



Boorplan Horizontaal Gestuurde Boring t.b.v. aanleg mantelbuis onder toekomstige dijk te Arcen

Opdrachtgever:



Project : Horizontaal gestuurde boring te Arcen
Projectnummer : 24/20199
Locatie : Burgemeester Van Soest-Jansbekenplein 5 Arcen
Opgemaakt : 24-05-2024
Samenstelling :

Kenmerk : 24/09365 – Projectnummer : 24/20199

Opgemaakt door:	Gecontroleerd:	Paraaf:	Datum:	Status document:	Versie
			28-06-24	Ter Goedkeuring	01
			03-07-24	Ter Goedkeuring	02



Inhoudsopgave

GEGEVENS BETREFFENDE BORING	3
INLEIDING.....	4
1 PROJECTOMSCHRIJVING	5
1.1 LOCATIE.....	5
1.2 OMVANG EN INDELING WERKTERREIN	5
1.3 OVERZICHT BORING	5
1.4 GRONDONDERZOEK.....	6
2 WERKOMSCHRIJVING	7
2.1 ALGEMENE WERKOMSCHRIJVING	7
2.2 TE DOORLOPEN STAPPEN VÓÓR DE UITVOERING.....	7
2.3 TE DOORLOPEN STAPPEN TIJDENS DE UITVOERING	7
2.4 TE DOORLOPEN STAPPEN NA DE UITVOERING	8
2.5 PERSONEELSBEZETTING BORING	8
2.6 IN TE ZETTEN BOORMATERIEEL	8
2.7 KWALITEIT EN KEURING VAN DE TOEGEPASTE MATERIALEN.....	9
2.8 UITVOERINGSTECHNISCHE RISICO'S.....	9
2.9 REGISTRATIE BOORGEGEVENS	10
2.10 TOELAATBARE AFWIJINGEN BORING	10
2.11 BESTAANDE KABELS EN LEIDINGEN	10
2.12 PLANNING	11
3 STERKTE- EN BOORspoeldrukBEREKENINGEN	12
3.1 DE THEORETISCHE TREKKRACHT	12
3.2 DE TOELAATBARE VLOEISTOFDRUK.....	12
3.3 DE TOELAATBARE TREKSTERKTE	12

Bijlagen

1. Tekeningen
2. Luchtfoto's boorlocaties
3. Grondonderzoek
4. Sterkte- en boorspoeldrukberoeeningen
5. Certificaat bentoniet
6. Logboek (registratieformulier boorgegevens)
7. Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken (Juni 2019-v1.0)
8. Drill Control Rapportage ontwerp boring



Gegevens betreffende boring

Opdrachtgever	: Enexis
Hoofdaannemer	: BAM Energie & Water Zuid BV
Gemeente	: Arcen
Exacte locatie	: Burgemeester Van Soest-Jansbekenplein 5 Arcen
Aanlegmethode	: Horizontaal gestuurd boren (HDD)
Projectnummer	: 24/20199
Tekeningnummer	: 24-20199-B01-01B-P
KLIC-nummer	: 24O0072261
Planning uitvoering	: N.t.b. (na goedkeuring vergunningaanvraag)
Aantal boringen	: 1 stuks
Lengte boring	: ca. 353 m ¹ .
Materiaal/diameter buis	: HDPE buis met 1xØ160mm PE100 SDR11 t.b.v. Gas HD + 1xØ110mm PE100 SDR11 t.b.v. Data
Ruimer(s)	: Conisch/Flycutter Ø 350 mm.
Revisie beheer	:



Inleiding

Voor de aanleg van ondergrondse netwerken bestaande uit kabels en leidingen worden horizontaal gestuurde boringen uitgevoerd. Deze techniek wordt gebruikt wanneer bovengrondse aanleg niet haalbaar of rendabel is. Met deze techniek is het mogelijk om ondergrondse netwerken aan te leggen en daarbij watergangen, wegen en andere infrastructurele objecten te kruisen. Tevens beperkt men de hinder bovengronds tot een minimum.

Hieronder een korte algemene beschrijving van een horizontaal gestuurde boring zoals deze worden uitgevoerd door Holland Drilling B.V.

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring is opgebouwd uit drie fasen en wordt altijd vanaf het maaiveld uitgevoerd.

Fase 1 is het maken van een pilotboring volgens het ontworpen traject. Deze boring wordt uitgevoerd vanaf het maaiveld en start in een vooraf gegraven boorgat. De pilotboring is onder te verdelen in 5 trajecten, het neergaande rechte traject, de neergaande bocht gevolgd door een rechtstand, een opgaande bocht en als laatste een rechtstand tot aan het uittredepunt. Tijdens de pilotboring wordt de boorkop gevolgd met een meetsysteem. Dit meetsysteem kan de positie bepalen van de boorkop en zijn positie doorgeven aan de boormeester. Deze kan aan de hand van deze gegevens de positie aanpassen van de boorkop. Tevens worden de boorspoeldrukken tijdens de 3 fasen geregistreerd.

Fase 2 is het ruimen van de boorgang. Bij het uittredepunt wordt aan de boorstang een ruimer bevestigd die het boorgat op de gewenste grootte brengt. Het ruimen kan enkele malen herhaald worden indien dit nodig is. De keuze van de soort ruimer is sterk afhankelijk van de plaatselijke grondslag.

Fase 3 is het intrekken van de productleiding. Achter de ruimer wordt een swivel bevestigd met daaraan de trekkop en daar weer aan de in te trekken leidingen. De swivel zorgt ervoor dat de productleiding niet meedraait met de boorstang tijdens het intrekken. Als de productleiding is ingetrokken dan is de horizontaal gestuurde boring voltooid.

Voor het betreffende project zal na eventuele gunning en voorafgaand aan de uitvoering van de horizontaal gestuurde boring een op het project toegesneden omschrijving inclusief de benodigde sterkte- en muddrukberendingen, boorplan worden opgesteld.

Bij het rapport wordt een tekening toegevoegd waarmee de horizontaal gestuurde boring ruimtelijk inzichtelijk worden gemaakt. Het rapport met de tekeningen verschaft de vergunning verlenende instanties, opdrachtgever en boormeesters de benodigde gegevens van de horizontaal gestuurde boring. Na goedkeuring van dit rapport wordt een begin gemaakt met het daadwerkelijk uitvoeren van een horizontaal gestuurde boring.



1 Projectomschrijving

BAM Energie & Water Zuid BV heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering van een gestuurde boring ten behoeve van het aanleggen van een mantelbuis nabij Burgemeester Van Soest-Jansbekenplein 5 Arcen.

Deze boring zal worden uitgevoerd door middel van de Horizontal Directional Drilling (HDD) methode en zal worden uitgevoerd door Holland Drilling B.V.

Ten grondslag aan deze projectomschrijving liggen:

- Tekening/ondergrond GBKN.
- Tekening 24-20199-B01-01B-P.
- Geotechnisch onderzoek Dinoloket.

Het doel van dit boorplan is om inzicht te geven in de werkmethode / methode van aanbrengen en om aan te geven hoe de te bereiken kwaliteit wordt gerealiseerd.

Tijdens de uitvoering van de boringen zullen alle vergunningen op het werk aanwezig zijn. Tevens worden de betreffende instanties tijdig ingelicht over het tijdstip van uitvoering.

1.1 Locatie

De boring bevindt zich onder de huidige en nieuwe toekomstige dijk te Arcen, zoals weergegeven op bijgevoegde tekening(en). Tevens is het dwarsprofiel van de boring terug te vinden in bijlage 1 van dit boorplan.

1.2 Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een maxi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 800 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een maxi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 800 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 200 m² excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

1.3 Overzicht boring

Hieronder een samenvatting van de uit te voeren boring met daarbij aangegeven het boringnummer, locatie, in te voeren materiaal en de lengte.

Tabel 1:

Boringnr.	Locatie omschrijving	Materiaal	Lengte
01	Burgemeester Van Soest-Jansbekenplein 5 Arcen	HDPE 1*Ø110mm PE100 SDR 11 HDPE 1*Ø160mm PE100 SDR 11	353 m ¹



1.4 Grondonderzoek

Om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties dient er inzicht te bestaan in de samenstelling en het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden. Ook een belangrijk aspect bij het boren van leidingen is het in kaart brengen van obstakels, want een onverwachte confrontatie daarmee tijdens de uitvoering kan leiden tot langdurige vertragingen en dus tot extra hoge kosten.

Het in kaart brengen van obstakels is voor dit boorplan gebeurd door het uitvoeren van een KLIC melding.

De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te beoordelen. Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek welke in de bijlagen zijn toegevoegd.

Uit de bodemprofielen en sonderingen blijkt dat er voornamelijk matig tot vastgepakt, zwak ziltig, grindhoudend zand aanwezig is. De conusweerstand lopen op tot ca. 8m onder MV en variëren de volgende 5m tussen de 30 en 55 MPa, hetgeen normaal gesproken makkelijk haalbaar zou moeten zijn voor de 45-tons boorrig.

We verwachten derhalve geen variaties tijdens het boorproces

De grondwaterstand bedraagt ca. 0,7 m¹ - maaiveld.





2 Werkomschrijving

2.1 Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigd en kan het ruimen starten. Eventueel kunnen meteen de in te trekken leidingen meegetrokken worden. Deze worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

2.2 Te doorlopen stappen vóór de uitvoering

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

2.3 Te doorlopen stappen tijdens de uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een gyroscoop meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.



2.4 Te doorlopen stappen na de uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

2.5 Personeelsbezetting boring

Boorploeg HDD	Boormeester	Surveyor	Boorhulp(en)	Overige
Rig 45 tonner	1	1	1	1 – 2

2.6 In te zetten boormaterieel

Algemeen

Maxi-Rig 45 Tonner

- Leverancier: Prime Drilling PD45/19
- LxBxH: 8.9 x 2.5 x 2.7 m
- Gewicht: 20 ton
- Rijwerk: Rubber rups

Capaciteiten

- Max. te boren lengte: 520 m
- Min. boorstraal: R = 100 m
- Materiaal/diameter/lengte boorstang: staal / 3.5" / 4.600 mm
- Trekkkracht: 450 kN
- Drukkkracht: 450 kN
- Torque: 19.000 Nm
- Pompcapaciteit: 1.000 liter/minuut
- Mix-recyclingunit: 1.000 liter/minuut

Overige gegevens

- Boorkop: Roller Cone
- Plaatsbepalingssysteem: Walkover of Gyroscop meetsysteem
- Flycutter ca. Ø 650 mm
- Barrel reamer ca. Ø 550 mm
- Trekswivel
- Trekkop
- Opslag boorspoeling in systeem en spoelingscontainer.



2.7 *Kwaliteit en keuring van de toegepaste materialen*

HDPE-buizen:

De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden. De PE - buizen 1x Ø160 + 1x Ø110 mm zal vanaf het maaiveld vanaf haspel ingetrokken worden.

Boorvloeistof:

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet.

De hiervoor te gebruiken bentoniet (HV) zal zijn voorzien van een certificaat.

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw.

Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m³ afhankelijk van de omstandigheden.

Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd. Ten einde een stabiel boorgat te creëren.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in de bijlagen opgenomen.

Als de situatie het toelaat zal de pilotstang worden gebruikt als retourleiding. Dit vermindert het aantal transportbewegingen enorm. Zo niet dan vindt het transport van de boorspoeling tijdens het boorproces plaats met vloeistofdichte zuigwagens.

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

2.8 *Uitvoeringstechnische risico's*

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

Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

Uit de KLIC meldingen blijkt niet dat er obstakels c.q. objecten in de geprojecteerde boorlijnen aanwezig zijn. Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.



2.9 Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

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

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearhiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

2.10 Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring, conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als bijlage 7 is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m¹ ca. 0,25 rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links gaan sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever. Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

2.11 Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuur door middel van een KLIC-melding.

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling een KLIC melding gedaan, om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door de Holland Drilling proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven.

De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.



2.12 Planning

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Aan- en afvoer boorequipment (dag)	Pilotboring (dag)	Ruimen boorgat (dag)	Intrekken PE-leiding(en) (dag)	Totale tijdsduur (dag)
01	2	2	2	1	7

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om 's nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.



3 Sterkte- en Boorspoeldrukberendingen

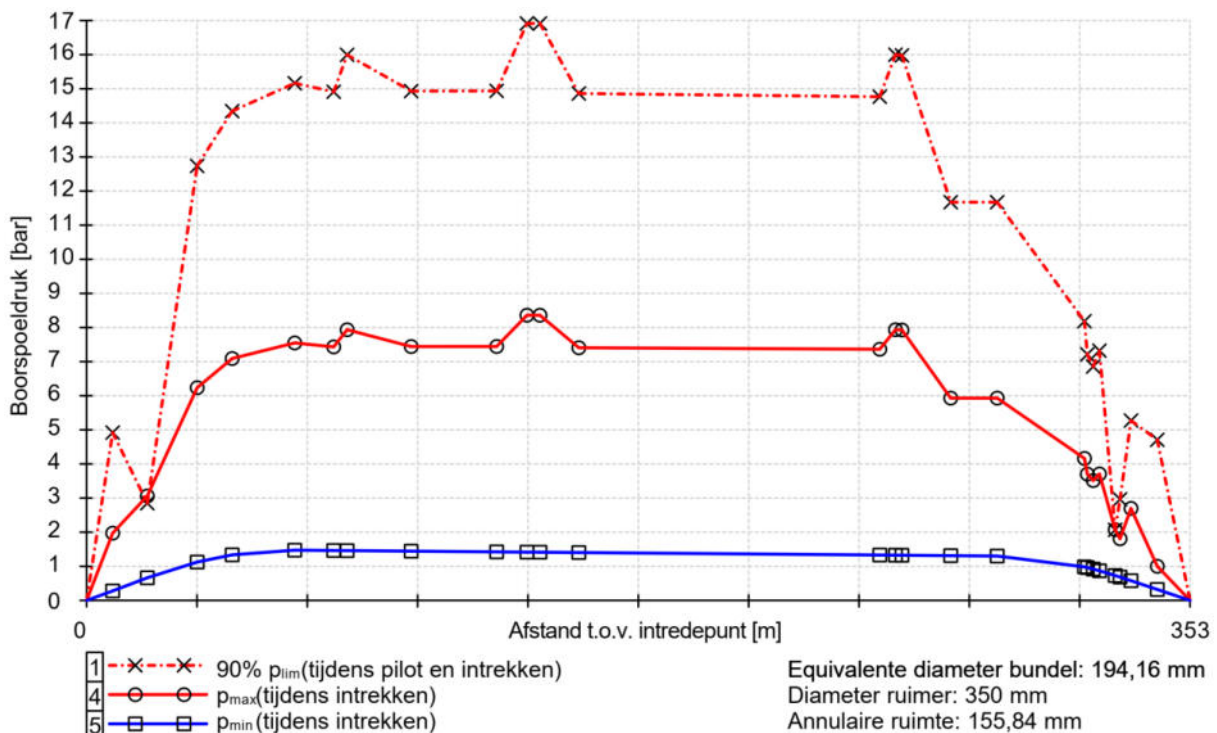
Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkteberekening en toelaatbare boorspoeldrukken. Onderstaande gegevens per boring zijn als bijlage 4 opgenomen in dit rapport

3.1 De theoretische trekkracht

Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2024 1.2, conform NEN 3650 en 3651.

3.2 De toelaatbare vloeistofdruk

Voor benodigde boorspoeldrukken op verschillende kritieke punten, conform NEN 3650 en 3651 wordt verwezen naar de boorspoeldrukberending.



3.3 De toelaatbare treksterkte

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

- PE 100 Ø 110 mm SDR 11 drukklasse PN 16 => 31,41 kN ≈ 3,1 ton
- PE 100 Ø 160 mm SDR 11 drukklasse PN 16 => 66,69 kN ≈ 6,6 ton



- Horizontaal gestuurde boringen (HDD)
- Pilot gestuurde avegaarboringen
- Pipe bursting
- Persboringen
- Dämmer specialisme



Bijlage 1

Tekeningen

24-20199-B01-01B-P



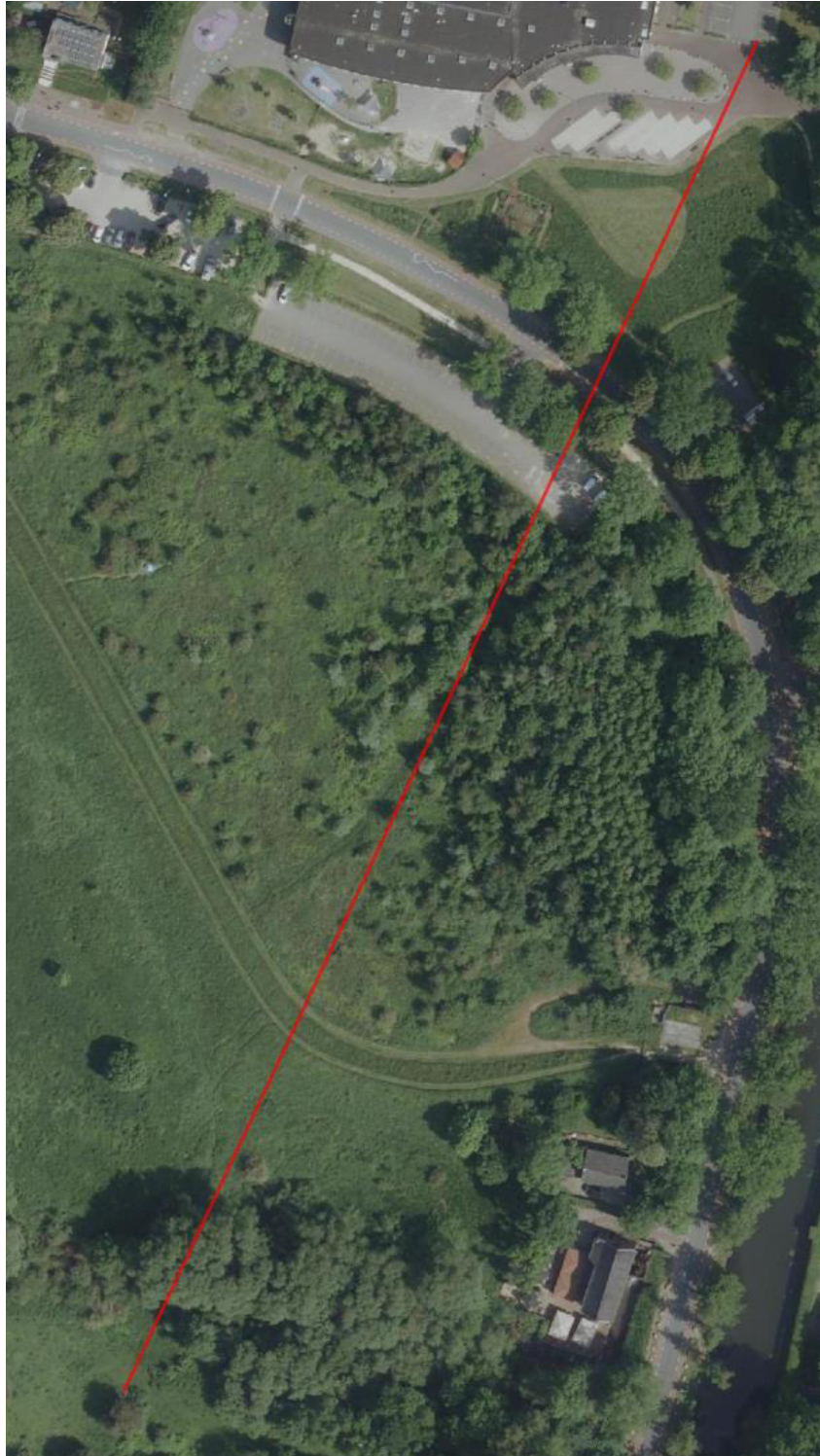


- Horizontaal gestuurde boringen (HDD)
- Pilot gestuurde avegaarboringen
- Pipe bursting
- Persboringen
- Dämmer specialisme



Bijlage 2

Luchtfoto boorlocatie



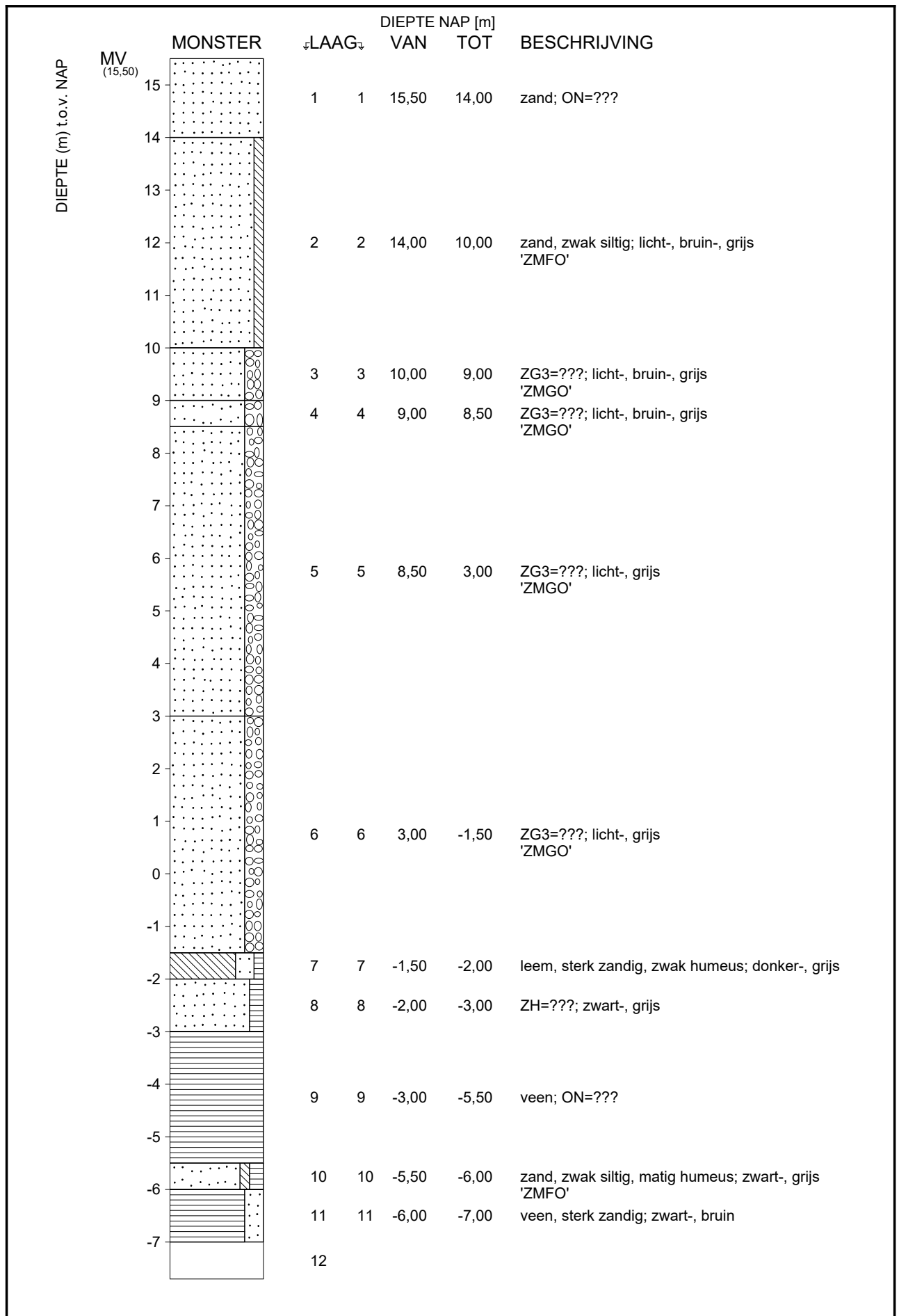


Bijlage 3

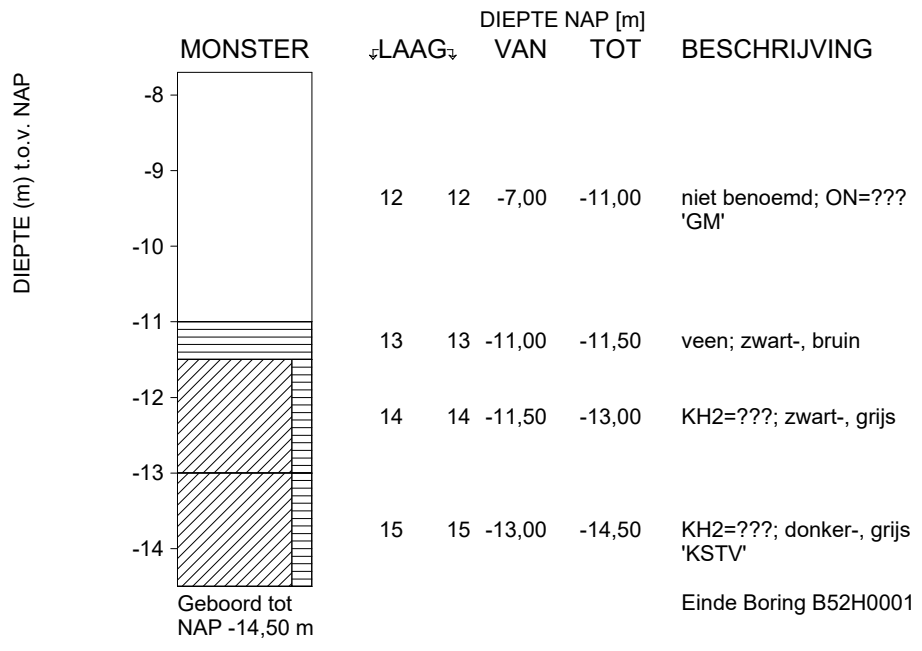
Grondonderzoek

- B52H0001
- B52H0003
- CPT000000180689
- CPT000000180708



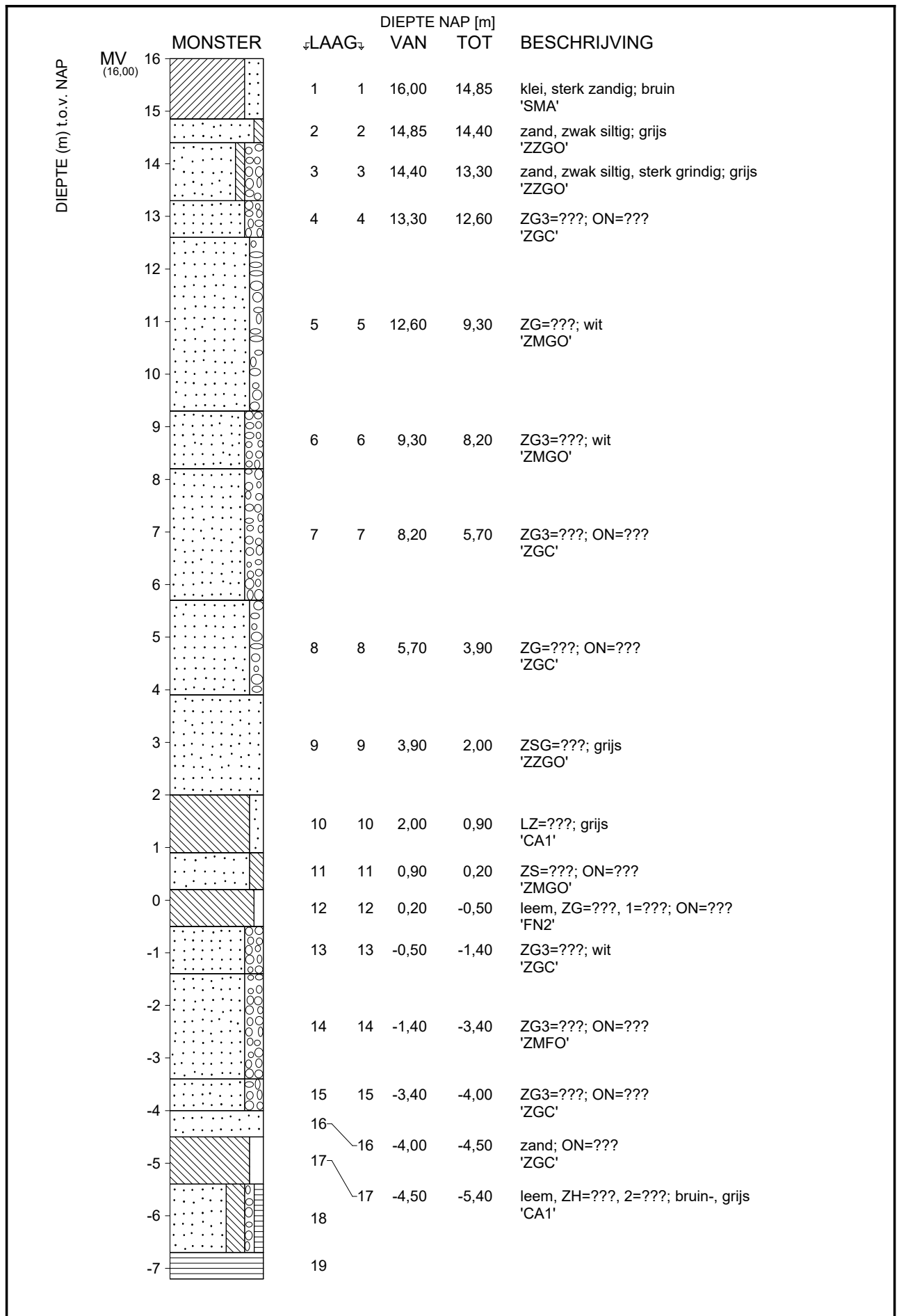


<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1943-01-01	get. -
-				DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 2]			BIJL.	form. A4

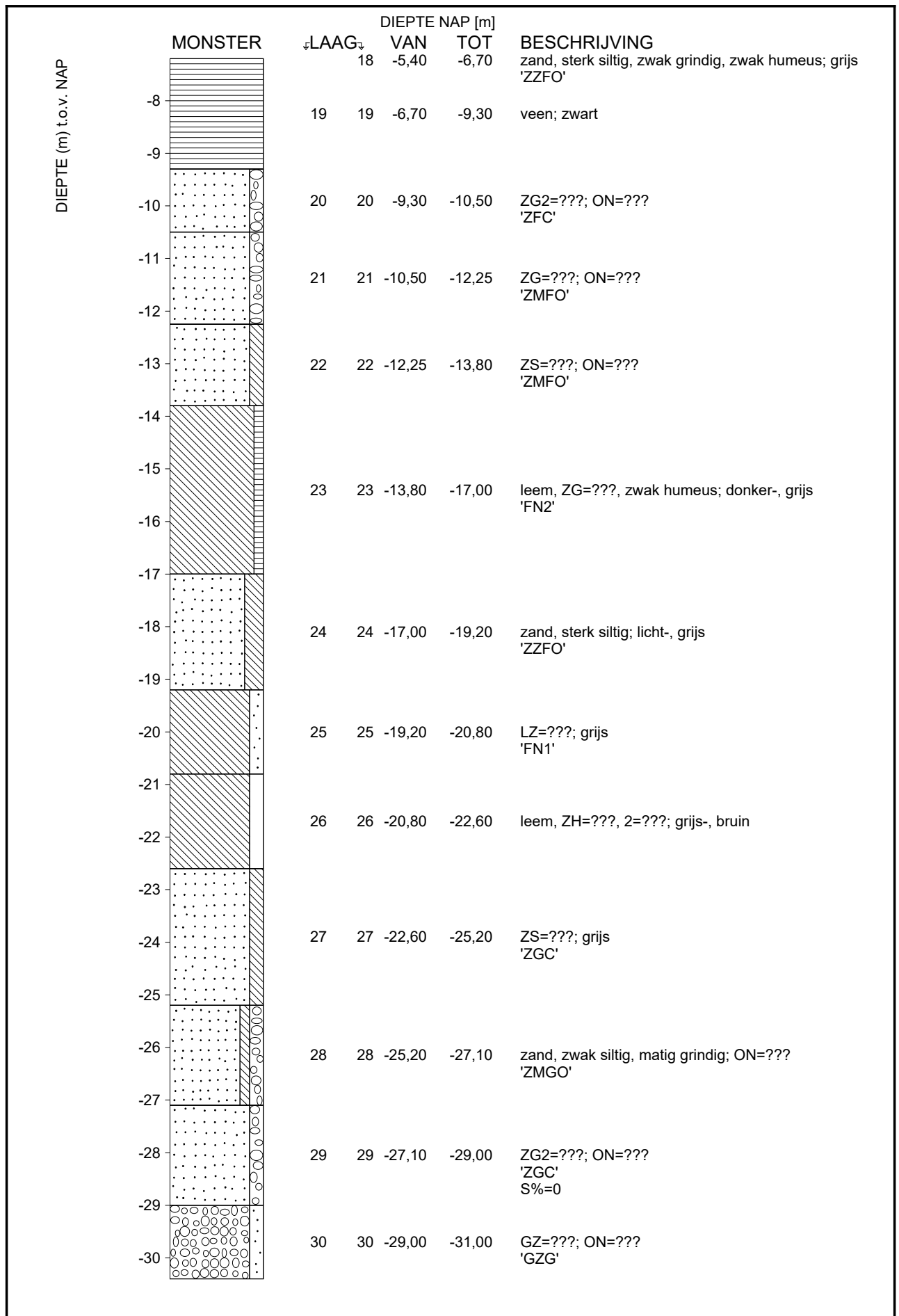


maaiveld: NAP 15,50 m
 X = 210235 m Y = 387475 m (RD)

<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1943-01-01	get. -
-				DINO-BOR	gez.
-	[Blad 2 / 2]			BIJL.	form. A4

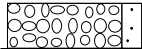


<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1949-08-26	get. -
-				DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 3]			BIJL.	form. A4



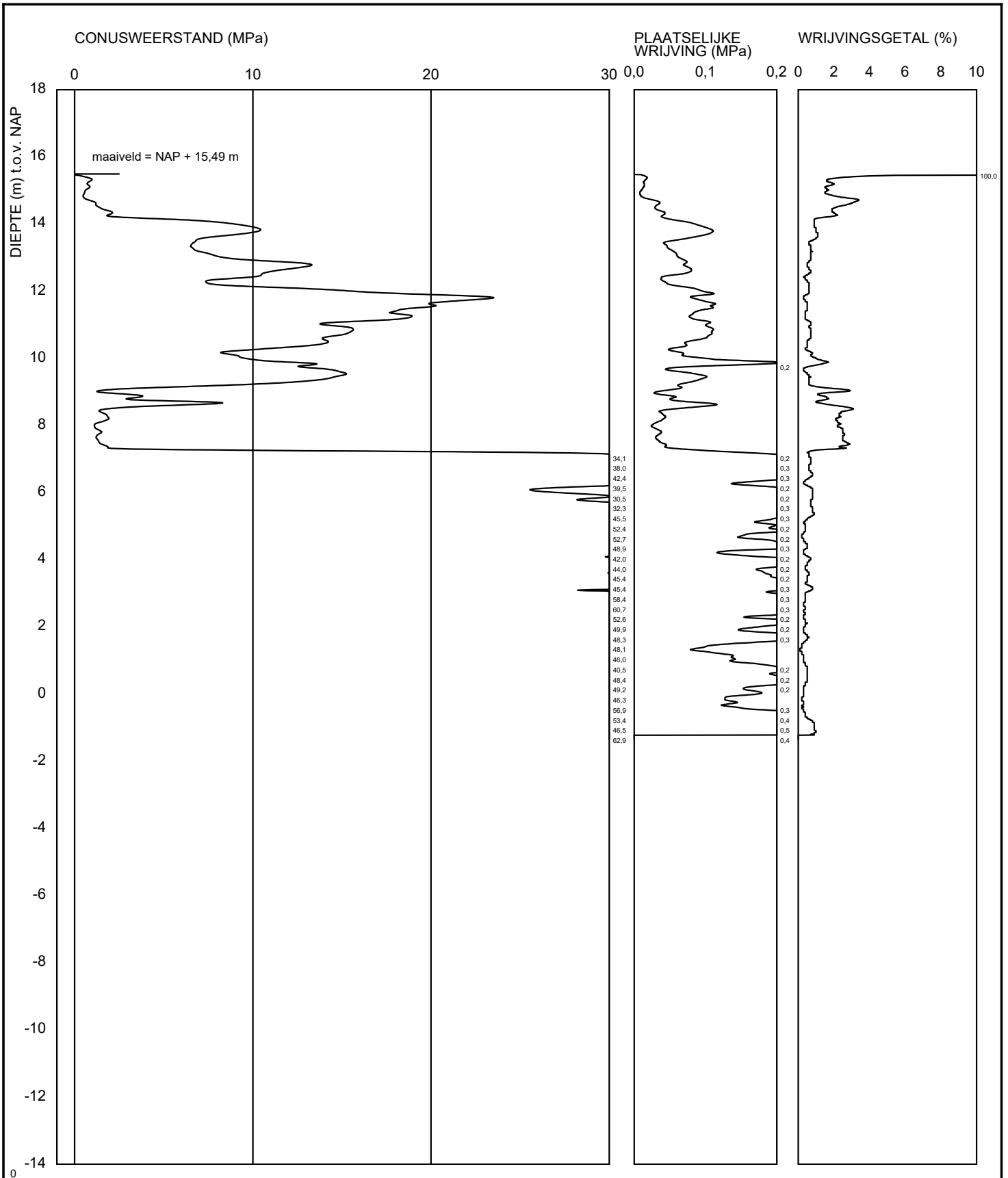
<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1949-08-26	get. -
-				DINO-BOR	gez.
-	[Blad 2 / 3]			BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
	↓LAAG↓	VAN TOT	
-31  Geboord tot NAP -31,00 m Aantal peilbuizen:2	30	30 -29,00 -31,00	GZ=???; ON=??? 'GZG' Einde Boring B52H0003

maaiveld: NAP 16,00 m
 X = 210320 m Y = 387370 m (RD)

<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum	get.
				1949-08-26	-
-				DINO-BOR	gez.
				BIJL.	form. A4
-	[Blad 3 / 3]				



<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon <Not Registered> Telefax <Not Registered>	datum 2021-10-14	get. -
-			BRO-/ BIJL. -	gez. form. A4
Sondering CPT000000180689				



Bijlage 4

Sterkte- en boorspoeldrukberekeningen

HDD_1 x HDPE 110 SDR11 PE 100
HDD_1 x HDPE 160 SDR11 PE 100

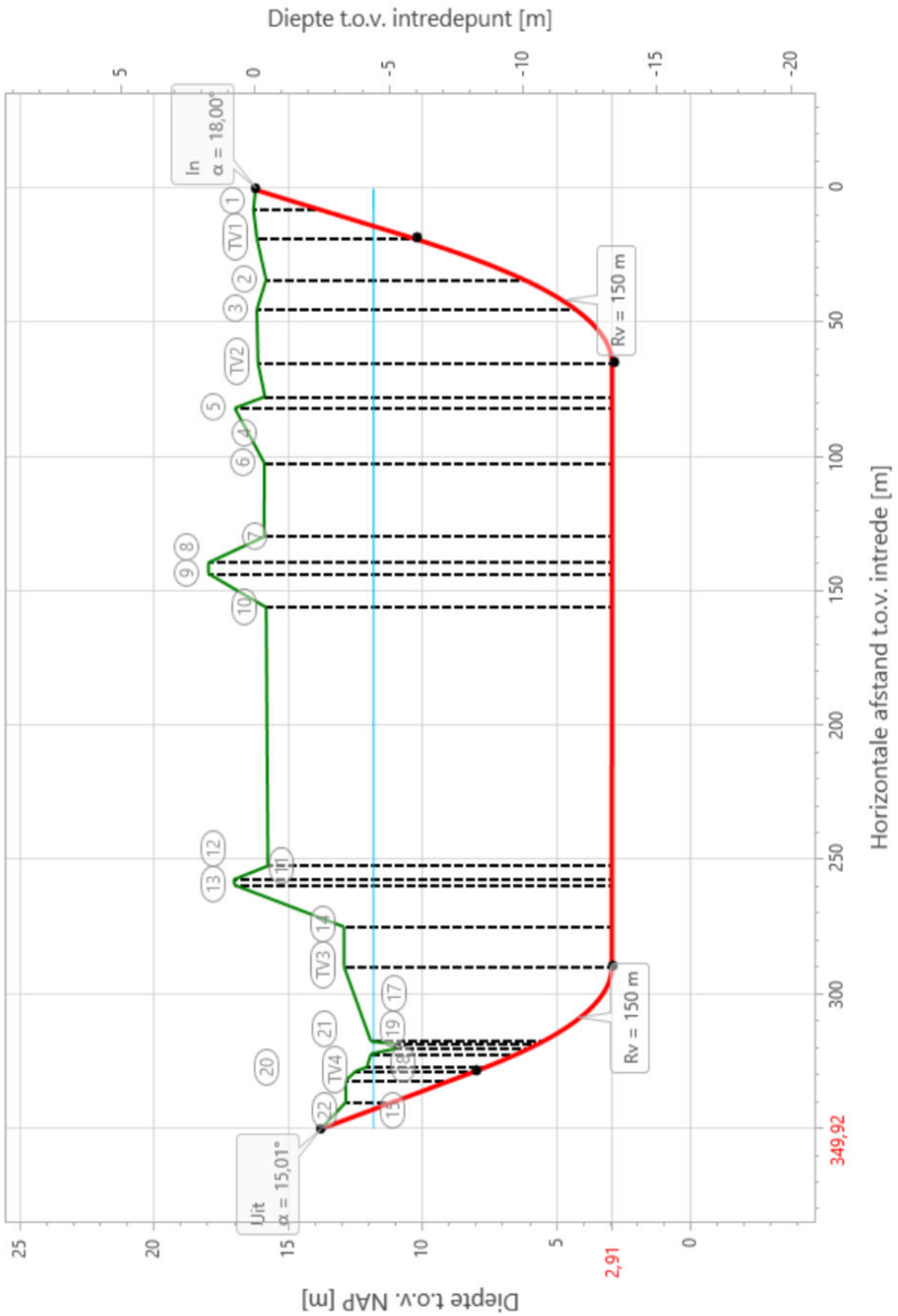
Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2024 1.2 ©			
Algemene gegevens					
Naam van het project : B01 Schans 20A Arcen					
Projectonderdeel : 1 x HDPE110-160 SDR11 PE100					
Materiaalgegevens					
Materiaalsoort:	PE				
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11				
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²		
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-		
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²		
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²		
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²		
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)		
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-		
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³		
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8,00$		%		
Leidinggegevens					
Uitwendige middellijn	D _e = 110,00		mm		
Wanddikte	d _n = 10		mm		
Procesgegevens					
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos			
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken					
Totale lengte	L = 352,85		m		
Totale horizontale lengte	L _{hor} = 349,92		m		
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 100,00		m		
Intredehoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 18,00 / 32,49$		° / %		
Uittredehoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,01 / 26,81$		° / %		
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°		
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°		
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°		
MV intrede t.o.v. NAP	MV _{in} = 16,25		m		
MV uittrede t.o.v. NAP	MV _{uit} = 13,83		m		
Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m]	Verticale straal [m]
Intrede-TV1	19,42	18,47	19,42	18,47	-
TV1-TV2	47,13	46,36	66,55	64,83	150,00
TV2-TV3	224,65	224,65	291,20	289,48	-
TV3-TV4	39,28	38,83	330,48	328,31	150,00
TV4-Uittrede	22,37	21,61	352,85	349,92	-
				03-07-2024 15:33:47	

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2024 1.2 ©	
Uitvoeringsaspecten			
Diameter boorstang	D_b	= 90	mm
<i>Tijdens pilot</i>			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 170	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 11,5	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,013	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 600	l/min
<i>Tijdens intrekken</i>			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 350	mm
Equivalent diameter bundel	D_{eq}	= 194,16	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 11,5	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,013	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 900	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 2	
De bundelbuizen worden niet gekoppeld			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f_1	= 0,3	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	
		03-07-2024 15:33:47	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1	8,34	2,65	-	Zand	18,05	-	32,50
TV1	19,42	5,95	4,39	Klei	18,68	20,73	22,50
2	35,37	9,72	4,05	Zand	18,77	20,40	35,00
3	46,55	11,96	4,39	Zand	18,68	20,51	35,00
TV2	66,55	13,25	4,35	Zand	18,69	20,58	35,00
4	79,01	12,99	4,09	Zand	18,76	20,58	35,00
5	83,30	14,11	5,21	Zand	18,57	20,58	35,00
6	103,79	13,01	4,11	Zand	18,76	20,58	35,00
7	131,13	13,02	4,12	Zand	18,74	20,58	35,00
8	140,82	15,09	6,19	Zand	18,48	20,58	35,00
9	144,97	15,09	6,19	Zand	18,48	20,58	35,00
10	157,41	12,94	4,04	Zand	18,77	20,58	35,00
11	253,64	12,87	3,97	Zand	18,76	20,54	35,00
12	258,67	14,13	5,23	Zand	18,58	20,54	35,00
13	260,75	14,11	5,21	Zand	18,58	20,54	35,00
14	276,34	10,03	1,13	Zand	20,00	20,54	35,00
TV3	291,20	10,03	1,13	Zand	20,00	20,54	35,00
15	319,11	6,43	0,12	Zand	20,00	20,35	35,00
17	320,02	5,38	-0,76	Zand	0,00	20,24	35,00
18	321,92	5,01	-0,76	Zand	0,00	20,18	35,00
19	323,90	5,47	0,12	Zand	20,00	20,24	35,00
20	328,93	4,45	0,27	Klei	20,00	20,26	27,50
TV4	330,48	4,47	0,69	Zand	20,00	20,44	25,00
21	333,99	3,94	1,06	Zand	20,00	20,74	32,50
22	342,41	1,76	1,06	Zand	20,00	21,00	35,00

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Neutrale grond- druk [kN/m ²]	Verkeersbelasting
1	✓	0,00	45,00	100	Grafiek 1/2 x II
TV1	-	5,00	3,00	-	Grafiek 1/2 x II
2	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
3	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
TV2	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
4	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
5	✓	0,00	75,00	100	Grafiek I
6	✓	0,00	75,00	100	Grafiek I
7	✓	0,00	75,00	100	Grafiek I
8	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
9	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
10	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
11	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
12	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
13	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
14	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
TV3	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
15	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
17	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
18	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
19	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
20	-	1,00	5,00	-	Grafiek 1/2 x II
TV4	✓	0,00	15,00	100	Grafiek 1/2 x II
21	✓	0,00	45,00	100	Grafiek 1/2 x II
22	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II



* Niet op schaal

2. Eigenschappen van de leiding

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

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

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

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

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	352,85	5.717	3.176
Na intrekken van TV4-Uittrede	330,48	5.354	2.975
Na intrekken van TV3-TV4	291,20	4.718	2.621
Na intrekken van TV2-TV3	66,55	1.078	599
Na intrekken van TV1-TV2	19,42	315	175

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	5.717	1,82
Na intrekken van TV4-Uittrede	5.354	1,70
Na intrekken van TV3-TV4	4.718	1,50
Na intrekken van TV2-TV3	1.078	0,34
Na intrekken van TV1-TV2	315	0,10

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

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

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

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

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

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

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	1,82	2,20
Na intrekken van TV4-Uittrede	1,70	2,09
Na intrekken van TV3-TV4	1,50	1,89
Na intrekken van TV2-TV3	0,34	0,73
Na intrekken van TV1-TV2	0,10	0,48

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2,20 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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

Aantal buizen in de bundel $n = 2$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,812$

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

81,2% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 280,69 \text{ mm}^1$

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

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

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

Trekkkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] ($f = 1,8$)	T_{3a} [N] ($f = 1,8$)	T_2 [N] ($f = 1$)	T_{3a} [N] ($f = 1$)
Na intrekken van TV4-Uittrede	352,85	1.204	-	669	-
Na intrekken van TV3-TV4	330,48	-	3.317	-	1.843
Na intrekken van TV2-TV3	291,20	15.405	-	8.558	-
Na intrekken van TV1-TV2	66,55	-	17.940	-	9.967
Na intrekken van Intrede-TV1	19,42	18.985	-	10.547	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (280,69 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (280,69 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm ²]	q_n [kN/m ²]	$E_{100,norm}$ [N/mm ²]	ν [-]	l [mm]	m [-]	λ [mm ⁻¹]	k_v [N/mm ³]
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868
TV3-TV4 ..	5,00	100,00	75,00	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TV1-TV2 ..	3,00	110,18	3,24	0,3817	745,1	0,54	0,00422	0,04444
TV1-TV2 ..	75,00	110,18	3,24	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868
TV1-TV2 ..	75,00	110,18	3,24	0,2989	324,3	0,69	0,00969	1,23868

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$$K = 1 - \sin(\varphi) \quad \nu = \frac{K}{1 + K}$$

$$l = \frac{\pi}{\lambda} \quad A = l \cdot b \quad b = \beta \cdot r_e = 30^\circ \cdot 55 = 28,80 \text{ mm}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot l_b}}$$

$$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \nu^2) \cdot \sqrt{A}} \quad (m \text{ volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c})$$

5.3 Berekening van de vereiste trekkraft T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm ²]	Q_r [N/mm ¹]	T_{3b} [N] ($f = 1,8$)	T_{3b} [N] ($f = 1$)
TV3-TV4 (TV3)	150,00	0,0079	0,87	202	112
TV3-TV4 (15)	150,00	0,0079	0,87	202	112
TV3-TV4 (17)	150,00	0,0079	0,87	202	112
TV3-TV4 (18)	150,00	0,0079	0,87	202	112
TV3-TV4 (19)	150,00	0,0079	0,87	202	112
TV3-TV4 (20)	150,00	0,0019	0,21	100	56
TV1-TV2 (TV1)	150,00	0,0015	0,16	88	49
TV1-TV2 (2)	150,00	0,0079	0,87	202	112
TV1-TV2 (3)	150,00	0,0079	0,87	202	112

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110 \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 110$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

5.4 Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] ($f = 1$)	T_2 / T_{3a} [N] ($f = 1$)	$T_{3b,max}$ [N] ($f = 1$)	ΣT_{3b} [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	2.621	1.843	112	112	4.576
TV1-TV2	175	9.967	112	225	10.367

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] ($f = 1,8$)	T_{3c} [N] ($f = 1$)
TV3-TV4	7,50	4.576	430	239
TV1-TV2	9,00	10.367	1.168	649

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

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

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

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

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van $f=1,8$ wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	5.354	1.204	-	-	-	6.558	0,66
Na intrekken van TV3-TV4	4.718	-	3.317	202	430	8.667	0,87
Na intrekken van TV2-TV3	1.078	15.405	-	202	430	17.115	1,71
Na intrekken van TV1-TV2	315	-	17.940	405	1.598	20.258	2,03
Na intrekken van Intrede-TV1	0	18.985	-	405	1.598	20.988	2,10

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.975	669	-	-	-	3.643	0,36
Na intrekken van TV3-TV4	2.621	-	1.843	112	239	4.815	0,48
Na intrekken van TV2-TV3	599	8.558	-	112	239	9.508	0,95
Na intrekken van TV1-TV2	175	-	9.967	225	888	11.254	1,13
Na intrekken van Intrede-TV1	0	10.547	-	225	888	11.660	1,17

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **11.660 N ($\approx 1,17$ ton)**.

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	6.558	2,09
Na intrekken van TV3-TV4	8.667	2,76
Na intrekken van TV2-TV3	17.115	5,45
Na intrekken van TV1-TV2	20.258	6,45
Na intrekken van Intrede-TV1	20.988	6,68

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

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm ²]
TV3-TV4	150,00	40.103,30	0,56
TV1-TV2	150,00	40.103,30	0,56

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{72.113,83}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	6.558	2,09	-	2,09
Na intrekken van TV3-TV4	8.667	2,76	0,56	3,12
Na intrekken van TV2-TV3	17.115	5,45	-	5,45
Na intrekken van TV1-TV2	20.258	6,45	0,56	6,81
Na intrekken van Intrede-TV1	20.988	6,68	-	6,68

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

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 6,81 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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

Leiding is drukloos:

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

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

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1	2,65	-	Zand	-	-	100,00	11,00
TV1	5,95	4,39	Klei	90,21	19,97	110,18	12,12
2	9,72	4,05	Zand	83,62	70,53	100,00	11,00
3	11,96	4,39	Zand	90,21	95,09	100,00	11,00
TV2	13,25	4,35	Zand	89,43	112,48	100,00	11,00
4	12,99	4,09	Zand	84,40	112,48	100,00	11,00
5	14,11	5,21	Zand	106,42	112,48	100,00	11,00
6	13,01	4,11	Zand	84,81	112,48	100,00	11,00
7	13,02	4,12	Zand	84,93	112,48	100,00	11,00
8	15,09	6,19	Zand	125,83	112,47	100,00	11,00
9	15,09	6,19	Zand	125,83	112,46	100,00	11,00
10	12,94	4,04	Zand	83,41	112,48	100,00	11,00
11	12,87	3,97	Zand	81,92	112,09	100,00	11,00
12	14,13	5,23	Zand	106,89	112,09	100,00	11,00
13	14,11	5,21	Zand	106,48	112,09	100,00	11,00
14	10,03	1,13	Zand	24,86	112,09	100,00	11,00
TV3	10,03	1,13	Zand	24,86	112,09	100,00	11,00
15	6,43	0,12	Zand	2,64	78,15	100,00	11,00
17	5,38	-0,76	Zand	0,00	119,79	100,00	11,00
18	5,01	-0,76	Zand	0,00	111,13	100,00	11,00
19	5,47	0,12	Zand	2,64	65,61	100,00	11,00
20	4,45	0,27	Klei	5,94	51,36	57,30	6,30
TV4	4,47	0,69	Zand	15,18	47,19	100,00	11,00
21	3,94	1,06	Zand	23,32	36,88	100,00	11,00
22	1,76	1,06	Zand	23,32	9,17	100,00	11,00

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

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

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

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1	2,65	Grafiek ½ x II	4,46	0,49
TV1	5,95	Grafiek ½ x II	1,63	0,18
2	9,72	Grafiek ½ x II	0,87	0,10
3	11,96	Grafiek ½ x II	0,65	0,07
TV2	13,25	Grafiek ½ x II	0,56	0,06
4	12,99	Grafiek ½ x II	0,58	0,06
5	14,11	Grafiek I	2,44	0,27
6	13,01	Grafiek I	2,79	0,31
7	13,02	Grafiek I	2,79	0,31
8	15,09	Grafiek ½ x II	0,46	0,05
9	15,09	Grafiek ½ x II	0,46	0,05
10	12,94	Grafiek ½ x II	0,58	0,06
11	12,87	Grafiek ½ x II	0,58	0,06
12	14,13	Grafiek ½ x II	0,51	0,06
13	14,11	Grafiek ½ x II	0,51	0,06
14	10,03	Grafiek ½ x II	0,83	0,09
TV3	10,03	Grafiek ½ x II	0,83	0,09
15	6,43	Grafiek ½ x II	1,48	0,16
17	5,38	Grafiek ½ x II	1,84	0,20
18	5,01	Grafiek ½ x II	2,01	0,22
19	5,47	Grafiek ½ x II	1,80	0,20
20	4,45	Grafiek ½ x II	2,32	0,26
TV4	4,47	Grafiek ½ x II	2,31	0,25
21	3,94	Grafiek ½ x II	2,70	0,30
22	1,76	Grafiek ½ x II	7,92	0,87

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1	✓	11,00	0,49	11,49	114,73 ⁽²⁾	6,88
TV1	-	12,12	0,18	12,30	158,03 ⁽¹⁾	9,48
2	✓	11,00	0,10	11,10	113,28 ⁽²⁾	6,80
3	✓	11,00	0,07	11,07	113,03 ⁽²⁾	6,78
TV2	✓	11,00	0,06	11,06	112,93 ⁽²⁾	6,78
4	✓	11,00	0,06	11,06	112,95 ⁽²⁾	6,78
5	✓	11,00	0,27	11,27	115,04 ⁽²⁾	6,90
6	✓	11,00	0,31	11,31	115,44 ⁽²⁾	6,93
7	✓	11,00	0,31	11,31	115,44 ⁽²⁾	6,93
8	✓	11,00	0,05	11,05	112,82 ⁽²⁾	6,77
9	✓	11,00	0,05	11,05	112,82 ⁽²⁾	6,77
10	✓	11,00	0,06	11,06	112,95 ⁽²⁾	6,78
11	✓	11,00	0,06	11,06	112,96 ⁽²⁾	6,78
12	✓	11,00	0,06	11,06	112,87 ⁽²⁾	6,77
13	✓	11,00	0,06	11,06	112,87 ⁽²⁾	6,77
14	✓	11,00	0,09	11,09	113,24 ⁽²⁾	6,79
TV3	✓	11,00	0,09	11,09	113,24 ⁽²⁾	6,79
15	✓	11,00	0,16	11,16	113,96 ⁽²⁾	6,84
17	✓	11,00	0,20	11,20	114,37 ⁽²⁾	6,86
18	✓	11,00	0,22	11,22	114,56 ⁽²⁾	6,87
19	✓	11,00	0,20	11,20	114,33 ⁽²⁾	6,86
20	-	6,30	0,26	6,56	84,27 ⁽¹⁾	5,06
TV4	✓	11,00	0,25	11,25	104,38 ⁽²⁾	6,26
21	✓	11,00	0,30	11,30	112,80 ⁽²⁾	6,77
22	✓	11,00	0,87	11,87	121,19 ⁽²⁾	7,27

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00 \quad (1)$$

$$\text{Indien horizontale steundruk: } M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g \quad (2)$$

$$M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

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

6.6 Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
TV1	150,00	0,0015	0,097
2	150,00	0,0079	0,51
3	150,00	0,0079	0,51
TV3	150,00	0,0079	0,51
15	150,00	0,0079	0,51
17	150,00	0,0079	0,51
18	150,00	0,0079	0,51
19	150,00	0,0079	0,51
20	150,00	0,0019	0,13

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot q_r \cdot 110 \cdot \frac{55,00}{16,67}$$

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

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

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

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

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1	6,88	-	0,65	4,47
TV1	9,48	0,097	0,65	6,23
2	6,80	0,51	0,65	4,75
3	6,78	0,51	0,65	4,74
TV2	6,78	-	0,65	4,40
4	6,78	-	0,65	4,41
5	6,90	-	0,65	4,49
6	6,93	-	0,65	4,50
7	6,93	-	0,65	4,50
8	6,77	-	0,65	4,40
9	6,77	-	0,65	4,40
10	6,78	-	0,65	4,41
11	6,78	-	0,65	4,41
12	6,77	-	0,65	4,40
13	6,77	-	0,65	4,40
14	6,79	-	0,65	4,42
TV3	6,79	0,51	0,65	4,75
15	6,84	0,51	0,65	4,78
17	6,86	0,51	0,65	4,79
18	6,87	0,51	0,65	4,80
19	6,86	0,51	0,65	4,79
20	5,06	0,13	0,65	3,37
TV4	6,26	-	0,65	4,07
21	6,77	-	0,65	4,40
22	7,27	-	0,65	4,73

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = 8,00$ N/mm² $\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 6,23 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1	0,00	0,00	-	-	0,00
TV1	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
2	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
3	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
TV2	0,00	0,00	-	-	0,00
4	0,00	0,00	-	-	0,00
5	0,00	0,00	-	-	0,00
6	0,00	0,00	-	-	0,00
7	0,00	0,00	-	-	0,00
8	0,00	0,00	-	-	0,00
9	0,00	0,00	-	-	0,00
10	0,00	0,00	-	-	0,00
11	0,00	0,00	-	-	0,00
12	0,00	0,00	-	-	0,00
13	0,00	0,00	-	-	0,00
14	0,00	0,00	-	-	0,00
TV3	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
15	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
17	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
18	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
19	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
20	0,00	0,00	0,56	0,65	0,36
TV4	0,00	0,00	-	-	0,00
21	0,00	0,00	-	-	0,00
22	0,00	0,00	-	-	0,00

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = 8,00$ N/mm²

$\sigma_y \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0,36 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q _n [N/mm ¹]	Q _v [N/mm ¹]	Q _r [N/mm ¹]	δ _y [mm]	δ _y /D _g [%]
1	11,00	0,49	-	2,17	2,17
TV1	12,12	0,18	0,16	1,59	1,59
2	11,00	0,10	0,87	2,30	2,30
3	11,00	0,07	0,87	2,29	2,29
TV2	11,00	0,06	-	2,29	2,29
4	11,00	0,06	-	2,29	2,29
5	11,00	0,27	-	2,31	2,31
6	11,00	0,31	-	2,32	2,32
7	11,00	0,31	-	2,32	2,32
8	11,00	0,05	-	2,29	2,29
9	11,00	0,05	-	2,29	2,29
10	11,00	0,06	-	2,29	2,29
11	11,00	0,06	-	2,29	2,29
12	11,00	0,06	-	2,29	2,29
13	11,00	0,06	-	2,29	2,29
14	11,00	0,09	-	2,30	2,30
TV3	11,00	0,09	0,87	2,30	2,30
15	11,00	0,16	0,87	2,30	2,30
17	11,00	0,20	0,87	2,31	2,31
18	11,00	0,22	0,87	2,31	2,31
19	11,00	0,20	0,87	2,31	2,31
20	6,30	0,26	0,21	1,04	1,04
TV4	11,00	0,25	-	1,63	1,63
21	11,00	0,30	-	2,15	2,15
22	11,00	0,87	-	2,38	2,38

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

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

Toelaatbare deflectie: $\delta_{y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 100,00 = \mathbf{8,00}$ mm

$\delta_y \leq \delta_{y,max} \rightarrow 2,38 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	$E_{100,norm}$ [MN/m ²]
1	2,65	43,48	20,12	31,80	48,89	45
TV1	5,95	88,35	54,54	71,44	103,40	3,24
2	9,72	117,56	50,13	83,85	131,94	75
3	11,96	140,00	59,70	99,85	157,12	75
TV2	13,25	151,42	64,57	108,00	169,94	75
4	12,99	147,26	62,80	105,03	165,27	75
5	14,11	165,47	70,56	118,01	185,70	75
6	13,01	147,61	62,94	105,27	165,66	75
7	13,02	147,70	62,98	105,34	165,76	75
8	15,09	181,50	77,39	129,44	203,69	75
9	15,09	181,49	77,39	129,44	203,69	75
10	12,94	146,45	62,45	104,45	164,36	75
11	12,87	144,89	61,79	103,34	162,61	75
12	14,13	165,53	70,58	118,06	185,77	75
13	14,11	165,19	70,44	117,81	185,39	75
14	10,03	97,73	41,68	69,70	109,68	75
TV3	10,03	97,73	41,68	69,70	109,68	75
15	6,43	55,82	23,80	39,81	62,64	75
17	5,38	45,20	19,27	32,24	50,72	75
18	5,01	41,78	17,82	29,80	46,89	75
19	5,47	47,12	20,09	33,61	52,88	75
20	4,45	40,10	21,58	30,84	45,97	3,20
TV4	4,47	44,98	25,97	35,48	50,47	15
21	3,94	44,76	20,71	32,73	50,32	45
22	1,76	25,64	10,93	18,28	28,77	75

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p _{lim} [N/mm ²]	90% p _{lim} [bar] 1
1	17,09	0,00100	0,0000	0,3163	0,55	4,92
TV1	1,17	0,027	0,0156	0,3817	0,32	2,85
2	28,87	0,0017	0,0567	0,2989	1,42	12,74
3	28,87	0,0020	0,0757	0,2989	1,59	14,34
TV2	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,68	15,16
4	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,66	14,91
5	28,87	0,0023	0,0890	0,2989	1,78	16,00
6	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,66	14,93
7	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,66	14,94
8	28,87	0,0026	0,0890	0,2989	1,88	16,91
9	28,87	0,0026	0,0890	0,2989	1,88	16,91
10	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,65	14,86
11	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,64	14,77
12	28,87	0,0023	0,0890	0,2989	1,78	16,00
13	28,87	0,0023	0,0890	0,2989	1,78	15,98
14	28,87	0,0014	0,0890	0,2989	1,30	11,67
TV3	28,87	0,0014	0,0890	0,2989	1,30	11,67
15	28,87	0,00079	0,0631	0,2989	0,91	8,18
17	28,87	0,00064	0,0614	0,2989	0,80	7,21
18	28,87	0,00059	0,0577	0,2989	0,76	6,86
19	28,87	0,00067	0,0535	0,2989	0,81	7,32
20	1,19	0,013	0,0418	0,3499	0,23	2,07
TV4	5,49	0,0027	0,0378	0,3660	0,33	2,96
21	17,09	0,0010	0,0288	0,3163	0,59	5,27
22	28,87	0,00036	0,0070	0,2989	0,52	4,71

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1	0,85	2,58	0,24	2,36	0,03	0,31
TV1	2,98	6,00	0,31	3,14	0,07	0,72
2	0,66	10,11	0,62	6,24	0,12	1,22
3	0,60	12,01	0,71	7,09	0,15	1,46
TV2	0,58	13,34	0,75	7,55	0,16	1,64
4	0,59	13,34	0,74	7,43	0,17	1,66
5	0,56	13,34	0,79	7,93	0,17	1,67
6	0,59	13,34	0,74	7,44	0,17	1,70
7	0,59	13,34	0,74	7,44	0,17	1,75
8	0,53	13,34	0,84	8,36	0,18	1,76
9	0,53	13,34	0,84	8,36	0,18	1,77
10	0,59	13,34	0,74	7,41	0,18	1,79
11	0,59	13,33	0,74	7,36	0,19	1,94
12	0,56	13,33	0,79	7,94	0,20	1,95
13	0,56	13,33	0,79	7,93	0,20	1,96
14	0,72	13,33	0,59	5,93	0,20	1,98
TV3	0,72	13,33	0,59	5,93	0,20	2,00
15	0,96	10,74	0,42	4,16	0,18	1,75
17	1,06	10,57	0,37	3,70	0,17	1,73
18	1,10	10,20	0,35	3,51	0,17	1,69
19	1,04	9,78	0,37	3,71	0,16	1,65
20	2,23	8,61	0,22	2,23	0,15	1,52
TV4	0,51	8,22	0,18	1,81	0,15	1,48
21	0,84	7,31	0,27	2,70	0,14	1,38
22	0,88	5,13	0,16	1,63	0,11	1,14

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 90^2)} = 0,612 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,612}{(170 - 90)^2} + \frac{11,5}{(170 - 90)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in}$$

11.2 Tijdens intrekken

Locatie	R _{p,max} [m]	Δh _{uit} [m]	p _{max} [N/mm ²]	p _{max} [bar] 4	p _{min} [N/mm ²]	p _{min} [bar] 5
22	0,88	2,71	0,10	1,00	0,03 ⁽¹⁾	0,32
21	1,73	4,89	0,27	2,70	0,06 ⁽¹⁾	0,58
TV4	1,06	5,80	0,18	1,81	0,07 ⁽¹⁾	0,68
20	2,23	6,19	0,21	2,08	0,07 ⁽¹⁾	0,73
19	2,14	7,36	0,37	3,71	0,09 ⁽¹⁾	0,87
18	2,27	7,78	0,35	3,51	0,09 ⁽¹⁾	0,92
17	2,19	8,15	0,37	3,70	0,10 ⁽¹⁾	0,96
15	1,97	8,32	0,42	4,16	0,10 ⁽¹⁾	0,98
TV3	1,49	10,91	0,59	5,93	0,13 ⁽¹⁾	1,30
14	1,49	10,91	0,59	5,93	0,13 ⁽¹⁾	1,31
13	1,14	10,91	0,79	7,93	0,13 ⁽¹⁾	1,32
12	1,14	10,91	0,79	7,94	0,13 ⁽¹⁾	1,33
11	1,22	10,91	0,74	7,36	0,13 ⁽¹⁾	1,33
10	1,21	10,92	0,74	7,41	0,14 ⁽¹⁾	1,40
9	1,09	10,92	0,84	8,36	0,14 ⁽¹⁾	1,41
8	1,09	10,92	0,84	8,36	0,14 ⁽¹⁾	1,42
7	1,21	10,92	0,74	7,44	0,14 ⁽¹⁾	1,42
6	1,21	10,92	0,74	7,44	0,14 ⁽¹⁾	1,44
5	1,14	10,92	0,79	7,93	0,15 ⁽¹⁾	1,46
4	1,21	10,92	0,74	7,43	0,15 ⁽¹⁾	1,46
TV2	1,19	10,92	0,75	7,55	0,15 ⁽¹⁾	1,47
3	1,24	9,59	0,71	7,09	0,13 ⁽¹⁾	1,33
2	1,36	7,69	0,62	6,24	0,11 ⁽¹⁾	1,12
TV1	2,98	3,58	0,31	3,06	0,07 ⁽¹⁾	0,66
1	1,33	0,16	0,20	1,97	0,03 ⁽¹⁾	0,28

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 194,16 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{350}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (350^2 - 194^2)} = 0,225 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_b^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (350^2 - 90^2)} = 0,918 \text{ m/s}$$

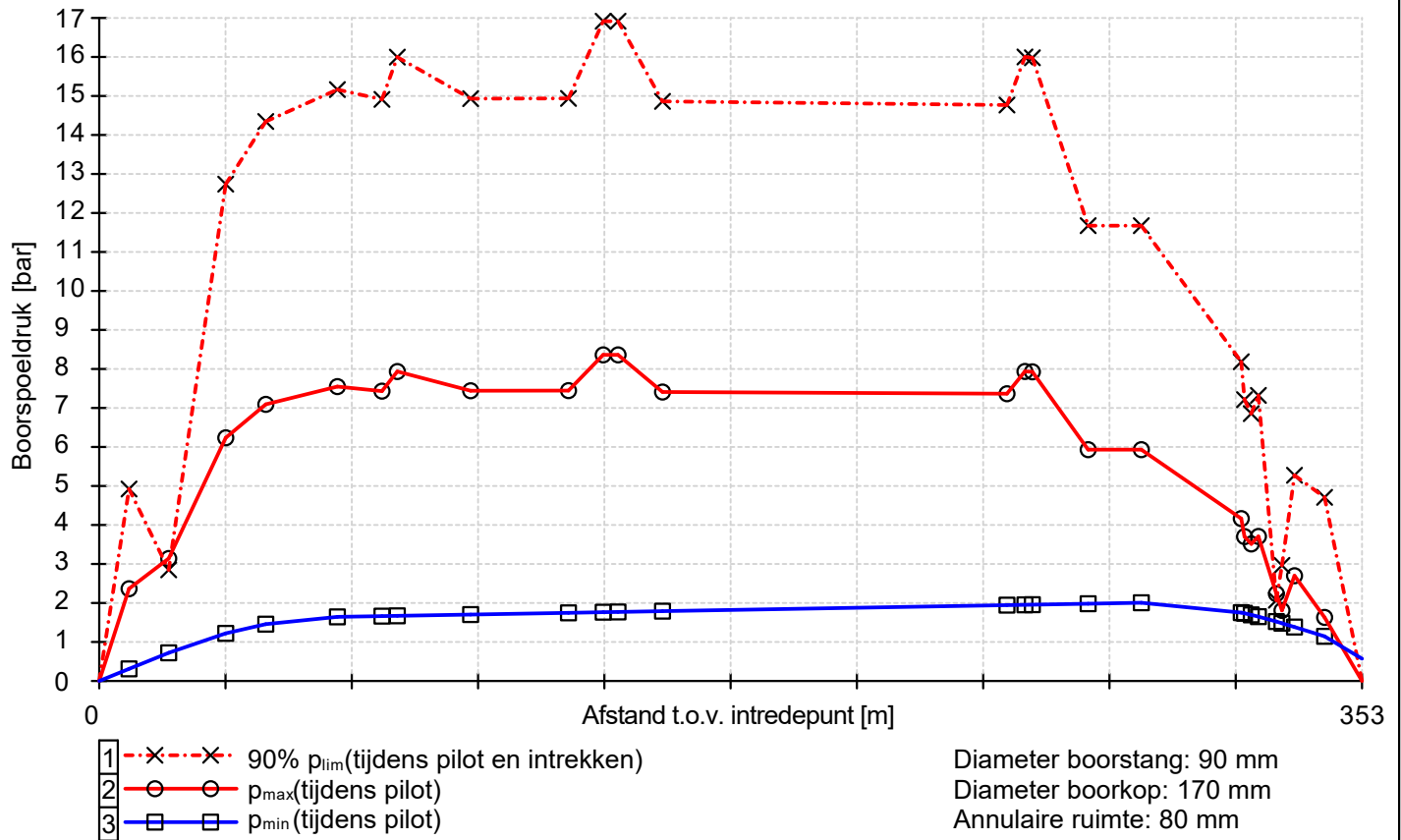
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,225}{(350 - 194)^2} + \frac{11,5}{(350 - 194)} \right) \cdot (352,8523368514380 - L) + 11,5 \cdot \Delta h_{uit}$$

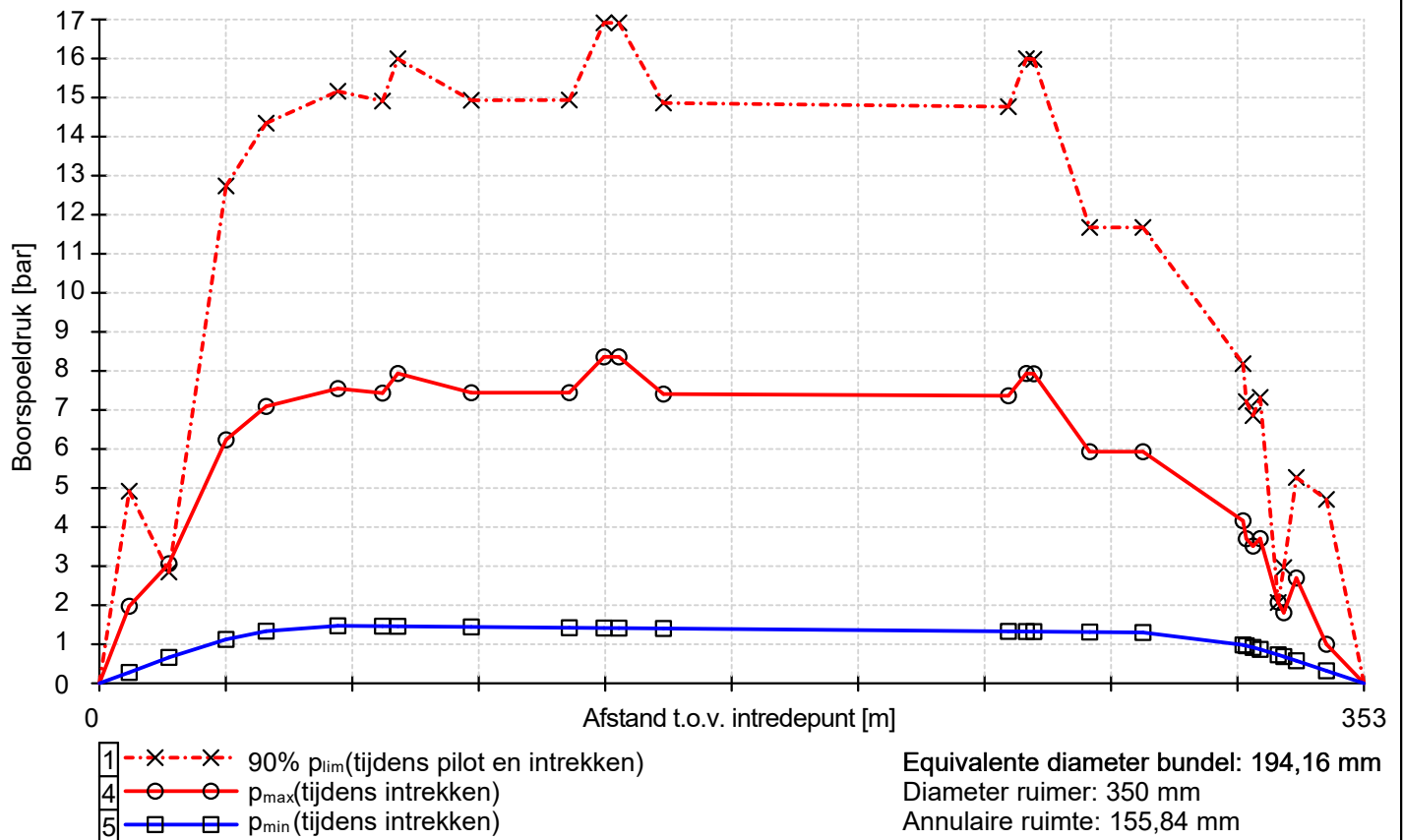
$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,918}{(406,4 - 90)^2} + \frac{11,5}{(406,4 - 90)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

11.3 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p} = 11,5 \text{ kN/m}^3 / \tau_{y,p} = 11,5 \text{ Pa} / \eta_p = 0,013 \text{ Pas} / Q_{m,p} = 600 \text{ l/min}$)



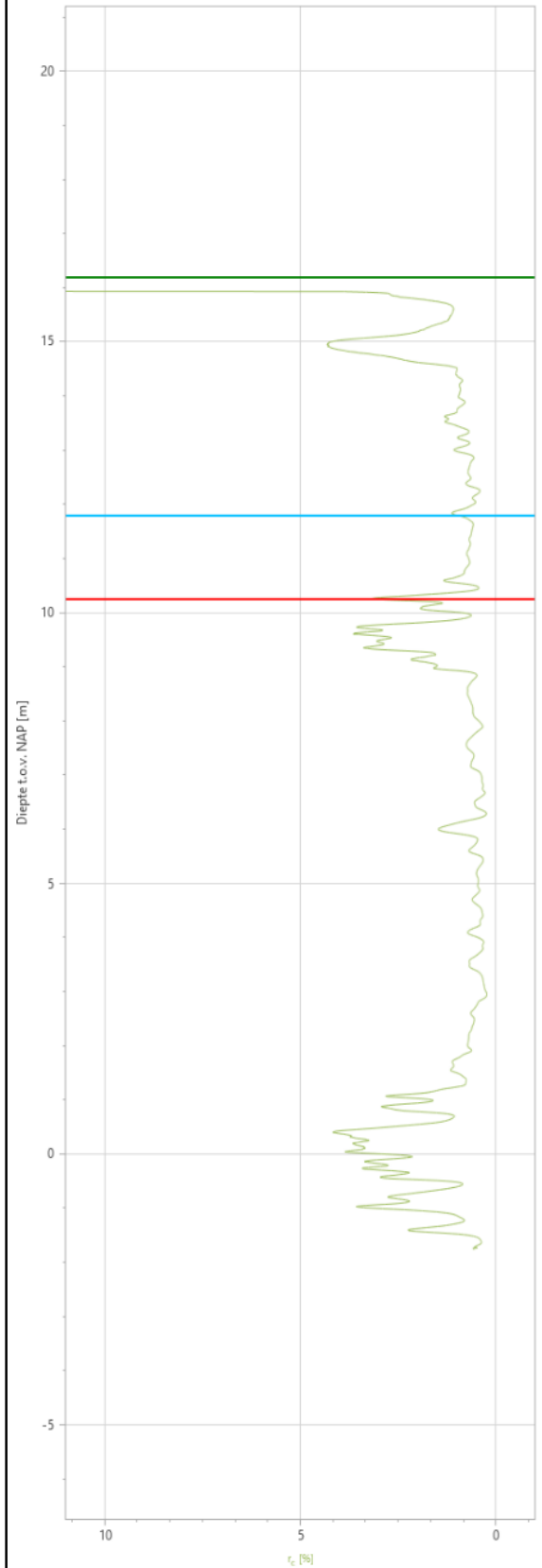
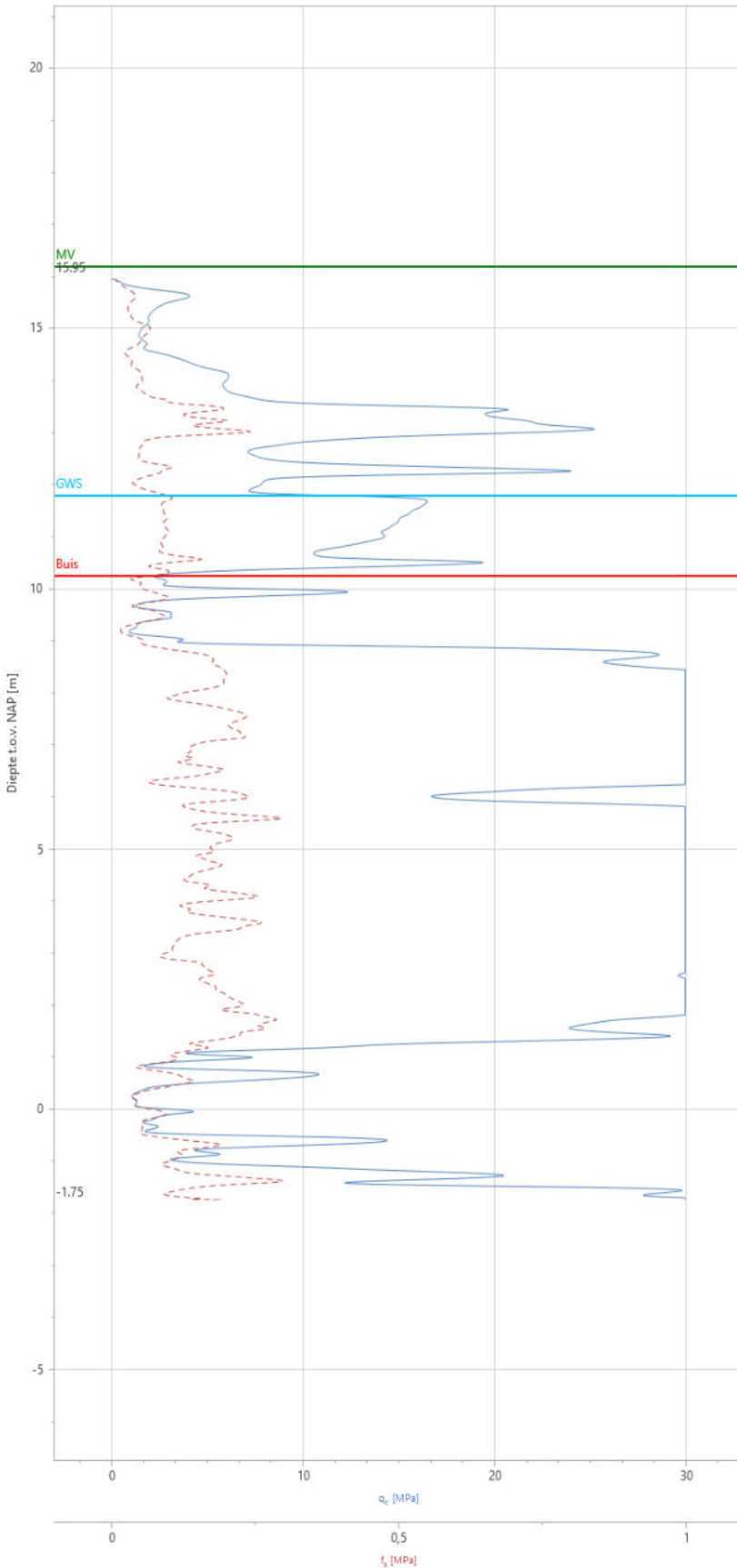
11.4 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i} = 11,5 \text{ kN/m}^3 / \tau_{y,i} = 11,5 \text{ Pa} / \eta_i = 0,013 \text{ Pas} / Q_{m,i} = 900 \text{ l/min}$)



CPT000000180708

Naam van het project : B01 Schans 20A Arcen

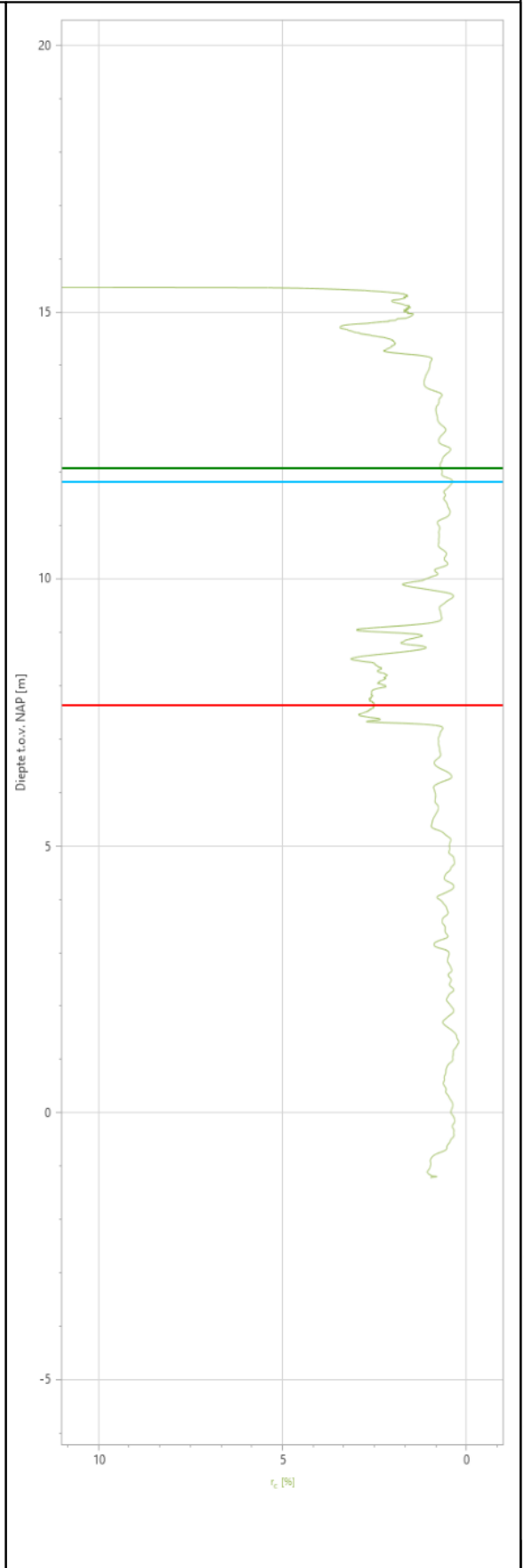
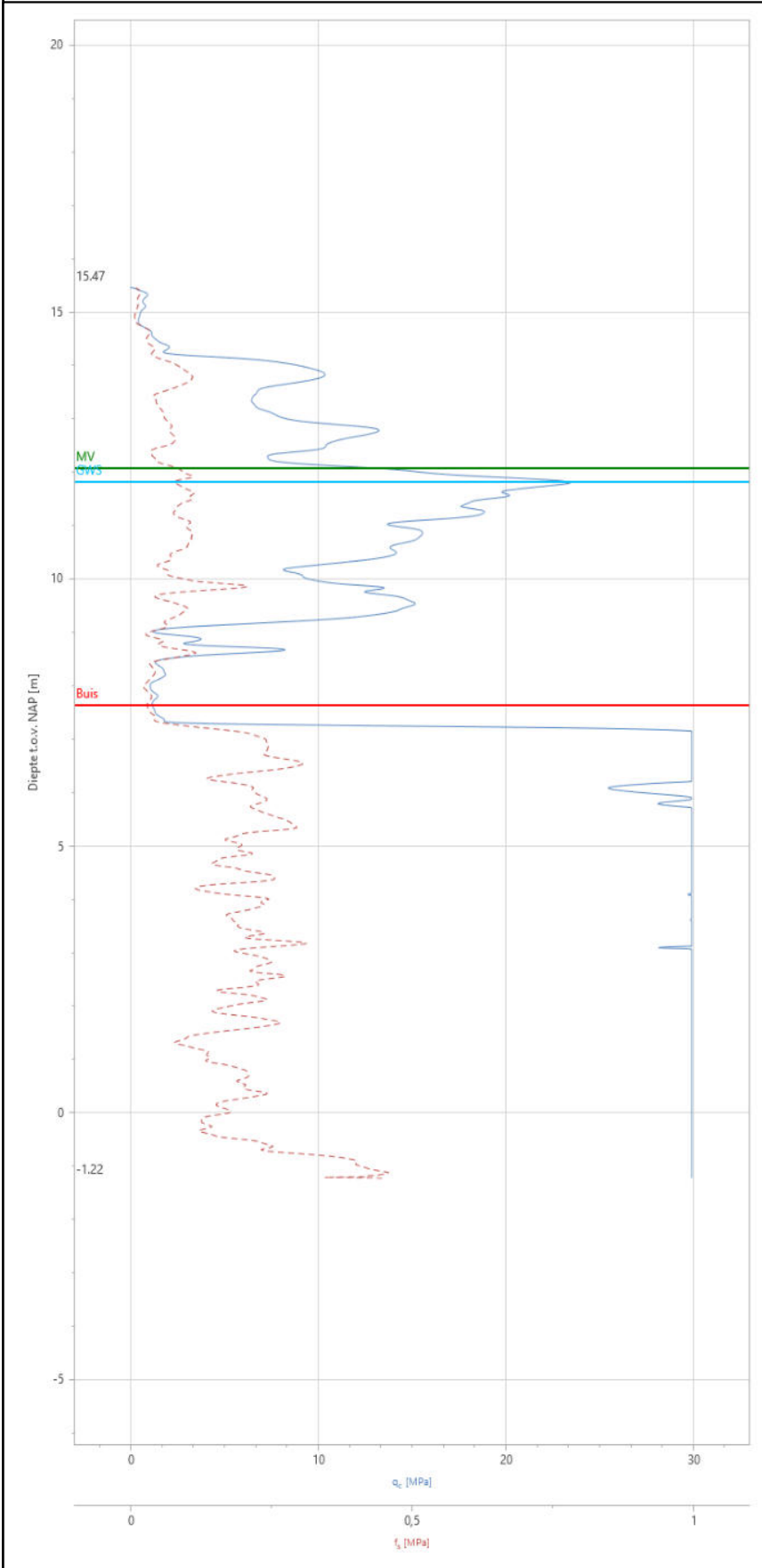
Projectonderdeel : 1 x HDPE110-160 SDR11 PE100



CPT000000180689

Naam van het project : B01 Schans 20A Arcen

Projectonderdeel : 1 x HDPE110-160 SDR11 PE100



Algemene gegevens

Naam van het project : B01 Schans 20A Arcen
 Projectonderdeel : 1 x HDPE160-110 SDR11 PE100

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8,00$		%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	$D_e = 160,00$	mm
Wanddikte	$d_n = 14,6$	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Gas	
Ontwerpdruk	$p_d = 0,8$	N/mm ²
Volumieke massa medium	$\rho_{omg} = 0,833$	kg/m ³
Temperatuurverschil	$\Delta t = 10$	°

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L = 352,85	m
Totale horizontale lengte	$L_{hor} = 349,92$	m
Straal maaiveld/rollenbaan	$R_r = 100,00$	m
Intredehoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 18,00 / 32,49$	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,01 / 26,81$	° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$	°
Ondersteuningshoek	$\beta = 120$	°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$	°
MV intrede t.o.v. NAP	$MV_{in} = 16,25$	m
MV uittrede t.o.v. NAP	$MV_{uit} = 13,83$	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m]	Verticale straal [m]
Intrede-TV1	19,42	18,47	19,42	18,47	-
TV1-TV2	47,13	46,36	66,55	64,83	150,00
TV2-TV3	224,65	224,65	291,20	289,48	-
TV3-TV4	39,28	38,83	330,48	328,31	150,00
TV4-Uittrede	22,37	21,61	352,85	349,92	-

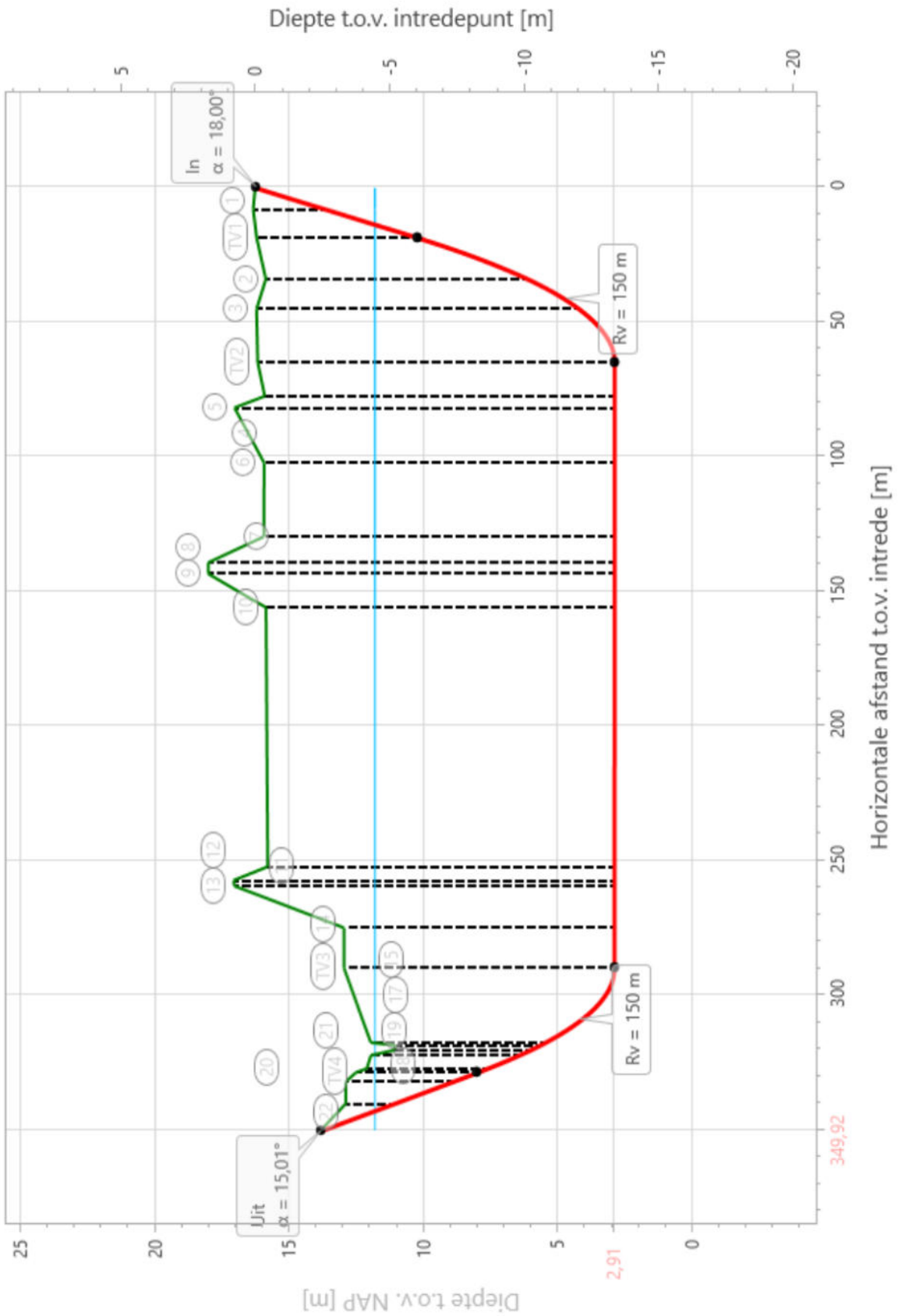
	03-07-2024 15:38:16
--	---------------------

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2024 1.2 ©	
Uitvoeringsaspecten			
Diameter boorstang	D_b	= 90	mm
<i>Tijdens pilot</i>			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 170	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 11,5	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,013	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 600	l/min
<i>Tijdens intrekken</i>			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 350	mm
Equivalent diameter bundel	D_{eq}	= 194,16	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 11,5	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,013	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 900	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 2	
De bundelbuizen worden niet gekoppeld			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f_1	= 0,3	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	
		03-07-2024 15:38:16	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1	8,34	2,65	-	Zand	18,05	-	32,50
TV1	19,42	5,95	4,39	Klei	18,68	20,73	22,50
2	35,37	9,72	4,05	Zand	18,77	20,40	35,00
3	46,55	11,96	4,39	Zand	18,68	20,51	35,00
TV2	66,55	13,25	4,35	Zand	18,69	20,58	35,00
4	79,01	12,99	4,09	Zand	18,76	20,58	35,00
5	83,30	14,11	5,21	Zand	18,57	20,58	35,00
6	103,79	13,01	4,11	Zand	18,76	20,58	35,00
7	131,13	13,02	4,12	Zand	18,74	20,58	35,00
8	140,82	15,09	6,19	Zand	18,48	20,58	35,00
9	144,97	15,09	6,19	Zand	18,48	20,58	35,00
10	157,41	12,94	4,04	Zand	18,77	20,58	35,00
11	253,64	12,87	3,97	Zand	18,76	20,54	35,00
12	258,67	14,13	5,23	Zand	18,58	20,54	35,00
13	260,75	14,11	5,21	Zand	18,58	20,54	35,00
14	276,34	10,03	1,13	Zand	20,00	20,54	35,00
TV3	291,20	10,03	1,13	Zand	20,00	20,54	35,00
15	319,11	6,43	0,12	Zand	20,00	20,35	35,00
17	320,02	5,38	-0,76	Zand	0,00	20,24	35,00
18	321,92	5,01	-0,76	Zand	0,00	20,18	35,00
19	323,90	5,47	0,12	Zand	20,00	20,24	35,00
20	328,93	4,45	0,27	Klei	20,00	20,26	27,50
TV4	330,48	4,47	0,69	Zand	20,00	20,44	25,00
21	333,99	3,94	1,06	Zand	20,00	20,74	32,50
22	342,41	1,76	1,06	Zand	20,00	21,00	35,00

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Neutrale grond- druk [kN/m ²]	Verkeersbelasting
1	✓	0,00	45,00	100	Grafiek 1/2 x II
TV1	-	5,00	3,00	-	Grafiek 1/2 x II
2	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
3	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
TV2	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
4	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
5	✓	0,00	75,00	100	Grafiek I
6	✓	0,00	75,00	100	Grafiek I
7	✓	0,00	75,00	100	Grafiek I
8	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
9	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
10	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
11	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
12	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
13	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
14	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
TV3	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
15	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
17	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
18	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
19	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II
20	-	1,00	5,00	-	Grafiek 1/2 x II
TV4	✓	0,00	15,00	100	Grafiek 1/2 x II
21	✓	0,00	45,00	100	Grafiek 1/2 x II
22	✓	0,00	75,00	100	Grafiek 1/2 x II



* Niet op schaal

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0637 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0637 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0637 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0637 \text{ N/mm}^1$

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

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	352,85	12.135	6.742
Na intrekken van TV4-Uittrede	330,48	11.366	6.314
Na intrekken van TV3-TV4	291,20	10.015	5.564
Na intrekken van TV2-TV3	66,55	2.289	1.272
Na intrekken van TV1-TV2	19,42	668	371

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0,0637 \cdot 0,3$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	12.135	1,82
Na intrekken van TV4-Uittrede	11.366	1,70
Na intrekken van TV3-TV4	10.015	1,50
Na intrekken van TV2-TV3	2.289	0,34
Na intrekken van TV1-TV2	668	0,10

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669,10}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923,86 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{190.923,86}{222.522} = \mathbf{0,86 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	1,82	2,38
Na intrekken van TV4-Uittrede	1,70	2,26
Na intrekken van TV3-TV4	1,50	2,06
Na intrekken van TV2-TV3	0,34	0,90
Na intrekken van TV1-TV2	0,10	0,66

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,86 + \sigma_t$$

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2,38 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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

Aantal buizen in de bundel $n = 2$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,812$

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

81,2% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 408,28 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0637 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,168 \text{ N/mm}^1$

Trekkkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] ($f = 1,8$)	T_{3a} [N] ($f = 1,8$)	T_2 [N] ($f = 1$)	T_{3a} [N] ($f = 1$)
Na intrekken van TV4-Uittrede	352,85	2.171	-	1.206	-
Na intrekken van TV3-TV4	330,48	-	5.984	-	3.324
Na intrekken van TV2-TV3	291,20	27.787	-	15.437	-
Na intrekken van TV1-TV2	66,55	-	32.362	-	17.979
Na intrekken van Intrede-TV1	19,42	34.247	-	19.026	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (408,28 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (408,28 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm ²]	q_n [kN/m ²]	$E_{100,norm}$ [N/mm ²]	ν [-]	l [mm]	m [-]	λ [mm ⁻¹]	k_v [N/mm ³]
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865
TV3-TV4 ..	75,00	100,00	75,00	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865
TV3-TV4 ..	5,00	100,00	75,00	0,3499	1.268,4	0,76	0,00248	0,01633
TV1-TV2 ..	3,00	110,18	3,24	0,3817	1.444,6	0,73	0,00218	0,00971
TV1-TV2 ..	75,00	110,18	3,24	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865
TV1-TV2 ..	75,00	110,18	3,24	0,2989	613,4	0,86	0,00512	0,29865

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$$K = 1 - \sin(\varphi) \quad \nu = \frac{K}{1 + K}$$

$$l = \frac{\pi}{\lambda} \quad A = l \cdot b \quad b = \beta \cdot r_e = 120^\circ \cdot 80 = 167,55 \text{ mm}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot l_b}}$$

$$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \nu^2) \cdot \sqrt{A}} \quad (m \text{ volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c})$$

5.3 Berekening van de vereiste trekkraft T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm ²]	Q_r [N/mm ¹]	T_{3b} [N] ($f = 1,8$)	T_{3b} [N] ($f = 1$)
TV3-TV4 (TV3)	150,00	0,0068	1,09	480	267
TV3-TV4 (15)	150,00	0,0068	1,09	480	267
TV3-TV4 (17)	150,00	0,0068	1,09	480	267
TV3-TV4 (18)	150,00	0,0068	1,09	480	267
TV3-TV4 (19)	150,00	0,0068	1,09	480	267
TV3-TV4 (20)	150,00	0,0016	0,25	232	129
TV1-TV2 (TV1)	150,00	0,0012	0,20	204	113
TV1-TV2 (2)	150,00	0,0068	1,09	480	267
TV1-TV2 (3)	150,00	0,0068	1,09	480	267

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot l_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758,07}{160 \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

5.4 Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] ($f = 1$)	T_2 / T_{3a} [N] ($f = 1$)	$T_{3b,max}$ [N] ($f = 1$)	ΣT_{3b} [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	5.564	3.324	267	267	9.155
TV1-TV2	371	17.979	267	534	18.883

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] ($f = 1,8$)	T_{3c} [N] ($f = 1$)
TV3-TV4	7,50	9.155	861	478
TV1-TV2	9,00	18.883	2.127	1.182

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

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

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

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

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van $f=1,8$ wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	11.366	2.171	-	-	-	13.537	1,35
Na intrekken van TV3-TV4	10.015	-	5.984	480	861	17.340	1,73
Na intrekken van TV2-TV3	2.289	27.787	-	480	861	31.417	3,14
Na intrekken van TV1-TV2	668	-	32.362	960	2.988	36.978	3,70
Na intrekken van Intrede-TV1	0	34.247	-	960	2.988	38.195	3,82

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	6.314	1.206	-	-	-	7.521	0,75
Na intrekken van TV3-TV4	5.564	-	3.324	267	478	9.633	0,96
Na intrekken van TV2-TV3	1.272	15.437	-	267	478	17.454	1,75
Na intrekken van TV1-TV2	371	-	17.979	534	1.660	20.543	2,05
Na intrekken van Intrede-TV1	0	19.026	-	534	1.660	21.219	2,12

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **21.219 N ($\approx 2,12$ ton)**.

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	13.537	2,03
Na intrekken van TV3-TV4	17.340	2,60
Na intrekken van TV2-TV3	31.417	4,71
Na intrekken van TV1-TV2	36.978	5,54
Na intrekken van Intrede-TV1	38.195	5,73

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm ²]
TV3-TV4	150,00	179.995,55	0,81
TV1-TV2	150,00	179.995,55	0,81

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521,98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	13.537	2,03	-	2,03
Na intrekken van TV3-TV4	17.340	2,60	0,81	3,13
Na intrekken van TV2-TV3	31.417	4,71	-	4,71
Na intrekken van TV1-TV2	36.978	5,54	0,81	6,07
Na intrekken van Intrede-TV1	38.195	5,73	-	5,73

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10} = \sigma_t$$

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 6,07 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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

$$D_g/d_n = 145,40/14,60 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{80,00^2 + 65,40^2}{80,00^2 - 65,40^2} \cdot 0,8 = 4,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 4,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 4,02 = 1,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_p \leq \bar{\sigma}_t \rightarrow 4,02 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

$$\sigma_{pl} \leq \bar{\sigma}_t \rightarrow 1,61 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 72,7^3 \cdot 0,119}{975 \cdot 259,34} \right) = 0,78$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1	2,65	-	Zand	-	-	100,00	16,00
TV1	5,95	4,39	Klei	90,21	19,97	110,18	17,63
2	9,72	4,05	Zand	83,62	70,53	100,00	16,00
3	11,96	4,39	Zand	90,21	95,09	100,00	16,00
TV2	13,25	4,35	Zand	89,43	112,48	100,00	16,00
4	12,99	4,09	Zand	84,40	112,48	100,00	16,00
5	14,11	5,21	Zand	106,42	112,48	100,00	16,00
6	13,01	4,11	Zand	84,81	112,48	100,00	16,00
7	13,02	4,12	Zand	84,93	112,48	100,00	16,00
8	15,09	6,19	Zand	125,83	112,47	100,00	16,00
9	15,09	6,19	Zand	125,83	112,46	100,00	16,00
10	12,94	4,04	Zand	83,41	112,48	100,00	16,00
11	12,87	3,97	Zand	81,92	112,09	100,00	16,00
12	14,13	5,23	Zand	106,89	112,09	100,00	16,00
13	14,11	5,21	Zand	106,48	112,09	100,00	16,00
14	10,03	1,13	Zand	24,86	112,09	100,00	16,00
TV3	10,03	1,13	Zand	24,86	112,09	100,00	16,00
15	6,43	0,12	Zand	2,64	78,15	100,00	16,00
17	5,38	-0,76	Zand	0,00	119,79	100,00	16,00
18	5,01	-0,76	Zand	0,00	111,13	100,00	16,00
19	5,47	0,12	Zand	2,64	65,61	100,00	16,00
20	4,45	0,27	Klei	5,94	51,36	57,30	9,17
TV4	4,47	0,69	Zand	15,18	47,19	100,00	16,00
21	3,94	1,06	Zand	23,32	36,88	100,00	16,00
22	1,76	1,06	Zand	23,32	9,17	100,00	16,00

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1	2,65	Grafiek ½ x II	4,46	0,71
TV1	5,95	Grafiek ½ x II	1,63	0,26
2	9,72	Grafiek ½ x II	0,87	0,14
3	11,96	Grafiek ½ x II	0,65	0,10
TV2	13,25	Grafiek ½ x II	0,56	0,09
4	12,99	Grafiek ½ x II	0,58	0,09
5	14,11	Grafiek I	2,44	0,39
6	13,01	Grafiek I	2,79	0,45
7	13,02	Grafiek I	2,79	0,45
8	15,09	Grafiek ½ x II	0,46	0,07
9	15,09	Grafiek ½ x II	0,46	0,07
10	12,94	Grafiek ½ x II	0,58	0,09
11	12,87	Grafiek ½ x II	0,58	0,09
12	14,13	Grafiek ½ x II	0,51	0,08
13	14,11	Grafiek ½ x II	0,51	0,08
14	10,03	Grafiek ½ x II	0,83	0,13
TV3	10,03	Grafiek ½ x II	0,83	0,13
15	6,43	Grafiek ½ x II	1,48	0,24
17	5,38	Grafiek ½ x II	1,84	0,29
18	5,01	Grafiek ½ x II	2,01	0,32
19	5,47	Grafiek ½ x II	1,80	0,29
20	4,45	Grafiek ½ x II	2,32	0,37
TV4	4,47	Grafiek ½ x II	2,31	0,37
21	3,94	Grafiek ½ x II	2,70	0,43
22	1,76	Grafiek ½ x II	7,91	1,27

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1	✓	16,00	0,71	16,71	124,79 ⁽²⁾	3,51
TV1	-	17,63	0,26	17,89	208,08 ⁽¹⁾	4,54
2	✓	16,00	0,14	16,14	125,77 ⁽²⁾	3,54
3	✓	16,00	0,10	16,10	125,49 ⁽²⁾	3,53
TV2	✓	16,00	0,09	16,09	125,38 ⁽²⁾	3,53
4	✓	16,00	0,09	16,09	125,40 ⁽²⁾	3,53
5	✓	16,00	0,39	16,39	127,72 ⁽²⁾	3,60
6	✓	16,00	0,45	16,45	128,17 ⁽²⁾	3,61
7	✓	16,00	0,45	16,45	128,16 ⁽²⁾	3,61
8	✓	16,00	0,07	16,07	125,25 ⁽²⁾	3,53
9	✓	16,00	0,07	16,07	125,25 ⁽²⁾	3,53
10	✓	16,00	0,09	16,09	125,41 ⁽²⁾	3,53
11	✓	16,00	0,09	16,09	125,41 ⁽²⁾	3,53
12	✓	16,00	0,08	16,08	125,32 ⁽²⁾	3,53
13	✓	16,00	0,08	16,08	125,32 ⁽²⁾	3,53
14	✓	16,00	0,13	16,13	125,72 ⁽²⁾	3,54
TV3	✓	16,00	0,13	16,13	125,72 ⁽²⁾	3,54
15	✓	16,00	0,24	16,24	126,53 ⁽²⁾	3,56
17	✓	16,00	0,29	16,29	126,98 ⁽²⁾	3,57
18	✓	16,00	0,32	16,32	127,19 ⁽²⁾	3,58
19	✓	16,00	0,29	16,29	126,93 ⁽²⁾	3,57
20	-	9,17	0,37	9,54	110,96 ⁽¹⁾	2,42
TV4	✓	16,00	0,37	16,37	105,31 ⁽²⁾	2,96
21	✓	16,00	0,43	16,43	122,68 ⁽²⁾	3,45
22	✓	16,00	1,27	17,27	134,55 ⁽²⁾	3,79

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,16 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72,70 \quad (1)$$

$$\text{Indien horizontale steundruk: } M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g \quad (2)$$

$$M_q = 0,16 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72,70 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72,70$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{35,53}$$

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

Locatie	R [m]	q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
TV1	150,00	0,0012	0,037
2	150,00	0,0068	0,20
3	150,00	0,0068	0,20
TV3	150,00	0,0068	0,20
15	150,00	0,0068	0,20
17	150,00	0,0068	0,20
18	150,00	0,0068	0,20
19	150,00	0,0068	0,20
20	150,00	0,0016	0,048

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,083 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80,00}{35,53}$$

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

$$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$$

$$\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,00016 \cdot 975 = \mathbf{1,56 \text{ N/mm}^2}$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{259,34}{145,4^3} = 0,0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82,26 \text{ kN/m}^2}$$

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

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12 m** grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1	3,51	-	0,65	2,28
TV1	4,54	0,037	0,65	2,98
2	3,54	0,20	0,65	2,43
3	3,53	0,20	0,65	2,43
TV2	3,53	-	0,65	2,29
4	3,53	-	0,65	2,29
5	3,60	-	0,65	2,34
6	3,61	-	0,65	2,34
7	3,61	-	0,65	2,34
8	3,53	-	0,65	2,29
9	3,53	-	0,65	2,29
10	3,53	-	0,65	2,29
11	3,53	-	0,65	2,29
12	3,53	-	0,65	2,29
13	3,53	-	0,65	2,29
14	3,54	-	0,65	2,30
TV3	3,54	0,20	0,65	2,43
15	3,56	0,20	0,65	2,45
17	3,57	0,20	0,65	2,46
18	3,58	0,20	0,65	2,46
19	3,57	0,20	0,65	2,45
20	2,42	0,048	0,65	1,61
TV4	2,96	-	0,65	1,93
21	3,45	-	0,65	2,24
22	3,79	-	0,65	2,46

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm² $\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 2,98 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

9.2 Optredende spanningen in langsricting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1	1,61	1,56	-	-	3,17
TV1	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
2	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
3	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
TV2	1,61	1,56	-	-	3,17
4	1,61	1,56	-	-	3,17
5	1,61	1,56	-	-	3,17
6	1,61	1,56	-	-	3,17
7	1,61	1,56	-	-	3,17
8	1,61	1,56	-	-	3,17
9	1,61	1,56	-	-	3,17
10	1,61	1,56	-	-	3,17
11	1,61	1,56	-	-	3,17
12	1,61	1,56	-	-	3,17
13	1,61	1,56	-	-	3,17
14	1,61	1,56	-	-	3,17
TV3	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
15	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
17	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
18	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
19	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
20	1,61	1,56	0,81	0,65	3,70
TV4	1,61	1,56	-	-	3,17
21	1,61	1,56	-	-	3,17
22	1,61	1,56	-	-	3,17

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot \sigma_b + \sigma_{ax}$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = 8,00$ N/mm²

$\sigma_y \leq \sigma_{ld} \rightarrow 3,70 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ¹]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1	16,00	0,71	-	3,12	2,14
TV1	17,63	0,26	0,20	2,28	1,57
2	16,00	0,14	1,09	3,30	2,27
3	16,00	0,10	1,09	3,30	2,27
TV2	16,00	0,09	-	3,29	2,27
4	16,00	0,09	-	3,29	2,27
5	16,00	0,39	-	3,32	2,29
6	16,00	0,45	-	3,33	2,29
7	16,00	0,45	-	3,33	2,29
8	16,00	0,07	-	3,29	2,26
9	16,00	0,07	-	3,29	2,26
10	16,00	0,09	-	3,29	2,27
11	16,00	0,09	-	3,29	2,27
12	16,00	0,08	-	3,29	2,26
13	16,00	0,08	-	3,29	2,26
14	16,00	0,13	-	3,30	2,27
TV3	16,00	0,13	1,09	3,30	2,27
15	16,00	0,24	1,09	3,31	2,28
17	16,00	0,29	1,09	3,32	2,28
18	16,00	0,32	1,09	3,32	2,28
19	16,00	0,29	1,09	3,32	2,28
20	9,17	0,37	0,25	1,50	1,03
TV4	16,00	0,37	-	2,34	1,61
21	16,00	0,43	-	3,09	2,13
22	16,00	1,27	-	3,41	2,35

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 72,70^3}{350 \cdot 259,34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 145,40 = 11,63$ mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 3,41 \leq 11,63 \rightarrow$ Voldoet

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	$E_{100,norm}$ [MN/m ²]
1	2,65	43,48	20,12	31,80	48,89	45
TV1	5,95	88,35	54,54	71,44	103,40	3,24
2	9,72	117,56	50,13	83,85	131,94	75
3	11,96	140,00	59,70	99,85	157,12	75
TV2	13,25	151,42	64,57	108,00	169,94	75
4	12,99	147,26	62,80	105,03	165,27	75
5	14,11	165,47	70,56	118,01	185,70	75
6	13,01	147,61	62,94	105,27	165,66	75
7	13,02	147,70	62,98	105,34	165,76	75
8	15,09	181,50	77,39	129,44	203,69	75
9	15,09	181,49	77,39	129,44	203,69	75
10	12,94	146,45	62,45	104,45	164,36	75
11	12,87	144,89	61,79	103,34	162,61	75
12	14,13	165,53	70,58	118,06	185,77	75
13	14,11	165,19	70,44	117,81	185,39	75
14	10,03	97,73	41,68	69,70	109,68	75
TV3	10,03	97,73	41,68	69,70	109,68	75
15	6,43	55,82	23,80	39,81	62,64	75
17	5,38	45,20	19,27	32,24	50,72	75
18	5,01	41,78	17,82	29,80	46,89	75
19	5,47	47,12	20,09	33,61	52,88	75
20	4,45	40,10	21,58	30,84	45,97	3,20
TV4	4,47	44,98	25,97	35,48	50,47	15
21	3,94	44,76	20,71	32,73	50,32	45
22	1,76	25,64	10,93	18,28	28,77	75

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p _{lim} [N/mm ²]	90% p _{lim} [bar] 1
1	17,09	0,00100	0,0000	0,3163	0,55	4,92
TV1	1,17	0,027	0,0156	0,3817	0,32	2,85
2	28,87	0,0017	0,0567	0,2989	1,42	12,74
3	28,87	0,0020	0,0757	0,2989	1,59	14,34
TV2	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,68	15,16
4	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,66	14,91
5	28,87	0,0023	0,0890	0,2989	1,78	16,00
6	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,66	14,93
7	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,66	14,94
8	28,87	0,0026	0,0890	0,2989	1,88	16,91
9	28,87	0,0026	0,0890	0,2989	1,88	16,91
10	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,65	14,86
11	28,87	0,0021	0,0890	0,2989	1,64	14,77
12	28,87	0,0023	0,0890	0,2989	1,78	16,00
13	28,87	0,0023	0,0890	0,2989	1,78	15,98
14	28,87	0,0014	0,0890	0,2989	1,30	11,67
TV3	28,87	0,0014	0,0890	0,2989	1,30	11,67
15	28,87	0,00079	0,0631	0,2989	0,91	8,18
17	28,87	0,00064	0,0614	0,2989	0,80	7,21
18	28,87	0,00059	0,0577	0,2989	0,76	6,86
19	28,87	0,00067	0,0535	0,2989	0,81	7,32
20	1,19	0,013	0,0418	0,3499	0,23	2,07
TV4	5,49	0,0027	0,0378	0,3660	0,33	2,96
21	17,09	0,0010	0,0288	0,3163	0,59	5,27
22	28,87	0,00036	0,0070	0,2989	0,52	4,71

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1	0,85	2,58	0,24	2,36	0,03	0,31
TV1	2,98	6,00	0,31	3,14	0,07	0,72
2	0,66	10,11	0,62	6,24	0,12	1,22
3	0,60	12,01	0,71	7,09	0,15	1,46
TV2	0,58	13,34	0,75	7,55	0,16	1,64
4	0,59	13,34	0,74	7,43	0,17	1,66
5	0,56	13,34	0,79	7,93	0,17	1,67
6	0,59	13,34	0,74	7,44	0,17	1,70
7	0,59	13,34	0,74	7,44	0,17	1,75
8	0,53	13,34	0,84	8,36	0,18	1,76
9	0,53	13,34	0,84	8,36	0,18	1,77
10	0,59	13,34	0,74	7,41	0,18	1,79
11	0,59	13,33	0,74	7,36	0,19	1,94
12	0,56	13,33	0,79	7,94	0,20	1,95
13	0,56	13,33	0,79	7,93	0,20	1,96
14	0,72	13,33	0,59	5,93	0,20	1,98
TV3	0,72	13,33	0,59	5,93	0,20	2,00
15	0,96	10,74	0,42	4,16	0,18	1,75
17	1,06	10,57	0,37	3,70	0,17	1,73
18	1,10	10,20	0,35	3,51	0,17	1,69
19	1,04	9,78	0,37	3,71	0,16	1,65
20	2,23	8,61	0,22	2,23	0,15	1,52
TV4	0,51	8,22	0,18	1,81	0,15	1,48
21	0,84	7,31	0,27	2,70	0,14	1,38
22	0,88	5,13	0,16	1,63	0,11	1,14

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 90^2)} = 0,612 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,612}{(170 - 90)^2} + \frac{11,5}{(170 - 90)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in}$$

11.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
22	0,88	2,71	0,10	1,00	0,03 ⁽¹⁾	0,32
21	1,73	4,89	0,27	2,70	0,06 ⁽¹⁾	0,58
TV4	1,06	5,80	0,18	1,81	0,07 ⁽¹⁾	0,68
20	2,23	6,19	0,21	2,08	0,07 ⁽¹⁾	0,73
19	2,14	7,36	0,37	3,71	0,09 ⁽¹⁾	0,87
18	2,27	7,78	0,35	3,51	0,09 ⁽¹⁾	0,92
17	2,19	8,15	0,37	3,70	0,10 ⁽¹⁾	0,96
15	1,97	8,32	0,42	4,16	0,10 ⁽¹⁾	0,98
TV3	1,49	10,91	0,59	5,93	0,13 ⁽¹⁾	1,30
14	1,49	10,91	0,59	5,93	0,13 ⁽¹⁾	1,31
13	1,14	10,91	0,79	7,93	0,13 ⁽¹⁾	1,32
12	1,14	10,91	0,79	7,94	0,13 ⁽¹⁾	1,33
11	1,22	10,91	0,74	7,36	0,13 ⁽¹⁾	1,33
10	1,21	10,92	0,74	7,41	0,14 ⁽¹⁾	1,40
9	1,09	10,92	0,84	8,36	0,14 ⁽¹⁾	1,41
8	1,09	10,92	0,84	8,36	0,14 ⁽¹⁾	1,42
7	1,21	10,92	0,74	7,44	0,14 ⁽¹⁾	1,42
6	1,21	10,92	0,74	7,44	0,14 ⁽¹⁾	1,44
5	1,14	10,92	0,79	7,93	0,15 ⁽¹⁾	1,46
4	1,21	10,92	0,74	7,43	0,15 ⁽¹⁾	1,46
TV2	1,19	10,92	0,75	7,55	0,15 ⁽¹⁾	1,47
3	1,24	9,59	0,71	7,09	0,13 ⁽¹⁾	1,33
2	1,36	7,69	0,62	6,24	0,11 ⁽¹⁾	1,12
TV1	2,98	3,58	0,31	3,06	0,07 ⁽¹⁾	0,66
1	1,33	0,16	0,20	1,97	0,03 ⁽¹⁾	0,28

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{o,i}^2} = 194,16 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{350}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (350^2 - 194^2)} = 0,225 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_b^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (350^2 - 90^2)} = 0,918 \text{ m/s}$$

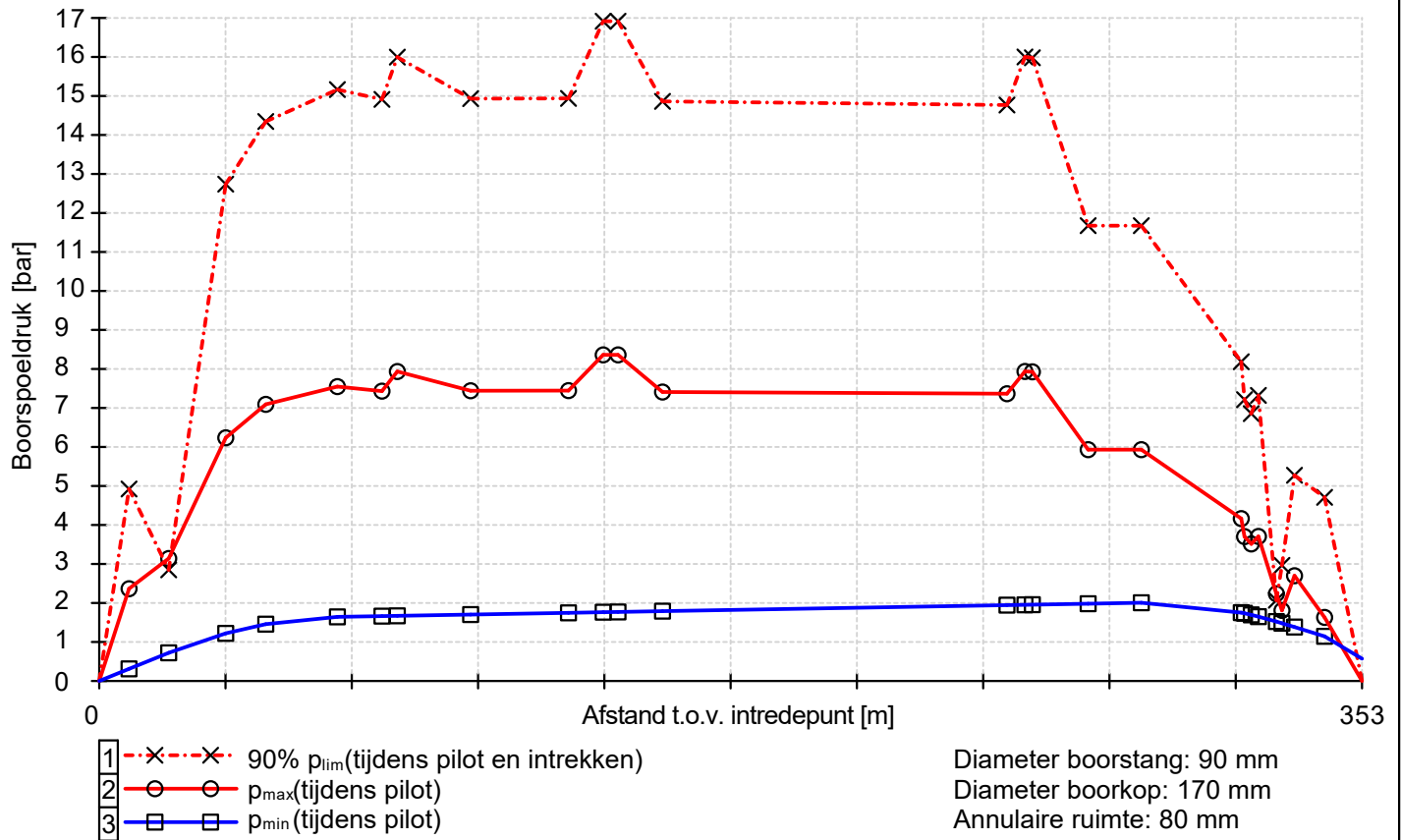
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,225}{(350 - 194)^2} + \frac{11,5}{(350 - 194)} \right) \cdot (352,8523368514380 - L) + 11,5 \cdot \Delta h_{uit}$$

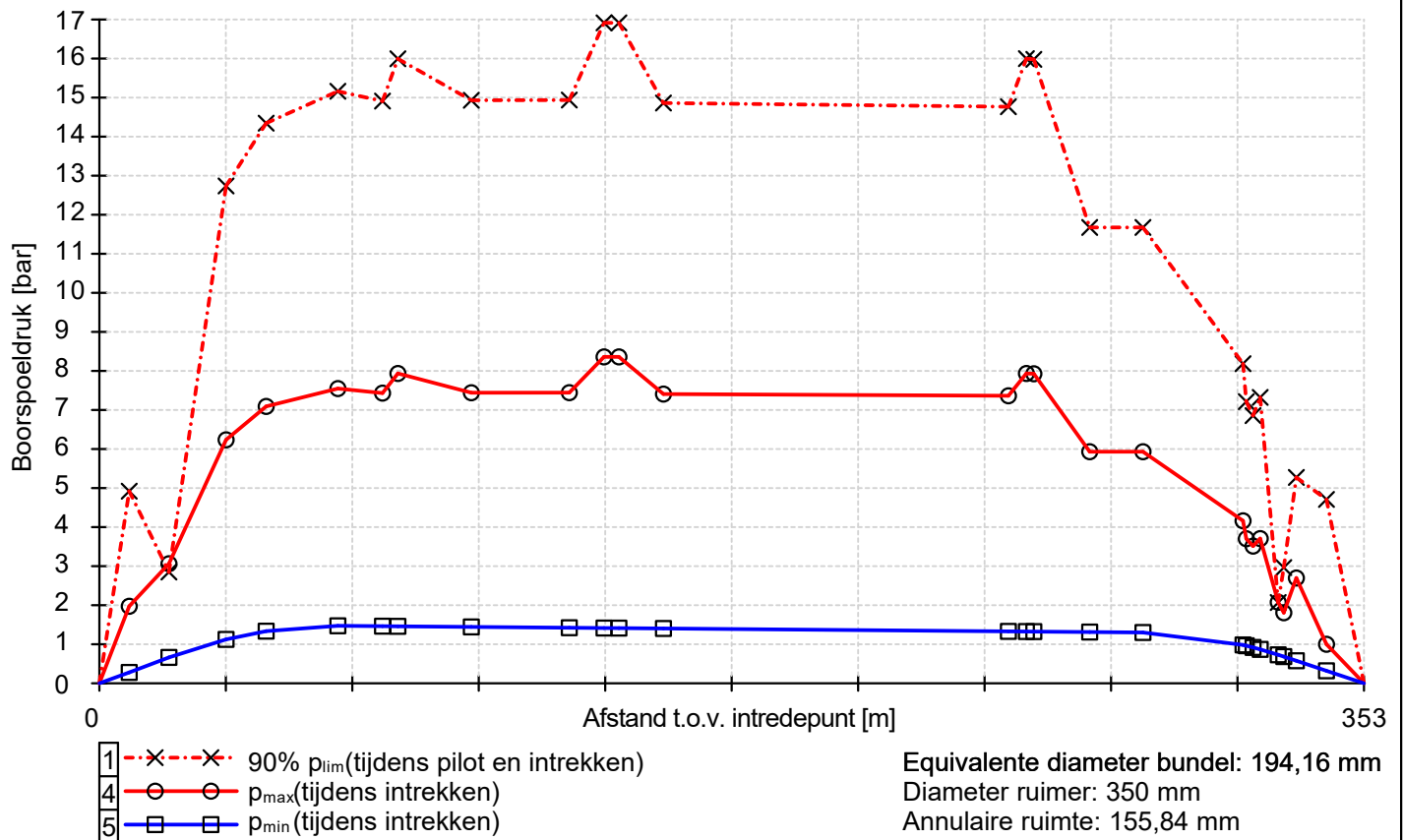
$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,918}{(406,4 - 90)^2} + \frac{11,5}{(406,4 - 90)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

11.3 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p} = 11,5 \text{ kN/m}^3 / \tau_{y,p} = 11,5 \text{ Pa} / \eta_p = 0,013 \text{ Pas} / Q_{m,p} = 600 \text{ l/min}$)



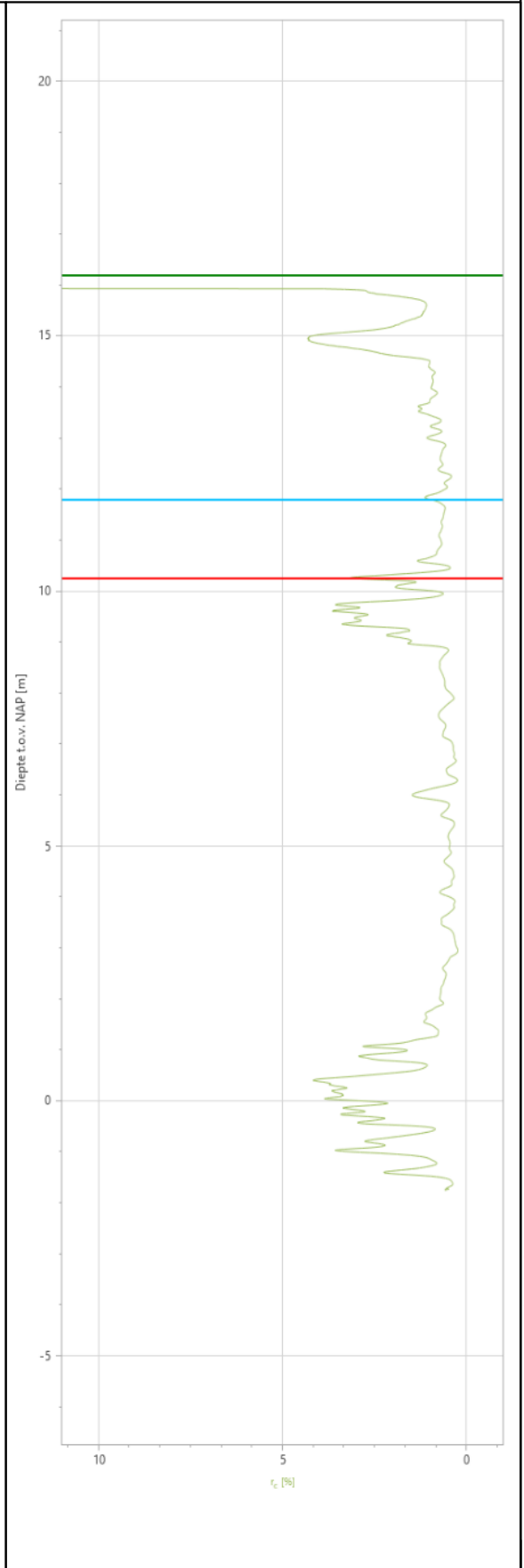
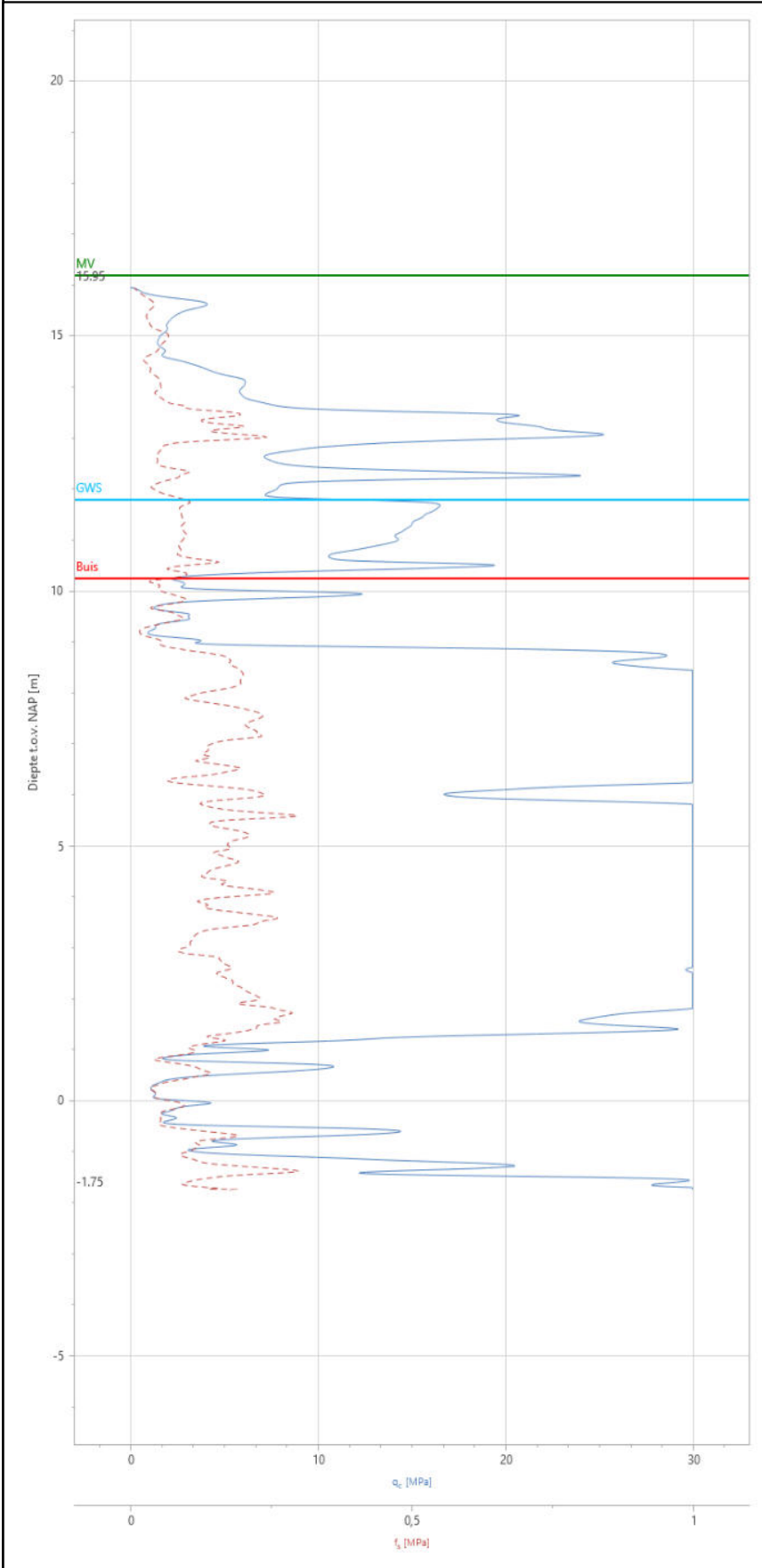
11.4 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i} = 11,5 \text{ kN/m}^3 / \tau_{y,i} = 11,5 \text{ Pa} / \eta_i = 0,013 \text{ Pas} / Q_{m,i} = 900 \text{ l/min}$)



CPT000000180708

Naam van het project : B01 Schans 20A Arcen

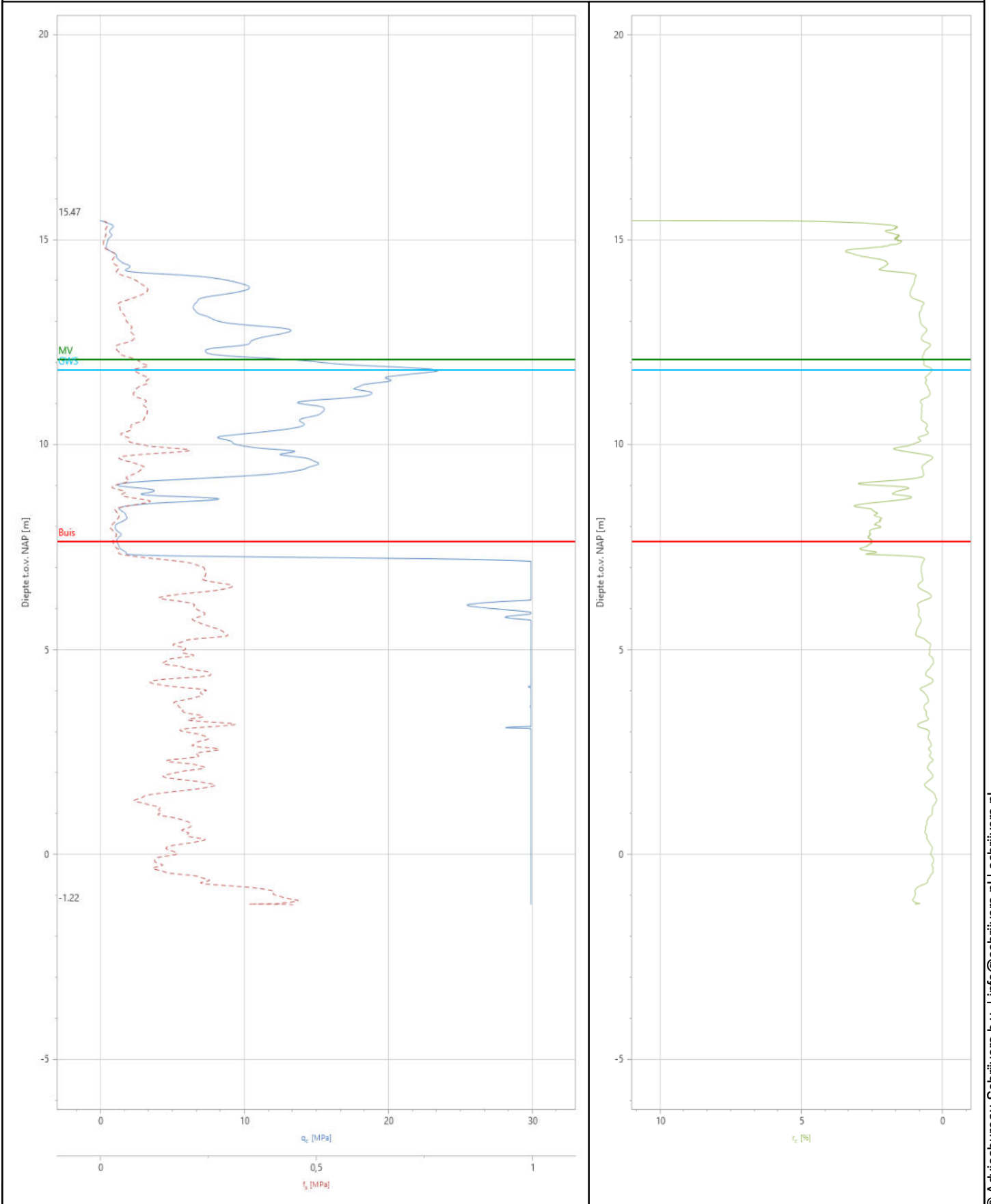
Projectonderdeel : 1 x HDPE160-110 SDR11 PE100



CPT000000180689

Naam van het project : B01 Schans 20A Arcen

Projectonderdeel : 1 x HDPE160-110 SDR11 PE100



1.2.1.0/03-2024/69-121692-2



Bijlage 5

Certificaat bentoniet



De Bentonietfabriek B.V.

Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018

*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.



- Horizontaal gestuurde boringen (HDD)
- Pilot gestuurde avegaarboringen
- Pipe bursting
- Persboringen
- Dämmer specialisme



Bijlage 6

Boorstaat 45 tonner / 150 tonner
(Registratieformulier boorgegevens)

Drill-Sheet		Boormachine (ton)		Projectnummer:		Super visor:		Rig:		Operator:		Date:		Location:		Phase:		Pilot:		Mud engineer:		PH werkwater naming:		Geldidbaarheid werkwater:		Bentonite type:		Viscosity bentonite:		Bentonite consumption in phase (KG):		Sand content in %:		Soil / returns:		Frequency measurements:		Tunnel-gei Plus/Ocma/Anders	
Drill pipe nr.	start time	Push / Pull force ton	Torque kNm	Muddruk Bar	Mudflow liters	Pitch graden	Depth meters	Remarks																															
1																																							
2																																							
3																																							
4																																							
5																																							
6																																							
7																																							
8																																							
9																																							
10																																							
11																																							
12																																							
13																																							
14																																							
15																																							
16																																							
17																																							
18																																							
19																																							
20																																							



Bijlage 7

Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

(RWS informatie | Richtlijn Boortechniek | Juni 2019-v1.0)

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen

Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

In figuur 2.2 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag $> 0,5$ meter, dan dient voor deze dikte $0,5$ meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient $1,0$ meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

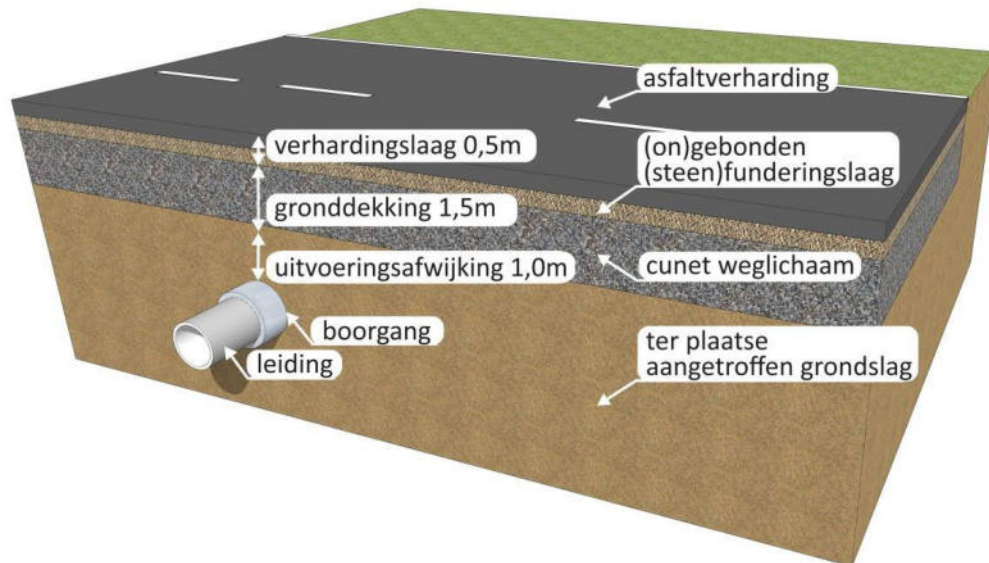
- in cohesieve grond: minimaal $1,5$ meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van $1,5$ meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking $\geq 1,5$ meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



- Horizontaal gestuurde boringen (HDD)
- Pilot gestuurde avegaarboringen
- Pipe bursting
- Persboringen
- Dämmer specialisme



Figuur 2.2 : schematische weergave gronddekking HDD-boringen onder wegen

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten

De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen

Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.



Bijlage 8

Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT

=====

Rapportagedatum: 03-07-2024
Gemaakt met: Drill Control Design v8.1.2404
Gemaakt door:

Naam boring: B01, langs tracé B01

Boringtype: Buis
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: SDR 11(160mm), SDR 11(110mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 100.00m
Controlepunten: 1
Ontwerpmethode: Parametrisch
Boorrichting is tegenovergesteld aan tracérichting.

ONTWERPWAARDEN

=====

Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 359.85m
Locatie: 210294.32,387359.87,16.25

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 9.93m
Locatie: 210145.87,387043.00,13.80

Te boren lengte: 352.85m

Intredelengte: 19.42m
Intredehoek: -32.50%
Intredeboogradius: 150.00m
Lengte midden: 224.65m
Hoek midden: 0.00%
Uittredeboogradius: 150.00m
Uittreidelengte: 22.37m
Uittredehoek: 26.80%

Ontwerpboring bevat geen horizontale bogen.

AFWIJKINGEN

=====

Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS

=====

Opgegeven minimum lengte intrede: 9.00m
Opgegeven intredehoek: -32.50%
Opgegeven radius intredeboog: 150.00m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 150.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 9.00m
Opgegeven uittredehoek: 26.80%

ONTWERPBORING STATUS

=====

Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.