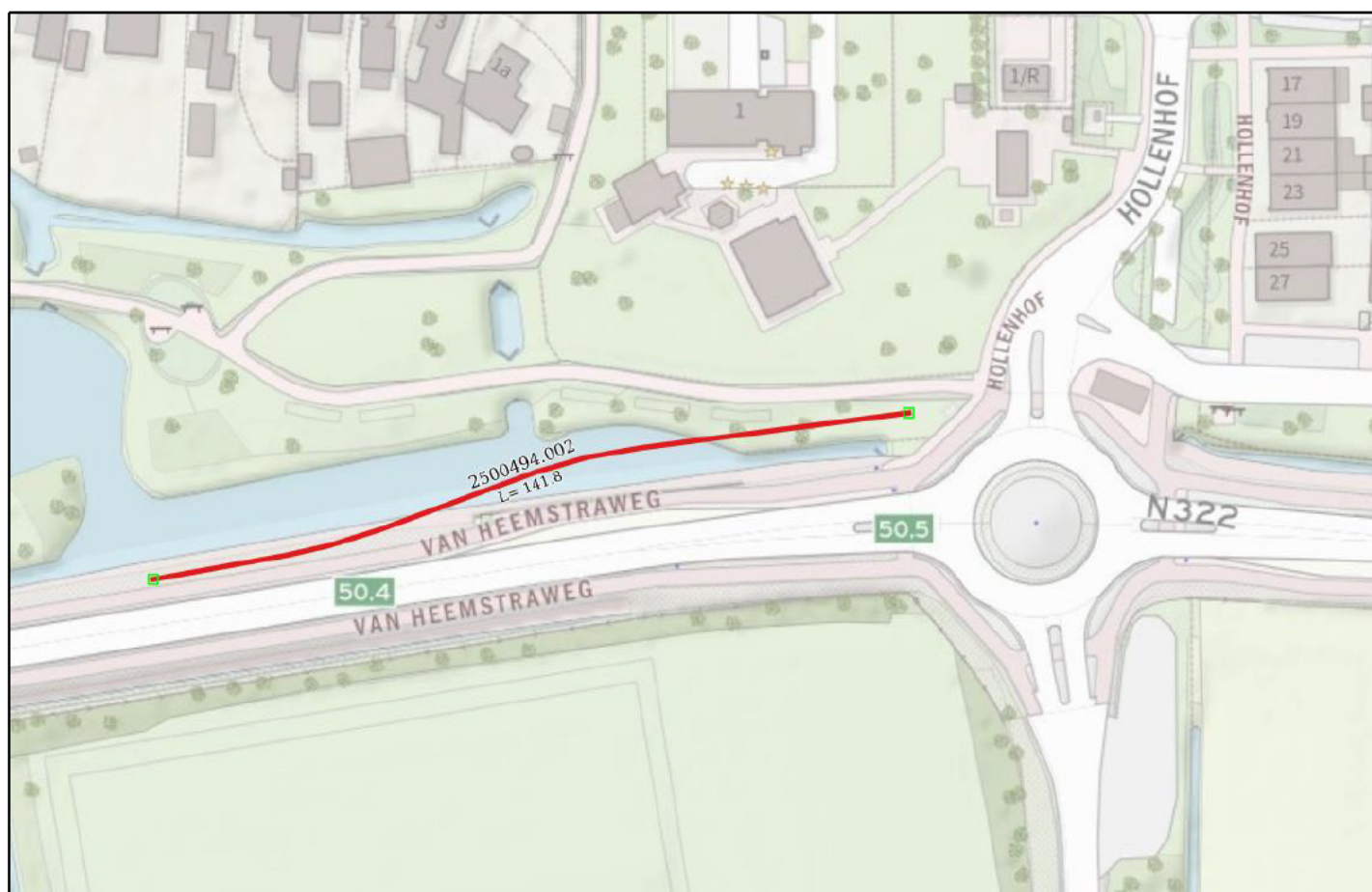


WERKPLAN HORIZONTALAAL GESTUURDE BORING

t.b.v.

aanleg middenspanningtracé

Locatieoverzicht:



N322 TE WAMEL

Proj. nr.	:2500494.002
Datum	:8-10-2025
Revisie	: 01



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	3
2	PROJECTGEGEVENS	3
2.1	BETROKKEN PARTIJEN	3
2.1.1	Opdrachtgever	3
2.1.2	Opdrachtnemer	3
2.2	PROJECTINFORMATIE	3
3	TECHNISCHE SPECIFICATIES	4
3.1	ONTWERPGEGEVENS VAN DE HPE-BUIZEN:	4
3.1.1	Mantelbuis 110	4
3.1.2	Mantelbuis 125	4
4	KORTE BESCHRIJVING BOORMETHODE	5
5	BESCHRIJVING ONTWERPFASE	6
5.1	TOELICHTING ONTWERP	6
5.1.1	Ontwerplocatie gestuurde boring	6
5.1.2	Invloed op de weg	6
5.1.3	Risicoanalyse-uitvoering	6
5.1.4	Plaatsbepalingssysteem	6
5.1.5	Uitvoeringsafwijkingen	6
6	GRONDONDERZOEK	7
7	STERKTEBEREKENING/BOORSPOELDRUKBEREKENINGEN	8
7.1	BOORSPOELDRUKKEN	8
8	WERKZAAMHEDEN UITVOERINGSFASE	9
8.1	VERKEERSMAATREGELEN	9
8.2	INTREDEWERKPLEK	9
8.3	UITTREDEWERKPLEK	9
8.4	PILOTBORING / LOKALISEREN VAN DE BOORKOP	9
8.5	INTREKFASE	9
9	PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN	10
9.1	GLOBALE TIJDSPLANNING VOOR DE REALISATIE VAN DE BORINGEN:	10
10	BIJLAGEN	11
10.1	WERKTEKENING	11
10.2	GRONDONDERZOEK	12
10.3	STERKTE/MUDDRUKBEREKENING	13
10.4	RISICOANALYSE	14
10.5	SPECIFICATIE BOORMACHINE	15
10.6	SPECIFICATIE MEETSISTEEM	16
10.7	SPECIFICATIE BOORSPOELING	17



1 INLEIDING

Ten behoeve van de aanleg van een middenspanningtracé dient er een kruising gemaakt te worden d.m.v. gestuurd boren. De boring bestaat uit een bundel van 3 mantelbuizen 110 mm en 1 mantelbuis 125 mm.

In dit rapport is zijn diverse gegevens opgenomen die nodig zijn voor de aanvraag van de vergunning(en).

2 Projectgegevens

2.1 Betrokken partijen

2.1.1 Opdrachtgever

Naam	: Aannemingsbedrijf van den Heuvel B.V.
Adres	: Postbus 31
Postcode / Plaats	: 5384 ZG Heesch
Contactpersoon	: [REDACTED]
Mobiel	: 06 - [REDACTED]
Emailadres	: [REDACTED]@heuvelgroep.nl

2.1.2 Opdrachtnemer

Naam	: Van de Beek Kabels en Leidingen B.V.
Adres	: Neerijnsse Mark
Postcode/Plaats	: 4182 SB Neerijnen
Telefoon	: 0345 - 56 97 98
Projectleider	: [REDACTED]
Mobiel	: 06 - [REDACTED]
Emailadres	: [REDACTED]@beekbedrijven.nl
Ontwerp / engineering	: [REDACTED]
Mobiel	: 06 - [REDACTED]
Emailadres	: [REDACTED]@beekbedrijven.nl

2.2 Projectinformatie

Projectnummer opdrachtgever :	
Projectnummer opdrachtnemer:	2500494.002
Locatie werkzaamheden:	N322 - Hollenhof te Wamel



3 TECHNISCHE SPECIFICATIES

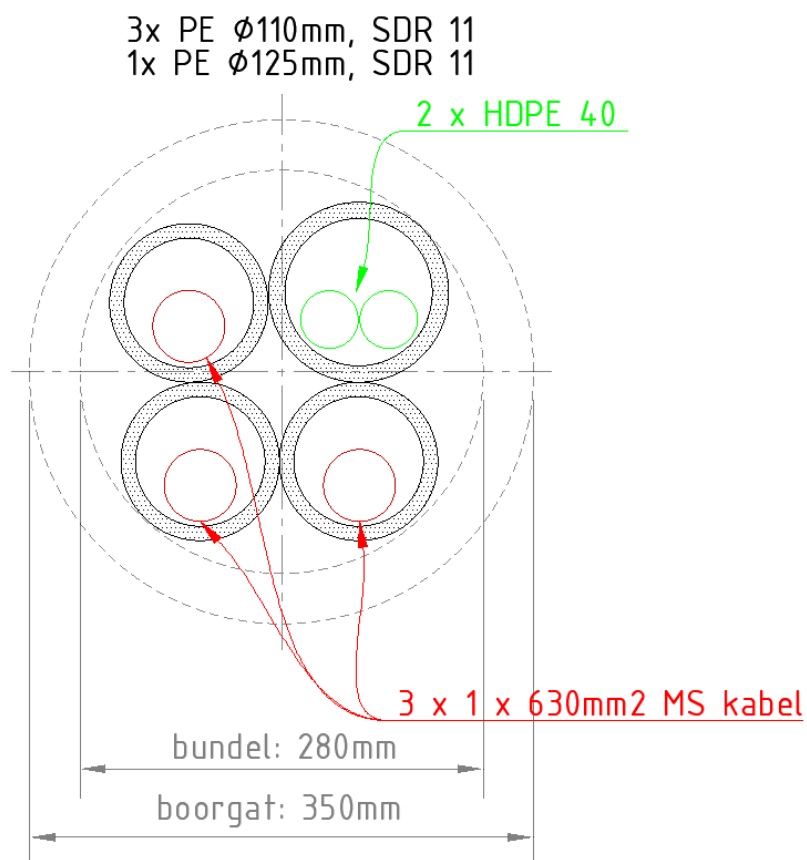
3.1 Ontwerpgegevens van de HPE-buizen:

3.1.1 Mantelbuis 110

Kleur: Zwart
Diameter: 110 mm
Wanddikte: 10 mm
Materiaal: HPE
Klasse: SDR 11 PE 100
Medium: mantelbuis
Werkdruk: drukloos

3.1.2 Mantelbuis 125

Kleur: Zwart
Diameter: 125 mm
Wanddikte: 11,4 mm
Materiaal: HPE
Klasse: SDR 11 PE 100
Medium: mantelbuis
Werkdruk: drukloos



4 KORTE BESCHRIJVING BOORMETHODE

Horizontaal gestuurd boren is een succesvol systeem voor aanleg van kabels en leidingen onder rivieren, kanalen, wegen en diverse obstakels. Overlast m.b.t de omgeving, omwonenden en milieu wordt veelal tot een minimum beperkt.

Een horizontaal gestuurd boorsysteem bestaat uit een boorunit en een mengunit.

Met behulp van de (hydraulische) boorunit worden vanaf het intredepunt boorstangen de grond ingedrukt en teruggetrokken, al dat niet met gelijktijdig roteren. Tevens wordt tijdens het boorproces boorvloeistof, dat is een mengsel van water en bentoniet/quickgel, via de boorkop de grond ingespoten.

Bentoniet zorgt o.a. voor de afvoer van geboorde grond, koeling van de boorkop en opvulling van het geboorde gat.

De eigenschappen van de boorvloeistof kunnen tijdens de verschillende fasen van het proces worden aangepast aan de gewenste eisen van de boormeester, door o.a. de verhouding tussen water en bentoniet aan te passen.

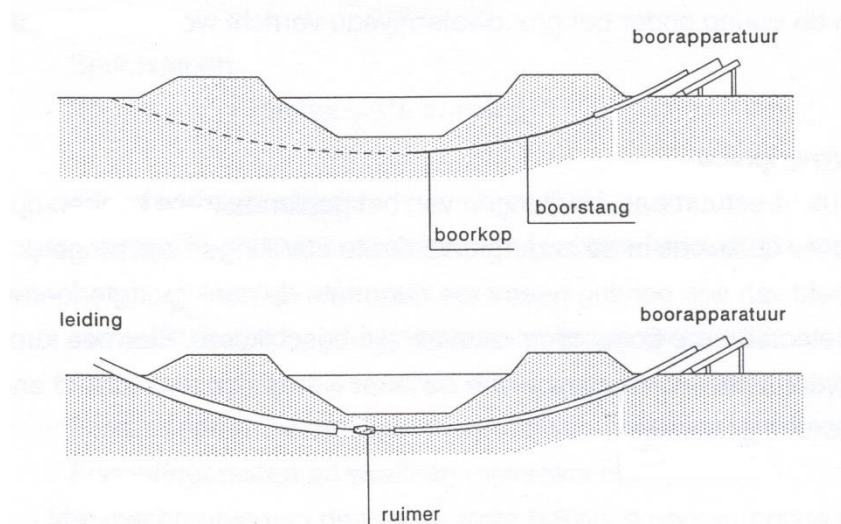
De boorvloeistof wordt via een hogedrukslang aangevoerd vanaf de mengunit naar de boorunit.

Het volledige boorproces wordt bediend vanaf de boormachine door de boormeester.

Tevens heeft de boormeester tijdens het boorproces voortdurend contact met de persoon die de voortgang van de boorkop registreert.

Nadat de zogenaamde pilotboring is voltooid wordt de boorgang, indien nodig, tot voldoende diameter geruimd. Deze keuze van het aantal ruimgangen wordt beslist door de boormeester.

Na de boor- en/of ruimfase wordt vanaf het uittredepunt de reeds gereedliggende mantelbuis teruggetrokken naar de boormachine. Tijdens de terugtrekfase wordt ook gebruik gemaakt van een ruimer die voorzien is van een wartellager om het meedraaien van de mantelbuis te voorkomen.



Schets boorproces



5 BESCHRIJVING ONTWERPFASE

5.1 Toelichting ontwerp

5.1.1 Ontwerplocatie gestuurde boring

Op basis van de aanwezige kabels en leidingen en de omgevingssituatie is de locatie van de gestuurde boring bepaald. Het betreft een Provinciale weg (N322) met aan weerszijden een lokale weg.

5.1.2 Invloed op de weg

Gezien de aanlegdiepte en berekende boorspoeldrukken en trekkrachten is er geen negatieve invloed op de weg te verwachten.

5.1.3 Risicoanalyse-uitvoering

Voor uitvoering van de boring is een risicoanalyse opgesteld. Deze is als bijlage aan dit document toegevoegd. De haalbaarheid is tevens getoetst aan de hand van een KLIC-melding.

5.1.4 Plaatsbepalingssysteem

Voor uitvoering van de boring zal gebruikt worden gemaakt van een zgn. walk-over meetsysteem. Dit systeem werkt via radioverbinding met een sensor in de boorkop. Via deze verbinding wordt data uitgewisseld met de surveyor en boormeester.

Voor uitvoering van de pilotboring wordt gebruik gemaakt van het meest geavanceerde meetsysteem op de markt. De specificaties en toleranties van dit meetsysteem zijn als bijlage aan dit document toegevoegd.

5.1.5 Uitvoeringsafwijkingen

De ontwerplijn van de boring zal voor uitvoering van de boring exact worden uitgezet d.m.v. een GPS-plaatsbepalingssysteem.

De boormeester kan permanent de afwijkingen t.o.v. dit traject op een monitor zien de indien noodzakelijk correcties uitvoeren. Tevens kan op de monitor 'real-time' de boorspoeldruk in de boortunnel afgelezen worden.

Het is mogelijk dat de pilotboring onder bepaalde omstandigheden afwijkt van het geplande tracé. De boormeester en surveyor monitoren continue het boorproces en evt. afwijkingen worden geregistreerd. Wanneer de boring de maximale uitvoeringsafwijking dreigt te overschrijden zal contact opgenomen worden met het bevoegd gezag.



6 GRONDONDERZOEK

Om een beeld te krijgen van de grondslag ter plaatse van de nieuw te maken gestuurde boring is er grondonderzoek gebruikt van Dino-loket.

De locaties zijn hieronder weergegeven.

De resultaten van de grondonderzoeken zijn tevens als bijlage aan dit document toegevoegd.



7 STERKTEBEREKENING/BOORspoeldrukBEREKENINGEN

Op basis van het grondonderzoek zijn berekeningen gemaakt.

Voor het maken van de berekeningen is het programma SIGMA 2025 gebruikt. Hierin kunnen vanuit de uitgevoerde sonderingen de grondparameters ingelezen worden.

Er zijn berekeningen uitgevoerd op meerdere punten in het boorprofiel.

De parameters die gebruikt zijn, zijn waarden die betrekking hebben op de werkelijk doorboorde laag. Hierdoor is een juist beeld te verkrijgen van de maximaal toelaatbare boorspoeldruk en de minimaal benodigde boorspoeldruk ter plaatse van de punten.

7.1 Boorspoeldrukken

Tijdens uitvoering zal de boormeester de boorspoeldrukken continu monitoren en indien noodzakelijk reduceren of de boorsnelheid aanpassen.

Indien er tijdens uitvoering sprake is van een zgn. blow-out, zal het boorproces gestaakt worden en zullen de te nemen maatregelen afgestemd worden met de wegbeheerder.



8 WERKZAAMHEDEN UITVOERINGSFASE

8.1 Verkeersmaatregelen

Voor aanvang van de werkzaamheden worden door de opdrachtgever verkeersmaatregelen genomen om zodoende een veilige situatie te creëren voor de werknemers en overige weggebruikers.

De in- en uittredelocaties zijn bereikbaar via lokale wegen.

Alle werknemers van de boorploeg zijn verplicht veiligheidskleding te dragen en te werken conform de eisen van Provincie Gelderland en de ander wegbeheerders.

8.2 Intredewerkplek

Kabels en leidingen nabij het intredepunt worden vrij gegraven om zodoende schades tot een minimum te beperken.

T.h.v. het intredepunt wordt een gat gegraven waarin de boorspoeling tijdens de boorfase opgevangen wordt. Overtollige boorspoeling wordt afgevoerd.

De boring zal worden uitgevoerd met een minirig. (voor specificaties zie bijlage)

- De boormachine wordt zo veel mogelijk opgesteld in de zichtlijn van de boring.
- De mengunit en het overige materieel wordt zo dicht mogelijk opgesteld bij de boorunit.

8.3 Uittredewerkplek

- Kabels en leidingen nabij het uittredepunt worden vrij gegraven om zodoende schades tot een minimum te beperken.
- T.h.v. het uittredepunt wordt een gat gegraven waarin de boorspoeling tijdens de intrekfase opgevangen wordt. Overtollige boorspoeling wordt afgevoerd.
- De HPE buizen worden klaargelegd.

8.4 Pilotboring / lokaliseren van de boorkop

Tijdens het boorproces worden er metingen verricht die van belang zijn voor het verloop van de boring en voor de uitwerking van de revisie. (zie ook 5.1.4/5.1.5 in dit document)

8.5 Intrekfase

Na voltooiing van de pilotboring zullen de HPE buizen, voorzien van een 'trekkop', ingetrokken worden vanaf het uittredepunt van de boring.



9 PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN

9.1 Globale tijdsplanning voor de realisatie van de boringen:

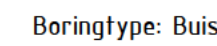
- | | |
|--|----------|
| • Voorbereidende werkzaamheden
(graafwerkzaamheden, opstellen boormachine e.d.) | 0,50 dag |
| • Realiseren van de pilotboring | 1,00 dag |
| • Intrekfase | 0,50 dag |



10 BIJLAGEN

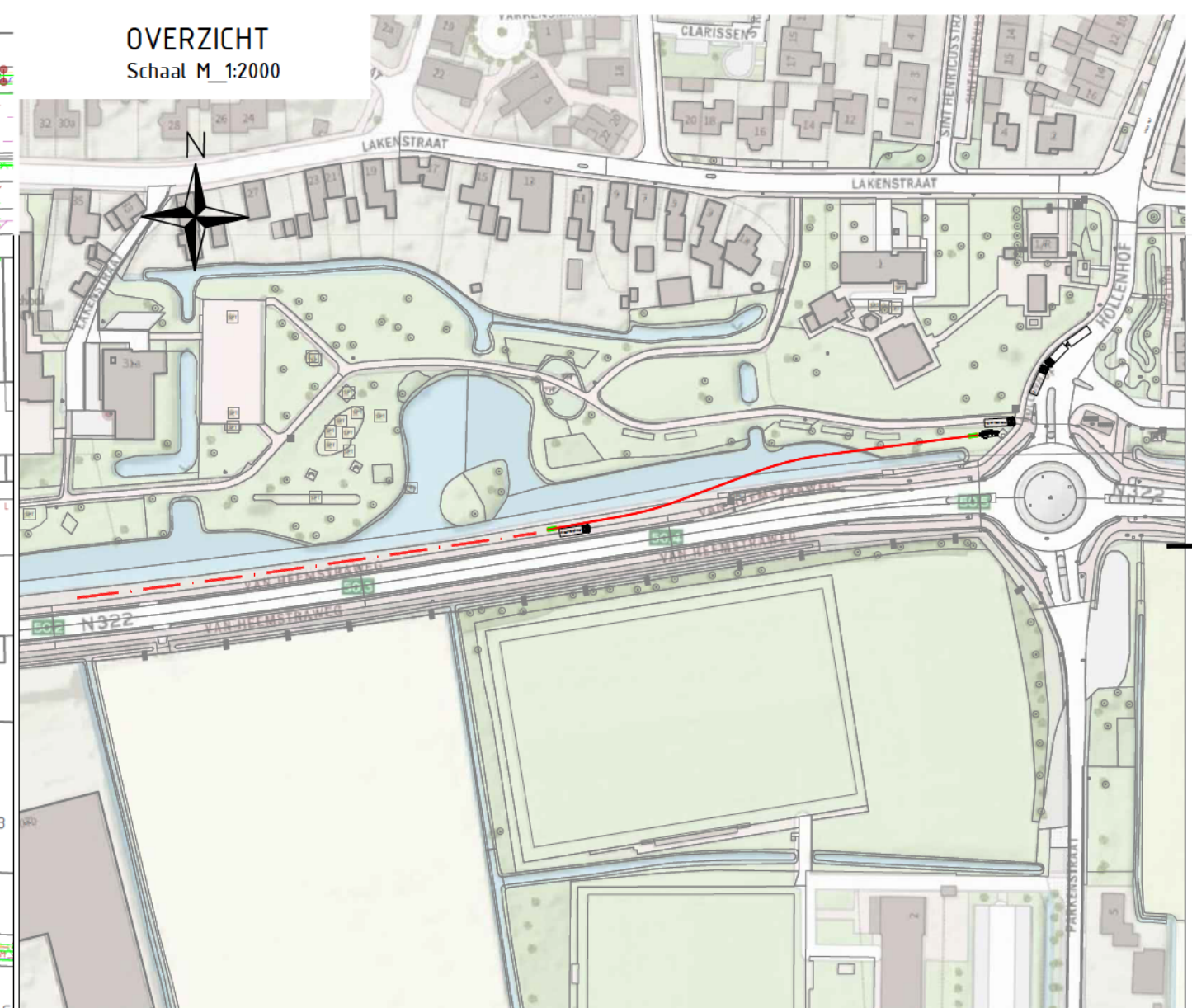
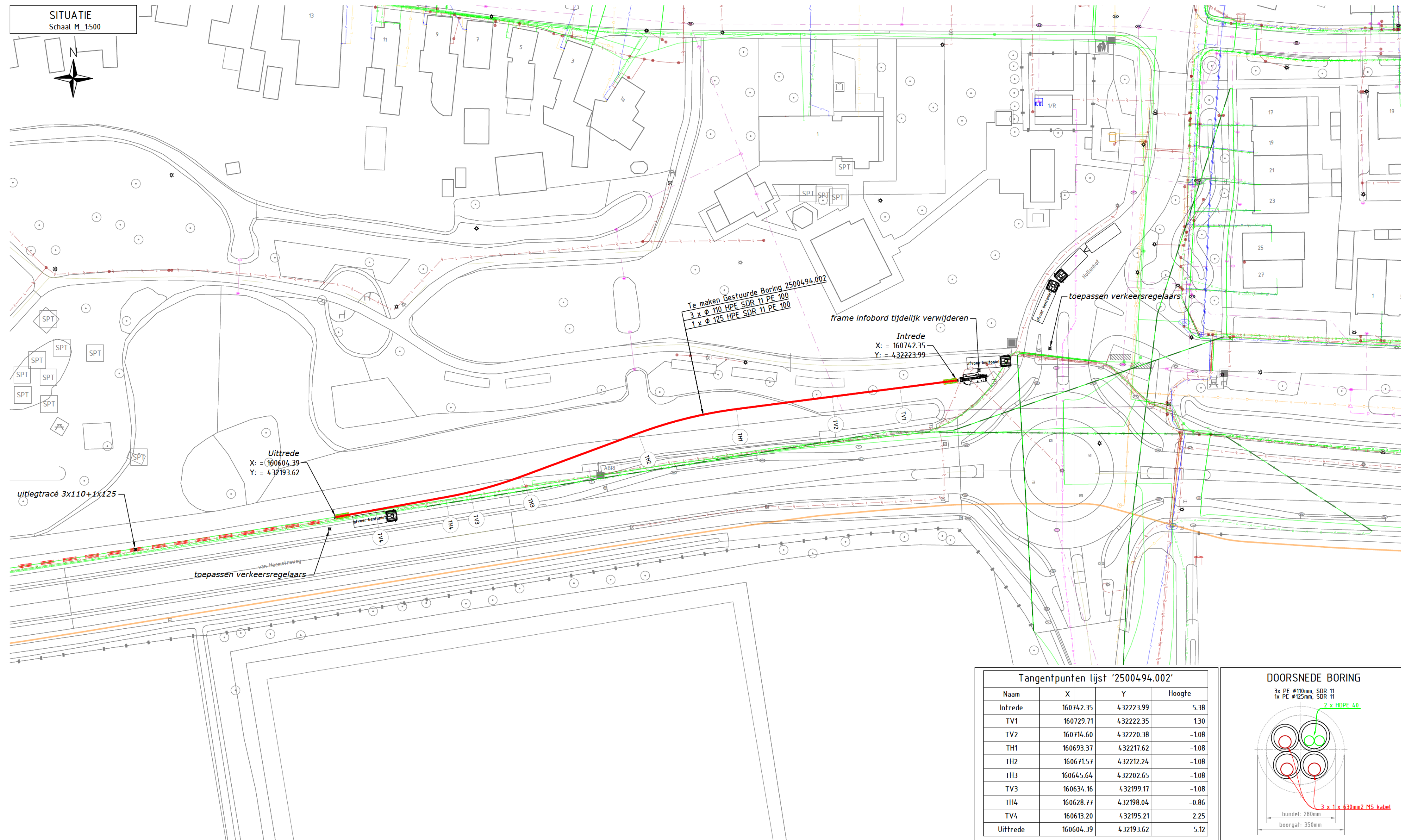
10.1 WERKTEKENING





Boringtype: Buis

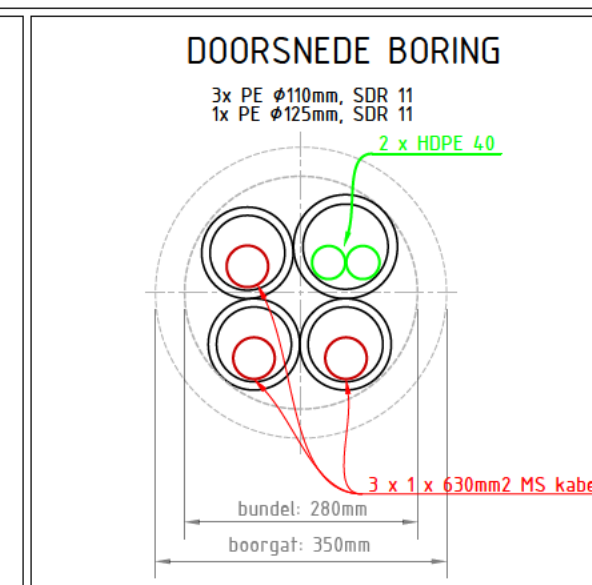
Totale boorlengte: 143.51m

[illegible]

Legenda		
	Buisleiding gevaarlijke inhoud	Bestaand
	Datatransport	Bestaand
	Laagspanning	Bestaand
	Middenspanning	Bestaand
	Gas hoge druk	Bestaand
	Gas lage druk	Bestaand
	Gestuurde Boring	Bestaand
	Gestuurde Boring	Nieuw
	Water	Bestaand
	Drukriolering	Bestaand
	Riolering vrijverval	Bestaand

OPMERKINGEN : Maten in meters, tenzij anders aangegeven Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders aangegeven Coördinaten in RD Bestaande K&L ingetekend op basis van KLIC-melding Werkelijke ligging tijdens uitvoering controleren d.m.v. proefsleuven
--

Tangentpunten lijst '2500494.002'			
Naam	X	Y	Hoogfte
Infrede	160742.35	432223.99	5.38
TV1	160729.71	432222.35	-1.30
TV2	160714.60	432220.38	-1.08
TH1	160693.37	432217.62	-1.08
TH2	160671.57	432212.24	-1.08
TH3	160645.64	432202.65	-1.08
TV3	160634.16	432199.17	-1.08
TH4	160628.77	432198.04	-0.86
TV4	160613.20	432195.21	2.25
Uitfrede	160604.39	432193.62	5.12



Gatekend door	Gaactroleerd door	Goedgekeurd 07-10-2025	Blad 1	Aantal 1		Status Definitief Ontwerp
Projectnr. Opdrachtgeven:	Projectnr: 2500494	Schaal DIV	Formaat A1	Datum uitgeeft 07-10-2025		

Opdrachtgever

Aannemingsbedrijf van den Heuvel B.V.

Projectomschrijving

Gestuurde Boring

Netuifbreiding 20kV Dreumel

Locatie

Hollenhof - van Heemstraweg N322 te Wamel

vandebeek

kabels -leidingen.nl

Tekeningnummer

2500494.002-P

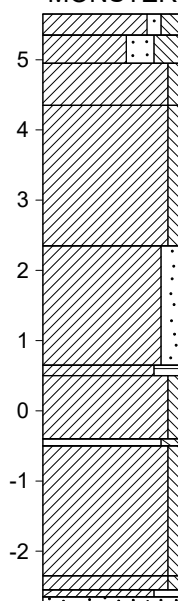
10.2 GRONDONDERZOEK



DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MV
(5,65)

MONSTER



DIEPTE NAP [m]

LAAG

VAN

TOT

BESCHRIJVING

1	1	5,65	5,35	KLEI, zwak zandig, matig siltig; bruin 'CA2' K%=35
2	2	5,35	4,95	KLEI, sterk zandig, sterk siltig; bruin-, grijs 'CA3' K%=25
3	3	4,95	4,35	KLEI, zwak siltig; bruin-, grijs 'CA3' K%=50
4	4	4,35	2,35	KLEI, zwak siltig; grijs 'CA3' K%=50
5	5	2,35	0,65	KZ=???; grijs 'ZFC'
6	6	0,65	0,50	KH3=???; bruin
7	7	0,50	-0,40	KLEI, zwak siltig; blauw-, grijs 'CA1' K%=50
8	8	-0,40	-0,50	VS=???; ON=???
9	9	-0,50	-2,35	KLEI, zwak siltig; blauw-, grijs 'CA1' K%=50
10	10	-2,35	-2,55	KLEI, zwak siltig; donker-, grijs 'CA1' K%=50
11	11	-2,55	-2,65	KLEI, sterk zandig; grijs 'CA1' K%=15
12	12	-2,65	-2,75	ZAND; grijs 'ZMGO' ZM=325.000 mm

Einde Boring B39G1355

maaiveld: NAP 5,65 m
X = 160488 m Y = 432142 m (RD)

Telefoon
Telefax

datum

get.

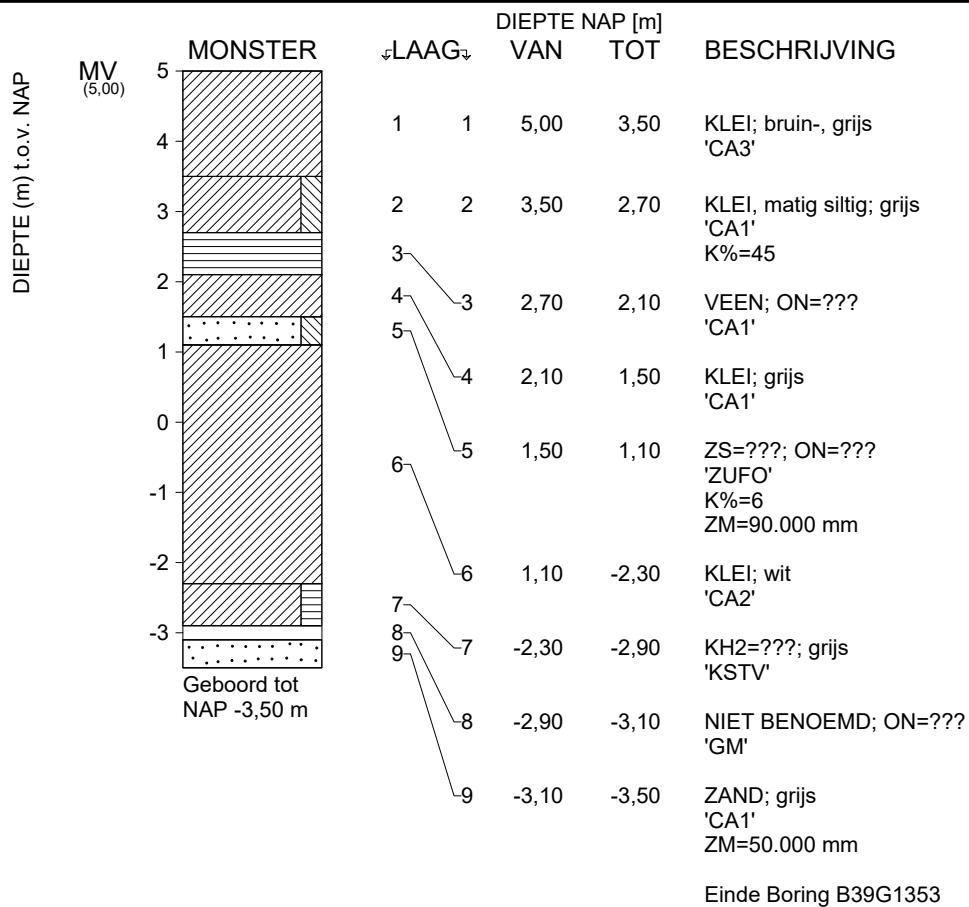
-

gez.

form.

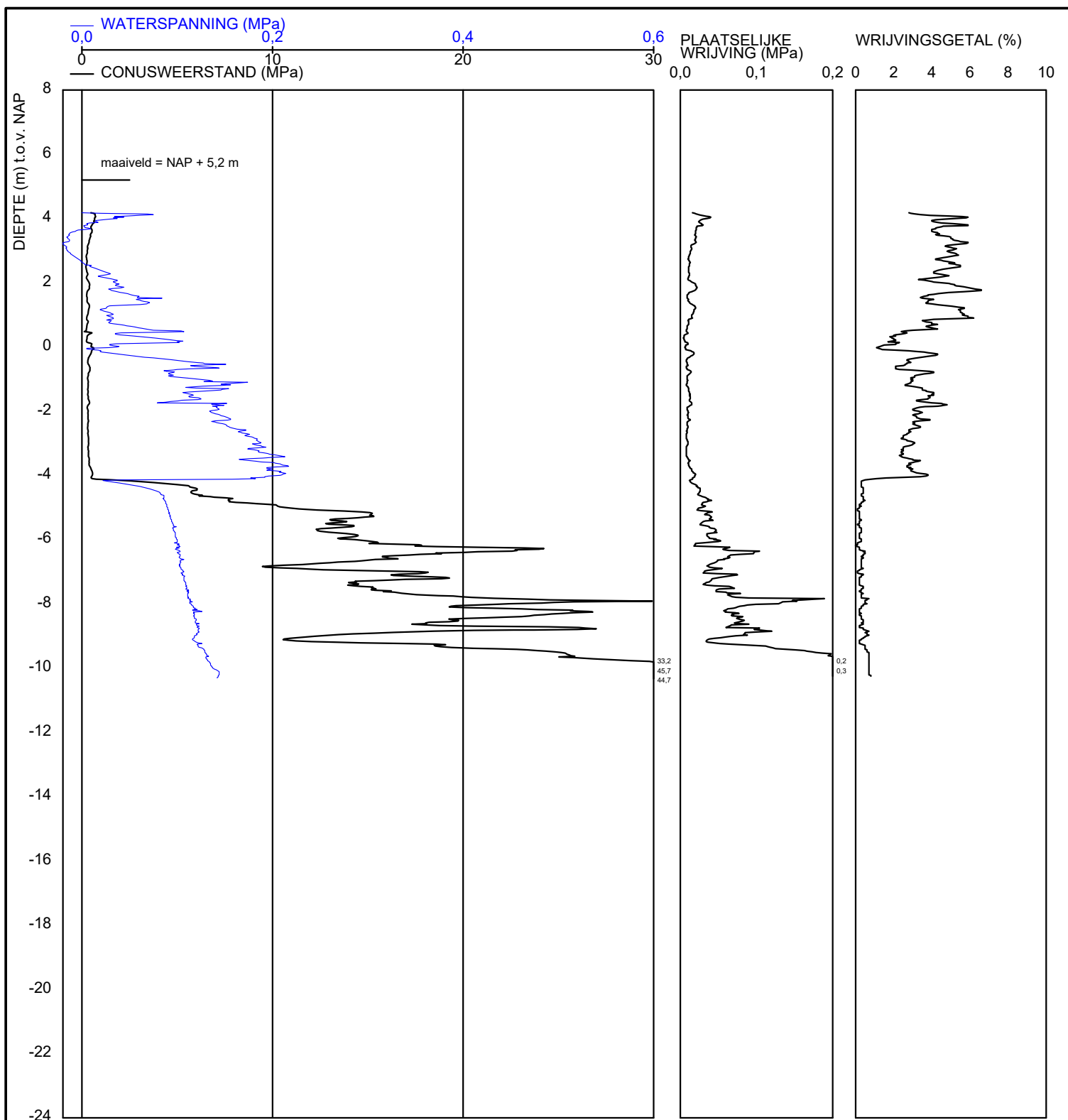
BIJL.

--



maaiveld: NAP 5,00 m
X = 160762 m Y = 432221 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum	get.
		-	-
-		gez.	form.
		BIJL.	--



X = 160366 Y = 432161 Sondering CPT186263	Telefoon	datum	get.
	Telefax	2022-04-26	-
			gez.
		BIJL. -	form. --

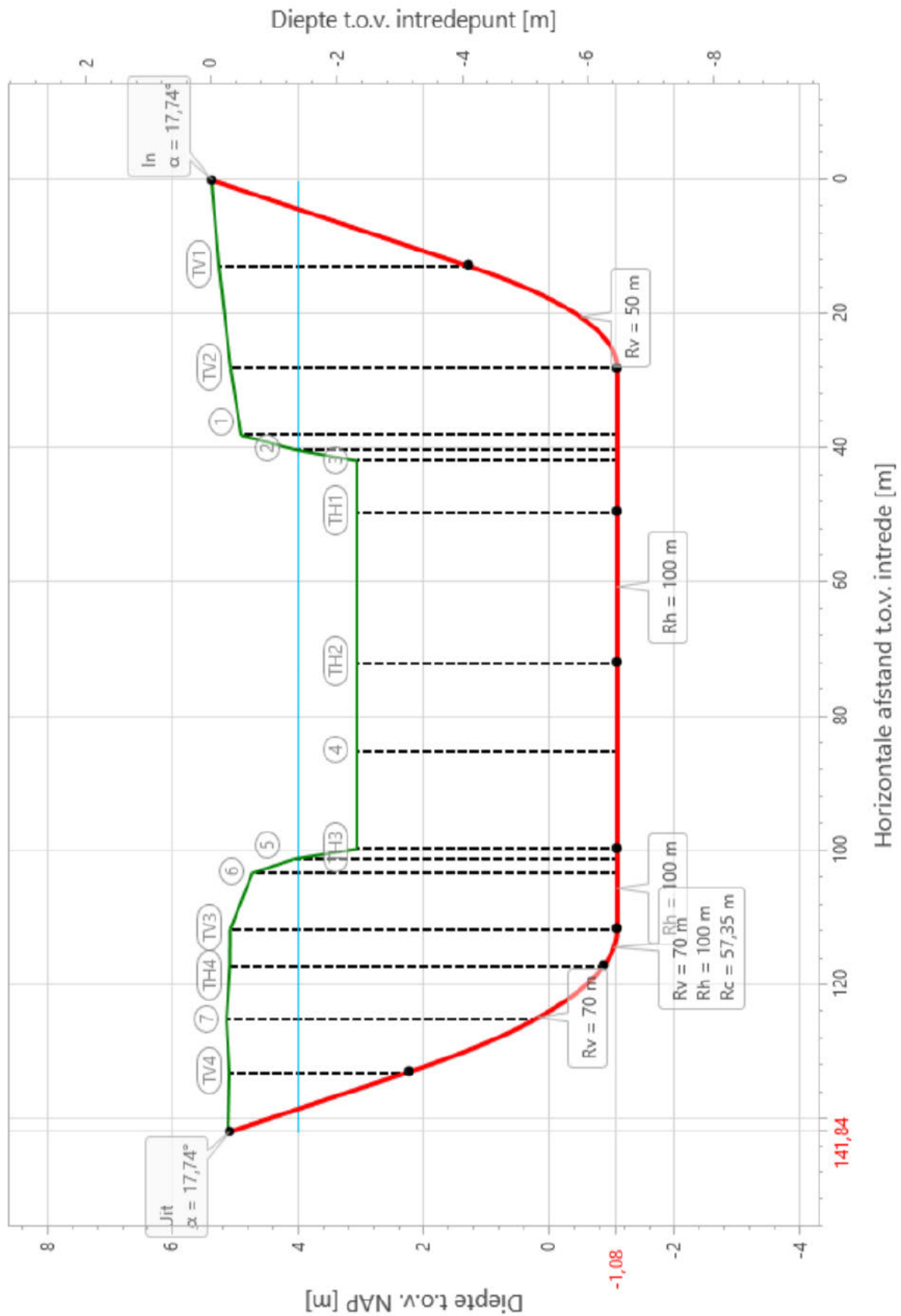
10.3 STERKTE/MUDDRUKBEREKENING



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.3 ©			
Algemene gegevens							
Naam van het project : 2500494.001 Gestuurde Boring Hommelstraat - van Heemstraweg N322 te Wamel							
Projectonderdeel : Project Van den Heuvel - mantelbuis 110							
Materiaalgegevens							
Materiaalsoort:				PE			
Kwaliteit:				PE 100 SDR 11			
Lange-duur treksterkte				MRS = 10		N/mm ²	
Materiaalfactor				γ^M = 1,25		-	
Toelaatbare langeduur spanning				$\bar{\sigma}_t$ = 8,00		N/mm ²	
Elasticiteitsmodulus korte duur				E = 975		N/mm ²	
Elasticiteitsmodulus lange duur				E' = 350		N/mm ²	
Lineaire uitzettingscoëfficiënt				α_g = 16,0·10 ⁻⁵		mm/(mm·K)	
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal				α_σ = 0,65		-	
Soortelijk gewicht buis				ρ_L = 9,55		kN/m ³	
Toelaatbare deflectie				δ = 8,00		%	
Leidinggegevens							
Uitwendige middellijn				D _e = 110,00		mm	
Wanddikte				d _n = 10		mm	
Procesgegevens							
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)				= Drukloos			
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken							
Totale lengte				L = 143,51		m	
Totale horizontale lengte				L _{hor} = 141,84		m	
Straal maaiveld/rollenbaan				R _r = 100,00		m	
Intredehoek (bij boorstelling)				α_1 = 17,74 / 32		° / %	
Uittredehoek (bij rollenbaan)				α_2 = 17,74 / 31,99		° / %	
Belastinghoek				α = 30		°	
Ondersteuningshoek				β = 30		°	
Horizontale steundrukhoek				γ = 120		°	
MV intrede t.o.v. NAP				MV _{in} = 5,38		m	
MV uittrede t.o.v. NAP				MV _{uit} = 5,12		m	
Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulative lengte langs buis [m]	Cummulative horizontale lengte [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]	Gecombineerde straal [m]
Intrede-TV1	13,39	12,75	13,39	12,75	-	-	-
TV1-TV2	15,49	15,24	28,87	27,99	50,00	-	-
TV2-TH1	21,41	21,41	50,28	49,40	-	-	-
TH1-TH2	22,51	22,51	72,79	71,90	-	100,00	-
TH2-TH3	27,65	27,65	100,43	99,55	-	-	-
TH3-TV3	12,00	12,00	112,43	111,55	-	100,00	-
TV3-TH4	5,51	5,51	117,95	117,06	70,00	100,00	57,35
TH4-TV4	16,16	15,83	134,11	132,88	70,00	-	-
TV4-Uittrede	9,40	8,96	143,51	141,84	-	-	-

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.3 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang	D_b	= 60	mm				
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 110	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 19,631	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,013	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 100	l/min				
<i>Tijdens intrekken</i>							
Gecombineerd ruimen/intrekken							
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 280	mm				
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 350	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 19,631	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,013	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 300	l/min				
Aantal buizen in de bundel	n	= 4					
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					
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 [°]
TV1	13,39	3,96	1,26	Klei	15,94	14,71	17,50
TV2	28,87	6,15	1,07	Klei	15,93	15,78	27,50
1	38,77	5,98	0,91	Klei	15,85	15,79	27,50
2	40,88	5,14	0,06	Klei	13,00	15,79	27,50
3	42,61	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
TH1	50,28	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
TH2	72,79	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
4	85,88	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
TH3	100,43	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
5	101,92	5,14	0,06	Klei	13,33	15,79	27,50
6	104,03	5,81	0,73	Klei	15,82	15,79	27,50
TV3	112,43	6,16	1,08	Klei	15,88	15,79	27,50
TH4	117,95	5,95	1,09	Klei	15,88	15,71	22,50
7	125,97	4,91	1,14	Klei	15,88	15,71	22,50
TV4	134,11	2,84	1,10	Klei	15,88	14,50	17,50

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	1,00	Grafiek I	CPT186263
TV2	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
1	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
2	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
3	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
TH1	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
TH2	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
4	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
TH3	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
5	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
6	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
TV3	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
TH4	✓	5,00	3,00	Grafiek I	CPT186263
7	✓	5,00	3,00	Grafiek I	CPT186263
TV4	✓	5,00	2,00	Grafiek I	CPT186263



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

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

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	143,51	2.325	1.292
Na intrekken van TV4-Uittrede	134,11	2.173	1.207
Na intrekken van TH4-TV4	117,95	1.911	1.062
Na intrekken van TV3-TH4	112,43	1.822	1.012
Na intrekken van TH3-TV3	100,43	1.627	904
Na intrekken van TH2-TH3	72,79	1.179	655
Na intrekken van TH1-TH2	50,28	815	453
Na intrekken van TV2-TH1	28,87	468	260
Na intrekken van TV1-TV2	13,39	217	120

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

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	2.325	0,74
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.173	0,69
Na intrekken van TH4-TV4	1.911	0,61
Na intrekken van TV3-TH4	1.822	0,58
Na intrekken van TH3-TV3	1.627	0,52
Na intrekken van TH2-TH3	1.179	0,38
Na intrekken van TH1-TH2	815	0,26
Na intrekken van TV2-TH1	468	0,15
Na intrekken van TV1-TV2	217	0,07

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

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

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

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

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

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

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,74	1,12
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,69	1,08
Na intrekken van TH4-TV4	0,61	0,99
Na intrekken van TV3-TH4	0,58	0,96
Na intrekken van TH3-TV3	0,52	0,90
Na intrekken van TH2-TH3	0,38	0,76
Na intrekken van TH1-TH2	0,26	0,64
Na intrekken van TV2-TH1	0,15	0,53
Na intrekken van TV1-TV2	0,07	0,45

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

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

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 1,12 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 227,99 \text{ mm}^1$

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

Trekkracht 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	143,51	461	-	256	-
Na intrekken van TH4-TV4	134,11	-	1.254	-	697
Na intrekken van TV3-TH4	117,95	-	1.525	-	847
Na intrekken van TH3-TV3	112,43	-	2.114	-	1.174
Na intrekken van TH2-TH3	100,43	3.470	-	1.928	-
Na intrekken van TH1-TH2	72,79	-	4.574	-	2.541
Na intrekken van TV2-TH1	50,28	5.625	-	3.125	-
Na intrekken van TV1-TV2	28,87	-	6.384	-	3.547
Na intrekken van Intrede-TV1	13,39	7.041	-	3.912	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (227,99 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (227,99 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

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]
TH4-TV4 ..	3,00	54,39	1,84	0,3817	745,1	0,54	0,00422	0,04444
TH4-TV4 ..	3,00	47,42	1,65	0,3817	745,1	0,54	0,00422	0,04444
TH4-TV4 ..	2,00	29,55	0,75	0,4115	822,7	0,52	0,00382	0,02991
TV3-TH4 ..	5,00	56,31	3,16	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TV3-TH4 ..	3,00	54,39	1,84	0,3817	745,1	0,54	0,00422	0,04444
TH3-TV3 ..	5,00	31,70	1,99	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TH3-TV3 ..	5,00	38,36	2,32	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TH3-TV3 ..	5,00	50,15	2,88	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TH3-TV3 ..	5,00	56,31	3,16	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TH1-TH2 ..	5,00	31,70	1,99	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TH1-TH2 ..	5,00	31,70	1,99	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387
TV1-TV2 ..	1,00	38,78	0,47	0,4115	986,8	0,49	0,00318	0,01445
TV1-TV2 ..	5,00	56,18	3,15	0,3499	656,2	0,56	0,00479	0,07387

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

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

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

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

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

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

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	R_c [m]	q_r [N/mm ²]	Q_r [N/mm ¹]	T_{3b} [N] ($f = 1,8$)	T_{3b} [N] ($f = 1$)
TH4-TV4 (TH4)	70,00	-	-	0,0032	0,35	189	105
TH4-TV4 (7)	70,00	-	-	0,0032	0,35	189	105
TH4-TV4 (TV4)	70,00	-	-	0,0026	0,29	171	95
TV3-TH4 (TV3)	70,00	100,00	57,35	0,0050	0,55	262	145
TV3-TH4 (TH4)	70,00	100,00	57,35	0,0039	0,43	230	128
TH3-TV3 (TH3)	-	100,00	-	0,0029	0,32	150	83
TH3-TV3 (5)	-	100,00	-	0,0029	0,32	150	83
TH3-TV3 (6)	-	100,00	-	0,0029	0,32	150	83
TH3-TV3 (TV3)	-	100,00	-	0,0029	0,32	150	83
TH1-TH2 (TH1)	-	100,00	-	0,0029	0,32	150	83
TH1-TH2 (TH2)	-	100,00	-	0,0029	0,32	150	83
TV1-TV2 (TV1)	50,00	-	-	0,0026	0,28	200	111
TV1-TV2 (TV2)	50,00	-	-	0,0058	0,63	300	167

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

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

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

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] ($f = 1$)	$T_{3b, \text{max}}$ [N] ($f = 1$)	ΣT_{3b} [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
TH4-TV4	1.062	697	105	105	1.863
TV3-TH4	1.012	847	145	250	2.109
TH3-TV3	904	1.174	83	334	2.412
TH1-TH2	453	2.541	83	417	3.411
TV1-TV2	120	3.547	167	584	4.251

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] ($f = 1,8$)	T_{3c} [N] ($f = 1$)
TH4-TV4	6,62	1.863	155	86
TV3-TH4	2,26	2.109	60	33
TH3-TV3	3,44	2.412	104	58
TH1-TH2	6,45	3.411	276	153
TV1-TV2	8,87	4.251	472	262

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

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

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

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

5.6 Totalisatie van de trekkraften in fase II

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

Trekkraft 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	2.173	461	-	-	-	2.634	0,26
Na intrekken van TH4-TV4	1.911	-	1.254	189	155	3.509	0,35
Na intrekken van TV3-TH4	1.822	-	1.525	450	214	4.011	0,40
Na intrekken van TH3-TV3	1.627	-	2.114	600	318	4.660	0,47
Na intrekken van TH2-TH3	1.179	3.470	-	600	318	5.568	0,56
Na intrekken van TH1-TH2	815	-	4.574	750	594	6.733	0,67
Na intrekken van TV2-TH1	468	5.625	-	750	594	7.437	0,74
Na intrekken van TV1-TV2	217	-	6.384	1.050	1.066	8.718	0,87
Na intrekken van Intrede-TV1	0	7.041	-	1.050	1.066	9.158	0,92

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

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	1.207	256	-	-	-	1.463	0,15
Na intrekken van TH4-TV4	1.062	-	697	105	86	1.949	0,19
Na intrekken van TV3-TH4	1.012	-	847	250	119	2.228	0,22
Na intrekken van TH3-TV3	904	-	1.174	334	177	2.589	0,26
Na intrekken van TH2-TH3	655	1.928	-	334	177	3.093	0,31
Na intrekken van TH1-TH2	453	-	2.541	417	330	3.741	0,37
Na intrekken van TV2-TH1	260	3.125	-	417	330	4.132	0,41
Na intrekken van TV1-TV2	120	-	3.547	584	592	4.843	0,48
Na intrekken van Intrede-TV1	0	3.912	-	584	592	5.088	0,51

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 5.088 N ($\approx 0,51$ 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	2.634	0,84
Na intrekken van TH4-TV4	3.509	1,12
Na intrekken van TV3-TH4	4.011	1,28
Na intrekken van TH3-TV3	4.660	1,48
Na intrekken van TH2-TH3	5.568	1,77
Na intrekken van TH1-TH2	6.733	2,14
Na intrekken van TV2-TH1	7.437	2,37
Na intrekken van TV1-TV2	8.718	2,78
Na intrekken van Intrede-TV1	9.158	2,92

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm ²]
TH4-TV4	70,00	85.935,65	1,19
TV3-TH4	57,35	104.897,83	1,45
TH3-TV3	100,00	60.154,95	0,83
TH1-TH2	100,00	60.154,95	0,83
TV1-TV2	50,00	120.309,91	1,67

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

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

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	2.634	0,84	-	0,84
Na intrekken van TH4-TV4	3.509	1,12	1,19	1,89
Na intrekken van TV3-TH4	4.011	1,28	1,45	2,22
Na intrekken van TH3-TV3	4.660	1,48	0,83	2,03
Na intrekken van TH2-TH3	5.568	1,77	-	1,77
Na intrekken van TH1-TH2	6.733	2,14	0,83	2,69
Na intrekken van TV2-TH1	7.437	2,37	-	2,37
Na intrekken van TV1-TV2	8.718	2,78	1,67	3,86
Na intrekken van Intrede-TV1	9.158	2,92	-	2,92

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

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,86 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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]
TV1	3,96	1,26	Klei	22,10	16,68	38,78	4,27
TV2	6,15	1,07	Klei	18,82	37,36	56,18	6,18
1	5,98	0,91	Klei	15,79	37,41	53,21	5,85
2	5,14	0,06	Klei	0,84	37,41	38,25	4,21
3	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,49
TH1	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,49
TH2	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,49
4	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,49
TH3	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,49
5	5,14	0,06	Klei	0,94	37,41	38,36	4,22
6	5,81	0,73	Klei	12,73	37,41	50,15	5,52
TV3	6,16	1,08	Klei	18,89	37,41	56,31	6,19
TH4	5,95	1,09	Klei	19,00	35,39	54,39	5,98
7	4,91	1,14	Klei	19,95	27,47	47,42	5,22
TV4	2,84	1,10	Klei	19,15	10,39	29,55	3,25

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

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

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

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

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]
TV1	3,96	Grafiek I	12,96	1,43
TV2	6,15	Grafiek I	8,09	0,89
1	5,98	Grafiek I	8,35	0,92
2	5,14	Grafiek I	9,91	1,09
3	4,14	Geen	0,00	0,00
TH1	4,14	Geen	0,00	0,00
TH2	4,14	Geen	0,00	0,00
4	4,14	Geen	0,00	0,00
TH3	4,14	Geen	0,00	0,00
5	5,14	Grafiek I	9,89	1,09
6	5,81	Grafiek I	8,64	0,95
TV3	6,16	Grafiek I	8,08	0,89
TH4	5,95	Grafiek I	8,41	0,93
7	4,91	Grafiek I	10,38	1,14
TV4	2,84	Grafiek I	17,89	1,97

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

7. 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]
TV1	✓	4,27	1,43	5,69	48,49 ⁽¹⁾	2,91
TV2	✓	6,18	0,89	7,07	67,29 ⁽¹⁾	4,04
1	✓	5,85	0,92	6,77	64,45 ⁽¹⁾	3,87
2	✓	4,21	1,09	5,30	50,41 ⁽¹⁾	3,02
3	✓	3,49	0,00	3,49	33,19 ⁽¹⁾	1,99
TH1	✓	3,49	0,00	3,49	33,19 ⁽¹⁾	1,99
TH2	✓	3,49	0,00	3,49	33,19 ⁽¹⁾	1,99
4	✓	3,49	0,00	3,49	33,19 ⁽¹⁾	1,99
TH3	✓	3,49	0,00	3,49	33,19 ⁽¹⁾	1,99
5	✓	4,22	1,09	5,31	50,51 ⁽¹⁾	3,03
6	✓	5,52	0,95	6,47	61,54 ⁽¹⁾	3,69
TV3	✓	6,19	0,89	7,08	67,40 ⁽¹⁾	4,04
TH4	✓	5,98	0,93	6,91	62,36 ⁽¹⁾	3,74
7	✓	5,22	1,14	6,36	57,40 ⁽¹⁾	3,44
TV4	✓	3,25	1,97	5,22	44,46 ⁽¹⁾	2,67

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

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

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

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

Locatie	R [m]	q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
TV1	50,00	0,0026	0,17
TV2	50,00	0,0058	0,38
TH1	100,00	0,0029	0,19
TH2	100,00	0,0029	0,19
TH3	100,00	0,0029	0,19
5	100,00	0,0029	0,19
6	100,00	0,0029	0,19
TV3	57,35	0,0050	0,33
TH4	57,35	0,0039	0,25
7	70,00	0,0032	0,21
TV4	70,00	0,0026	0,17

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

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

Leiding is drukloos

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

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

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

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H _n [m]
TV1	3,96	1,26	2,70
TV2	6,15	1,07	5,08
1	5,98	0,91	5,08
2	5,14	0,06	5,08
3	4,14	-0,94	5,08
TH1	4,14	-0,94	5,08
TH2	4,14	-0,94	5,08
4	4,14	-0,94	5,08
TH3	4,14	-0,94	5,08
5	5,14	0,06	5,08
6	5,81	0,73	5,08
TV3	6,16	1,08	5,08
TH4	5,95	1,09	4,86
7	4,91	1,14	3,77
TV4	2,84	1,10	1,75

$H_n < p_{0,lang} \rightarrow 5,08 < 27,78 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 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]
TV1	2,91	0,17	0,65	2,00
TV2	4,04	0,38	0,65	2,87
1	3,87	-	0,65	2,51
2	3,02	-	0,65	1,97
3	1,99	-	0,65	1,29
TH1	1,99	0,19	0,65	1,42
TH2	1,99	0,19	0,65	1,42
4	1,99	-	0,65	1,29
TH3	1,99	0,19	0,65	1,42
5	3,03	0,19	0,65	2,09
6	3,69	0,19	0,65	2,52
TV3	4,04	0,33	0,65	2,84
TH4	3,74	0,25	0,65	2,60
7	3,44	0,21	0,65	2,37
TV4	2,67	0,17	0,65	1,84

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \sigma_t = 8,00$ N/mm²

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 2,87 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 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]
TV1	0,00	0,00	1,67	0,65	1,08
TV2	0,00	0,00	1,67	0,65	1,08
1	0,00	0,00	-	-	0,00
2	0,00	0,00	-	-	0,00
3	0,00	0,00	-	-	0,00
TH1	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
TH2	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
4	0,00	0,00	-	-	0,00
TH3	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
5	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
6	0,00	0,00	0,83	0,65	0,54
TV3	0,00	0,00	1,45	0,65	0,95
TH4	0,00	0,00	1,45	0,65	0,95
7	0,00	0,00	1,19	0,65	0,77
TV4	0,00	0,00	1,19	0,65	0,77

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

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

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

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 1,08 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

13. 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 [%]
TV1	4,27	1,43	0,28	0,48	0,48
TV2	6,18	0,89	0,63	1,08	1,08
1	5,85	0,92	-	1,02	1,02
2	4,21	1,09	-	0,77	0,77
3	3,49	0,00	-	0,57	0,57
TH1	3,49	0,00	0,32	0,57	0,57
TH2	3,49	0,00	0,32	0,57	0,57
4	3,49	0,00	-	0,57	0,57
TH3	3,49	0,00	0,32	0,57	0,57
5	4,22	1,09	0,32	0,77	0,77
6	5,52	0,95	0,32	0,97	0,97
TV3	6,19	0,89	0,55	1,08	1,08
TH4	5,98	0,93	0,43	0,84	0,84
7	5,22	1,14	0,35	0,75	0,75
TV4	3,25	1,97	0,29	0,41	0,41

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

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

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

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 1,08 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_r [kN/m ²]	$E_{100, norm}$ [MN/m ²]
TV1	3,96	27,36	19,14	23,25	30,24	0,47
TV2	6,15	37,62	20,25	28,94	43,18	3,15
1	5,98	35,16	18,93	27,04	40,42	3,02
2	5,14	22,80	12,27	17,54	26,52	2,32
3	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
TH1	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
TH2	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
4	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
TH3	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
5	5,14	22,89	12,32	17,60	26,62	2,32
6	5,81	32,63	17,56	25,10	37,57	2,88
TV3	6,16	37,72	20,30	29,01	43,30	3,16
TH4	5,95	36,51	22,54	29,53	45,44	1,84
7	4,91	32,64	20,15	26,40	41,12	1,65
TV4	2,84	21,39	14,96	18,17	28,41	0,75

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	P _{lim} [N/mm ²]	90% p _{lim} [bar] 1
TV1	0,17	0,042	0,0270	0,4115	0,09	0,81
TV2	1,17	0,012	0,0508	0,3499	0,23	2,07
1	1,12	0,012	0,0508	0,3499	0,22	1,98
2	0,86	0,010	0,0508	0,3499	0,17	1,52
3	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
TH1	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
TH2	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
4	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
TH3	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
5	0,86	0,010	0,0508	0,3499	0,17	1,52
6	1,07	0,012	0,0508	0,3499	0,21	1,89
TV3	1,17	0,012	0,0508	0,3499	0,23	2,08
TH4	0,67	0,024	0,0486	0,3817	0,20	1,78
7	0,60	0,025	0,0377	0,3817	0,17	1,57
TV4	0,27	0,038	0,0175	0,4115	0,10	0,86

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

$$Q = \frac{\sigma'_0 \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p, \text{max}}$ [m]	$R_{p, \text{min}}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
TV1	1,98	0,04	4,08	0,09	0,90	0,05	0,52
TV2	3,08	0,05	6,46	0,23	2,29	0,09	0,86
1	2,99	0,06	6,46	0,22	2,19	0,09	0,90
2	2,57	0,06	6,46	0,17	1,67	0,09	0,91
3	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,09	0,92
TH1	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,09	0,95
TH2	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,10	1,04
4	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,11	1,10
TH3	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,12	1,16
5	2,57	0,06	6,46	0,17	1,68	0,12	1,16
6	2,90	0,06	6,46	0,21	2,08	0,12	1,17
TV3	3,08	0,06	6,46	0,23	2,29	0,12	1,21
TH4	2,97	0,06	6,24	0,20	1,98	0,12	1,20
7	2,46	0,06	5,15	0,17	1,73	0,11	1,11
TV4	1,42	0,06	3,13	0,09	0,95	0,09	0,91

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

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

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

$$v_{m, p} = \frac{Q_{m, p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (110^2 - 60^2)} = 0,250 \text{ m/s}$$

$$p_{\text{min}} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m, p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y, p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + p_{m, p} \cdot \Delta h_{\text{in}} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,250}{(110 - 60)^2} + \frac{19,631}{(110 - 60)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{\text{in}}$$

$$R_{p, \text{min}} = R_o / \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{\text{min}} + u + c \cdot \cot(\varphi)} \cdot \frac{(1 + \sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)}{Q}}$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
TV4	1,42	0,05	2,87	0,09	0,91	0,03 ⁽¹⁾	0,30
7	2,46	0,04	4,89	0,17	1,69	0,05 ⁽¹⁾	0,51
TH4	2,97	0,03	5,98	0,19	1,94	0,06 ⁽¹⁾	0,61
TV3	3,08	0,02	6,20	0,22	2,22	0,06 ⁽¹⁾	0,62
6	2,90	0,02	6,20	0,20	2,01	0,06 ⁽¹⁾	0,60
5	2,57	0,03	6,20	0,16	1,60	0,06 ⁽¹⁾	0,59
TH3	2,07	0,04	6,20	0,14	1,40	0,06 ⁽¹⁾	0,59
4	2,07	0,02	6,20	0,14	1,40	0,05 ⁽¹⁾	0,55
TH2	2,07	0,00	6,20	0,14	1,40	0,05 ⁽¹⁾	0,51
TH1	2,07	-	6,20	0,14	1,40	0,04 ⁽¹⁾	0,45
3	2,07	-	6,20	0,14	1,40	0,04 ⁽¹⁾	0,42
2	2,57	-	6,20	0,16	1,60	0,04 ⁽¹⁾	0,42
1	2,99	-	6,20	0,21	2,11	0,04 ⁽¹⁾	0,41
TV2	3,08	-	6,20	0,22	2,22	0,04 ⁽¹⁾	0,38
TV1	1,98	-	3,82	0,09	0,88	0,01 ⁽¹⁾	0,07

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 350 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{280}{2} = 140 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (280^2 - 350^2)} = -0,144 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (280^2 - 60^2)} = 0,749 \text{ m/s}$$

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

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot -0,144}{(280 - 350)^2} + \frac{19,631}{(280 - 350)} \right) \cdot (143,51 - L) + 11,5 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,749}{(406,4 - 60)^2} + \frac{19,631}{(406,4 - 60)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm ²]	$p_{o,kort}$ [N/mm ²]
TV4	0,03	1,55
7	0,05	1,55
TH4	0,06	1,55
TV3	0,06	1,55
6	0,06	1,55
5	0,06	1,55
TH3	0,06	1,55
4	0,05	1,55
TH2	0,05	1,55
TH1	0,04	1,55
3	0,04	1,55
2	0,04	1,55
1	0,04	1,55
TV2	0,04	1,55
TV1	0,01	1,55

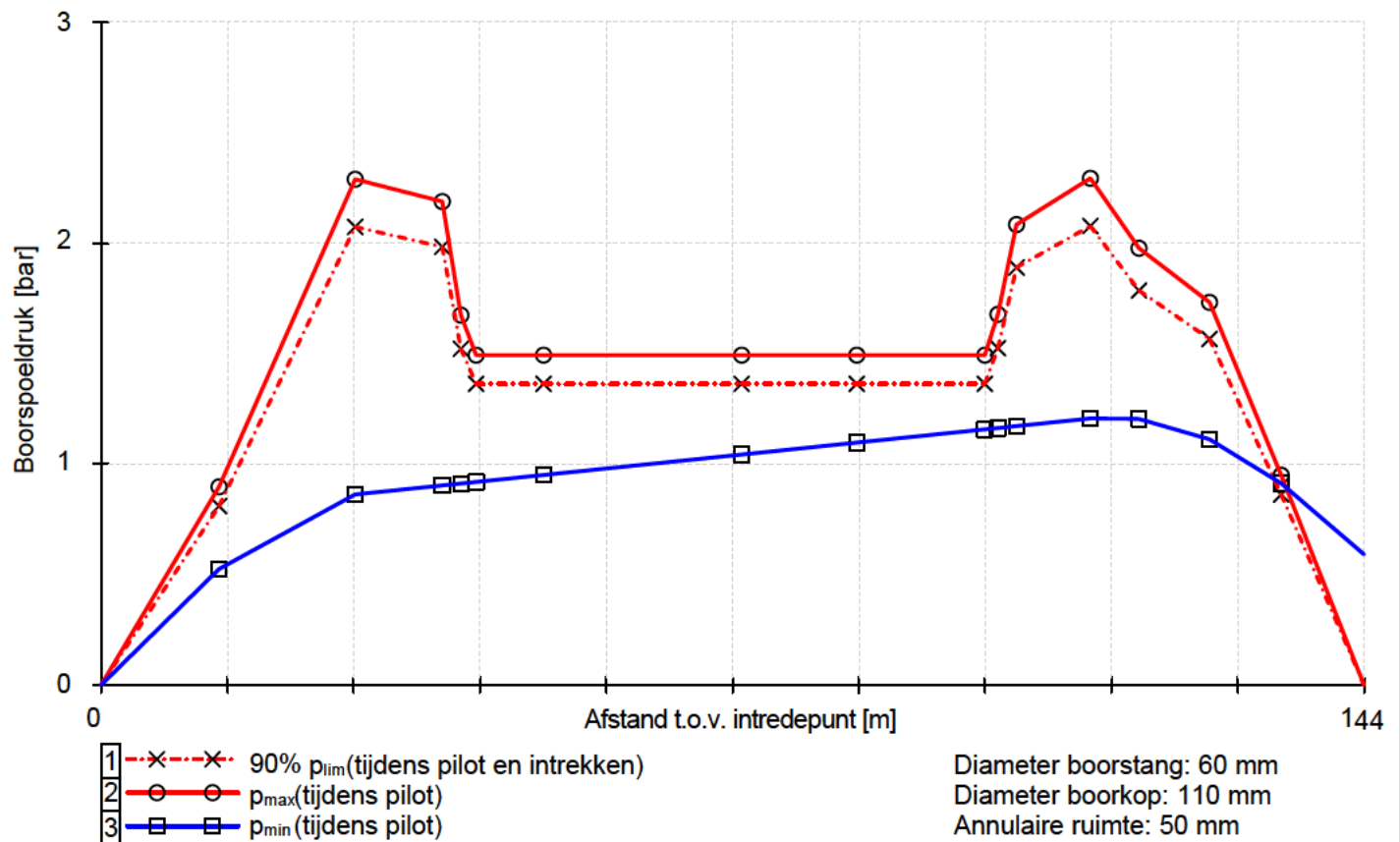
Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot l_w}{D_g^3}$$

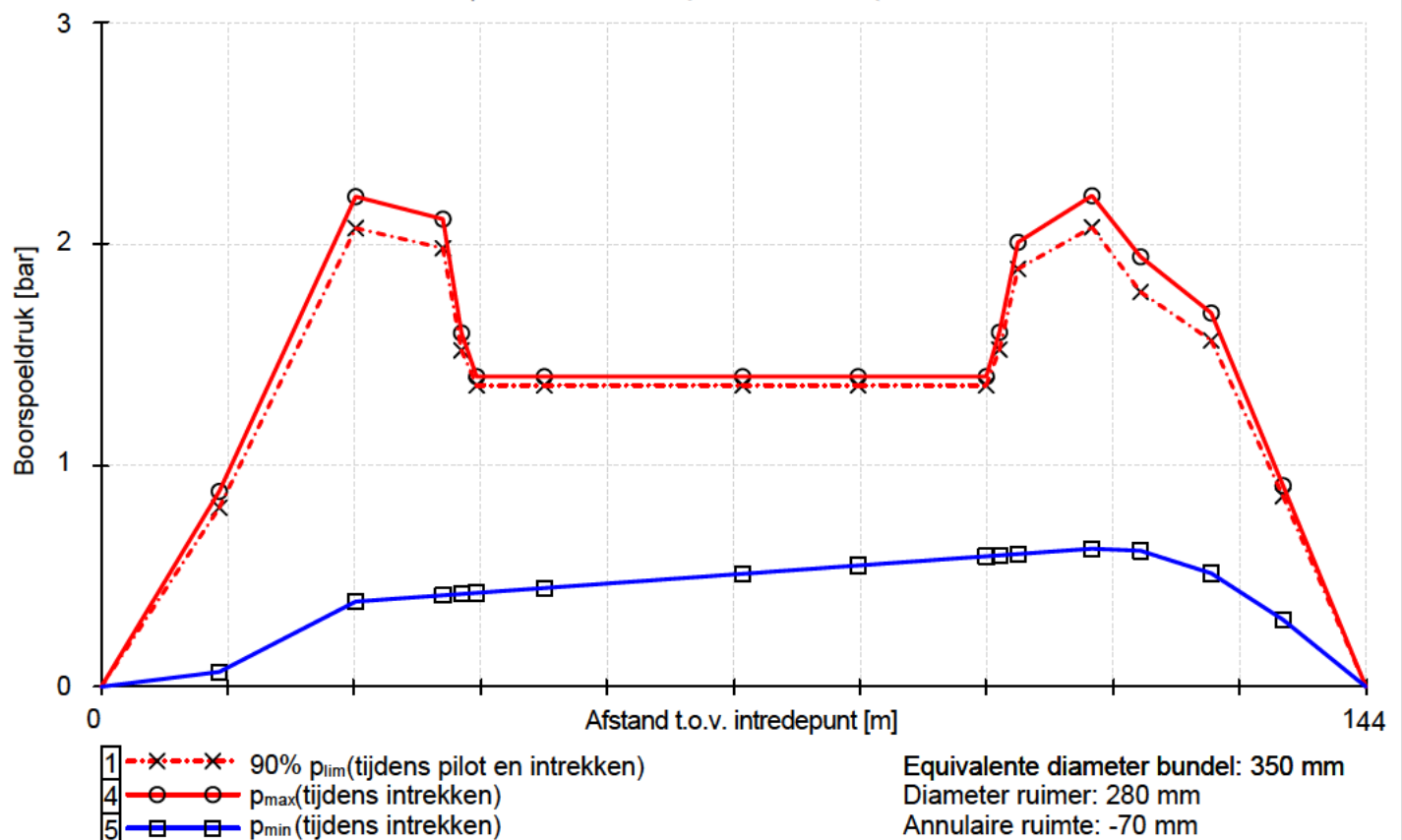
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

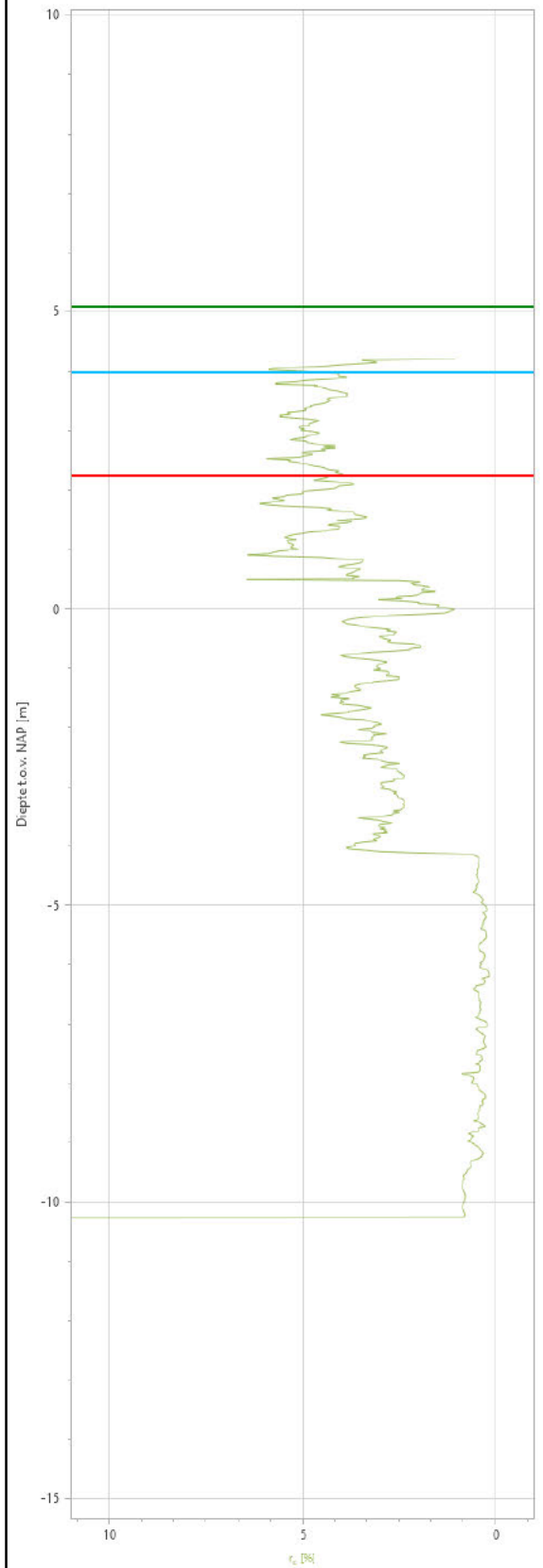
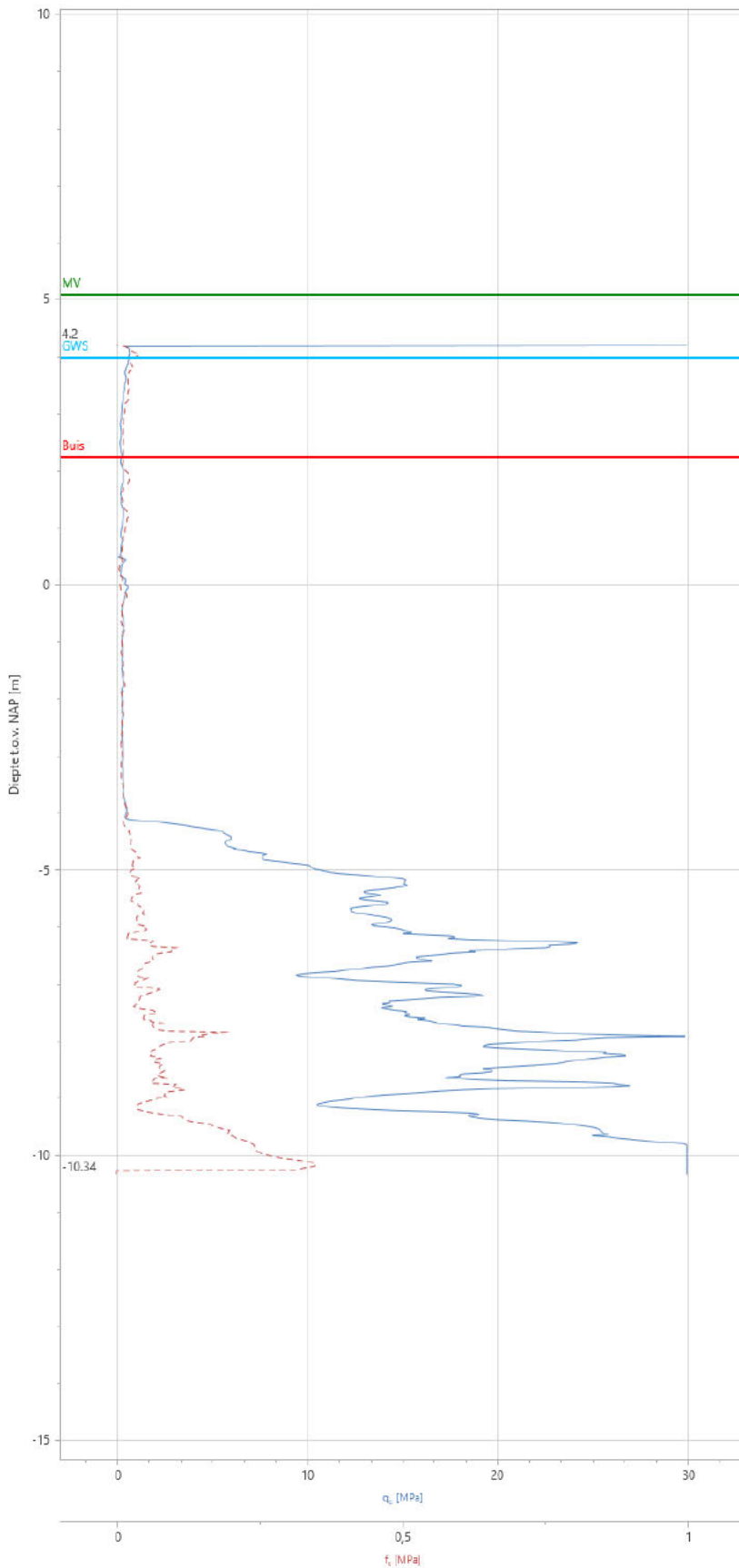
$$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,06 \leq 1,55 \rightarrow \text{Voldoet}$$

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p} = 11,5 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,p} = 19,631 \text{ Pa}$ / $\eta_p = 0,013 \text{ Pas}$ / $Q_{m,p} = 100 \text{ l/min}$)



16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i} = 11,5 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,i} = 19,631 \text{ Pa}$ / $\eta_i = 0,013 \text{ Pas}$ / $Q_{m,i} = 300 \text{ l/min}$)

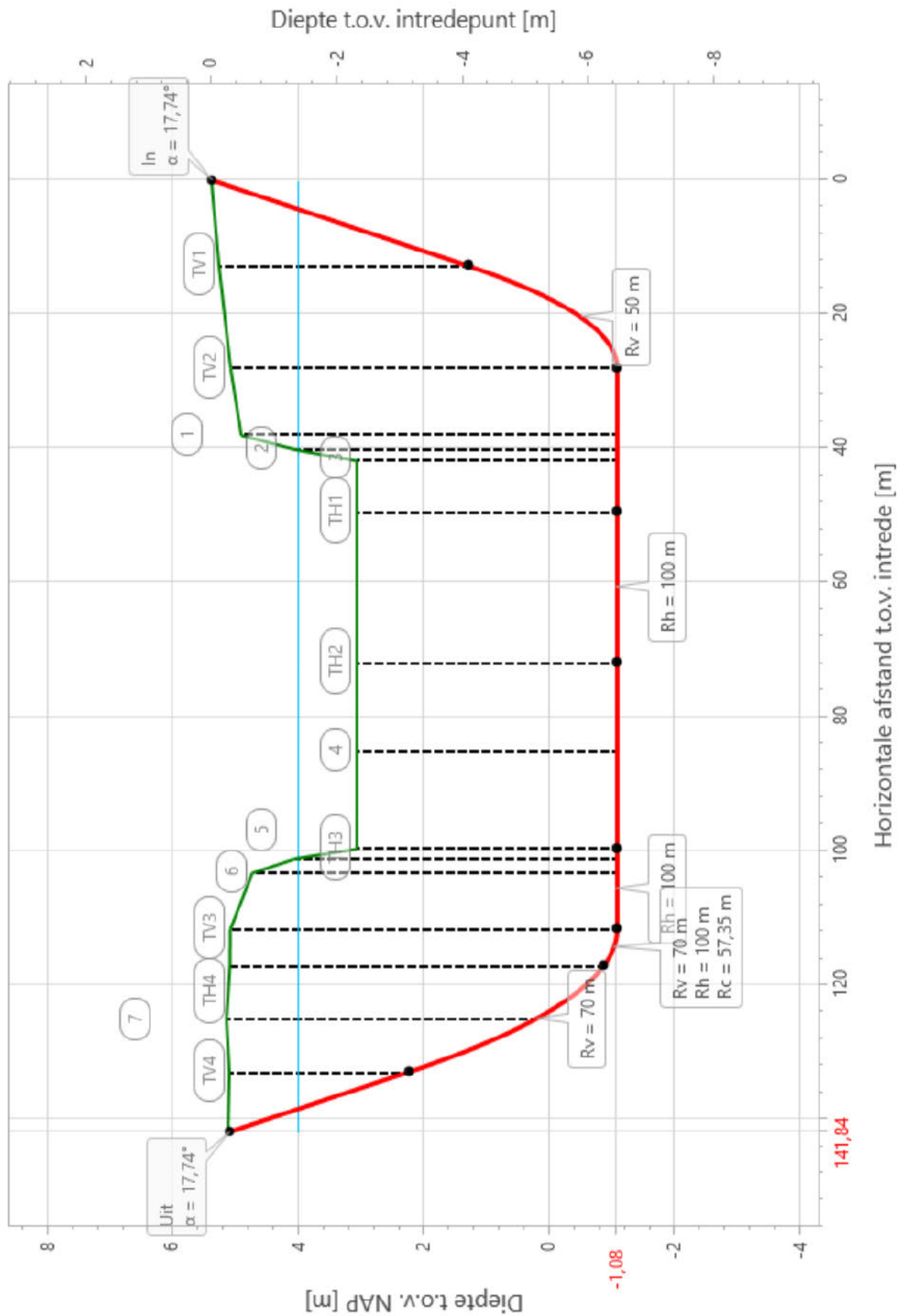




Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.3 ©			
Algemene gegevens							
Naam van het project		: 2500494.001 Gestuurde Boring Hommelstraat - van Heemstraweg N322 te Wamel					
Projectonderdeel		: Project Van den Heuvel - mantelbuis 125					
Materiaalgegevens							
Materiaalsoort:		PE					
Kwaliteit:		PE 100 SDR 11					
Lange-duur treksterkte		MRS	= 10	N/mm ²			
Materiaalfactor		γ^M	= 1,25	-			
Toelaatbare langeduur spanning		$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²			
Elasticiteitsmodulus korte duur		E	= 975	N/mm ²			
Elasticiteitsmodulus lange duur		E'	= 350	N/mm ²			
Lineaire uitzettingscoëfficiënt		α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)			
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal		α_σ	= 0,65	-			
Soortelijk gewicht buis		ρ_L	= 9,55	kN/m ³			
Toelaatbare deflectie		δ	= 8,00	%			
Leidinggegevens							
Uitwendige middellijn		D _e	= 125,00	mm			
Wanddikte		d _n	= 11,4	mm			
Procesgegevens							
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos					
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken							
Totale lengte		L	= 143,51	m			
Totale horizontale lengte		L _{hor}	= 141,84	m			
Straal maaiveld/rollenbaan		R _r	= 100,00	m			
Intredehoek (bij boorstelling)		α_1	= 17,74 / 32	° / %			
Uittredehoek (bij rollenbaan)		α_2	= 17,74 / 31,99	° / %			
Belastinghoek		α	= 30	°			
Ondersteuningshoek		β	= 30	°			
Horizontale steundrukhoek		γ	= 120	°			
MV intrede t.o.v. NAP		MV _{in}	= 5,38	m			
MV uittrede t.o.v. NAP		MV _{uit}	= 5,12	m			
Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulative lengte langs buis [m]	Cummulative horizontale lengte [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]	Gecombineerde straal [m]
Intrede-TV1	13,39	12,75	13,39	12,75	-	-	-
TV1-TV2	15,49	15,24	28,87	27,99	50,00	-	-
TV2-TH1	21,41	21,41	50,28	49,40	-	-	-
TH1-TH2	22,51	22,51	72,79	71,90	-	100,00	-
TH2-TH3	27,65	27,65	100,43	99,55	-	-	-
TH3-TV3	12,00	12,00	112,43	111,55	-	100,00	-
TV3-TH4	5,51	5,51	117,95	117,06	70,00	100,00	57,35
TH4-TV4	16,16	15,83	134,11	132,88	70,00	-	-
TV4-Uittrede	9,40	8,96	143,51	141,84	-	-	-
				08-10-2025 16:48:17			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.3 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang	D_b	= 60	mm				
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 110	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 19,631	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,013	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 100	l/min				
<i>Tijdens intrekken</i>							
Gecombineerd ruimen/intrekken							
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 280	mm				
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 350	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 19,631	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,013	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 300	l/min				
Aantal buizen in de bundel	n	= 4					
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					
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 [°]
TV1	13,39	3,96	1,26	Klei	15,94	14,71	17,50
TV2	28,87	6,15	1,07	Klei	15,93	15,78	27,50
1	38,77	5,98	0,91	Klei	15,85	15,79	27,50
2	40,88	5,14	0,06	Klei	13,00	15,79	27,50
3	42,61	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
TH1	50,28	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
TH2	72,79	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
4	85,88	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
TH3	100,43	4,14	-0,94	Klei	0,00	16,05	27,50
5	101,92	5,14	0,06	Klei	13,33	15,79	27,50
6	104,03	5,81	0,73	Klei	15,82	15,79	27,50
TV3	112,43	6,16	1,08	Klei	15,88	15,79	27,50
TH4	117,95	5,95	1,09	Klei	15,88	15,71	22,50
7	125,97	4,91	1,14	Klei	15,88	15,71	22,50
TV4	134,11	2,84	1,10	Klei	15,88	14,50	17,50
					08-10-2025 16:48:17		

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	1,00	Grafiek I	CPT186263
TV2	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
1	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
2	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
3	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
TH1	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
TH2	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
4	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
TH3	✓	1,00	5,00	Geen	CPT186263
5	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
6	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
TV3	✓	1,00	5,00	Grafiek I	CPT186263
TH4	✓	5,00	3,00	Grafiek I	CPT186263
7	✓	5,00	3,00	Grafiek I	CPT186263
TV4	✓	5,00	2,00	Grafiek I	CPT186263



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 102,20	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 113,60	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 125,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 62,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 51,10	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 56,80	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 6.629.052,19	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 106.064,84	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 123,46	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 21,66	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 4.068,49	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0389	N/mm ¹

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

	Leiding op rollenbaan/maaiveld	Leiding in boorgat
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0389 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0389 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0389 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0389 \text{ N/mm}^1$

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	143,51	3.011	1.673
Na intrekken van TV4-Uittrede	134,11	2.814	1.563
Na intrekken van TH4-TV4	117,95	2.475	1.375
Na intrekken van TV3-TH4	112,43	2.359	1.311
Na intrekken van TH3-TV3	100,43	2.107	1.171
Na intrekken van TH2-TH3	72,79	1.527	848
Na intrekken van TH1-TH2	50,28	1.055	586
Na intrekken van TV2-TH1	28,87	606	337
Na intrekken van TV1-TV2	13,39	281	156

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0,0389 \cdot 0,3$$

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	3.011	0,74
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.814	0,69
Na intrekken van TH4-TV4	2.475	0,61
Na intrekken van TV3-TH4	2.359	0,58
Na intrekken van TH3-TV3	2.107	0,52
Na intrekken van TH2-TH3	1.527	0,38
Na intrekken van TH1-TH2	1.055	0,26
Na intrekken van TV2-TH1	606	0,15
Na intrekken van TV1-TV2	281	0,07

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{4.068,49}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052}{100.000} = 71.096,58 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{71.096,58}{106.065} = \mathbf{0,67 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,74	1,18
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,69	1,13
Na intrekken van TH4-TV4	0,61	1,04
Na intrekken van TV3-TH4	0,58	1,02
Na intrekken van TH3-TV3	0,52	0,95
Na intrekken van TH2-TH3	0,38	0,81
Na intrekken van TH1-TH2	0,26	0,69
Na intrekken van TV2-TH1	0,15	0,58
Na intrekken van TV1-TV2	0,07	0,50

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,67 + \sigma_t$$

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

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 1,18 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 259,08 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0389 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 125,00^2 \cdot \pi/4 = 0,141 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,102 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht 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	143,51	565	-	314	-
Na intrekken van TH4-TV4	134,11	-	1.538	-	854
Na intrekken van TV3-TH4	117,95	-	1.869	-	1.038
Na intrekken van TH3-TV3	112,43	-	2.591	-	1.439
Na intrekken van TH2-TH3	100,43	4.253	-	2.363	-
Na intrekken van TH1-TH2	72,79	-	5.607	-	3.115
Na intrekken van TV2-TH1	50,28	6.894	-	3.830	-
Na intrekken van TV1-TV2	28,87	-	7.825	-	4.347
Na intrekken van Intrede-TV1	13,39	8.630	-	4.795	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (259,08 \cdot 0,00005 + 0,102 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (259,08 \cdot 0,00005 + 0,102 \cdot 0,2)$

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]
TH4-TV4 ..	3,00	54,39	1,84	0,3817	847,2	0,54	0,00371	0,03910
TH4-TV4 ..	3,00	47,42	1,65	0,3817	847,2	0,54	0,00371	0,03910
TH4-TV4 ..	2,00	29,55	0,75	0,4115	935,4	0,52	0,00336	0,02632
TV3-TH4 ..	5,00	56,31	3,16	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TV3-TH4 ..	3,00	54,39	1,84	0,3817	847,2	0,54	0,00371	0,03910
TH3-TV3 ..	5,00	31,70	1,99	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TH3-TV3 ..	5,00	38,36	2,32	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TH3-TV3 ..	5,00	50,15	2,88	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TH3-TV3 ..	5,00	56,31	3,16	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TH1-TH2 ..	5,00	31,70	1,99	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TH1-TH2 ..	5,00	31,70	1,99	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500
TV1-TV2 ..	1,00	38,78	0,47	0,4115	1.122,1	0,49	0,00280	0,01271
TV1-TV2 ..	5,00	56,18	3,15	0,3499	746,2	0,56	0,00421	0,06500

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

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

$$l = \frac{\pi}{\lambda} \quad A = l \cdot b \quad b = \beta \cdot r_e = 30^\circ \cdot 62,5 = 32,72 \text{ mm}$$

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

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

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

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	R_c [m]	q_r [N/mm ²]	Q_r [N/mm ¹]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TH4-TV4 (TH4)	70,00	-	-	0,0036	0,45	277	154
TH4-TV4 (7)	70,00	-	-	0,0036	0,45	277	154
TH4-TV4 (TV4)	70,00	-	-	0,0030	0,37	251	140
TV3-TH4 (TV3)	70,00	100,00	57,35	0,0057	0,72	385	214
TV3-TH4 (TH4)	70,00	100,00	57,35	0,0044	0,56	339	188
TH3-TV3 (TH3)	-	100,00	-	0,0033	0,41	220	122
TH3-TV3 (5)	-	100,00	-	0,0033	0,41	220	122
TH3-TV3 (6)	-	100,00	-	0,0033	0,41	220	122
TH3-TV3 (TV3)	-	100,00	-	0,0033	0,41	220	122
TH1-TH2 (TH1)	-	100,00	-	0,0033	0,41	220	122
TH1-TH2 (TH2)	-	100,00	-	0,0033	0,41	220	122
TV1-TV2 (TV1)	50,00	-	-	0,0029	0,36	293	163
TV1-TV2 (TV2)	50,00	-	-	0,0066	0,82	441	245

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,0} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 6.629.052,19}{125 \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 125$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 125 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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)	$T_{3b, \text{max}}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TH4-TV4	1.375	854	154	154	2.383
TV3-TH4	1.311	1.038	214	368	2.717
TH3-TV3	1.171	1.439	122	490	3.100
TH1-TH2	586	3.115	122	613	4.314
TV1-TV2	156	4.347	245	858	5.361

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

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] ($f = 1$)
TH4-TV4	6,62	2.383	198	110
TV3-TH4	2,26	2.717	77	43
TH3-TV3	3,44	3.100	134	74
TH1-TH2	6,45	4.314	349	194
TV1-TV2	8,87	5.361	595	331

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

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

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

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

5.6 Totalisatie van de trekkraften in fase II

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

Trekkraft 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	2.814	565	-	-	-	3.379	0,34
Na intrekken van TH4-TV4	2.475	-	1.538	277	198	4.487	0,45
Na intrekken van TV3-TH4	2.359	-	1.869	662	275	5.165	0,52
Na intrekken van TH3-TV3	2.107	-	2.591	882	409	5.989	0,60
Na intrekken van TH2-TH3	1.527	4.253	-	882	409	7.071	0,71
Na intrekken van TH1-TH2	1.055	-	5.607	1.103	757	8.522	0,85
Na intrekken van TV2-TH1	606	6.894	-	1.103	757	9.360	0,94
Na intrekken van TV1-TV2	281	-	7.825	1.544	1.353	11.003	1,10
Na intrekken van Intrede-TV1	0	8.630	-	1.544	1.353	11.527	1,15

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

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	1.563	314	-	-	-	1.877	0,19
Na intrekken van TH4-TV4	1.375	-	854	154	110	2.493	0,25
Na intrekken van TV3-TH4	1.311	-	1.038	368	153	2.869	0,29
Na intrekken van TH3-TV3	1.171	-	1.439	490	227	3.327	0,33
Na intrekken van TH2-TH3	848	2.363	-	490	227	3.929	0,39
Na intrekken van TH1-TH2	586	-	3.115	613	421	4.734	0,47
Na intrekken van TV2-TH1	337	3.830	-	613	421	5.200	0,52
Na intrekken van TV1-TV2	156	-	4.347	858	751	6.113	0,61
Na intrekken van Intrede-TV1	0	4.795	-	858	751	6.404	0,64

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **6.404 N ($\approx 0,64$ 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	3.379	0,83
Na intrekken van TH4-TV4	4.487	1,10
Na intrekken van TV3-TH4	5.165	1,27
Na intrekken van TH3-TV3	5.989	1,47
Na intrekken van TH2-TH3	7.071	1,74
Na intrekken van TH1-TH2	8.522	2,09
Na intrekken van TV2-TH1	9.360	2,30
Na intrekken van TV1-TV2	11.003	2,70
Na intrekken van Intrede-TV1	11.527	2,83

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{4.068,49}$$

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

Trekkkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm ²]
TH4-TV4	70,00	143.629,46	1,35
TV3-TH4	57,35	175.322,10	1,65
TH3-TV3	100,00	100.540,62	0,95
TH1-TH2	100,00	100.540,62	0,95
TV1-TV2	50,00	201.081,25	1,90

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{6.629.052,19}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{106.064,84}$$

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	3.379	0,83	-	0,83
Na intrekken van TH4-TV4	4.487	1,10	1,35	1,98
Na intrekken van TV3-TH4	5.165	1,27	1,65	2,34
Na intrekken van TH3-TV3	5.989	1,47	0,95	2,09
Na intrekken van TH2-TH3	7.071	1,74	-	1,74
Na intrekken van TH1-TH2	8.522	2,09	0,95	2,71
Na intrekken van TV2-TH1	9.360	2,30	-	2,30
Na intrekken van TV1-TV2	11.003	2,70	1,90	3,94
Na intrekken van Intrede-TV1	11.527	2,83	-	2,83

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{4.068,49} = \sigma_t$$

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,94 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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]
TV1	3,96	1,26	Klei	22,10	16,68	38,78	4,85
TV2	6,15	1,07	Klei	18,82	37,36	56,18	7,02
1	5,98	0,91	Klei	15,79	37,41	53,21	6,65
2	5,14	0,06	Klei	0,84	37,41	38,25	4,78
3	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,96
TH1	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,96
TH2	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,96
4	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,96
TH3	4,14	-0,94	Klei	0,00	73,12	31,70	3,96
5	5,14	0,06	Klei	0,94	37,41	38,36	4,79
6	5,81	0,73	Klei	12,73	37,41	50,15	6,27
TV3	6,16	1,08	Klei	18,89	37,41	56,31	7,04
TH4	5,95	1,09	Klei	19,00	35,39	54,39	6,80
7	4,91	1,14	Klei	19,95	27,47	47,42	5,93
TV4	2,84	1,10	Klei	19,15	10,39	29,55	3,69

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 125$$

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]
TV1	3,96	Grafiek I	12,96	1,62
TV2	6,15	Grafiek I	8,09	1,01
1	5,98	Grafiek I	8,35	1,04
2	5,14	Grafiek I	9,91	1,24
3	4,14	Geen	0,00	0,00
TH1	4,14	Geen	0,00	0,00
TH2	4,14	Geen	0,00	0,00
4	4,14	Geen	0,00	0,00
TH3	4,14	Geen	0,00	0,00
5	5,14	Grafiek I	9,89	1,24
6	5,81	Grafiek I	8,64	1,08
TV3	6,16	Grafiek I	8,08	1,01
TH4	5,95	Grafiek I	8,41	1,05
7	4,91	Grafiek I	10,38	1,30
TV4	2,84	Grafiek I	17,89	2,24

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 125$$

7. 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]
TV1	✓	4,85	1,62	6,47	62,60 ⁽¹⁾	2,89
TV2	✓	7,02	1,01	8,03	86,86 ⁽¹⁾	4,01
1	✓	6,65	1,04	7,70	83,20 ⁽¹⁾	3,84
2	✓	4,78	1,24	6,02	65,08 ⁽¹⁾	3,00
3	✓	3,96	0,00	3,96	42,85 ⁽¹⁾	1,98
TH1	✓	3,96	0,00	3,96	42,85 ⁽¹⁾	1,98
TH2	✓	3,96	0,00	3,96	42,85 ⁽¹⁾	1,98
4	✓	3,96	0,00	3,96	42,85 ⁽¹⁾	1,98
TH3	✓	3,96	0,00	3,96	42,85 ⁽¹⁾	1,98
5	✓	4,79	1,24	6,03	65,21 ⁽¹⁾	3,01
6	✓	6,27	1,08	7,35	79,45 ⁽¹⁾	3,67
TV3	✓	7,04	1,01	8,05	87,01 ⁽¹⁾	4,02
TH4	✓	6,80	1,05	7,85	80,50 ⁽¹⁾	3,72
7	✓	5,93	1,30	7,23	74,10 ⁽¹⁾	3,42
TV4	✓	3,69	2,24	5,93	57,39 ⁽¹⁾	2,65

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

$$M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 56,80 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 56,80$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{21,66}$$

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

Locatie	R [m]	q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
TV1	50,00	0,0029	0,19
TV2	50,00	0,0066	0,42
TH1	100,00	0,0033	0,21
TH2	100,00	0,0033	0,21
TH3	100,00	0,0033	0,21
5	100,00	0,0033	0,21
6	100,00	0,0033	0,21
TV3	57,35	0,0057	0,37
TH4	57,35	0,0044	0,29
7	70,00	0,0036	0,23
TV4	70,00	0,0030	0,19

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot q_r \cdot 125 \cdot \frac{62,50}{21,66}$$

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

Leiding is drukloos

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

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{123,46}{113,6^3} = 0,0821 \text{ N/mm}^2 = 82,11 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

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

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

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 123,46}{113,60^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij 28,07 m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H _n [m]
TV1	3,96	1,26	2,70
TV2	6,15	1,07	5,08
1	5,98	0,91	5,08
2	5,14	0,06	5,08
3	4,14	-0,94	5,08
TH1	4,14	-0,94	5,08
TH2	4,14	-0,94	5,08
4	4,14	-0,94	5,08
TH3	4,14	-0,94	5,08
5	5,14	0,06	5,08
6	5,81	0,73	5,08
TV3	6,16	1,08	5,08
TH4	5,95	1,09	4,86
7	4,91	1,14	3,77
TV4	2,84	1,10	1,75

$H_n < p_{0,lang} \rightarrow 5,08 < 28,07 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 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]
TV1	2,89	0,19	0,65	2,00
TV2	4,01	0,42	0,65	2,88
1	3,84	-	0,65	2,50
2	3,00	-	0,65	1,95
3	1,98	-	0,65	1,29
TH1	1,98	0,21	0,65	1,42
TH2	1,98	0,21	0,65	1,42
4	1,98	-	0,65	1,29
TH3	1,98	0,21	0,65	1,42
5	3,01	0,21	0,65	2,09
6	3,67	0,21	0,65	2,52
TV3	4,02	0,37	0,65	2,85
TH4	3,72	0,29	0,65	2,60
7	3,42	0,23	0,65	2,38
TV4	2,65	0,19	0,65	1,85

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

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 2,88 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 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]
TV1	0,00	0,00	1,90	0,65	1,23
TV2	0,00	0,00	1,90	0,65	1,23
1	0,00	0,00	-	-	0,00
2	0,00	0,00	-	-	0,00
3	0,00	0,00	-	-	0,00
TH1	0,00	0,00	0,95	0,65	0,62
TH2	0,00	0,00	0,95	0,65	0,62
4	0,00	0,00	-	-	0,00
TH3	0,00	0,00	0,95	0,65	0,62
5	0,00	0,00	0,95	0,65	0,62
6	0,00	0,00	0,95	0,65	0,62
TV3	0,00	0,00	1,65	0,65	1,07
TH4	0,00	0,00	1,65	0,65	1,07
7	0,00	0,00	1,35	0,65	0,88
TV4	0,00	0,00	1,35	0,65	0,88

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

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

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

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 1,23 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

13. 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 [%]
TV1	4,85	1,62	0,36	0,54	0,48
TV2	7,02	1,01	0,82	1,21	1,07
1	6,65	1,04	-	1,15	1,01
2	4,78	1,24	-	0,87	0,76
3	3,96	0,00	-	0,64	0,56
TH1	3,96	0,00	0,41	0,64	0,56
TH2	3,96	0,00	0,41	0,64	0,56
4	3,96	0,00	-	0,64	0,56
TH3	3,96	0,00	0,41	0,64	0,56
5	4,79	1,24	0,41	0,87	0,77
6	6,27	1,08	0,41	1,09	0,96
TV3	7,04	1,01	0,72	1,21	1,07
TH4	6,80	1,05	0,56	0,94	0,83
7	5,93	1,30	0,45	0,85	0,75
TV4	3,69	2,24	0,37	0,46	0,41

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 56,80^3}{350 \cdot 123,46}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 113,60 = 9,09$ mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 1,21 \leq 9,09 \rightarrow$ Voldoet

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_r [kN/m ²]	$E_{100, norm}$ [MN/m ²]
TV1	3,96	27,36	19,14	23,25	30,24	0,47
TV2	6,15	37,62	20,25	28,94	43,18	3,15
1	5,98	35,16	18,93	27,04	40,42	3,02
2	5,14	22,80	12,27	17,54	26,52	2,32
3	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
TH1	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
TH2	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
4	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
TH3	4,14	19,01	10,23	14,62	22,26	1,99
5	5,14	22,89	12,32	17,60	26,62	2,32
6	5,81	32,63	17,56	25,10	37,57	2,88
TV3	6,16	37,72	20,30	29,01	43,30	3,16
TH4	5,95	36,51	22,54	29,53	45,44	1,84
7	4,91	32,64	20,15	26,40	41,12	1,65
TV4	2,84	21,39	14,96	18,17	28,41	0,75

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	0,17	0,042	0,0270	0,4115	0,09	0,81
TV2	1,17	0,012	0,0508	0,3499	0,23	2,07
1	1,12	0,012	0,0508	0,3499	0,22	1,98
2	0,86	0,010	0,0508	0,3499	0,17	1,52
3	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
TH1	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
TH2	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
4	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
TH3	0,74	0,010	0,0508	0,3499	0,15	1,36
5	0,86	0,010	0,0508	0,3499	0,17	1,52
6	1,07	0,012	0,0508	0,3499	0,21	1,89
TV3	1,17	0,012	0,0508	0,3499	0,23	2,08
TH4	0,67	0,024	0,0486	0,3817	0,20	1,78
7	0,60	0,025	0,0377	0,3817	0,17	1,57
TV4	0,27	0,038	0,0175	0,4115	0,10	0,86

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

$$Q = \frac{\sigma'_0 \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p, \text{max}}$ [m]	$R_{p, \text{min}}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
TV1	1,98	0,04	4,08	0,09	0,90	0,05	0,52
TV2	3,08	0,05	6,46	0,23	2,29	0,09	0,86
1	2,99	0,06	6,46	0,22	2,19	0,09	0,90
2	2,57	0,06	6,46	0,17	1,67	0,09	0,91
3	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,09	0,92
TH1	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,09	0,95
TH2	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,10	1,04
4	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,11	1,10
TH3	2,07	0,06	6,46	0,15	1,49	0,12	1,16
5	2,57	0,06	6,46	0,17	1,68	0,12	1,16
6	2,90	0,06	6,46	0,21	2,08	0,12	1,17
TV3	3,08	0,06	6,46	0,23	2,29	0,12	1,21
TH4	2,97	0,06	6,24	0,20	1,98	0,12	1,20
7	2,46	0,06	5,15	0,17	1,73	0,11	1,11
TV4	1,42	0,06	3,13	0,09	0,95	0,09	0,91

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

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

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

$$v_{m, p} = \frac{Q_{m, p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (110^2 - 60^2)} = 0,250 \text{ m/s}$$

$$p_{\text{min}} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m, p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y, p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + p_{m, p} \cdot \Delta h_{\text{in}} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,250}{(110 - 60)^2} + \frac{19,631}{(110 - 60)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{\text{in}}$$

$$R_{p, \text{min}} = R_o / \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{\text{min}} + u + c \cdot \cot(\varphi)} \cdot \frac{(1 + \sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)}{1}} - Q$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
TV4	1,42	0,05	2,87	0,09	0,91	0,03 ⁽¹⁾	0,30
7	2,46	0,04	4,89	0,17	1,69	0,05 ⁽¹⁾	0,51
TH4	2,97	0,03	5,98	0,19	1,94	0,06 ⁽¹⁾	0,61
TV3	3,08	0,02	6,20	0,22	2,22	0,06 ⁽¹⁾	0,62
6	2,90	0,02	6,20	0,20	2,01	0,06 ⁽¹⁾	0,60
5	2,57	0,03	6,20	0,16	1,60	0,06 ⁽¹⁾	0,59
TH3	2,07	0,04	6,20	0,14	1,40	0,06 ⁽¹⁾	0,59
4	2,07	0,02	6,20	0,14	1,40	0,05 ⁽¹⁾	0,55
TH2	2,07	0,00	6,20	0,14	1,40	0,05 ⁽¹⁾	0,51
TH1	2,07	-	6,20	0,14	1,40	0,04 ⁽¹⁾	0,45
3	2,07	-	6,20	0,14	1,40	0,04 ⁽¹⁾	0,42
2	2,57	-	6,20	0,16	1,60	0,04 ⁽¹⁾	0,42
1	2,99	-	6,20	0,21	2,11	0,04 ⁽¹⁾	0,41
TV2	3,08	-	6,20	0,22	2,22	0,04 ⁽¹⁾	0,38
TV1	1,98	-	3,82	0,09	0,88	0,01 ⁽¹⁾	0,07

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 350 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{280}{2} = 140 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (280^2 - 350^2)} = -0,144 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (280^2 - 60^2)} = 0,749 \text{ m/s}$$

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

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot -0,144}{(280 - 350)^2} + \frac{19,631}{(280 - 350)} \right) \cdot (143,51 - L) + 11,5 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,013 \cdot 0,749}{(406,4 - 60)^2} + \frac{19,631}{(406,4 - 60)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm ²]	$p_{o,kort}$ [N/mm ²]
TV4	0,03	1,56
7	0,05	1,56
TH4	0,06	1,56
TV3	0,06	1,56
6	0,06	1,56
5	0,06	1,56
TH3	0,06	1,56
4	0,05	1,56
TH2	0,05	1,56
TH1	0,04	1,56
3	0,04	1,56
2	0,04	1,56
1	0,04	1,56
TV2	0,04	1,56
TV1	0,01	1,56

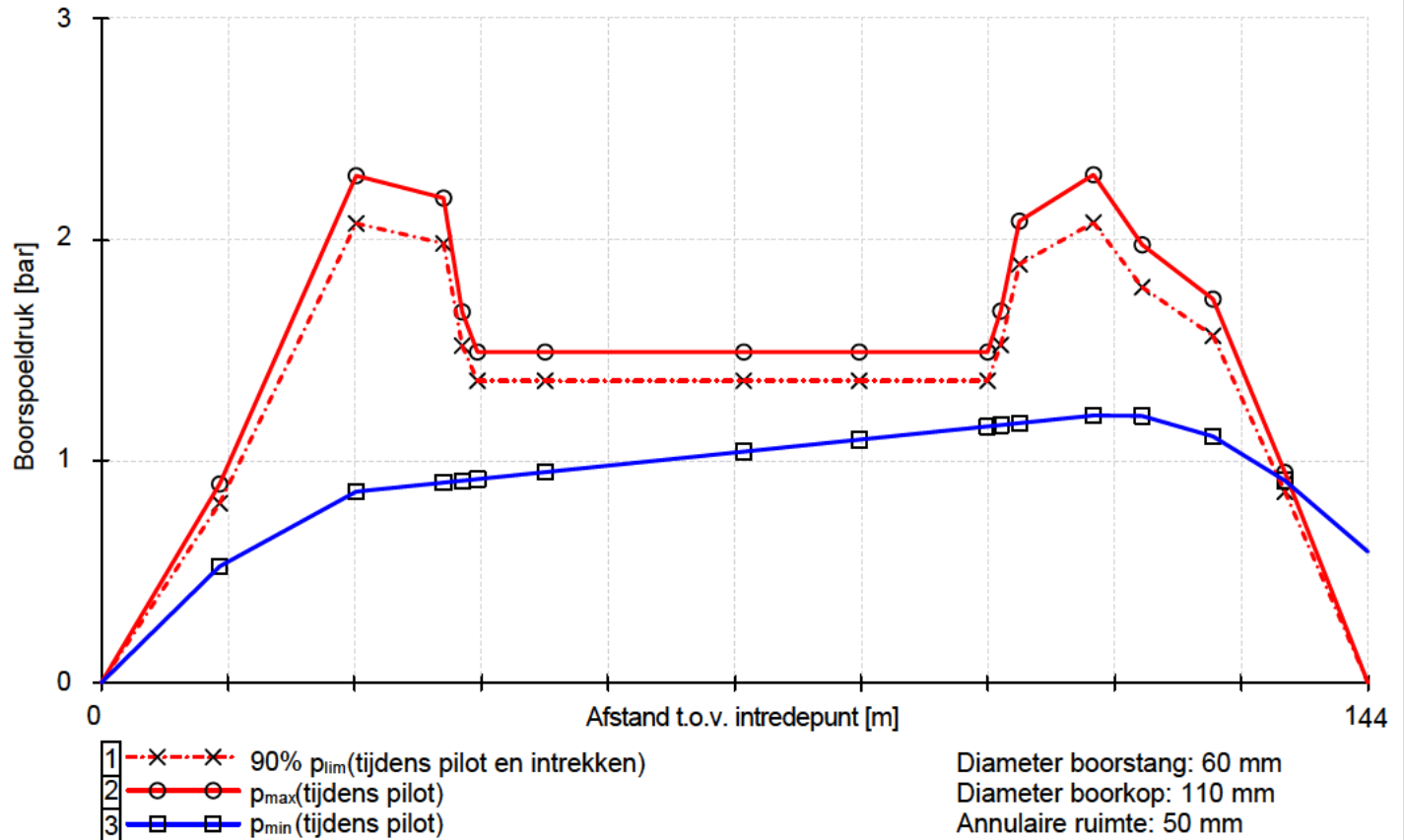
Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot l_w}{D_g^3}$$

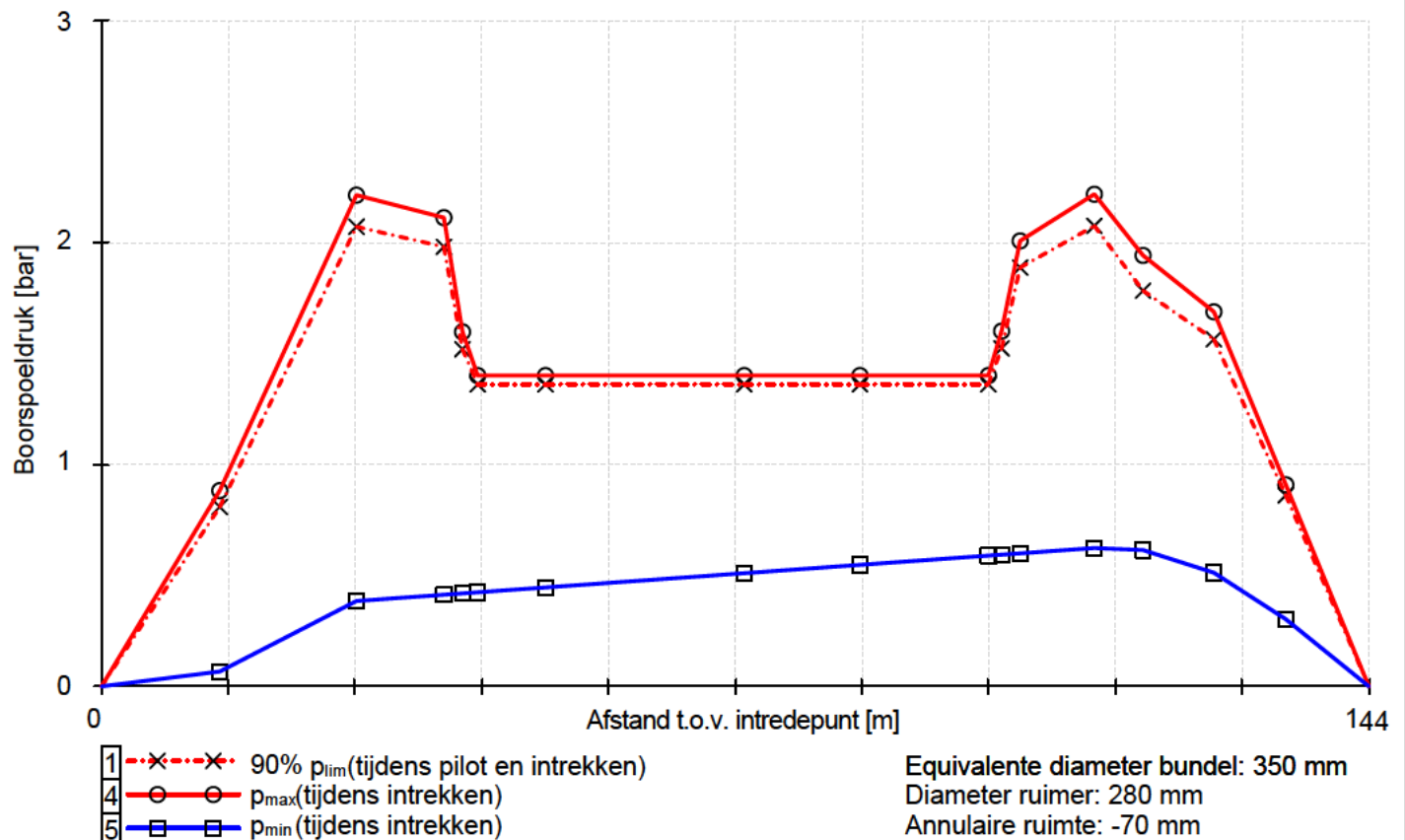
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 123,46}{113,60^3} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

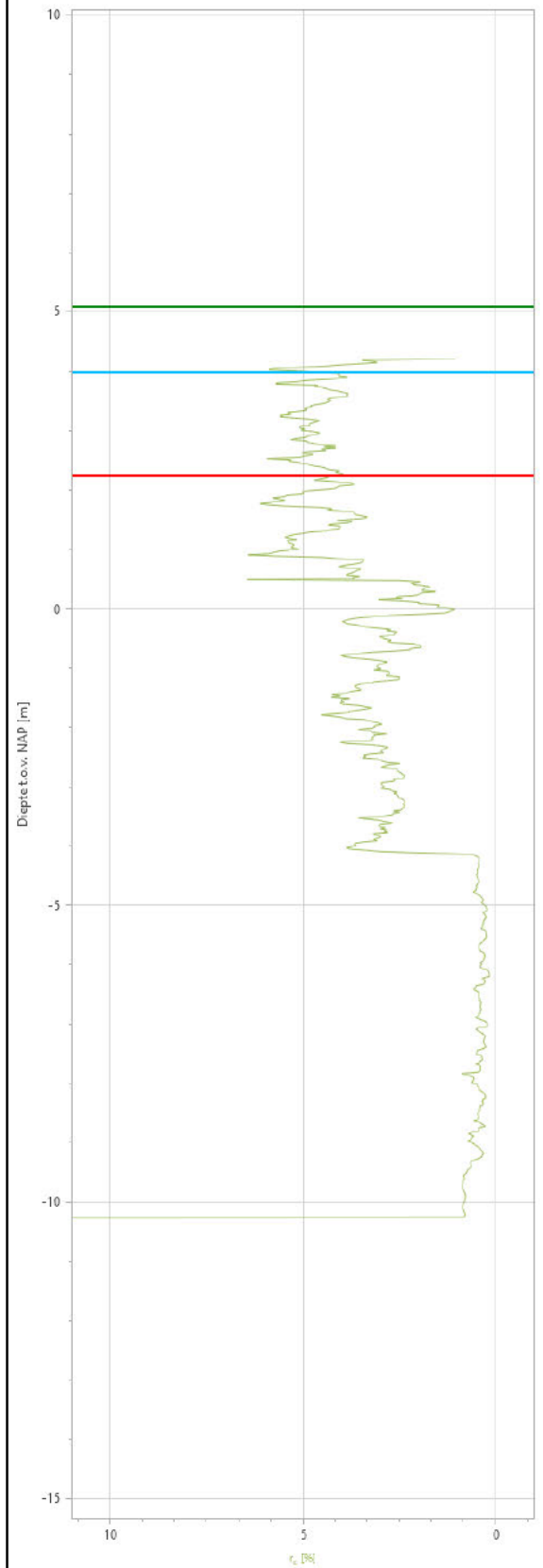
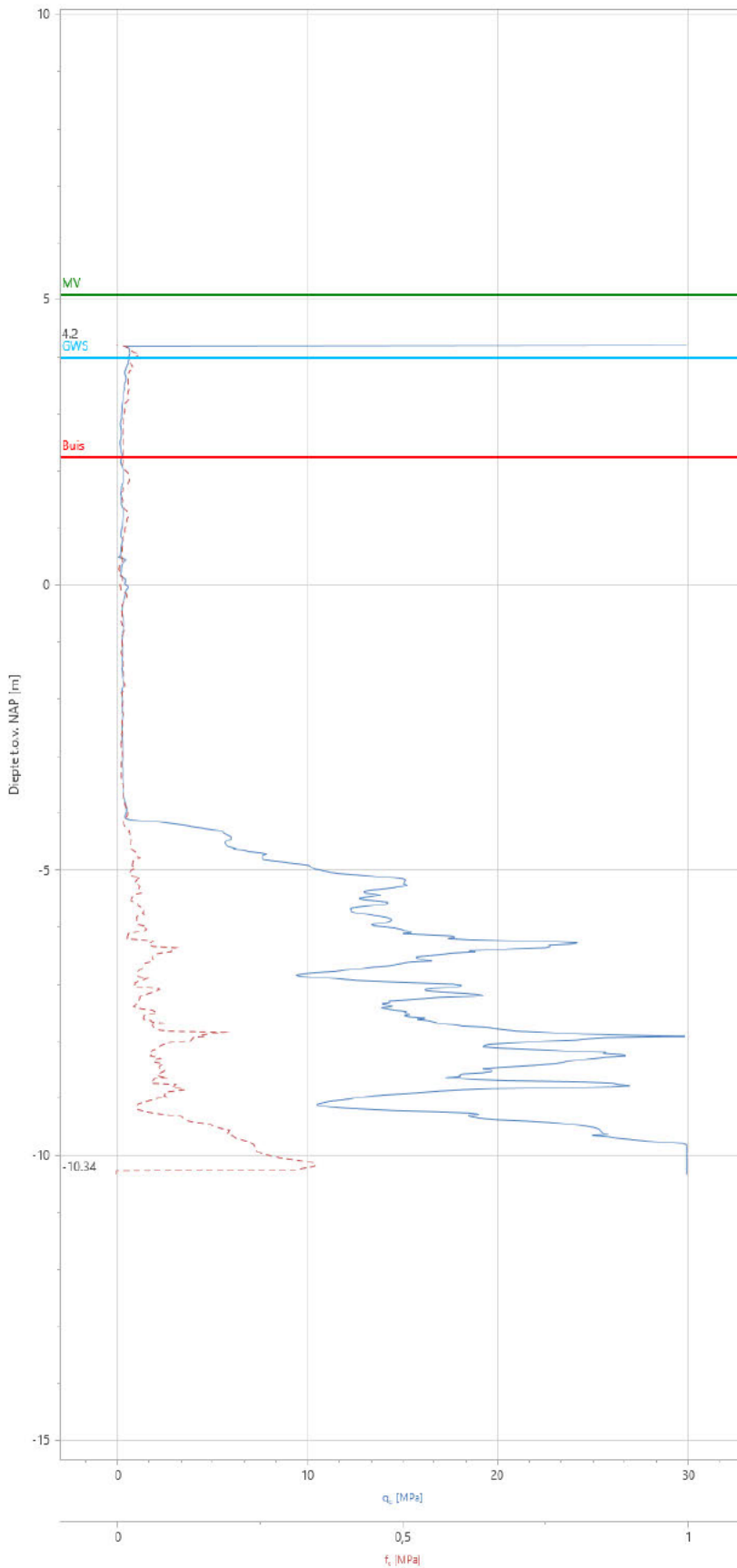
$$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,06 \leq 1,56 \rightarrow \text{Voldoet}$$

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p} = 11,5 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,p} = 19,631 \text{ Pa}$ / $\eta_p = 0,013 \text{ Pas}$ / $Q_{m,p} = 100 \text{ l/min}$)



16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i} = 11,5 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,i} = 19,631 \text{ Pa}$ / $\eta_i = 0,013 \text{ Pas}$ / $Q_{m,i} = 300 \text{ l/min}$)





10.4 RISICOANALYSE



Risico analyse en veiligheidsmaatregelen

Gestuurde Boring N322 te Wamel

Activiteitsomschrijving	Risico	Risicoorzaak	Maatregelen
Algemene activiteiten			
Werken in de nabijheid van ondergrondse kabels en leidingen	- letsel, elektrocutie, brand, explosie - beschadiging van kabels en leidingen	- niet bekend waar de kabels en leidingen liggen	- Klic-melding en indien een Eis Voorzorg van toepassing is het het nemen van de voorgeschreven maatregelen. - graven van proefsleuven
Werken in de nabijheid van onder druk staande leidingen	- lichamelijk letsel door brand, explosie of loskomende onderdelen	- leidingbreuk door teveel ontgraving, mechanische beschadiging of grondverschuiving	
Werken met handgereedschap, machines, blusmiddelen en/of gebruik PBM	- lichamelijk letsel - elektrocutie - brand - materiële schade	- ondeskundig gebruik - kortsluiting - onjuist gereedschap	- werken volgens AI- 11 afscherming en beveiliging van machines, AI-4 lawaai op de werkplek - lees de gebruiksaanwijzing - gebruik het juiste gereedschap en PBM's, let op gehoorbescherming
Hijsen met zwaar materiaal	- lichamelijk letsel door beknelling, beklemming of onverwachte hijs- of valbewegingen	- breuk van hijsband/kabel - omvallen hefwerktuig - kantelen of zwaaibeweging van de te tillen last	- werken volgens AI-17 hijs en hefgereedschap - gebruik PBM's - zorg voor goede communicatie - gebruik juiste (goedgekeurde) hijsmiddelen - juiste werkhouding en stabiele positie innemen - zorg voor voldoende kennis en ervaring (hijsbewijs boven 10 ton m)
Werken met machines	- beknelling - lawaai - lichamelijk letsel - bodemverontreiniging	- ondeskundig handelen - onvoldoende bescherming - olie- en brandstoflekkages	- goed opgeleid personeel - gebruik PBM's - werken volgens AI-11 afscherming en beveiliging - gebruiksaanwijzing - plaatsen lekbakken - lekkages direct opruimen
Zwaar transport laden / lossen	- lichamelijk letsel	- overrijden - onachtzaamheid - schuiven lading	- juiste verkeersmaatregelen - gebruik maken van een verkeersregelaar - lading goed vastzetten
Hydraulisch gereedschap	- lichamelijk letsel - materiële schade	- bezwijken hydraulische installatie - slangbreuk	- slangen en installatie periodiek keuren - noodstop hanteren

Werken in stof, lawaai en trillingen	- lichamelijk letsel	- onjuiste werkwijze - verouderd, slecht onderhouden materieel - omgeving	- goed onderhoud materieel - gebruik PBM's, let op adembescherming en gehoorbescherming - taakrotatie
Werken op slecht bereikbare werkplekken	- verergering lichamelijk letsel	- slechte of geïsoleerde ligging van de werkplek	- toegangswegen vrij en begaanbaar houden - vluchtwegen
Fysieke belasting bij tillen of sjuwen van lasten > 25 kg	- lichamelijk letsel	- ontbreken van hulpmiddelen	- verstrekken hulpmiddelen - indien dit niet mogelijk is met meerdere personen tillen/sjuwen
Straatwerk:- verwijderen/aanbrengen van tegels, klinkers, betonbanden, stelconplaten, puin en slakken-frezen/aanbrengen van asfaltbeton/teerhoudend beton- zagen/aanbrengen bitumineuze verharding/ teerhoudend asfaltbeton- opbreken/aanbrengen ongewapende	- lichamelijk letsel - rugblessures - oogletsel - gehoorbeschadiging - hand-/voetletsel - aantasting ademhalingsorganen	- verkeerde werkhouding - zwaar til werk - vallende tegels e.d. - wegs pattend puin - rondvliegend stof - snerpande frees of zaag - teer/asfaldampen	- op juiste manier tillen - gebruik PBM's - gebruik hulpmiddelen
Grondwerk: Grond ontgraven, af- en aanvoeren, graven putten en sleuven, frezen van bermen/taluds, werken met grondverdichtingsapparatuur	- lichamelijk letsel - verstikking - explosie - elektrocutie	- instorting / inkalven / verzakking - grondwater - gaslek - beschadiging kabels - valgevaar	- werken volgens abomafoon 2.06 Grondwerk, putten en sleuven - klic-melding - proefsleuven - maatregelen tegen inkalven (bekisting) - werken volgens voorschriften - indien nodig bemaling - afzettingen gebruiken
Verkeersactiviteiten			
Deelname aan verkeer	- lichamelijk letsel - materiële schade	- onvoldoende aandacht - niet in acht nemen verkeersregels	- gerichte instructie geven
Werkzaamheden nabij het spoor	- lichamelijk letsel - materiële schade	- onjuiste/ onduidelijke wegafzetting Onvoldoende instructie t.a.v. spoogerelateerde risico's	- Afzetting conform eisen Prorail - Medewerkers in het bezet van een DVP (dag)pas inclusief bijbehorende instructie.
Aanbrengen verkeersmaatregelen	- lichamelijk letsel	- aanrijding	- gebruik PBM's - werken volgens voorschriften CROW 96a of 96b - medewerkers in het bezit van certificaat 'Veilig werken langs de weg'
Milieu en gevaarlijke stoffen			
Afvalstoffen	- vervuiling van bodem en grondwater	- ontstaan werfvuil	- plaatsen van afvalbakken/-containers voor (gescheiden) afval

Graafwerkzaamheden in vervuilde grond	- werken in vervuilde grond of puin - verspreiden van vervuilde grond	- niet ontdekt bij vooronderzoek - onzorgvuldig werken	- onderzoek naar de ernst van de verontreiniging - indien vervuild, grond op plasticfolie leggen - werk uitvoeren conform BRL 7000
Werken met machines (milieu)	- bodemverontreiniging	- olie- en brandstoflekkages	- deugdelijk onderhoud - lekbakken plaatsen - verontreiniging direct opruimen en afvoeren
Inrichten projectlocatie			
Werkterrein inrichten	- lichamenlijk letsel - schade materieel/materiaal - milieurisico	- onjuiste opstelling - geen afrastering - rommel op terrein	- opstelling vooraf plannen - zorgen voor goede afval verwerking - opslagterrein - gebruik lekbakken
Stiefloze technieken			
Boor en voorruimproces	- lichamenlijk letsel - kabel/leidingschade	- gegrepen worden door draaiende delen - raken niet gelokaliseerde kabels en leidingen	- afdoende lokaliseren kabels en leidingen - geen onbevoegd personeel bij de avegaarinstallatie - goede communicatie boorcrew
Opstellen en invoeren productpijp	- lichamenlijk letsel - materieelschade	- kantelen - verzakken - bezwijken ondersteuning productpijp	- stabiele opstelling bewerkstelligen - ondersteuning productpijp zorgvuldig uitvoeren
Ontwerp boring	- persoonlijk letsel - milieuschade - materiële schade	- onjuiste dimensionering leidingen - onjuiste materiaalkeuze - onbekendheid / niet voldoen aan voorschriften en/of vergunningen - onvoldoen historisch onderzoek - onjuist boorprofiel	- opdrachtgever / ontwerper om herziening vragen - indien informatie herkenbaar onvoldoende is aanvullende informatie opvragen
Vergunningen	- milieuschade - materiële schade	- ontbreken juiste vergunningen	- aanvragen juiste vergunningen
Bestek en tekeningen	- materiële schade - persoonlijk letsel - milieuschade	- onvolledige omschrijving van de werkzaamheden - fouten in dimensionering - onredelijk tijdsplanning - onvolledige/verouderde tekeningen of situatietekeningen - onjuiste of onvolledige informatie over obstakels in de bodem	- opdrachtgever informeren en verbeteringsvoorstel indienen - verbeteringsvoorstel goed laten keuren - indien informatie herkenbaar onvoldoende is, aanvullende informatie opvragen

Opstellen elektrische installatie	- electrocutie - schade aan installatie	- kortsluiting - onjuiste aansluiting	- installatieplan volgen - installatie aarden - kabels ophangen en drooghouden - keuring installatie - niet werken aan onderspanning staande installatie - gekwalificeerd personeel gebruiken
Calamiteiten			
Boortracé	-Afwijking boortracé	- ondergronds obstakel - foutieve lokalisatie	- melden toezichthouder / indien nodig boring afbreken en afdichten boorgat met Dammer - gekwalificeerd personeel gebruiken
Trekkrachten	-Overschrijding duw - trekkrachten	- onvoldoende boorspoeling	- monitoren trekkachten - voldoende boorspoeling toepassen
Boorspoeling	-Blow - out	- overschrijding max. toelaatbare boorspoeldruk	- monitoren boorspoeldruk - melden toezichthouder
Boorplan	- afwijking boorplan	- onjuiste documenten	- juiste documenten opvragen

Opgemaakt door:



10.5 SPECIFICATIE BOORMACHINE



TERRA-JET DJ 23 XL

Technical Specifications

	METRIC	IMPERIAL (U.S.)
Thrust force	110 kN (11 to)	23.000 lbs
Pullback force	110 kN (11 to)	23.000 lbs
DIESEL engine HATZ Tier 4 final	74.4 kW (101 HP)	74,4 kW (101 PS)
Spindle torque, max.	3'100 Nm	2.300 ft.lbs
Spindle speed, max.	284 rpm	284 rpm
Drilling fluid volume, max.	185 ltr/min	50 gpm
- optional	260 ltr/min	70 gpm
Drilling fluid pressure, max.	89 bar	1.290 psi
Carriage thrust travel speed, quick gear	44 m/min	145 ft/min
Carriage thrust travel speed, at full load	10 m/min	33 ft/min
Carriage pullback travel speed, quick gear	44 m/min	145 ft/min
Carriage pullback travel speed, at full load	10 m/min	33 ft/min
ø pilot bore	60 – 110 mm	2,5" – 4"
Minimum inclination of the drill ramp	11° (19 %)**	11° (19 %)**
Maximum inclination of the drill ramp	22° (40 %)**	22° (40 %)**
Backreamer diameter, max. *	420 mm	17"
Maximum drilling length *	150 m	500 ft
Drill rods, length	3.05 m	10 ft
Drill rods, diameter	ø 60/54 mm	ø 2,4"/2,1"
Bending radius, min.	35 m	115 ft
Driving speed	3.7 km/h	2.3 miles/h
Operator sound pressure	79 dB (A)	79 dB (A)
Exterior sound power	104 dB (A)	104 dB (A)
Dimensions L x W x H (driving position)	6.20 x 1.69 x 2.50 m	20,3 x 5,5 x 8,2 ft
Dimension L x W x H (transportation position)	6.20 x 1.69 x 2.20 m	20,3 x 5,5 x 7,2 ft
Dimension L x W x H (drilling position)	6.15 x 2.15 x 2.60 m	20,2 x 7,0 x 8,5 ft
Weight including cabin, rear blade and 40 drill rods	8'000 kg	17.600 lbs
Weight including cabin and rear blade, without drill rods	6'650 kg	14.600 lbs

* All data depending on ground conditions. Technical Data may change without prior notice.

** At 11-20° (19-36%) the crawler always remains on the ground.

TERRA – always one drill ahead!



PREMIUM DRILLING TOOLS

High quality drilling tools and reamers are available for all ground conditions. They are designed and produced inhouse at TERRA to maintain peak performance.



DCI LOCATING EQUIPMENT

TERRA is an official dealer of DCI. With the new Falcon system even challenging ground conditions with high interferences can be successfully done.



MIXING SYSTEMS

The mixing systems from TERRA allow a fast and efficient mixing of the drilling volume. They are quiet, easy to handle and offer a high capacity of your drilling volume.



CUSTOMER SERVICE

Satisfied clients worldwide and a great customer service are the result of our constant progress. The TERRA-JET Directional Drill is a must have for every contractor!

10.6 SPECIFICATIE MEETSYSTEEM



DigiTrak FALCON F5[®]

Directional Drilling Locating System



Introducing DigiTrak Falcon F5[®]

The Falcon F5 is an extension of the classic F5 locating system. DCI's revolutionary Falcon technology minimizes the effects of active interference (noise) on the jobsite with a single wideband transmitter. The Falcon F5 combines this new technology with everything a professional contractor values in DCI's flagship F5 locating platform, including superior ease of use, updated DataLog[®] software, and fluid pressure monitoring.

Active Interference

Interference is one of the primary obstacles to completing HDD projects and can impair the accuracy of underground depth measurements. The ability of a locating system to perform well in interference has become a crucial factor in maintaining crew productivity and completing jobs on time.

Not All Job Sites are Created Equal

Interference varies between jobsites. The frequency at which the transmitter operates is the single most important factor affecting the performance of a walkover locator, and therefore your ability to get the job done.

Falcon Innovation

As a leader in the HDD industry, DCI has taken an innovative approach to tackling active interference. The Falcon F5 receiver measures jobsite noise and clearly displays several bands of the quietest transmitter frequencies to select from. Choose two of the quietest bands and complete more HDD projects at greater depths in the noisiest environments.

- Falcon frequency optimizer analyzes and overcomes active interference at different jobsites
- One Falcon F5 wideband transmitter supports multiple frequencies from 4.5 kHz to 45 kHz
- Infrared pairing of receiver and transmitter
- 0.1% precision pitch for completing critical grade bores
- Max mode noise filtering boosts fringe data and stabilizes depth readings
- Increased power in a 15 in. transmitter for industry-best 100 ft. depth and 125 ft. data range
- Supports DataLog, Log-While-Drilling, and Target Steering[®] features
- Shown with DigiTrak Aurora[™] touchscreen display

Band	7	11	16	20	25	29	34	38	43
Range in kHz	4.5 – 9.0	9.0 – 13.5	13.5 – 18	18 – 22.5	22.5 – 27	27 – 31.5	31.5 – 36	36 – 40.5	40.5 – 45

How Does DigiTrak Falcon F5 Work?

Using the F5 receiver's familiar menus and navigation, the Falcon frequency optimizer scans for noise between 4.5 kHz and 45 kHz. Upon completing the scan, the receiver displays a simple chart that depicts the noise levels across several bands. Select the two quietest bands and pair with the Falcon wideband transmitter. In areas with varied interference, switch between bands to stabilize data readings and complete the bore. For extreme interference, engage Max Mode for maximum performance.



Falcon
Frequency
Optimizer



DIGITAL CONTROL INCORPORATED

dci@digital-control.com ■ www.DigiTrak.com ■ 425.251.0559, 800.288.3610

© Jun 2016 Digital Control Incorporated
All rights reserved
402-1025-00-A

DigiTrak **FALCON FS** Locating System

Ease of Use

Falcon F5 combines Falcon technology with the features you have come to rely on from DCI's flagship F5 locating system, including a bright color screen, simple toggle-click menu navigation, fluid pressure data, and Roll Offset. Advanced features include *Target Steering*®, DataLog, and Bluetooth® communication. DCI's patented *Ball-in-the-Box*™ visualization of the transmitter still provides real-time status of the bore and keeps your job on track. All backed by world-class customer support.

Receiver Specifications

Product ID	FF5
Model number	FAR5
Receiving frequencies	4.5–45.0 kHz
Telemetry channels ¹	4
Telemetry range ²	defined by remote display
Power source	Lithium-ion battery pack
Battery life	8–12 hrs
Functions	Menu-driven
Controls	Trigger and toggle switches
Graphic display	Full-color LCD
Audio output	Beeper
Operating temperature	–4 to 140° F
Accuracy	±5%
Voltage	14.4 VDC nominal
Current	390 mA max
Dimensions	11 x 5.5 x 15 in.
Weight (with battery)	8.5 lb

Aurora Touchscreen Display Specifications

Product ID/Model number	AF10
Power source - cabled	10–28 VDC
Current	2.1 A maximum
Controls	10.4 in. touchscreen
Graphic display	LCD
Audio output	Speaker
Telemetry range ²	1800 ft.
Telemetry channels	4
Operating temperature	–4 to 140° F
Dimensions ⁴	11.5 x 9.3 x 2.3 in.
Weight	6.4 lb

Transmitter Specifications

Product ID	FT5p
Model number	BTP
Transmitting frequencies	4.5–45.0 kHz
Pitch resolution	±0.1% at level
Data range ³	125 ft.
Depth range ³	100 ft.
Battery life	up to 20/70 hrs alkaline/SuperCell
Voltage	1.2–4.2 VDC nominal
Current	1.75 A max
Weight (without batteries)	1.7 lb
Length x diameter	15 x 1.25 in.

¹ Local telemetry frequencies and power levels available at www.DigiTrak.com.

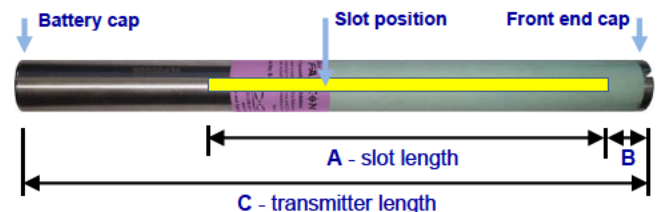
² Telemetry range can be increased with an optional external receiving antenna.

³ Range figures are based on SAE Standard J2520. Actual ranges and battery life will vary based on environment, transmitter housing, and frequency.

⁴ Dimensions do not include external mounting hardware.

Transmitter Drill Head Requirements

The slots in the drill head must meet minimum length and width requirements and be correctly positioned. DCI's transmitters require three slots equally spaced around the circumference of the drill head for optimal signal emission and maximum battery life. Measure slot lengths on the *inside* of the drill head; slots must be at least $\frac{1}{16}$ in. wide. DCI transmitters fit standard housings but may require a battery cap adapter in some cases.



	A Minimum	B Maximum	C
Falcon Dual Wideband	9.0 in.*	1.0 in.*	15 in.

* Ideal measurement. The standard DCI slot length of 8.5 in. (A) and distance of 2 in. (B) remain acceptable.

DCI: THE BUSINESS OF HDD LOCATING



DIGITAL CONTROL INCORPORATED

dci@digital-control.com ■ www.DigiTrak.com ■ 425.251.0559, 800.288.3610

10.7 SPECIFICATIE BOORspoeling





TUNNEL-GEL® MAX

Viscosifier

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CEBO Holland, BV

Authorized Retailer, Baroid IDP

Westerduinweg 4

NL-1976 BV IJmuiden

Customer Service: +31 (0)255-546262
