, clean, moderate	Gebruikerswaarden
2	Sand, clean, moderate	Gebruikerswaarden
1	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=-10 m)		Verticaal 2 (L=15 m)		Verticaal 3 (L=40 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 4 (L=65 m)		Verticaal 5 (L=90 m)		Verticaal 6 (L=115 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 7 (L=127,011 m)		Verticaal 8 (L=140 m)		Verticaal 9 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 10 (L=190 m)		Verticaal 11 (L=215 m)		Verticaal 12 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

Laag nummer	Verticaal 10 (L=190 m)		Verticaal 11 (L=215 m)		Verticaal 12 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 13 (L=265 m)		Verticaal 14 (L=290 m)		Verticaal 15 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 16 (L=340 m)		Verticaal 17 (L=365 m)		Verticaal 18 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 19 (L=415 m)		Verticaal 20 (L=440 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500

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
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 237,34 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 13,40 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 234989 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 450,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm²
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 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	32,26	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	28,62	[kg/m]	

Resultaat	:	3,64	[kg/m]	(Leiding beweegt opwaarts)

6.3 Trekkrachtberekening

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

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

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding.
De pijpleiding wordt van 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	13
T2	27	14
T3	137	17
T4	337	25
T5	447	30

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T6	471	30

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,40 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: 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 = 471 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 182,762 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,17	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1,97	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2,07	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	4,52	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4,79	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0052	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,31	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	2,91	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,30	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	2,91	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,07	4,79	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	2,91	2,91

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (2,06% 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 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 264 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 192 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1740 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 180 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): 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 = 471 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 182,762 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,17	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1,97	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2,07	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	4,52	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4,79	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0052	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,31	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	2,91	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,30	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	2,91	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,07	4,79	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	2,91	2,91

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (2,06% 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 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 264 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 192 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1740 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 180 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): 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 = 471 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 34 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 182,762 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,17	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1,97	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2,07	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	4,52	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4,79	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0052	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,31	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	2,91	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	4,30	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	

sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))

Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	2,91	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,07	4,79	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,10	0,10
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	2,91	2,91

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (2,06% 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 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 264 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 192 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1740 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 180 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

Einde Rapport

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport:	28-10-2026
Tijd van rapport:	13:26:37
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	250822.03 - 3xø110 sdr 11
Projectbeschrijving:	250822.01 Rozenburgweg Malden Muddruk- en sterkte berekening 3xø110 SDR 11

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 7
3.4 Freatische Lijn 7
3.5 Grondprofielen 7
3.6 Grenslagen 7
3.7 Grondeigenschappen 7
3.8 Geometrie 8
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
3.9 Berekenings Verticalen 9
3.10 Verkeersbelasting 9
3.11 Configuratie van de Pijpleiding 9
3.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
3.13 Gegevens voor Leidingberekening 10
3.14 Boorvloeistof Gegevens 11
3.15 Factoren 11
3.16 Rekenopties 11
4 Boorvloeistofdrukken 12
4.1 Boorvloeistof Gegevens 12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 14
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 14
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 15
5 Grondmechanische Data 16
5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1 16
5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 17
5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 18
5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal 19
6 Gegevens voor Sterkteberekening 21
6.1 Algemene Gegevens 21
6.2 Ballasten Leiding 21
6.3 Trekkrachtberekening 21
7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 23
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 24
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 24
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 24
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 24
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
7.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 27
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 28
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 28
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 28
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 28
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
8.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 31
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 32

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 32
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 32
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 32
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33
9.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

De diameter van buis "1x110 SDR 11" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe 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]				
3 - L -	-10,000	-0,022	0,866	1,372	4,864
3 - Z -	7,292	7,292	7,277	7,277	7,377
3 - L -	6,605	8,862	11,838	12,860	16,000
3 - Z -	7,358	7,474	7,375	7,285	7,285
3 - L -	16,858	17,072	20,856	22,305	24,854
3 - Z -	7,197	7,200	7,331	7,338	7,488
3 - L -	27,538	28,852	32,771	33,107	36,848
3 - Z -	7,425	7,499	7,253	7,243	7,336
3 - L -	38,004	40,846	43,237	44,844	48,470
3 - Z -	7,350	7,484	7,444	7,548	7,320
3 - L -	48,843	50,047	52,841	53,703	56,839
3 - Z -	7,326	7,256	7,273	7,289	7,457
3 - L -	58,937	60,837	64,170	64,835	66,988
3 - Z -	7,431	7,562	7,395	7,414	7,298
3 - L -	68,833	69,403	72,831	74,636	76,829
3 - Z -	7,304	7,314	7,407	7,396	7,531
3 - L -	79,869	80,200	80,831	84,052	84,158
3 - Z -	7,368	7,381	7,405	7,190	7,189
3 - L -	84,858	85,082	88,117	88,930	90,259
3 - Z -	7,178	7,180	7,262	7,283	7,274
3 - L -	92,076	93,053	95,403	96,034	97,228
3 - Z -	7,386	7,445	7,368	7,402	7,466
3 - L -	99,993	100,517	101,459	103,951	105,604
3 - Z -	7,298	7,267	7,273	7,222	7,192
3 - L -	105,752	106,612	107,910	110,110	110,669
3 - Z -	7,191	7,207	7,270	7,374	7,363
3 - L -	111,869	114,539	115,716	115,827	119,043
3 - Z -	7,448	7,635	7,569	7,571	7,622
3 - L -	119,786	120,745	122,807	123,745	125,763
3 - Z -	7,616	7,610	7,675	7,680	7,694
3 - L -	127,703	128,314	130,773	131,662	133,098
3 - Z -	7,720	7,729	7,901	7,912	7,932
3 - L -	135,620	135,776	137,988	139,579	140,776
3 - Z -	7,979	7,981	7,997	8,020	8,038
3 - L -	142,993	143,537	145,777	147,496	148,135
3 - Z -	8,051	8,060	8,096	8,108	8,113
3 - L -	150,782	151,455	153,430	155,413	155,793
3 - Z -	8,143	8,147	8,160	8,162	8,163
3 - L -	158,878	159,372	160,814	163,331	164,524
3 - Z -	8,188	8,192	8,205	8,241	8,258
3 - L -	165,848	167,289	170,374	170,898	171,248
3 - Z -	8,270	8,294	8,346	8,352	8,353
3 - L -	173,627	175,206	175,969	176,471	179,165
3 - Z -	8,367	8,360	8,357	8,352	8,317
3 - L -	181,064	182,839	183,124	186,184	187,082
3 - Z -	8,292	8,277	8,274	8,237	8,228
3 - L -	189,559	191,041	191,335	194,999	196,167
3 - Z -	8,204	8,189	8,187	8,152	8,141
3 - L -	196,524	196,671	198,958	201,749	202,917
3 - Z -	8,137	8,135	8,108	8,073	8,048
3 - L -	204,273	206,875	207,017	210,834	212,067

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - Z -	8,018	7,977	7,974	7,891	7,863
3 - L -	212,339	212,505	214,792	217,711	218,751
3 - Z -	7,850	7,835	7,701	7,522	7,547
3 - L -	221,564	222,710	223,142	225,143	226,668
3 - Z -	7,606	7,580	7,570	7,602	7,651
3 - L -	228,643	230,627	231,804	234,210	234,585
3 - Z -	7,712	7,736	7,749	7,768	7,767
3 - L -	236,553	238,544	239,864	242,503	243,900
3 - Z -	7,766	7,774	7,778	7,779	7,780
3 - L -	245,602	246,461	246,847	250,420	251,439
3 - Z -	7,790	7,801	7,806	7,862	7,877
3 - L -	254,379	256,293	257,384	258,337	259,594
3 - Z -	7,895	7,906	7,910	7,933	7,962
3 - L -	262,296	263,450	265,114	266,254	269,645
3 - Z -	8,012	8,033	8,061	8,081	8,140
3 - L -	270,213	273,426	274,172	275,996	278,130
3 - Z -	8,152	8,218	8,226	8,245	8,239
3 - L -	281,318	282,089	282,505	286,047	288,858
3 - Z -	8,229	8,236	8,240	8,262	8,279
3 - L -	289,209	290,006	293,965	296,101	297,923
3 - Z -	8,282	8,284	8,293	8,298	8,290
3 - L -	301,882	303,091	303,291	305,841	309,799
3 - Z -	8,274	8,269	8,269	8,238	8,191
3 - L -	310,735	313,758	316,425	317,716	318,512
3 - Z -	8,184	8,178	8,174	8,162	8,155
3 - L -	321,675	322,822	325,634	326,686	329,067
3 - Z -	8,171	8,177	8,187	8,191	8,184
3 - L -	329,592	333,551	334,810	335,167	335,339
3 - Z -	8,184	8,183	8,183	8,182	8,183
3 - L -	337,509	338,844	341,152	341,468	342,464
3 - Z -	8,177	8,173	8,171	8,170	8,165
3 - L -	344,578	345,427	347,017	349,385	350,507
3 - Z -	8,168	8,162	8,153	8,161	8,165
3 - L -	352,788	353,344	354,585	357,302	358,463
3 - Z -	8,162	8,164	8,170	8,159	8,155
3 - L -	361,261	362,598	364,058	365,220	365,596
3 - Z -	8,179	8,191	8,192	8,199	8,201
3 - L -	369,178	369,580	372,853	373,137	375,029
3 - Z -	8,109	8,100	8,118	8,115	8,091
3 - L -	377,095	378,088	380,421	381,054	381,905
3 - Z -	8,131	8,151	8,106	8,135	8,176
3 - L -	385,013	385,756	388,971	390,155	391,046
3 - Z -	8,148	8,142	8,266	8,313	8,317
3 - L -	392,785	396,325	398,137	401,603	406,120
3 - Z -	8,339	8,333	8,338	8,311	8,284
3 - L -	406,882	408,372	412,161	414,102	417,440
3 - Z -	8,278	8,295	8,170	8,312	8,305
3 - L -	419,090	422,719	423,959	427,998	430,067
3 - Z -	8,290	8,352	8,364	8,356	8,357
3 - L -	433,277	438,049	438,556	439,546	443,835
3 - Z -	8,335	8,361	8,357	8,370	8,348
3 - L -	446,032	449,114	454,014	454,393	455,134
3 - Z -	8,341	8,296	8,367	8,363	8,368
3 - L -	459,672	461,996	464,951	469,979	470,230
3 - Z -	8,262	8,276	8,228	8,293	8,289
3 - L -	470,721	475,509	477,961	480,788	485,944
3 - Z -	8,303	8,290	8,319	8,252	8,221
3 - L -	486,067	486,308	491,346	493,926	496,625
3 - Z -	8,218	8,220	8,153	8,151	8,117
3 - L -	501,895	507,183	509,891	512,462	517,482
3 - Z -	8,160	8,146	8,175	8,288	8,288
3 - L -	517,741	517,873	523,020	525,856	528,299
3 - Z -	8,244	8,247	8,248	8,318	8,307
3 - L -	533,069	533,578	533,838	538,857	541,821
3 - Z -	8,398	8,397	8,402	8,369	8,387

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - L -	544,136	548,656	549,415	549,803	553,630
3 - Z -	8,340	8,382	8,377	8,380	8,340
3 - L -	590,000				
3 - Z -	8,340				
2 - L -	-10,000	590,000			
2 - Z -	5,600	5,600			
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	3,400	3,400			
0 - L -	-10,000	590,000			
0 - Z -	-24,416	-24,416			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	6,200	6,200			

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
3	Clay, clean, moderate	1	1
2	Sand, clean, moder...	1	1
1	Sand, sl sil, moderate	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate

3.7 Grondeigenschappen

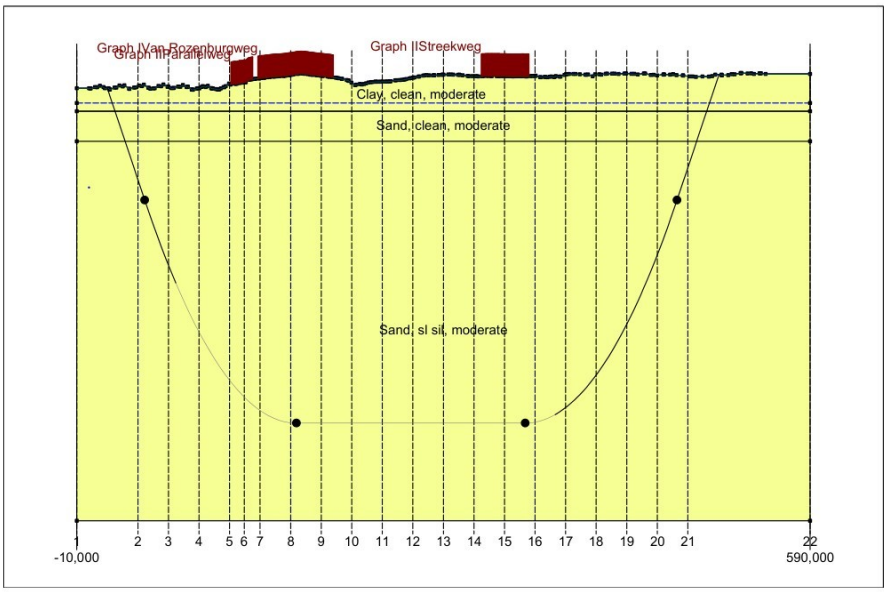
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	18,00	18,00	9,00	17,50	75,00	75,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00
Sand, ve sil, loose	18,50	20,50	0,00	27,50	0,00	0,00
Sand, sl sil, moderate	18,50	20,50	0,00	29,75	0,00	0,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	-	-	3000,00	3000,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00
Sand, ve sil, loose	-	-	22500,00	22500,00
Sand, sl sil, moderate	-	-	42500,00	42500,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00

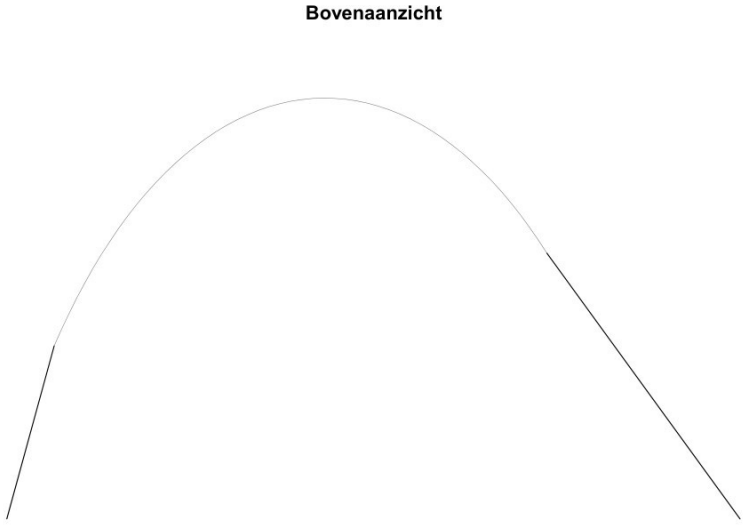
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Clay, clean, moderate	-	-	0,45
Sand, clean, moder...	-	-	0,35
Sand, ve sil, loose	-	-	0,35
Sand, sl sil, moderate	-	-	0,35
Sand, clean, moder...	-	-	0,35

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	-10,000	n.a.
2	40,000	0,583
3	65,000	-5,684
4	90,000	-10,584
5	115,000	-14,126
6	127,011	-15,353
7	140,000	-16,338
8	165,000	-17,240
9	190,000	-17,264
10	215,000	-17,264
11	240,000	-17,264
12	265,000	-17,264
13	290,000	-17,264
14	315,000	-17,264
15	340,000	-17,264
16	365,000	-17,196
17	390,000	-16,122
18	415,000	-13,736
19	440,000	-10,018
20	465,000	-4,936
21	490,000	1,465
22	590,000	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

Parallelweg		
L begin	116,00	[m]
L einde	134,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	
Van Rozenburgweg		
L begin	138,00	[m]
L einde	200,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Streekweg		
L begin	321,00	[m]
L einde	360,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	

3.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	15,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	7,282	[m]
X coördinaat rechter punt	430,210	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	8,288	[m]
Hoek links	15,0000	[gr]
Hoek rechts	15,0000	[gr]
Kromtestraal links	480,000	[m]
Kromtestraal rechts	480,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	480,000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-17,264	[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	41,864	49,766	320,755	76,466	200,000	links

3.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]
Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]
Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
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	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m³]
Opleghoek	30	[gr]
Belastingshoek	30	[gr]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]

Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[gr]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

3.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,450	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,450	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,191	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	700,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	750,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

3.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	322	529	87	328
2	518	885	170	385
3	655	1103	237	426
4	763	1276	289	453
5	799	1334	309	460
6	834	1392	327	465
7	864	1441	349	462
8	863	1439	362	450
9	848	1412	375	437
10	851	1417	388	424
11	859	1432	400	412
12	865	1443	413	399
13	862	1438	426	386
14	862	1438	438	374
15	861	1436	450	360
16	836	1398	451	336
17	773	1299	437	297
18	673	1142	409	243
19	524	902	365	173
20	322	536	307	89

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	322	451	79	87
2	518	885	153	170
3	655	1103	213	237
4	763	1276	257	289
5	799	1334	272	309
6	833	1392	286	327
7	864	1441	300	349
8	863	1439	305	344
9	848	1412	310	340
10	851	1417	315	335
11	859	1431	319	330
12	865	1443	324	326
13	862	1438	328	321
14	862	1437	333	317
15	861	1436	337	311
16	836	1398	330	295
17	772	1298	297	264
18	673	1142	243	218
19	523	901	173	156
20	323	456	89	81

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	322	451	80	79
2	518	885	156	153
3	655	1103	216	213
4	763	1276	262	257
5	799	1334	278	272
6	833	1392	292	286
7	864	1441	308	300
8	863	1439	314	305

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
9	848	1412	320	310
10	851	1417	326	315
11	859	1431	330	319
12	865	1443	326	324
13	862	1438	321	328
14	862	1437	317	325
15	861	1436	311	319
16	836	1398	295	301
17	772	1298	264	269
18	673	1142	218	221
19	523	901	156	159
20	323	456	81	82

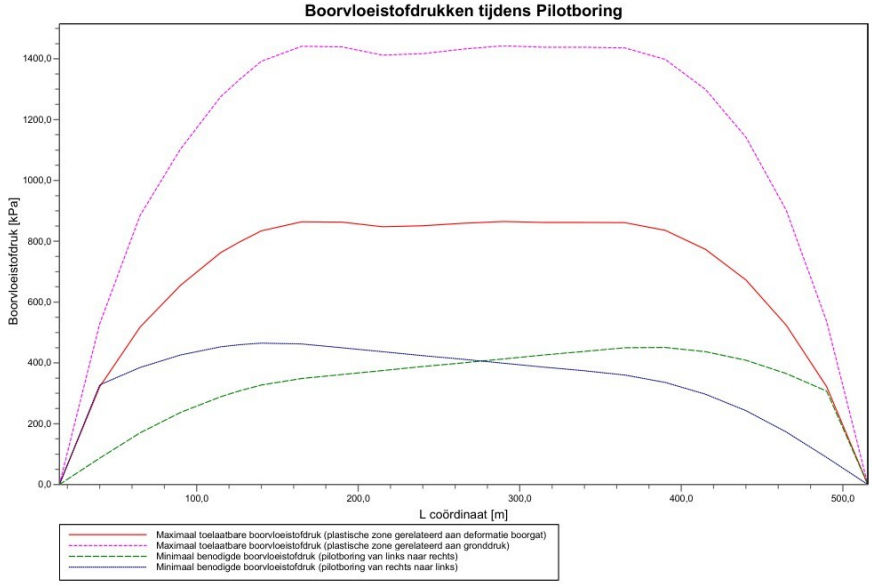
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	74	56	1,32	voldoet
2	144	119	1,22	voldoet
3	199	168	1,19	voldoet
4	239	203	1,18	voldoet
5	253	216	1,18	voldoet
6	265	225	1,17	voldoet
7	275	234	1,17	voldoet
8	276	235	1,18	voldoet
9	277	235	1,18	voldoet
10	277	235	1,18	voldoet
11	278	235	1,19	voldoet
12	279	235	1,19	voldoet
13	279	235	1,19	voldoet
14	280	235	1,19	voldoet
15	280	234	1,20	voldoet
16	269	223	1,20	voldoet
17	243	199	1,22	voldoet
18	202	162	1,25	voldoet
19	146	111	1,31	voldoet
20	76	47	1,60	voldoet

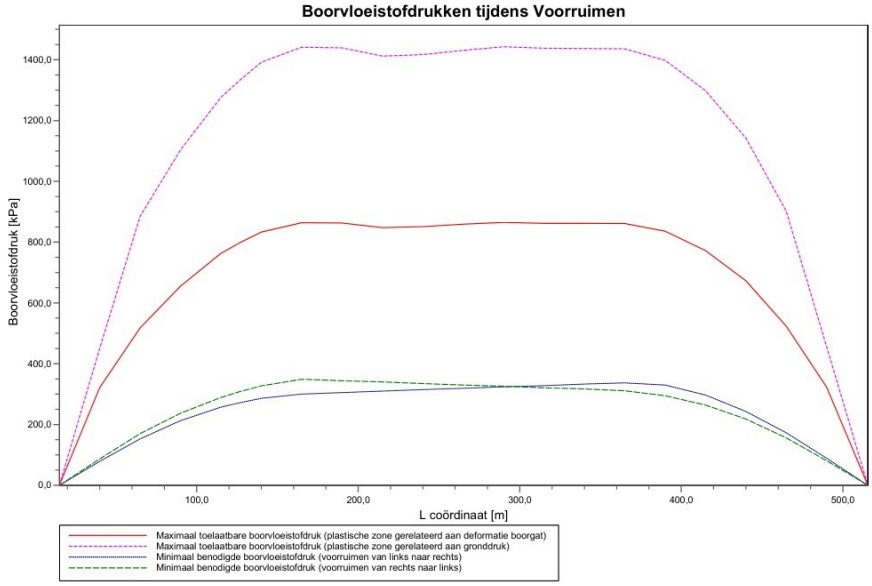
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

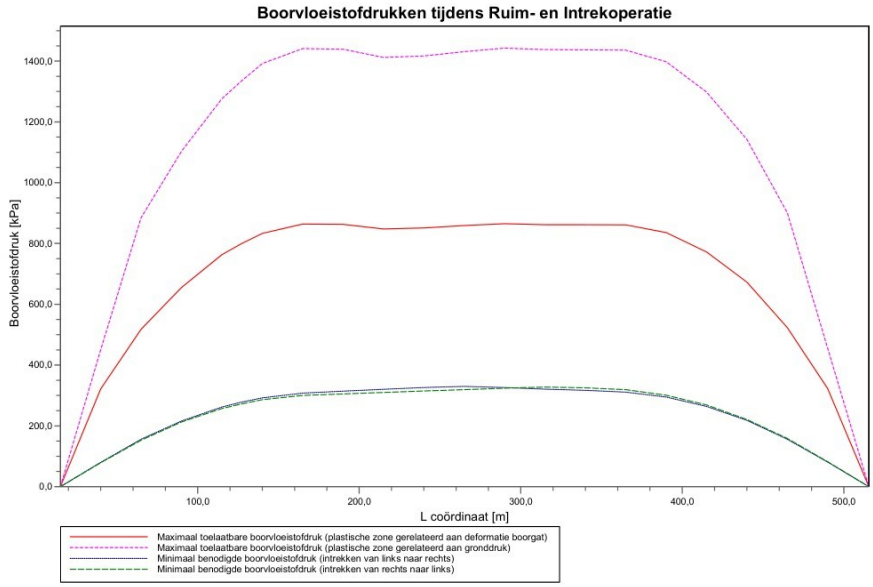
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	711	79	6	9	0	2063
2	1069	145	6	9	0	3753
3	1300	194	5	9	0	5029
4	1487	237	6	9	0	6151
5	1549	252	6	9	0	6533
6	1614	268	6	9	2	6949
7	1669	281	6	9	2	7305
8	1665	280	6	9	2	7282
9	1628	271	6	9	0	7043
10	1635	273	6	9	0	7085
11	1655	278	6	9	0	7217
12	1671	282	6	9	0	7322
13	1663	280	6	9	0	7271
14	1663	280	6	9	0	7269
15	1662	280	6	9	0	7263
16	1625	270	6	9	0	7021
17	1523	245	6	9	0	6372
18	1361	207	6	9	0	5385
19	1103	151	6	9	0	3934
20	733	83	7	10	0	2162

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	711	277393	277393	194175	0,05	7,5
2	1069	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1300	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1487	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1549	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1614	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1669	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1665	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1628	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1635	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1655	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1671	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1663	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1663	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1662	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1625	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1523	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1361	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1103	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
20	733	277393	277393	194175	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 282 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 11 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 10 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 277393 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 554786 kN/m³

5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	711	79	6	9	0	2063
2	1069	145	6	9	0	3753
3	1300	194	5	9	0	5029
4	1487	237	6	9	0	6151
5	1549	252	6	9	0	6533
6	1614	268	6	9	2	6949
7	1669	281	6	9	2	7305
8	1665	280	6	9	2	7282
9	1628	271	6	9	0	7043
10	1635	273	6	9	0	7085
11	1655	278	6	9	0	7217
12	1671	282	6	9	0	7322
13	1663	280	6	9	0	7271
14	1663	280	6	9	0	7269
15	1662	280	6	9	0	7263
16	1625	270	6	9	0	7021
17	1523	245	6	9	0	6372
18	1361	207	6	9	0	5385
19	1103	151	6	9	0	3934
20	733	83	7	10	0	2162

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	711	277393	277393	194175	0,05	7,5
2	1069	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1300	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1487	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1549	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1614	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1669	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1665	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1628	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1635	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
11	1655	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1671	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1663	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1663	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1662	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1625	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1523	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1361	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1103	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	733	277393	277393	194175	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 282 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 11 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 10 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 277393 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 554786 kN/m³

5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	711	79	6	9	0	2063
2	1069	145	6	9	0	3753
3	1300	194	5	9	0	5029
4	1487	237	6	9	0	6151
5	1549	252	6	9	0	6533
6	1614	268	6	9	2	6949
7	1669	281	6	9	2	7305
8	1665	280	6	9	2	7282
9	1628	271	6	9	0	7043
10	1635	273	6	9	0	7085
11	1655	278	6	9	0	7217
12	1671	282	6	9	0	7322
13	1663	280	6	9	0	7271
14	1663	280	6	9	0	7269
15	1662	280	6	9	0	7263
16	1625	270	6	9	0	7021
17	1523	245	6	9	0	6372
18	1361	207	6	9	0	5385
19	1103	151	6	9	0	3934
20	733	83	7	10	0	2162

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	711	277393	277393	194175	0,05	7,5
2	1069	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1300	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1487	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1549	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1614	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1669	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1665	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1628	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1635	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1655	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1671	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1663	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1663	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1662	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1625	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1523	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1361	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1103	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	733	277393	277393	194175	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 282 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 11 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 10 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 277393 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 554786 kN/m³

5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
3	Clay, clean, moderate	Gebruikerswaarden
2	Sand, clean, moderate	Gebruikerswaarden
1	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=-10 m)		Verticaal 2 (L=40 m)		Verticaal 3 (L=65 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 4 (L=90 m)		Verticaal 5 (L=115 m)		Verticaal 6 (L=127,011 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 7 (L=140 m)		Verticaal 8 (L=165 m)		Verticaal 9 (L=190 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 10 (L=215 m)		Verticaal 11 (L=240 m)		Verticaal 12 (L=265 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

Laag nummer	Verticaal 10 (L=215 m)		Verticaal 11 (L=240 m)		Verticaal 12 (L=265 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 13 (L=290 m)		Verticaal 14 (L=315 m)		Verticaal 15 (L=340 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 16 (L=365 m)		Verticaal 17 (L=390 m)		Verticaal 18 (L=415 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 19 (L=440 m)		Verticaal 20 (L=465 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500

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
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 237,34 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 13,40 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 159827 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 480,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm²
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 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	32,26	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	28,62	[kg/m]	

Resultaat	:	3,64	[kg/m]	(Leiding beweegt opwaarts)

6.3 Trekkrachtberekening

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

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

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding.
De pijpleiding wordt van 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	14
T2	36	15
T3	161	18
T4	348	26
T5	474	32

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T6	506	33

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,40 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: 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 = 506 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 10 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 277393 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 184,615 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 0,16 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	2,11	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2,21	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	4,83	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	5,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	7,9E-3	1/mm
qr	=	0,0042	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,25	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,16	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,15	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,33	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,97	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,15	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,33	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,97	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,21	5,10	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,16	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,97	0,97

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,7 mm (0,71% 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 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 328 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 245 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1793 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 235 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): 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 = 506 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 10 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 277393 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 184,615 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,16	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	2,11	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2,21	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	4,83	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	5,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	7,9E-3	1/mm
qr	=	0,0042	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,25	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,16	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,15	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,33	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,97	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,15	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,33	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,97	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,21	5,10	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,16	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,97	0,97

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,7 mm (0,71% 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 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 328 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 245 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1793 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 235 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): 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 = 506 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 10 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 277393 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 184,615 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 = 1,40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,16	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	2,11	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2,21	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,41	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	4,83	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	5,10	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	7,9E-3	1/mm
qr	=	0,0042	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,25	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,16	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,15	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,33	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,97	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,15	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,33	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,97	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	2,21	5,10	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,16	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	0,97	0,97

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,7 mm (0,71% 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 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 328 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 245 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1793 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 235 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

Einde Rapport

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport:	30-9-2026
Tijd van rapport:	15:24:14
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	DRI bestand - - Tracé 4-250822.04
Projectbeschrijving:	250822.04 Rozenburgweg Malden Muddruk- en sterkte berekening 3xø110 SDR 11

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 7
3.4 Freatische Lijn 7
3.5 Grondprofielen 7
3.6 Grenslagen 7
3.7 Grondeigenschappen 7
3.8 Geometrie 8
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
3.9 Berekenings Verticalen 9
3.10 Verkeersbelasting 9
3.11 Configuratie van de Pijpleiding 9
3.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
3.13 Gegevens voor Leidingberekening 10
3.14 Boorvloeistof Gegevens 11
3.15 Factoren 11
3.16 Rekenopties 11
4 Boorvloeistofdrukken 12
4.1 Boorvloeistof Gegevens 12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 14
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 14
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 15
5 Grondmechanische Data 16
5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1 16
5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 17
5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 18
5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal 19
6 Gegevens voor Sterkteberekening 21
6.1 Algemene Gegevens 21
6.2 Ballasten Leiding 21
6.3 Trekkrachtberekening 21
7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 23
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 24
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 24
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 24
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 24
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
7.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 26
8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 27
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 28
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 28
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 28
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 28
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
8.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 30
9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 31
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 32

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 32
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 32
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 32
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33
9.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 34

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

De diameter van buis "1x110 SDR 11" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 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 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe 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]				
3 - L -	-10,000	-0,022	0,866	1,372	4,864
3 - Z -	7,292	7,292	7,277	7,277	7,377
3 - L -	6,605	8,862	11,838	12,860	16,166
3 - Z -	7,358	7,474	7,375	7,425	7,204
3 - L -	16,858	17,072	20,856	22,305	24,854
3 - Z -	7,197	7,200	7,331	7,338	7,488
3 - L -	27,538	28,852	32,771	33,107	36,848
3 - Z -	7,425	7,499	7,253	7,243	7,336
3 - L -	38,004	40,846	43,237	44,844	48,470
3 - Z -	7,350	7,484	7,444	7,548	7,320
3 - L -	48,843	50,047	52,841	53,703	56,839
3 - Z -	7,326	7,256	7,273	7,289	7,457
3 - L -	58,937	60,837	64,170	64,835	66,988
3 - Z -	7,431	7,562	7,395	7,414	7,298
3 - L -	68,833	69,403	72,831	74,636	76,829
3 - Z -	7,304	7,314	7,407	7,396	7,531
3 - L -	79,869	80,200	80,831	84,052	84,158
3 - Z -	7,368	7,381	7,405	7,190	7,189
3 - L -	84,858	85,082	88,117	88,930	90,259
3 - Z -	7,178	7,180	7,262	7,283	7,274
3 - L -	92,076	93,053	95,403	96,034	97,228
3 - Z -	7,386	7,445	7,368	7,402	7,466
3 - L -	99,993	100,517	101,459	103,951	105,604
3 - Z -	7,298	7,267	7,273	7,222	7,192
3 - L -	105,752	106,612	107,910	110,110	110,669
3 - Z -	7,191	7,207	7,270	7,374	7,363
3 - L -	111,869	114,539	115,716	115,827	119,043
3 - Z -	7,448	7,635	7,569	7,571	7,622
3 - L -	119,786	120,745	122,807	123,745	125,763
3 - Z -	7,616	7,610	7,675	7,680	7,694
3 - L -	127,703	128,314	130,773	131,662	133,098
3 - Z -	7,720	7,729	7,901	7,912	7,932
3 - L -	135,620	135,776	137,988	139,579	140,776
3 - Z -	7,979	7,981	7,997	8,020	8,038
3 - L -	142,993	143,537	145,777	147,496	148,135
3 - Z -	8,051	8,060	8,096	8,108	8,113
3 - L -	150,782	151,455	153,430	155,413	155,793
3 - Z -	8,143	8,147	8,160	8,162	8,163
3 - L -	158,878	159,372	160,814	163,331	164,524
3 - Z -	8,188	8,192	8,205	8,241	8,258
3 - L -	165,848	167,289	170,374	170,898	171,248
3 - Z -	8,270	8,294	8,346	8,352	8,353
3 - L -	173,627	175,206	175,969	176,471	179,165
3 - Z -	8,367	8,360	8,357	8,352	8,317
3 - L -	181,064	182,839	183,124	186,184	187,082
3 - Z -	8,292	8,277	8,274	8,237	8,228
3 - L -	189,559	191,041	191,335	194,999	196,167
3 - Z -	8,204	8,189	8,187	8,152	8,141
3 - L -	196,524	196,671	198,958	201,749	202,917
3 - Z -	8,137	8,135	8,108	8,073	8,048
3 - L -	204,273	206,875	207,017	210,834	212,067

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - Z -	8,018	7,977	7,974	7,891	7,863
3 - L -	212,339	212,505	214,792	217,711	218,751
3 - Z -	7,850	7,835	7,701	7,522	7,547
3 - L -	221,564	222,710	223,142	225,143	226,668
3 - Z -	7,606	7,580	7,570	7,602	7,651
3 - L -	228,643	230,627	231,804	234,210	234,585
3 - Z -	7,712	7,736	7,749	7,768	7,767
3 - L -	236,553	238,544	239,864	242,503	243,900
3 - Z -	7,766	7,774	7,778	7,779	7,780
3 - L -	245,602	246,461	246,847	250,420	251,439
3 - Z -	7,790	7,801	7,806	7,862	7,877
3 - L -	254,379	256,293	257,384	258,337	259,594
3 - Z -	7,895	7,906	7,910	7,933	7,962
3 - L -	262,296	263,450	265,114	266,254	269,645
3 - Z -	8,012	8,033	8,061	8,081	8,140
3 - L -	270,213	273,426	274,172	275,996	278,130
3 - Z -	8,152	8,218	8,226	8,245	8,239
3 - L -	281,318	282,089	282,505	286,047	288,858
3 - Z -	8,229	8,236	8,240	8,262	8,279
3 - L -	289,209	290,006	293,965	296,101	297,923
3 - Z -	8,282	8,284	8,293	8,298	8,290
3 - L -	301,882	303,091	303,291	305,841	309,799
3 - Z -	8,274	8,269	8,269	8,238	8,191
3 - L -	310,735	313,758	316,425	317,716	318,512
3 - Z -	8,184	8,178	8,174	8,162	8,155
3 - L -	321,675	322,822	325,634	326,686	329,067
3 - Z -	8,171	8,177	8,187	8,191	8,184
3 - L -	329,592	333,551	334,810	335,167	335,339
3 - Z -	8,184	8,183	8,183	8,182	8,183
3 - L -	337,509	338,844	341,152	341,468	342,464
3 - Z -	8,177	8,173	8,171	8,170	8,165
3 - L -	344,578	345,427	347,017	349,385	350,507
3 - Z -	8,168	8,162	8,153	8,161	8,165
3 - L -	352,788	353,344	354,585	357,302	358,463
3 - Z -	8,162	8,164	8,170	8,159	8,155
3 - L -	361,261	362,598	364,058	365,220	365,596
3 - Z -	8,179	8,191	8,192	8,199	8,201
3 - L -	369,178	369,580	372,853	373,137	375,029
3 - Z -	8,109	8,100	8,118	8,115	8,091
3 - L -	377,095	378,088	380,421	381,054	381,905
3 - Z -	8,131	8,151	8,106	8,135	8,176
3 - L -	385,013	385,756	388,971	390,155	391,046
3 - Z -	8,148	8,142	8,266	8,313	8,317
3 - L -	392,785	396,325	398,137	401,603	406,120
3 - Z -	8,339	8,333	8,338	8,311	8,284
3 - L -	406,882	408,372	412,161	414,102	417,440
3 - Z -	8,278	8,295	8,170	8,312	8,305
3 - L -	419,090	422,719	423,959	427,998	430,067
3 - Z -	8,290	8,352	8,364	8,356	8,357
3 - L -	433,277	438,049	438,556	439,546	443,835
3 - Z -	8,335	8,361	8,357	8,370	8,348
3 - L -	446,032	449,114	454,014	454,393	455,134
3 - Z -	8,341	8,296	8,367	8,363	8,368
3 - L -	459,672	461,996	464,951	469,979	470,230
3 - Z -	8,262	8,276	8,228	8,293	8,289
3 - L -	470,721	475,509	477,961	480,788	485,944
3 - Z -	8,303	8,290	8,319	8,252	8,221
3 - L -	486,067	486,308	491,346	493,926	496,625
3 - Z -	8,218	8,220	8,153	8,151	8,117
3 - L -	501,895	507,183	509,891	512,462	517,482
3 - Z -	8,160	8,146	8,175	8,162	8,243
3 - L -	517,741	517,873	523,020	525,856	528,299
3 - Z -	8,244	8,247	8,248	8,318	8,307
3 - L -	533,069	533,578	533,838	538,857	541,821
3 - Z -	8,398	8,397	8,402	8,369	8,387

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - L -	544,136	548,656	549,415	549,803	553,630
3 - Z -	8,340	8,382	8,377	8,380	8,340
3 - L -	590,000				
3 - Z -	8,340				
2 - L -	-10,000	590,000			
2 - Z -	5,600	5,600			
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	3,400	3,400			
0 - L -	-10,000	590,000			
0 - Z -	-24,416	-24,416			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	6,200	6,200			

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
3	Clay, clean, moderate	1	1
2	Sand, clean, moder...	1	1
1	Sand, sl sil, moderate	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate

3.7 Grondeigenschappen

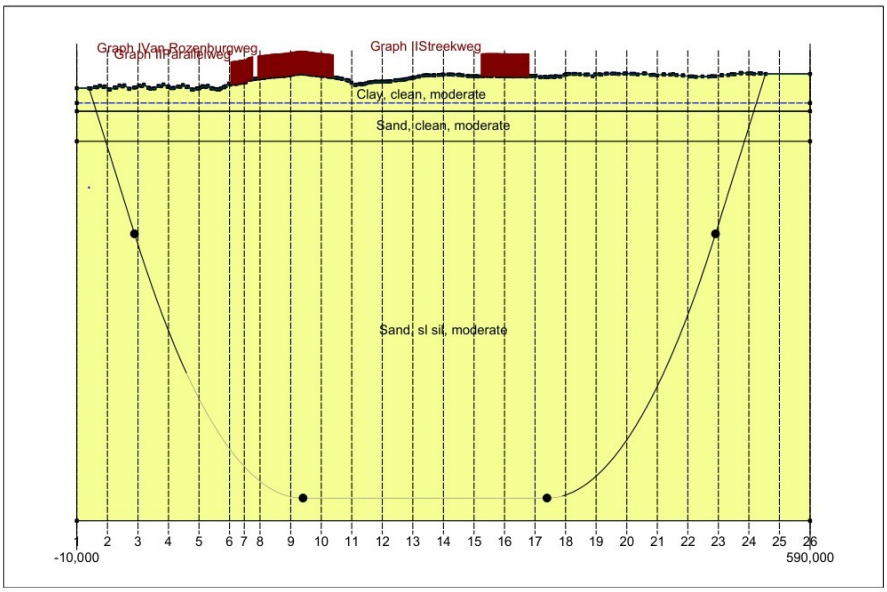
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	18,00	18,00	9,00	17,50	75,00	75,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00
Sand, ve sil, loose	18,50	20,50	0,00	27,50	0,00	0,00
Sand, sl sil, moderate	18,50	20,50	0,00	29,75	0,00	0,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	-	-	3000,00	3000,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00
Sand, ve sil, loose	-	-	22500,00	22500,00
Sand, sl sil, moderate	-	-	42500,00	42500,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00

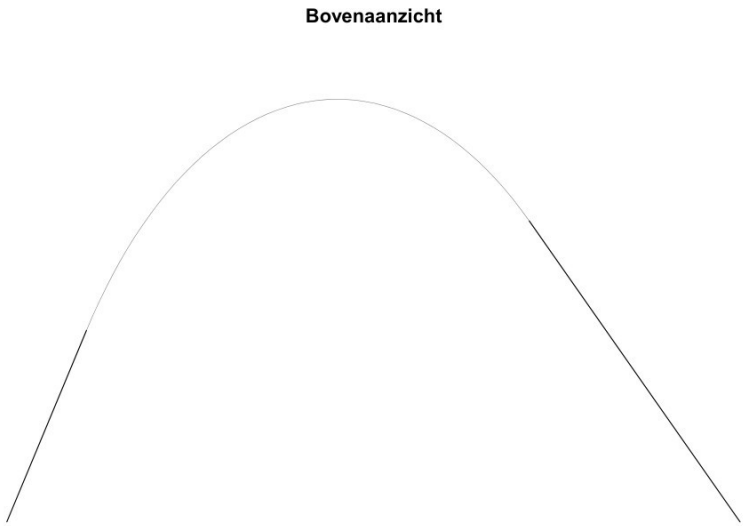
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Clay, clean, moderate	-	-	0,45
Sand, clean, moder...	-	-	0,35
Sand, ve sil, loose	-	-	0,35
Sand, sl sil, moderate	-	-	0,35
Sand, clean, moder...	-	-	0,35

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	-10,000	n.a.
2	15,000	2,991
3	40,000	-4,169
4	65,000	-10,494
5	90,000	-15,471
6	115,000	-19,140
7	127,011	-20,447
8	140,000	-21,531
9	165,000	-22,662
10	190,000	-22,764
11	215,000	-22,764
12	240,000	-22,764
13	265,000	-22,764
14	290,000	-22,764
15	315,000	-22,764
16	340,000	-22,764
17	365,000	-22,764
18	390,000	-22,533
19	415,000	-21,147
20	440,000	-18,497
21	465,000	-14,564
22	490,000	-9,316
23	515,000	-2,717
24	540,000	4,451
25	565,000	n.a.
26	590,000	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

Parallelweg		
L begin	116,00	[m]
L einde	134,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	
Van Rozenburgweg		
L begin	138,00	[m]
L einde	200,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Streekweg		
L begin	321,00	[m]
L einde	360,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	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	7,292	[m]
X coördinaat rechter punt	458,216	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	8,341	[m]
Hoek links	16,0000	[gr]
Hoek rechts	16,0000	[gr]
Kromtestraal links	500,000	[m]
Kromtestraal rechts	500,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	500,000	[m]

Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-22,764	[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	49,806	62,860	326,501	98,704	200,000	links

3.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
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	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m³]

Opleghoek	30	[gr]
Belastingshoek	30	[gr]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[gr]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

3.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,450	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,450	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,191	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	700,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	750,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

3.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	241	316	56	335
2	474	814	148	401
3	657	1107	232	459
4	789	1315	300	501
5	895	1484	353	529
6	932	1542	374	537
7	968	1601	392	543
8	1002	1658	418	543
9	1003	1659	431	531
10	990	1633	444	518
11	992	1638	457	506
12	1000	1652	469	493
13	1006	1663	482	480
14	1003	1657	495	468
15	1003	1657	507	455
16	1003	1658	520	442
17	1000	1655	530	427
18	965	1601	527	399
19	899	1498	511	357
20	792	1329	480	301
21	648	1099	435	229
22	456	793	374	143
23	265	340	308	50

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	250	254	51	56
2	474	803	135	148
3	657	1107	210	232
4	789	1315	270	300
5	895	1484	315	353
6	932	1542	332	374
7	968	1601	346	392
8	1002	1658	364	417
9	1003	1658	369	413
10	990	1633	374	409
11	992	1637	379	404
12	1000	1651	383	399
13	1005	1663	388	395
14	1003	1657	393	390
15	1003	1657	397	385
16	1003	1658	402	381
17	1000	1655	404	374
18	965	1600	393	354
19	899	1498	357	320
20	792	1329	301	271
21	647	1099	229	208
22	456	772	143	130
23	252	252	50	46

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	250	254	51	51
2	474	803	137	135

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
3	657	1107	213	210
4	789	1315	274	270
5	895	1484	321	315
6	932	1542	338	332
7	968	1601	353	346
8	1002	1658	372	364
9	1003	1658	379	369
10	990	1633	385	374
11	992	1637	391	379
12	1000	1651	396	383
13	1005	1663	395	388
14	1003	1657	390	393
15	1003	1657	385	396
16	1003	1658	381	390
17	1000	1655	374	382
18	965	1600	354	361
19	899	1498	320	325
20	792	1329	271	276
21	647	1099	208	211
22	456	772	130	132
23	252	252	46	46

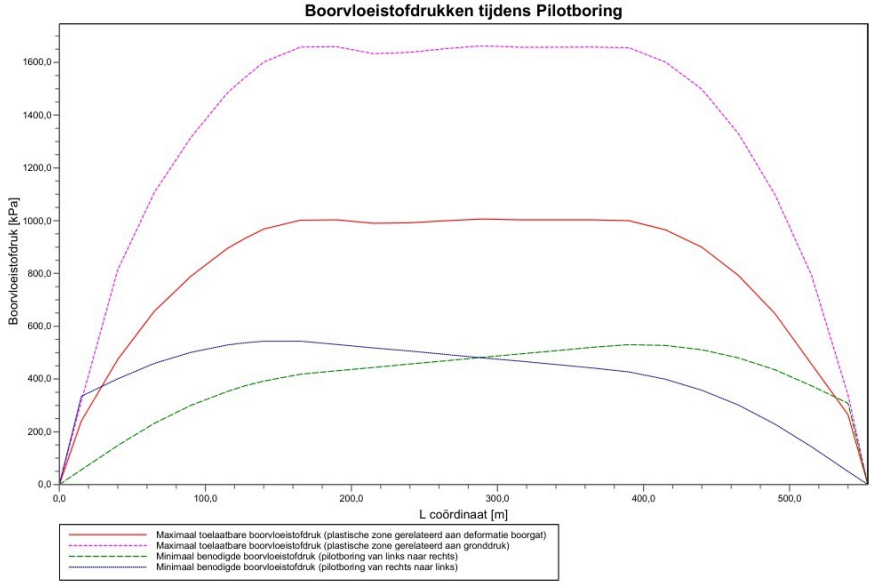
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	48	32	1,49	voldoet
2	127	104	1,23	voldoet
3	198	167	1,19	voldoet
4	254	217	1,17	voldoet
5	295	253	1,17	voldoet
6	310	266	1,16	voldoet
7	322	277	1,16	voldoet
8	336	289	1,16	voldoet
9	337	290	1,16	voldoet
10	338	290	1,17	voldoet
11	339	290	1,17	voldoet
12	339	290	1,17	voldoet
13	340	290	1,17	voldoet
14	340	290	1,18	voldoet
15	341	290	1,18	voldoet
16	342	290	1,18	voldoet
17	340	287	1,18	voldoet
18	325	273	1,19	voldoet
19	296	247	1,20	voldoet
20	253	208	1,22	voldoet
21	195	155	1,26	voldoet
22	123	89	1,38	voldoet
23	43	17	2,47	voldoet

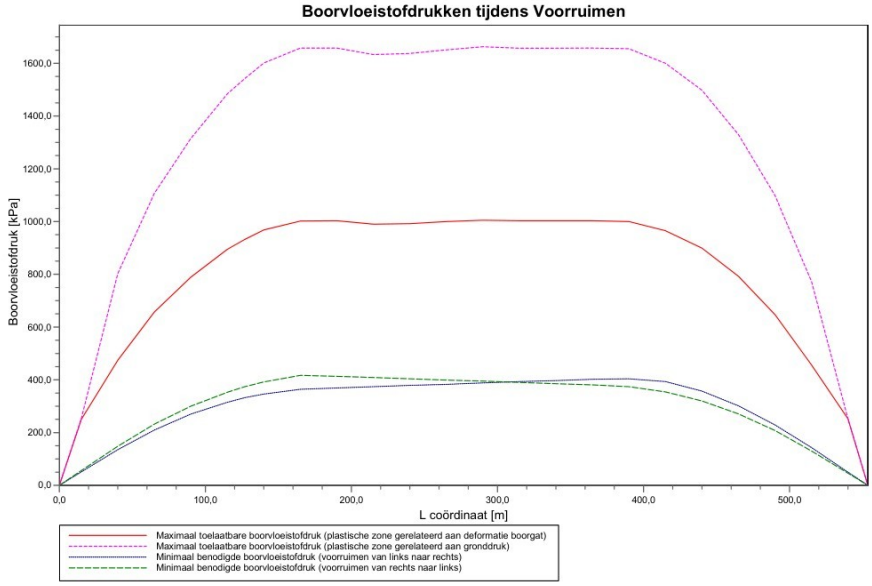
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

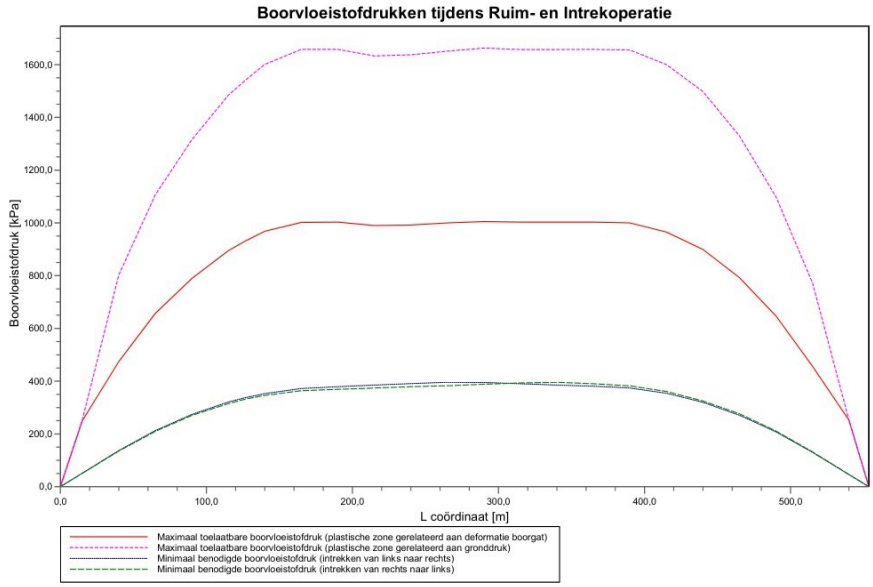
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	515	51	6	10	0	1330
2	992	129	6	9	0	3359
3	1306	195	6	9	0	5065
4	1521	245	5	8	0	6362
5	1701	289	5	9	0	7518
6	1761	305	5	9	0	7922
7	1827	322	6	9	2	8365
8	1887	338	6	9	1	8783
9	1887	338	6	9	1	8782
10	1853	329	5	9	0	8543
11	1859	331	5	9	0	8585
12	1878	336	6	9	0	8716
13	1893	340	6	9	0	8821
14	1885	338	6	9	0	8771
15	1885	338	6	9	0	8769
16	1887	338	6	9	0	8781
17	1885	338	6	9	0	8769
18	1831	323	6	9	0	8392
19	1728	296	6	9	0	7697
20	1553	253	6	9	0	6559
21	1313	196	6	9	0	5102
22	983	128	6	9	0	3317
23	642	56	8	12	0	2253

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	515	277393	322586	194175	0,05	7,5
2	992	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1306	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1521	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1701	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1761	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1827	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1853	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1859	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1878	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1893	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
17	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1831	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1728	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	1553	277393	277393	194175	0,05	7,5
21	1313	277393	277393	194175	0,05	7,5
22	983	277393	277393	194175	0,05	7,5
23	694	405931	405931	284152	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 340 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	515	51	6	10	0	1330
2	992	129	6	9	0	3359
3	1306	195	6	9	0	5065
4	1521	245	5	8	0	6362
5	1701	289	5	9	0	7518
6	1761	305	5	9	0	7922
7	1827	322	6	9	2	8365
8	1887	338	6	9	1	8783
9	1887	338	6	9	1	8782
10	1853	329	5	9	0	8543
11	1859	331	5	9	0	8585
12	1878	336	6	9	0	8716
13	1893	340	6	9	0	8821
14	1885	338	6	9	0	8771
15	1885	338	6	9	0	8769
16	1887	338	6	9	0	8781
17	1885	338	6	9	0	8769
18	1831	323	6	9	0	8392
19	1728	296	6	9	0	7697
20	1553	253	6	9	0	6559
21	1313	196	6	9	0	5102
22	983	128	6	9	0	3317
23	642	56	8	12	0	2253

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	515	277393	322586	194175	0,05	7,5
2	992	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1306	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1521	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1701	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1761	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1827	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1853	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1859	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1878	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1893	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1831	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1728	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	1553	277393	277393	194175	0,05	7,5
21	1313	277393	277393	194175	0,05	7,5
22	983	277393	277393	194175	0,05	7,5
23	694	405931	405931	284152	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 340 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	515	51	6	10	0	1330
2	992	129	6	9	0	3359
3	1306	195	6	9	0	5065
4	1521	245	5	8	0	6362
5	1701	289	5	9	0	7518
6	1761	305	5	9	0	7922
7	1827	322	6	9	2	8365
8	1887	338	6	9	1	8783
9	1887	338	6	9	1	8782
10	1853	329	5	9	0	8543

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
11	1859	331	5	9	0	8585
12	1878	336	6	9	0	8716
13	1893	340	6	9	0	8821
14	1885	338	6	9	0	8771
15	1885	338	6	9	0	8769
16	1887	338	6	9	0	8781
17	1885	338	6	9	0	8769
18	1831	323	6	9	0	8392
19	1728	296	6	9	0	7697
20	1553	253	6	9	0	6559
21	1313	196	6	9	0	5102
22	983	128	6	9	0	3317
23	642	56	8	12	0	2253

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	515	277393	322586	194175	0,05	7,5
2	992	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1306	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1521	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1701	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1761	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1827	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1853	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1859	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1878	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1893	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1831	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1728	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	1553	277393	277393	194175	0,05	7,5
21	1313	277393	277393	194175	0,05	7,5
22	983	277393	277393	194175	0,05	7,5
23	694	405931	405931	284152	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 340 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
3	Clay, clean, moderate	Gebruikerswaarden
2	Sand, clean, moderate	Gebruikerswaarden
1	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=-10 m)		Verticaal 2 (L=15 m)		Verticaal 3 (L=40 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 4 (L=65 m)		Verticaal 5 (L=90 m)		Verticaal 6 (L=115 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 7 (L=127,011 m)		Verticaal 8 (L=140 m)		Verticaal 9 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 10 (L=190 m)		Verticaal 11 (L=215 m)		Verticaal 12 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 13 (L=265 m)		Verticaal 14 (L=290 m)		Verticaal 15 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 16 (L=340 m)		Verticaal 17 (L=365 m)		Verticaal 18 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 19 (L=415 m)		Verticaal 20 (L=440 m)		Verticaal 21 (L=465 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 22 (L=490 m)		Verticaal 23 (L=515 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500

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
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 237,34 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 13,40 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 218633 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 500,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm²
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 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	32,26	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	28,62	[kg/m]	

Resultaat	:	3,64	[kg/m]	(Leiding beweegt opwaarts)

6.3 Trekkrachtberekening

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

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

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding.
De pijpleiding wordt van 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	16
T2	43	16
T3	182	20
T4	382	29
T5	522	36

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T6	560	36

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

7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: 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 = 560 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 185,695 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 1x110 SDR 11: 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,15	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	3,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3,10	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,40	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	6,96	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,22	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0051	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% 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 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m², dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): 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 = 560 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 185,695 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 1x110 SDR 11 (1): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,15	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	3,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3,10	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,40	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	6,96	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,22	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0051	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% 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 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m², dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): 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 = 560 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 185,695 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 1x110 SDR 11 (2): 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 = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,15	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	3,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3,10	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,40	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	6,96	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,22	N/mm²

Tangentiele spanning:

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

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

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0051	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

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

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

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

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% 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 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m², dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

Einde Rapport

15 Bijlage: Technische gegevens in te zetten materieel



Prime Drilling
HDD-Technology

PD 80/45 CU ELECTRIC



Elektrisch vermogen	250kW
Helling van boormast	8° - 16°
Stangdiameter	127mm
Stanglengte	6.0m
Inschuif-/uitschuifkracht	800kN
Pilootboring	270mm
Draaimoment / toerental	1 st. gear 45,000 Nm - 23 rpm
	2 nd. gear 30,000 Nm - 35 rpm
	3 rd. gear 9,000 Nm - 64 rpm
Afmetingen	L: 11.0m
	B: 2.55m
	H: 3.1m
Gewicht	21000kg

16 Bijlage: Technische gegevens meet methode

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 Brownline 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.

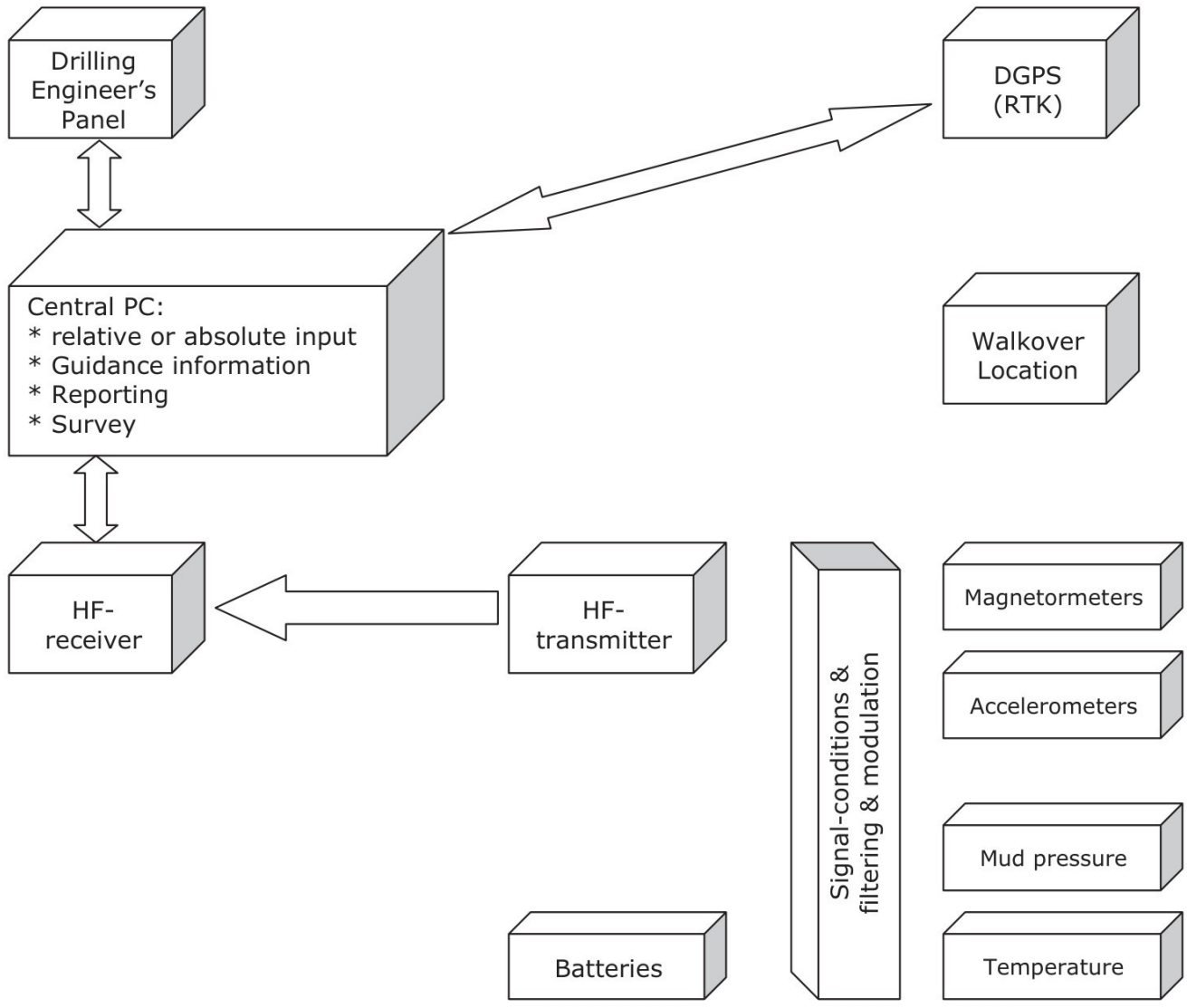


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

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 algorithme 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.

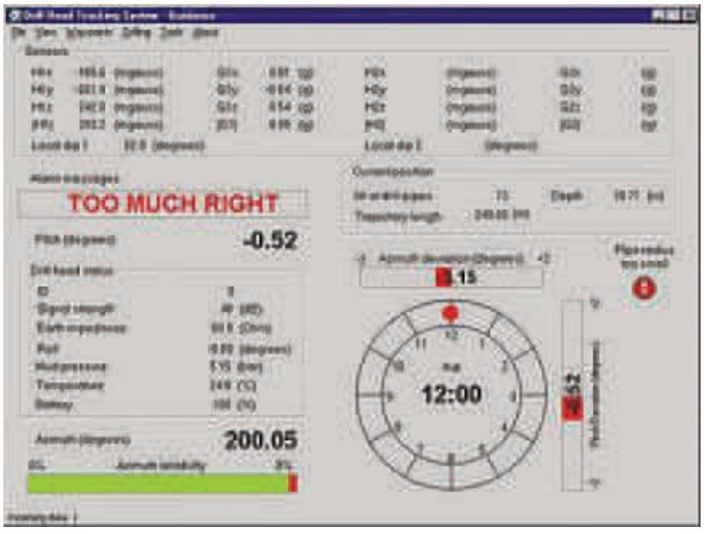


Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

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.

17 Bijlage: Technische gegevens boorspoeling

PRODUCT DATA

Cebo Holland

CEBOGEL OCMA

Toepassing
- Aanmaken boorvloeistof voor gestuurde boringen. CEBOGEL OCMA is een allround boorproduct dat met name geschikt is voor machines met een trekkracht vanaf circa 30 ton.
- Aanmaken boorvloeistof voor grondboringen.

Voor een optimaal rendement heeft het **aanmaakwater** van de spoeling de volgende eigenschappen:
- Geleidbaarheid : ≤ 1000 µS/cm
- pH : 4,5 - 9

Omschrijving
De basis voor CEBOGEL OCMA is een geactiveerde natrium bentoniet. CEBOGEL OCMA voldoet aan de OCMA-specificaties zoals vastgesteld voor olieboringen en is tevens KIWA-gecertificeerd.

Voordelen
- Stabiliseert het boorgat
- Verbetert de afvoer van boorgruis
- Vermindert de torsie
- Makkelijk te recyclen
- Uitstekende prijs-kwaliteitverhouding
- Gecertificeerd volgens KIWA-ATA, dus veilig voor gebruik in drinkwatergebieden.

Specificatie
- Voldoet aan de specificaties voor bentoniet zoals opgesteld door de "Oil Companies Materials Association DFCP-4"
- Wordt onder Kiwa Attest Toxicologische aspecten (ATA) geleverd, hetgeen garant staat voor een 100 % milieuvriendelijk product.

Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Yield	OCMA DFCP-4	≥ 16,0 m^3/ton	17,4 m^3/ton
API Filtraatwaterverlies	OCMA DFCP-4	≤ 15 ml	13 ml
Droge zeefanalyse door 150 µm	OCMA DFCP-4	≥ 98 %	99 %

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJMUIDEN
P.O. Box 70
NL-1970 AB IJMUIDEN

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
e-mail : sales@ceboholland.com
www.ceboholland.com

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.

PRODUCT DATA

Cebo Holland

Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Natte zeefanalyse 75 µm	OCMA DFCP-4	≤ 2,5 %	2 %
Vochtgehalte	OCMA DFCP-4	≤ 15,0 %	9,8 %

Chemische en fysische eigenschappen

Samenstelling	Hoogwaardige geactiveerde natrium bentoniet
Kleur	Geelbeige
Vorm	Zacht poeder

Spoelingseigenschappen
Bij verschillende concentraties CEBOGEL OCMA aangemaakt in gedestilleerd water.

Parameter	Methode	30 kg/m^3	40 kg/m^3	50 kg/m^3	60 kg/m^3
Vloeigrens kogelnummer	Kugelharfengerät DIN 4126	1	1	2	4
Dichtheid	Mudbalans	1,02 g/ml	1,03 g/ml	1,03 g/ml	1,04 g/ml
Filtraatwaterverlies	DIN 4127	15,5 ml	13 ml	10 ml	8 ml
Marshfunnel API	API RP 13B 2 (1 liter uit)	31 s	38,5 s	46 s	54 s

Verpakking
- 25 kg zakken per 1000 kg verpakt op een pallet met krimpfolie
- big bags van 1000 kg
- bulk

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJMUIDEN
P.O. Box 70
NL-1970 AB IJMUIDEN

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
e-mail : sales@ceboholland.com
www.ceboholland.com

Revisiedatum : 28.09.2005
Document nr : OC01IP

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.