

WERKPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORINGEN

t.b.v.

Gebiedsontwikkeling Wanssum - verlegging glasvezel KPN

Locatieoverzicht:



KRUISINGEN NABIJ DE KONINGINNENBRUG TE WANSSUM

Proj. nr. :1800084
Datum :3-7-2018
Revisie : 01

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
2	PROJECTGEGEVENS	3
2.1	BETROKKEN PARTIJEN.....	3
2.1.1	<i>Opdrachtgever</i>	3
2.1.2	<i>Opdrachtnemer</i>	3
2.2	PROJECTINFORMATIE	3
3	TECHNISCHE SPECIFICATIES	4
3.1	ONTWERPGEGEVENS VAN DE HDPE GLASVEZELBUIS:	4
3.1.1	<i>HDPE glasvezelbuis 40</i>	4
4	KORTE BESCHRIJVING BOORMETHODE	5
5	BESCHRIJVING WERKZAAMHEDEN M.B.T. DE UITVOERING	6
5.1	VERKEERSMAATREGELEN.....	6
5.2	INTREDEWERKPLEK	6
5.3	UITTREDEWERKPLEK.....	6
5.4	PILOTBORING / LOKALISEREN VAN DE BOORKOP.....	6
5.5	INTREKFASE.....	6
6	PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN	7
6.1	GLOBALE TIJDSPLANNING VOOR DE REALISATIE VAN BORING 1800084.001:.....	7
6.2	GLOBALE TIJDSPLANNING VOOR DE REALISATIE VAN BORING 1800084.002:.....	7
7	GRONDONDERZOEK	8
8	STERKTEBEREKENING/BOORSPOELDRUKBEREKENINGEN	8
9	BIJLAGEN	9
9.1	WERKTEKENINGEN	9
9.2	GRONDONDERZOEK	10
9.3	STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN	11
9.4	SPECIFICATIE BOORMACHINE.....	12
9.5	SPECIFICATIE MEETSISTEEM	13
9.6	SPECIFICATIE BOORSPOELING	14

1 INLEIDING

I.v.m. het project Gebiedsontwikkeling Wanssum dienen er 2 gestuurde boringen gemaakt te worden nabij de Koninginnenbrug te Wanssum.

Elke boring bestaat uit 3 HDPE glasvezelbuizen voor KPN.

In dit rapport is zijn diverse gegevens opgenomen die nodig zijn voor de aanvraag van de vergunning(en). Uitgangspunten voor de berekeningen zijn de normen: NEN 3650 en NEN 3651.

2 Projectgegevens

2.1 Betrokken partijen

2.1.1 Opdrachtgever

Naam	: VolkerWessels Telecom Infratechniek B.V.
Adres	: Postbus 429
Postcode / Plaats	: 5400 AK Uden
Contactpersoon	: Dhr. Jeroen Paijmans
Mobiel	: 06 - 30 63 94 23
Emailadres	: j.j.g.m.paijmans@vwtelecom.com

2.1.2 Opdrachtnemer

Naam	: Van de Beek Kabels en Leidingen B.V.
Adres	: Neerijdense Mark
Postcode/Plaats	: 4182 SB Neerijnen
Telefoon	: 0345 - 56 97 98
Projectleider	: Dhr. Herman van de Beek
Mobiel	: 06 - 53 68 05 33
Emailadres	: hvandebeek@beekbedrijven.nl
Ontwerp / engineering	: Dhr. Ronald Zwaan
Mobiel	: 06 - 51 30 43 30
Emailadres	: rzwaan@beekbedrijven.nl

2.2 Projectinformatie

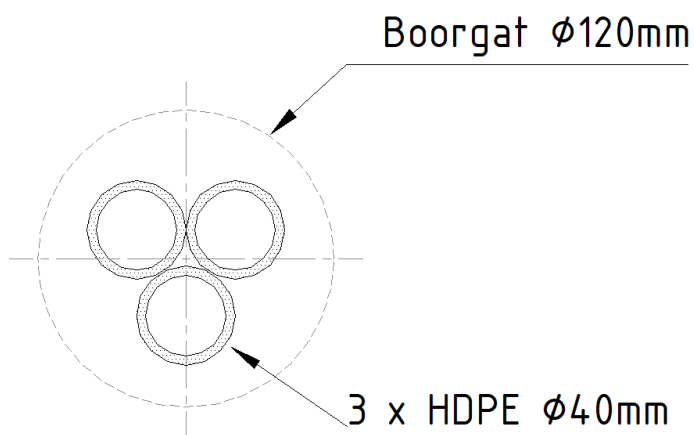
Projectnummer opdrachtgever :	632803
Projectnummer opdrachtnemer:	1800084
Locatie werkzaamheden:	Brugstraat - Koninginnenbrug te Wanssum

3 TECHNISCHE SPECIFICATIES

3.1 Ontwerpgegevens van de HDPE glasvezelbuis:

3.1.1 HDPE glasvezelbuis 40

Diameter: 40 mm
Wanddikte: 32,6 mm
Materiaal: HDPE
Klasse: SDR 11 PE 80
Inhoud: Glasvezelkabel
Werkdruk: Geen



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.

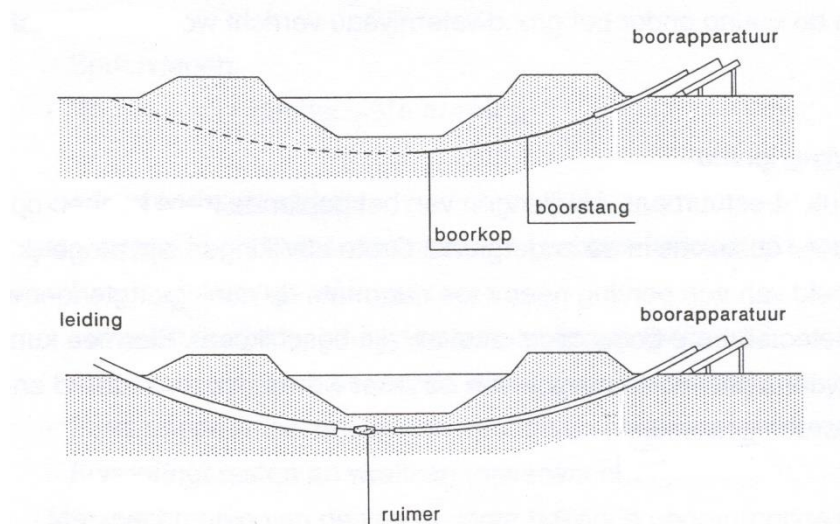
De boorvloeistof wordt via een hogedrukslang aangevoerd vanaf de mengunit naar de boorunit.

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 WERKZAAMHEDEN M.B.T. DE UITVOERING

5.1 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. Alle werknemers van de boorploeg zijn verplicht veiligheidskleding te dragen en te werken conform de eisen van Rijkswaterstaat en waterschap Limburg.

5.2 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 boringen zullen worden uitgevoerd met een midirig. (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.

5.3 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 HDPE buizen worden klaargelegd.

5.4 Pilotboring / lokaliseren van de boorkop

Na iedere geboorde stang worden er metingen verricht die van belang zijn voor het verloop van de boring en voor de uitwerking van de revisie.

5.5 Intrekfase

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

6 PLANNING VAN DE WERKZAAMHEDEN

6.1 Globale tijdsplanning voor de realisatie van boring 1800084.001:

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

6.2 Globale tijdsplanning voor de realisatie van boring 1800084.002:

- Voorbereidende werkzaamheden (graafwerkzaamheden, opstellen boormachine e.d.) 0,50 dag
- Realiseren van de pilotboring 2,00 dag
- Intrekfase 1,00 dag

7 GRONDONDERZOEK

Om een beeld te krijgen van de grondslag ter plaatse van de nieuw te maken gestuurde boringen is er grondonderzoek opgevraagd bij DINO-loket. De sonderingen CPT 70752, CPT 70827 en de boringen B52E0372, B52E1862 zijn gebruikt.

Gezien de overeenkomst van de sonderingen en de boringen zijn deze representatief voor het gehele traject van beide boringen. De locaties van het grondonderzoek zijn op de werktekening weergegeven.

8 STERKTEBEREKENING/BOORspoeldrukBEREKENINGEN

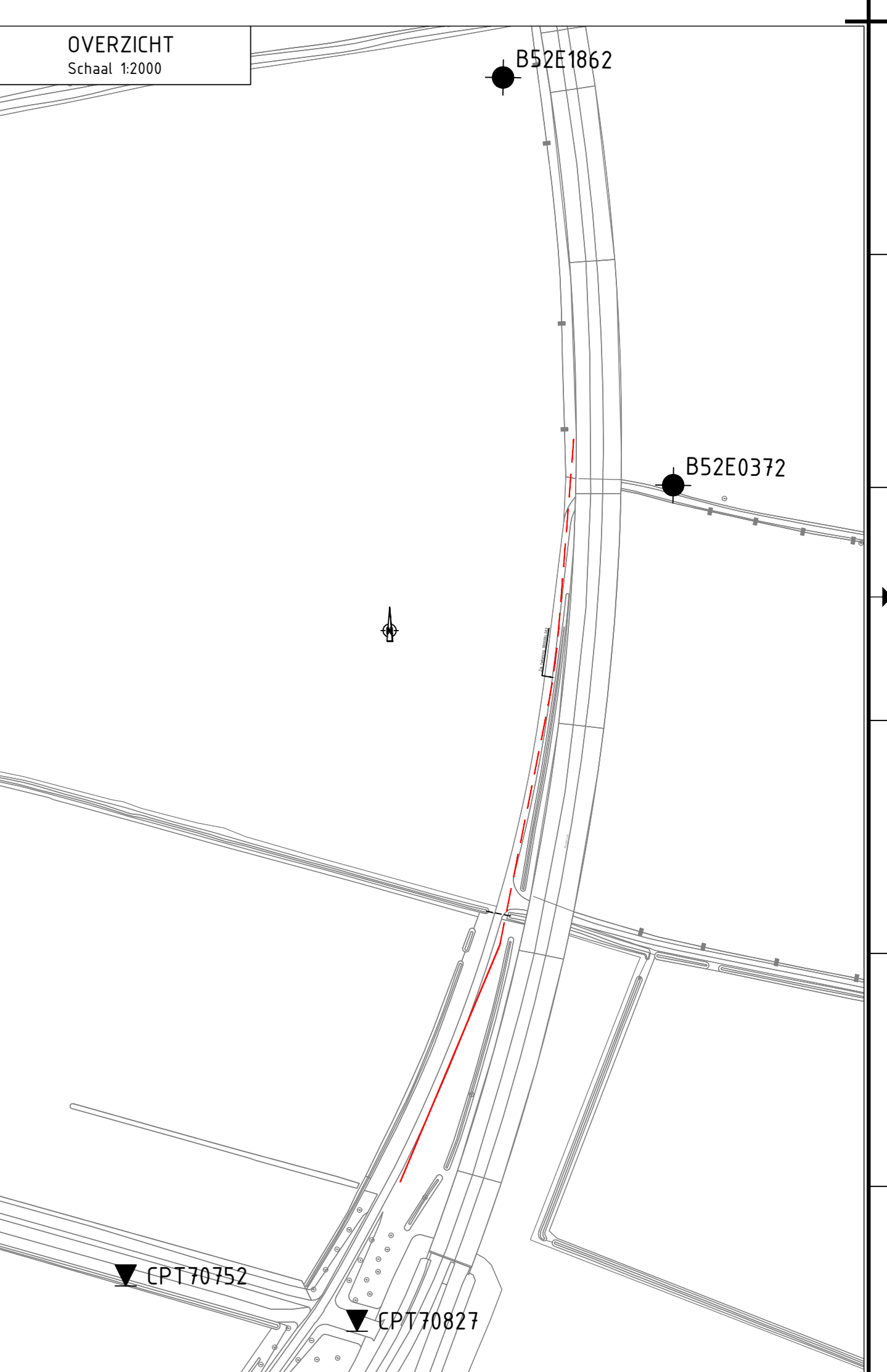
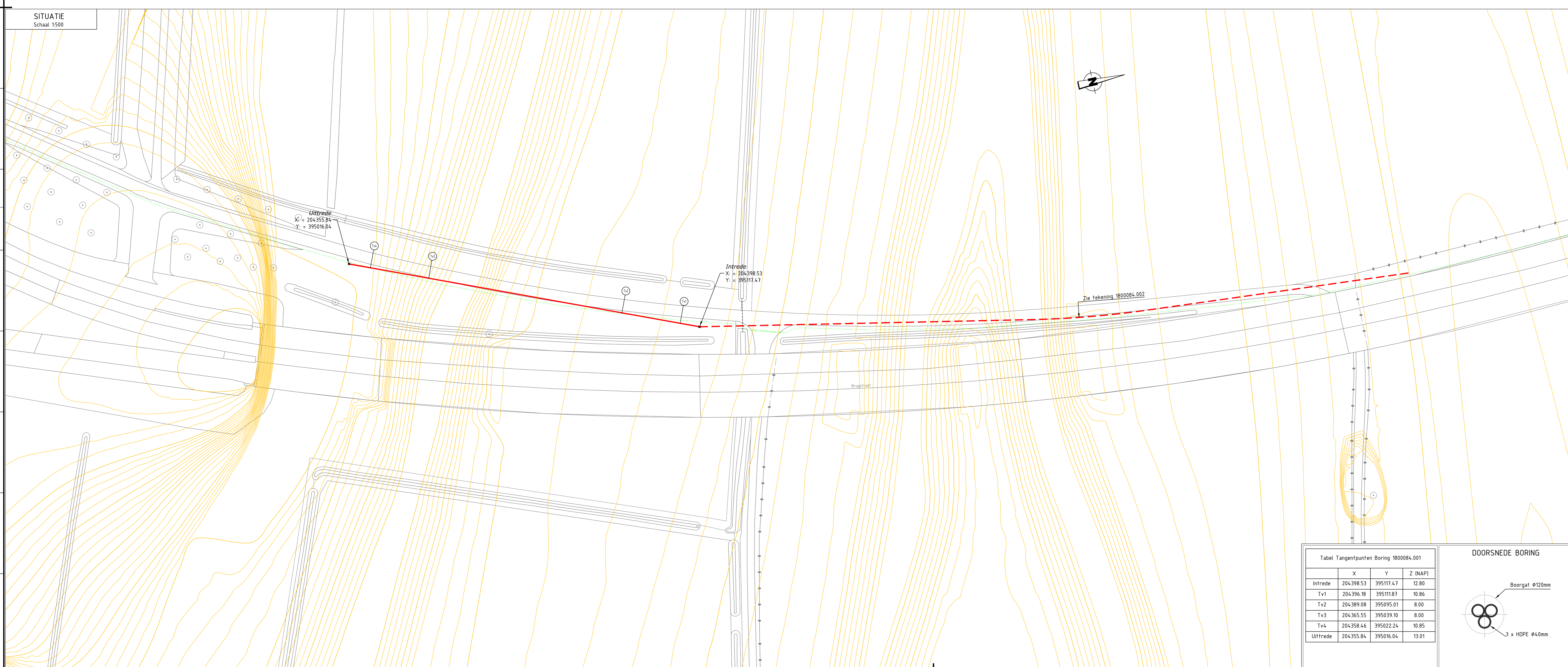
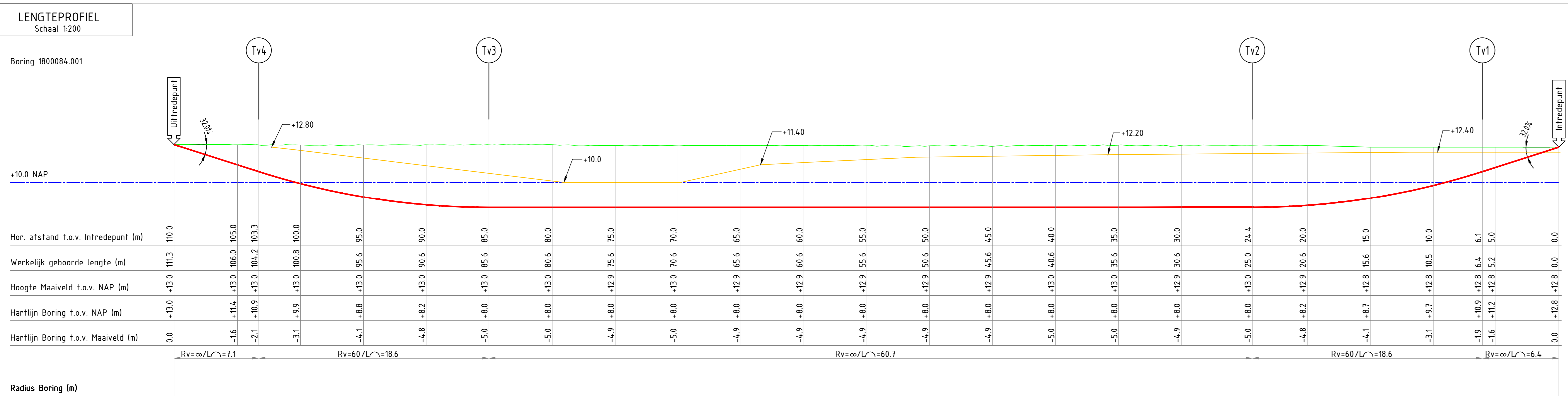
Op basis van het grondonderzoek zijn berekeningen gemaakt.

Er zijn berekeningen uitgevoerd op meerdere punten in het boorprofiel.

Voor de grondwaterstand is het peil aangehouden van de watergangen in de nabijheid van de geplande gestuurde boringen. Dit peil is ca. 12.20+.

9 BIJLAGEN

9.1 WERKTEKENINGEN

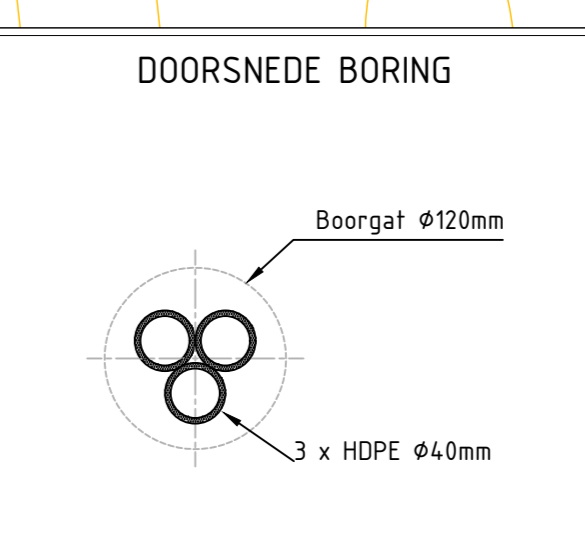


Legenda

	Datratransport - Bestaande glasvezelkabel KPN	Bestaand
	Gestuurde Boring	Nieuw

Tabel Tangentpunten Boring 1800084.001

	X	Y	Z (NAP)
Intrrede	204398.53	395117.47	12.80
Tv1	204396.18	395118.17	10.86
Tv2	204389.08	395095.01	8.00
Tv3	204365.55	395039.10	8.00
Tv4	204358.44	395022.24	10.85
Uittrrede	204355.84	395016.04	13.01



Getekend door RZ	Gecontroleerd door HvJB	Gepland door 02-07-2018	Blad 1	Aantal 1	Status Ontwerp
Projectnr. 632883	Opdrachtnummer 1800084	Project DIV	Schaal A0	Financieel AO	Status 02-07-2018

Opdrachtgever:
VolkerWessels Telecom Infratechniek B.V.
Projectomschrijving:
Gestuurde Boring
Gebiedsontwikkeling Wanssum - verlegging glasvezel KPN
Locatie:
Brugstraat - Koninginnenbrug te Wanssum

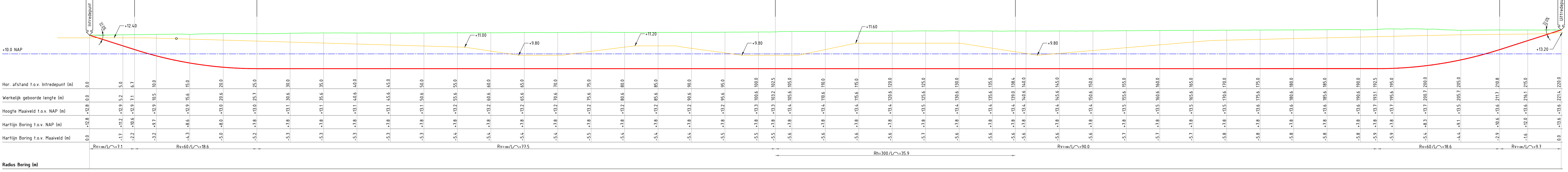
vandebeek
kabels-leidingen.nl

Tekeningnummer:
1800084.001_P

LENGTEPROFIEL

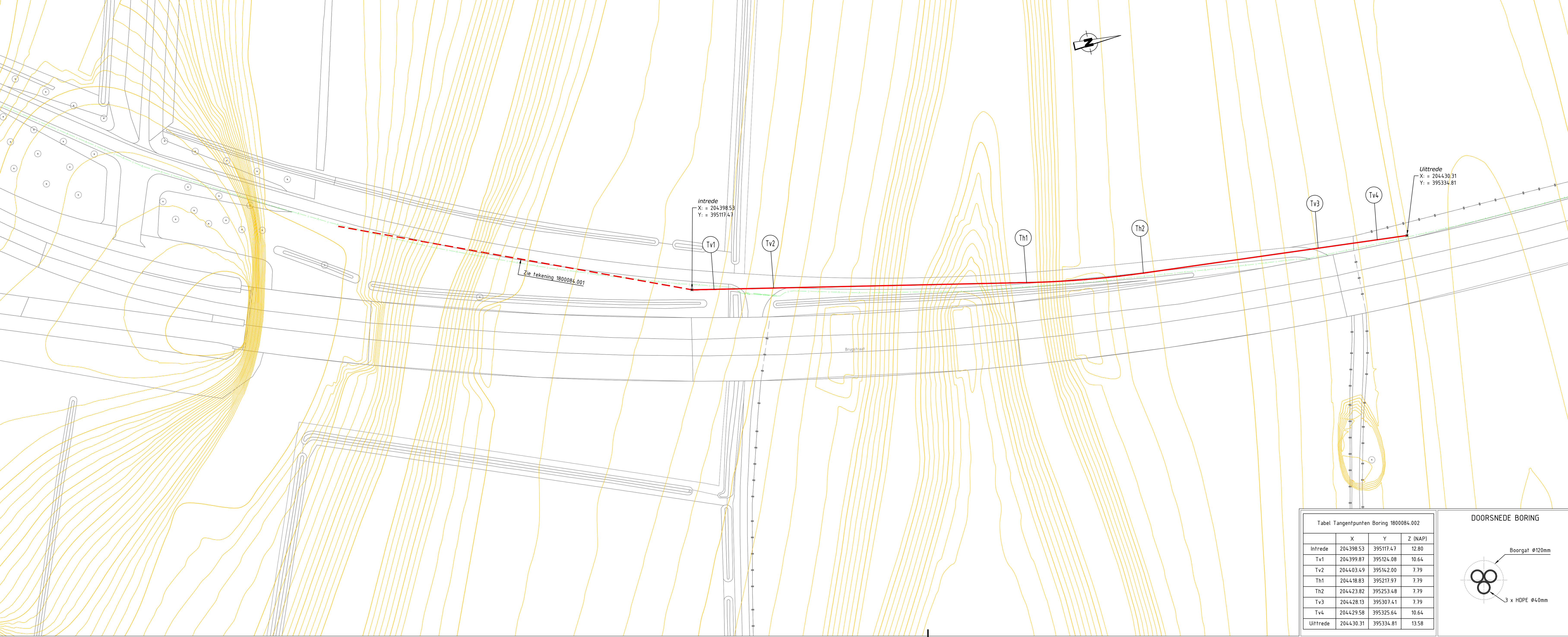
Schaal 1:200

Boring 1800084.002



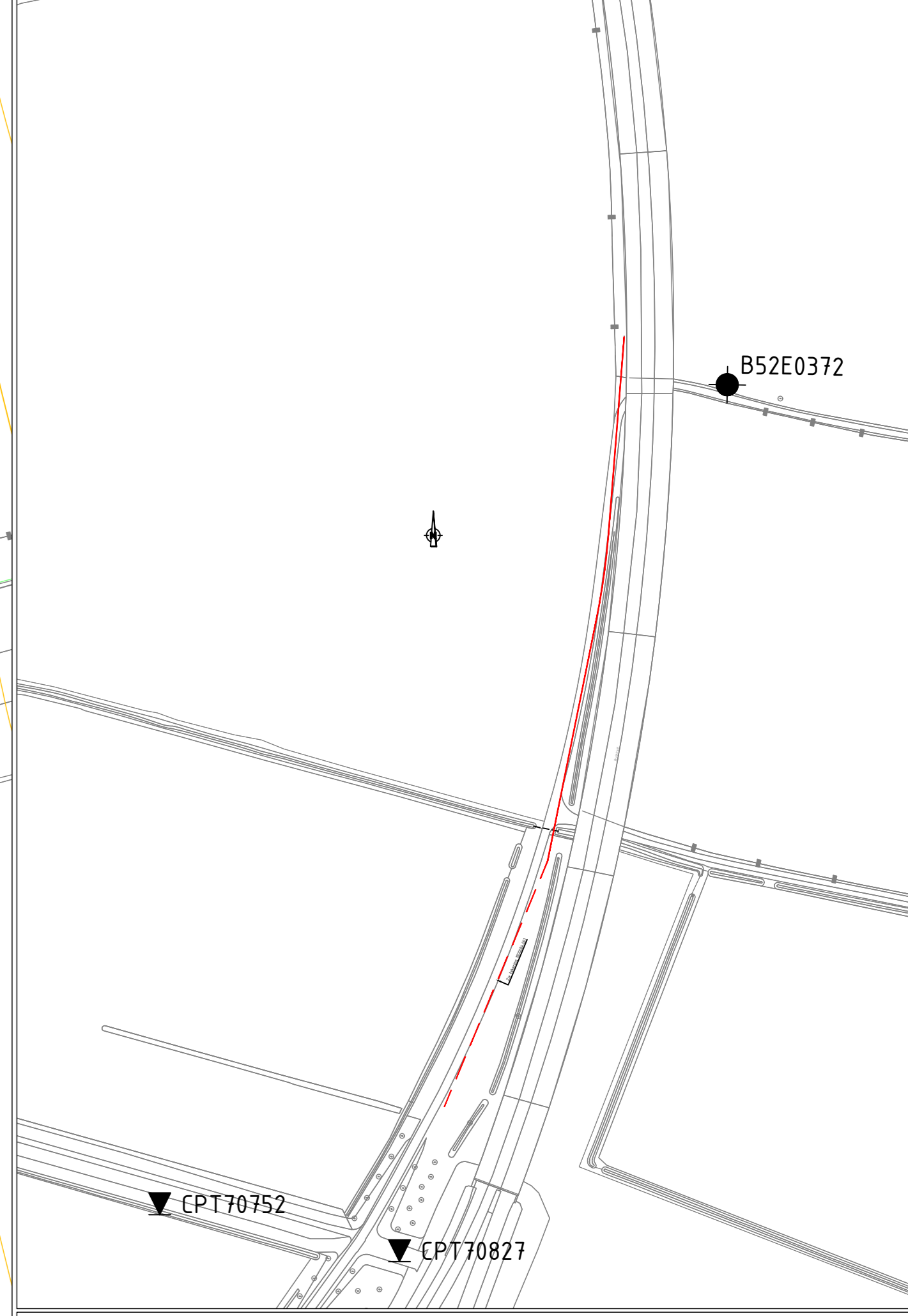
SITUATIE

Schaal 1:500



OVERZICHT

Schaal 1:2000

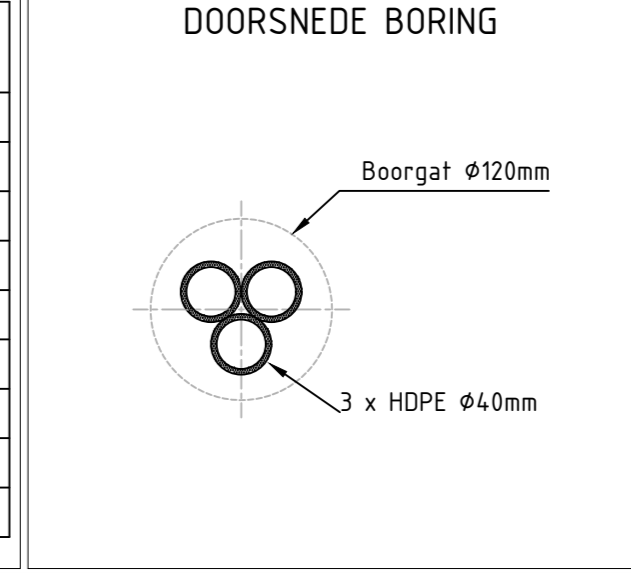


Legenda

- Bestaand
- Gestuurde Boring
- Datartransport - Bestaande glasvezelkabel KPN

Tabel Tangentpunten Boring 1800084.002

	X	Y	Z (NAP)
Intrrede	204398.53	395317.41	12.80
Tv1	204403.87	395124.08	10.64
Tv2	204403.49	395162.00	7.79
Th1	204418.83	395211.97	7.79
Th2	204423.82	395253.48	7.79
Tv3	204428.13	395307.41	7.79
Tv4	204429.58	395325.64	10.64
Uittrrede	204430.31	395334.81	13.58



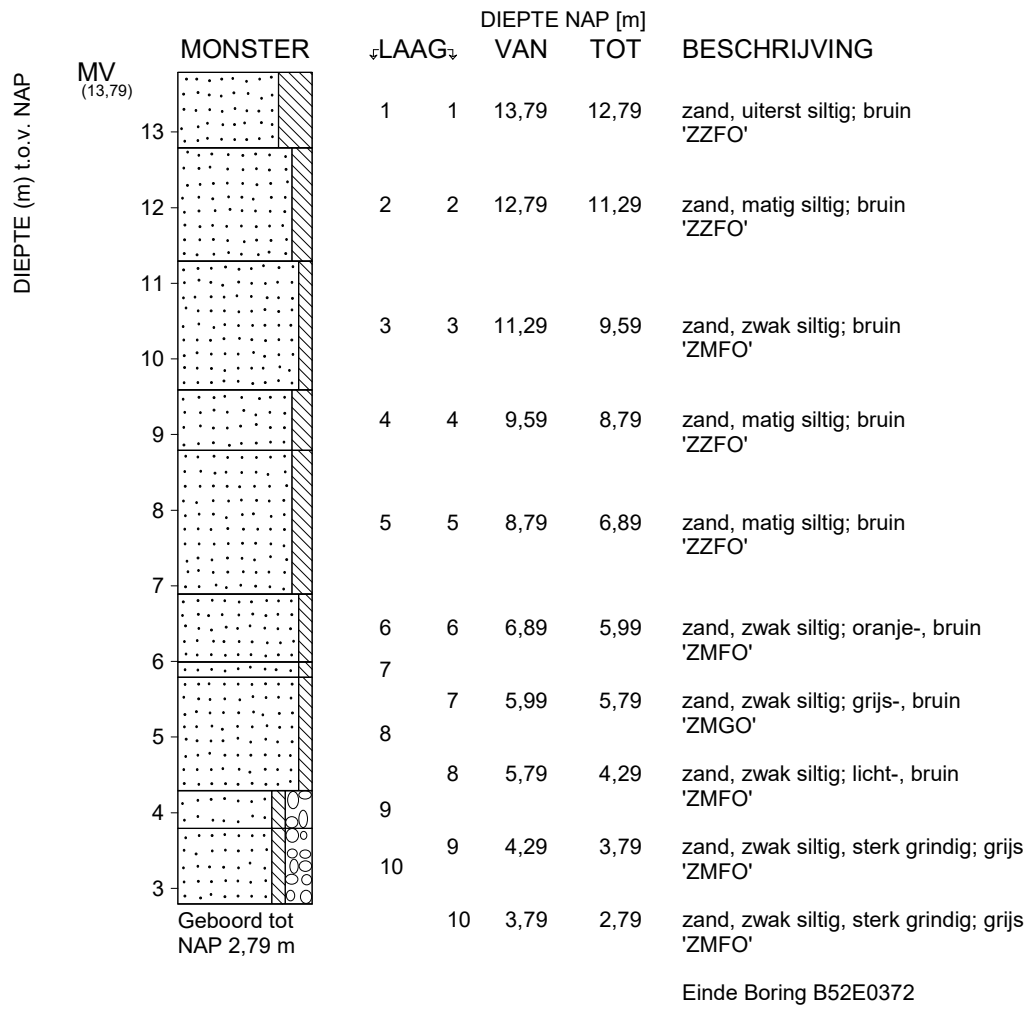
Gerekeerd door RZ	Gerekeerd door HvWB	Gerekeerd door 03-07-2018	Blad 1	Aantal 1	Status Ontwerp
Projectnummer 632883	Project 1800084	Project DIV	Formaat A0	Datum uitgeg. 03-07-2018	

Oprichter:
VolkerWessels Telecom Infratechniek B.V.
Project: Gebiedsontwikkeling Wanssum - legging glasvezel KPN
Locatie: Brugstraat - Koninginnenbrug te Wanssum

vandebek
kabels-leidingen.nl

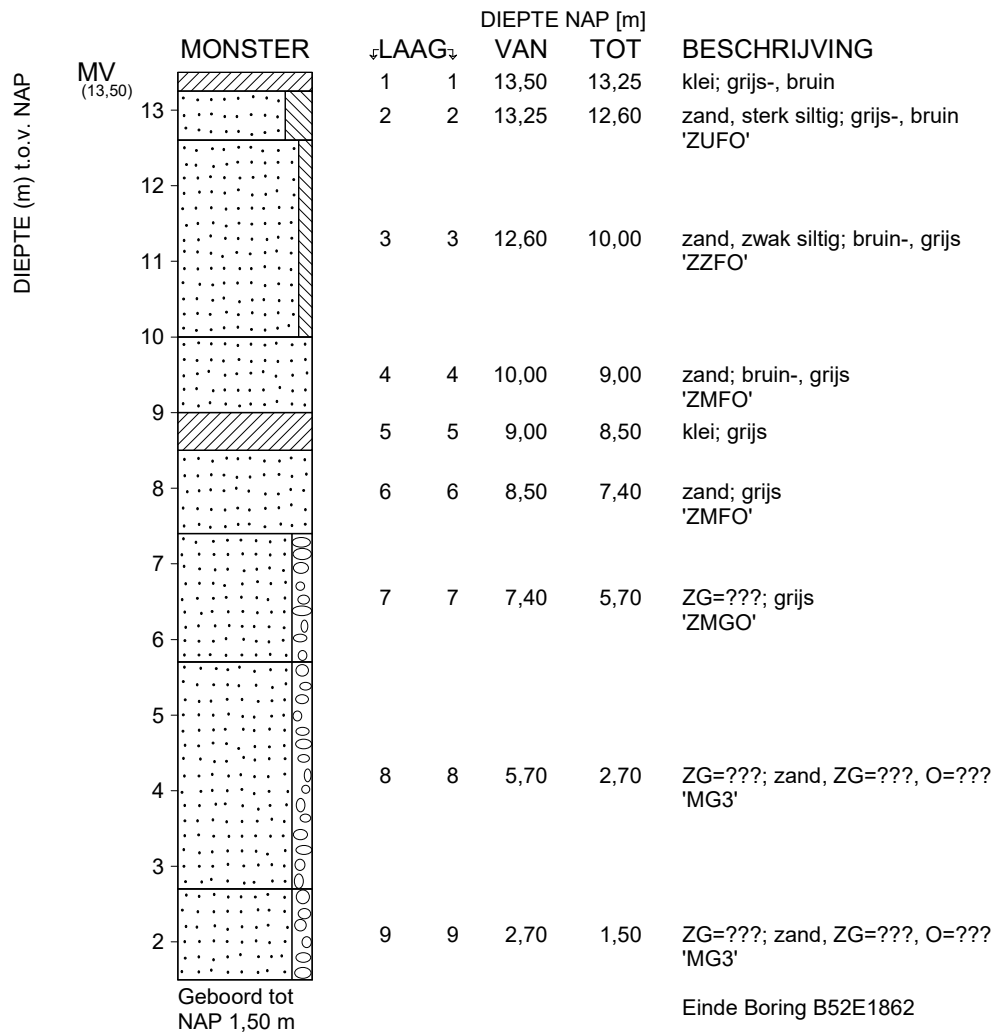
Tekeningnummer:
1800084.002_P

9.2 GRONDONDERZOEK



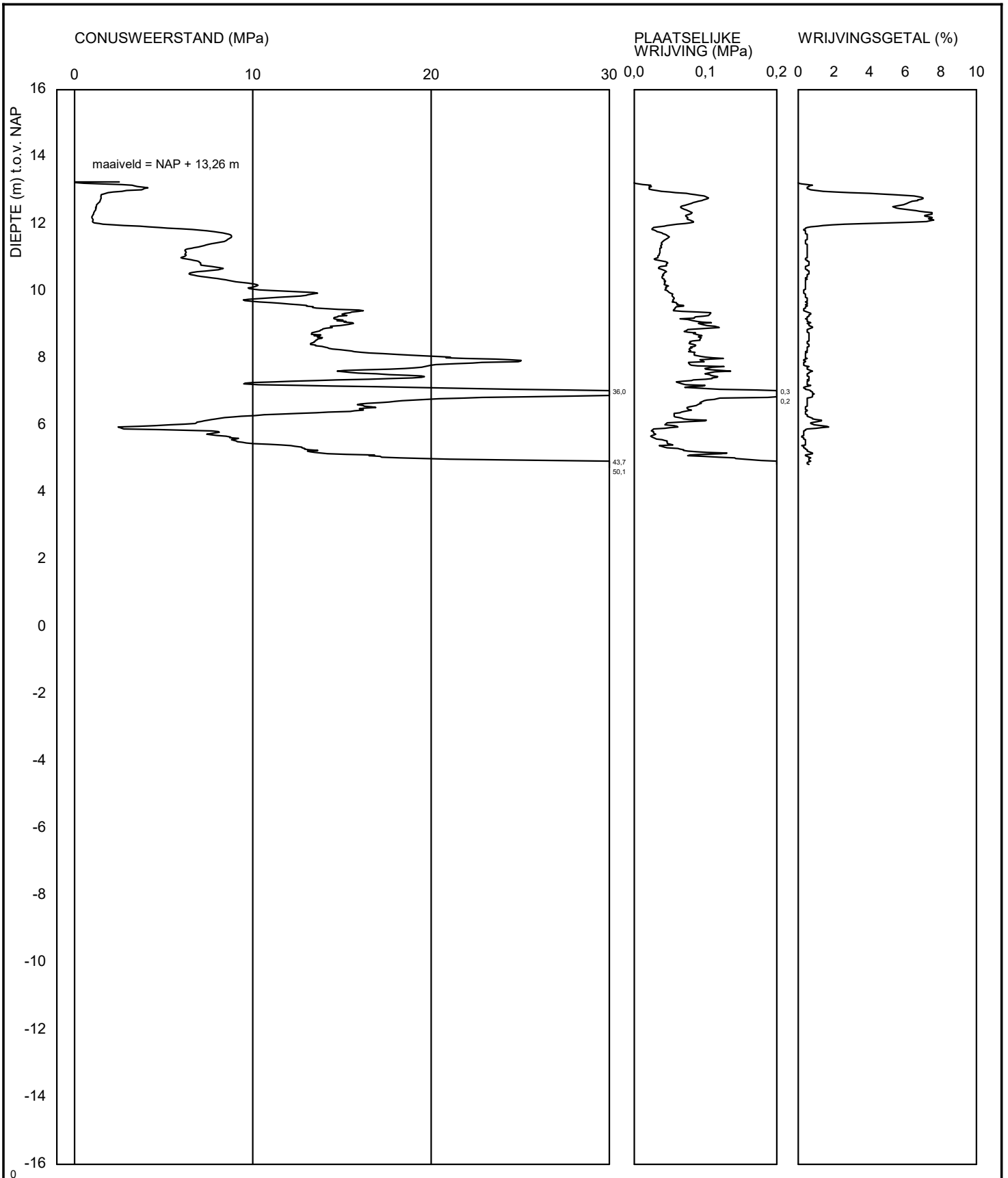
maaiveld: NAP 13,79 m
 X = 204473 m Y = 395315 m (RD)

DELTAIRES	Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax	datum	get.
			1997-04-05	
Edelmanboring B52E0372			DINO-BOR	gez.
			BIJL.	fom. A4

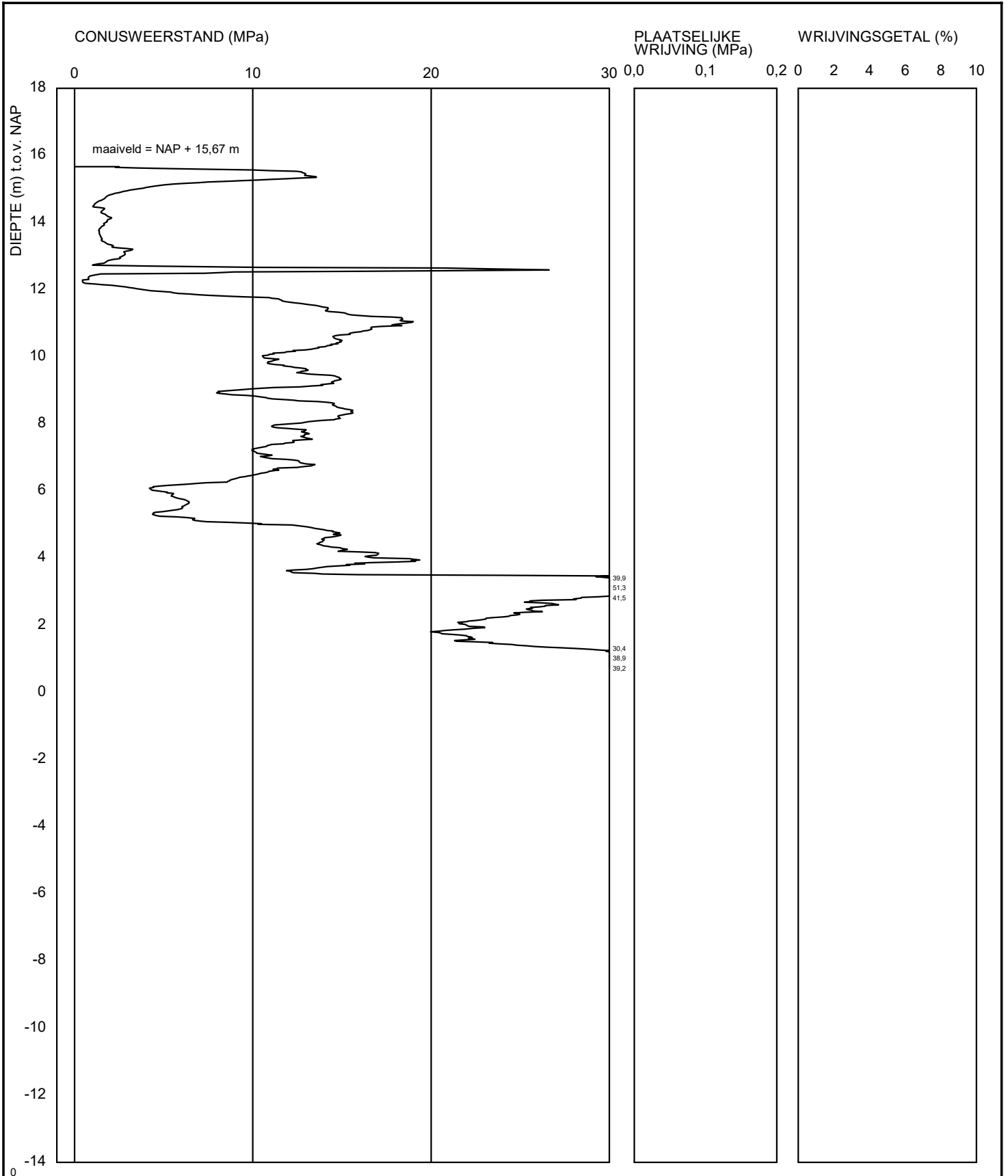


maaiveld: NAP 13,50 m
 X = 204400 m Y = 395490 m (RD)

Pulsboring B52E1862	DELTAIRES	Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax	datum 1978-01-03	get. Dijk
				DINO-BOR	gez.
				BIJL.	fom. A4



DELTARES Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax	datum	get.
		2012-09-05	-
X = 204238 Y = 394976 CPT70752		BRO-/	gez.
		BIJL. -	form. A4



DELTARES Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax	datum	get.
		2012-09-05	-
X = 204337 Y = 394957 CPT70827		BRO-/	gez.
		BIJL. -	form. A4

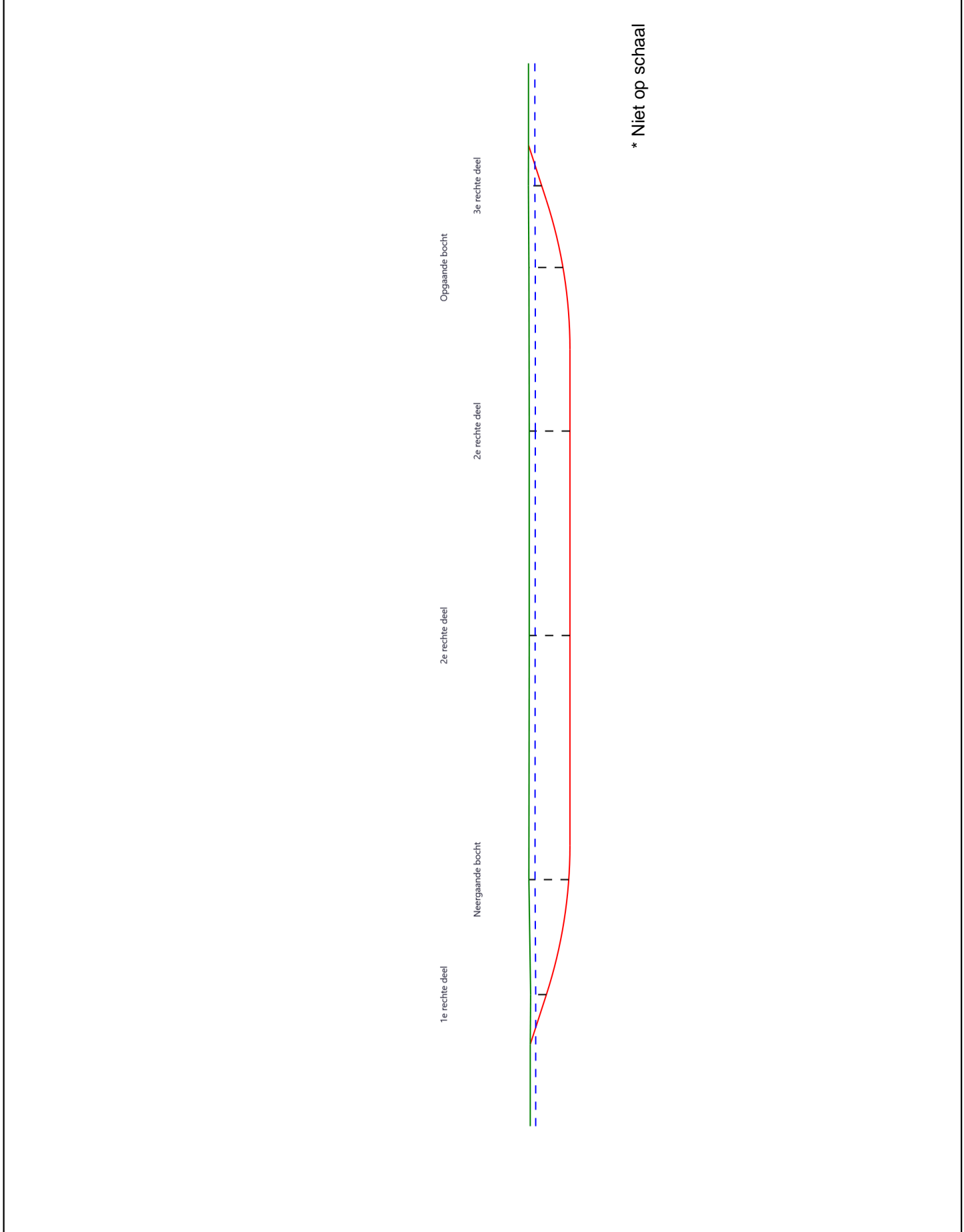
9.3 STERKTE/MUDDRUKBEREKENINGEN

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: 1800084.001 Gestuurde Boring Brugstraat - Koninginnebrug te Wanssum		
Projectonderdeel	: Berekeningen horen bij project VolkerWessels Telecom Infratechniek B.V. - 632803		
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 Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 40,00	mm
Wanddikte	d _n	= 3,7	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g	= 120	mm
Diameter boorstang	D _b	= 60	mm
Totale lengte	L	= 111,20	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 6,38	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 18,54	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 60,67	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 18,54	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 7,07	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 60,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 60,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 60,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 17,70 / 31,91	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 17,70 / 31,91	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor	f _{k,b}	= 1,1	
Belastingfactor	f _{k,o}	= 1,4	
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	
		02-07-2018 17:00:38	

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]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	6,40	1,90	0,61	Zand	13,10	19,75	35,00
Neergaande bocht	20,59	4,80	0,74	Zand	13,08	20,68	35,00
2e rechte deel	50,60	4,90	0,71	Zand	13,09	20,62	35,00
2e rechte deel	75,60	4,90	0,73	Zand	13,09	20,65	35,00
Opgaande bocht	95,65	4,10	0,77	Zand	13,59	20,42	35,00
3e rechte deel	105,98	1,60	0,78	Zand	13,59	18,66	35,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ²]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	0,2000	0,00	75,00	Grafiek II
Neergaande bocht	Geen	0,2000	0,00	75,00	Grafiek II
2e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
2e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
Opgaande bocht	Geen	0,2000	0,00	75,00	Grafiek II
3e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 32,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 36,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 40,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 20,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 16,30	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 18,15	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 70.221,53	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 3.511,08	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 4,22	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 2,28	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 421,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0040	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	g	= 0,0040 N/mm ¹	g	= 0,0040 N/mm ¹
Gewicht vulling	g_{vul}	= N.v.t. +	g_{vul}	= N.v.t. +
Totaal gewicht	g_{rol}	= 0,0040 N/mm ¹	g_{gat}	= 0,0040 N/mm ¹

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	111,20	242
Na 1 ^e deel intrekken	104,13	227
Na 2 ^e deel intrekken	85,59	186
Na 3 ^e deel intrekken	24,92	54
Na 4 ^e deel intrekken	6,38	14

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0040 \cdot 0,3$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	242	0,57
Na 1 ^e deel intrekken	227	0,54
Na 2 ^e deel intrekken	186	0,44
Na 3 ^e deel intrekken	54	0,13
Na 4 ^e deel intrekken	14	0,03

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{421,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{70.222}{60.000} = 1.255,21 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.255,21}{3.511} = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

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	0,57	0,81
Na 1 ^e deel intrekken	0,54	0,77
Na 2 ^e deel intrekken	0,44	0,67
Na 3 ^e deel intrekken	0,13	0,36
Na 4 ^e deel intrekken	0,03	0,27

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,36 + \sigma_t$$

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

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

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

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof. 100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 125,66 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,00403 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 40,00^2 \cdot \pi/4 = 0,0145 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0104 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	7,07	106	-
2 ^e deel intrekken	25,61	-	386
3 ^e deel intrekken	86,28	1.300	-
4 ^e deel intrekken	104,82	-	1.579
Geheel ingetrokken	111,20	1.675	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (125,66 \cdot 0,00005 + 0,0104 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (125,66 \cdot 0,00005 + 0,0104 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
1e rechte deel	0,0131	60	0,0017	12
Neergaande bocht	0,0131	60	0,0017	12
Opgaande bocht	0,0131	60	0,0017	12

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

$$Q_r = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 40 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	186	386	12	-	584
Opgaande bocht	14	1.579	12	12	1.617

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,85	584	65
Opgaande bocht	8,85	1.617	179

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

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

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

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,8 \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

5.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	227	106	-	-	-	-	333
2 ^e deel intrekken	186	386	12	65	-	-	649
3 ^e deel intrekken	54	1.300	12	65	-	-	1.431
4 ^e deel intrekken	14	1.579	12	65	12	179	1.861
Geheel intrekken	0	1.675	12	65	12	179	1.943

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	333	0,79
2 ^e deel intrekken	649	1,54
3 ^e deel intrekken	1.431	3,39
4 ^e deel intrekken	1.861	4,41
Geheel intrekken	1.943	4,60

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{421,95}$$

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

5.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{70.221,53}{0,9 \cdot 60.000} = 1.775,04 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.775,04}{3.511,08} = \mathbf{0,51 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{70.221,53}{0,9 \cdot 60.000} = 1.775,04 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.775,04}{3.511,08} = \mathbf{0,51 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	333	0,79	-	0,79
Na 1 ^e deel intrekken	649	1,54	0,51	1,87
Na 2 ^e deel intrekken	1.431	3,39	-	3,39
Na 3 ^e deel intrekken	1.861	4,41	0,51	4,74
Na 4 ^e deel intrekken	1.943	4,60	-	4,60

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{421,95} = \sigma_t$

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

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.0 ©

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase
6.1 Berekening van de spanningen s_p en s_{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]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,90	0,61	Zand	8,79	28,03	36,82	0,96
Neergaande bocht	4,80	0,74	Zand	10,65	92,36	103,00	2,50
2e rechte deel	4,90	0,71	Zand	10,22	95,04	105,26	2,53
2e rechte deel	4,90	0,73	Zand	10,51	94,72	105,23	2,54
Opgaande bocht	4,10	0,77	Zand	11,51	74,80	86,31	2,12
3e rechte deel	1,60	0,78	Zand	11,66	16,83	28,49	0,81

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,90	Grafiek II	14,15	0,57
Neergaande bocht	4,80	Grafiek II	4,23	0,17
2e rechte deel	4,90	Grafiek II	4,12	0,16
2e rechte deel	4,90	Grafiek II	4,12	0,16
Opgaande bocht	4,10	Grafiek II	5,13	0,21
3e rechte deel	1,60	Grafiek II	18,31	0,73

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 40$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ¹]
1e rechte deel	0,96	0,57	1,52	7,10	3,11
Neergaande bocht	2,50	0,17	2,67	12,43	5,45
2e rechte deel	2,53	0,16	2,70	12,59	5,52
2e rechte deel	2,54	0,16	2,71	12,62	5,53
Opgaande bocht	2,12	0,21	2,33	10,85	4,75
3e rechte deel	0,81	0,73	1,54	7,20	3,16

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 18,15$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{2,28}$$

02-07-2018 17:00:39

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
---	------------------

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

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
1e rechte deel	60	0,0017	0,11
Neergaande bocht	60	0,0017	0,11
Opgaande bocht	60	0,0017	0,11

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 40 \cdot \frac{20,00}{2,28}$$

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

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{4,22}{36,3^3} = 0,0860 \text{ N/mm}^2 = 86,04 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$P_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 4,22}{36,30^3} = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 4,22}{36,30^3} = 0,29 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij 29,42 m grondwater boven de leiding

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	3,11	0,11	0,65	2,09
Neergaande bocht	5,45	0,11	0,65	3,61
2e rechte deel	5,52	-	0,65	3,59
2e rechte deel	5,53	-	0,65	3,60
Opgaande bocht	4,75	0,11	0,65	3,16
3e rechte deel	3,16	-	0,65	2,05

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	0,00	0,51	0,65	0,33
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,51	0,65	0,33
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,51	0,65	0,33
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_y [mm]	δ_y/D_g [%]
1e rechte deel	0,96	0,57	0,0017	0,33	0,91
Neergaande bocht	2,50	0,17	0,0017	0,58	1,59
2e rechte deel	2,53	0,16	-	0,59	1,61
2e rechte deel	2,54	0,16	-	0,59	1,62
Opgaande bocht	2,12	0,21	0,0017	0,50	1,39
3e rechte deel	0,81	0,73	-	0,33	0,92

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 18,15^3}{350 \cdot 4,22}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 36,30 = **2,90** mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	1,90	17,53	7,47	12,50	19,67	28,85
Neergaande bocht	4,80	44,53	18,99	31,76	49,97	28,85
2e rechte deel	4,90	45,09	19,23	32,16	50,61	28,85
2e rechte deel	4,90	45,27	19,30	32,29	50,81	28,85
Opgaande bocht	4,10	38,03	16,22	27,12	42,68	28,85
3e rechte deel	1,60	15,35	6,54	10,95	17,22	28,85

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δp [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00025	0,95	0,0129	0,01455	0,01	0,42
Neergaande bocht	0,00063	0,76	0,0406	0,04580	0,02	0,77
2e rechte deel	0,00064	0,75	0,0419	0,04727	0,05	0,78
2e rechte deel	0,00064	0,75	0,0417	0,04704	0,08	0,78
Opgaande bocht	0,00054	0,82	0,0333	0,03757	0,10	0,70
3e rechte deel	0,00022	0,80	0,0082	0,009251	0,11	0,38

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

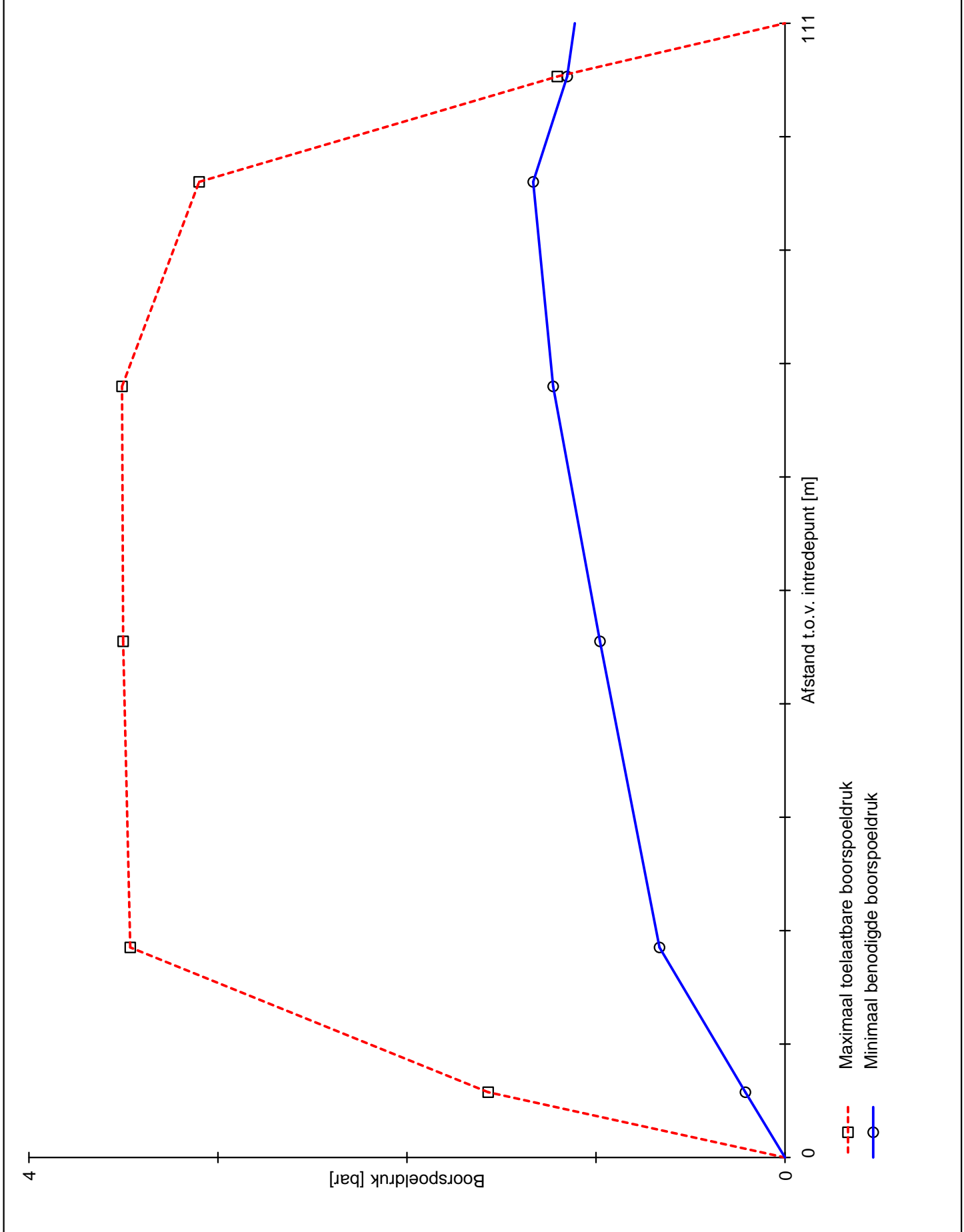
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	157,02	376,30	20,95	1,57	3,76	0,21
Neergaande bocht	346,39	696,11	66,39	3,46	6,96	0,66
2e rechte deel	350,15	702,59	97,87	3,50	7,03	0,98
2e rechte deel	350,72	704,07	122,64	3,51	7,04	1,23
Opgaande bocht	309,93	626,64	133,22	3,10	6,27	1,33
3e rechte deel	120,45	342,56	115,23	1,20	3,43	1,15

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

$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$



1.0.0.0/01-2018/10-10437934

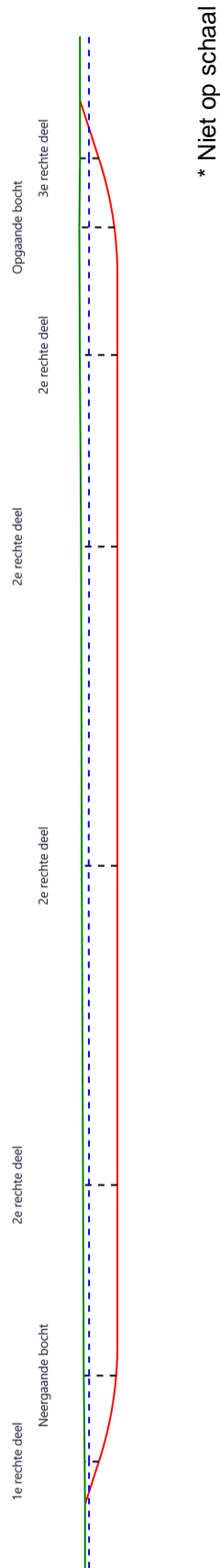
02-07-2018 17:00:39

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: 1800084.002 Gestuurde Boring Brugstraat - Koninginnebrug te Wanssum		
Projectonderdeel	: Berekeningen horen bij project VolkerWessels Telecom Infratechniek B.V. - 632803		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 40,00		mm
Wanddikte	d _n = 3,7		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g = 120		mm
Diameter boorstang	D _b = 60		mm
Totale lengte	L = 221,31		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 7,08		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 18,54		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 167,49		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 18,54		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 9,66		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 60,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 60,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 60,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 17,70 / 31,91$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 17,70 / 31,91$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij boring met bundels	f = 1,8		
Belastingfactor	f _{k,b} = 1,1		
Belastingfactor	f _{k,o} = 1,4		
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		
		02-07-2018 17:01:45	

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]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	7,03	2,20	0,68	Zand	13,09	19,74	35,00
Neergaande bocht	20,62	5,00	0,83	Zand	13,55	20,65	35,00
2e rechte deel	50,64	5,30	0,92	Zand	14,22	20,67	35,00
2e rechte deel	100,64	5,50	1,07	Zand	15,20	20,57	35,00
2e rechte deel	150,64	5,60	1,23	Zand	15,32	20,67	35,00
2e rechte deel	180,64	5,80	1,39	Zand	15,77	20,60	35,00
Opgaande bocht	200,66	5,40	1,51	Zand	15,88	20,59	35,00
3e rechte deel	211,75	2,90	1,38	Zand	15,81	19,74	35,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
Neergaande bocht	Geen	0,2000	0,00	75,00	Grafiek II
2e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
2e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
2e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
2e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II
Opgaande bocht	Geen	0,2000	0,00	75,00	Grafiek II
3e rechte deel	Geen	-	0,00	75,00	Grafiek II



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 32,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 36,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 40,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 20,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 16,30	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 18,15	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 70.221,53	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 3.511,08	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 4,22	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 2,28	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 421,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0040	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0040 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0040 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0040 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0040 \text{ N/mm}^1$

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	221,31	482
Na 1 ^e deel intrekken	211,65	461
Na 2 ^e deel intrekken	193,11	420
Na 3 ^e deel intrekken	25,62	56
Na 4 ^e deel intrekken	7,08	15

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0040 \cdot 0,3$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	482	1,14
Na 1 ^e deel intrekken	461	1,09
Na 2 ^e deel intrekken	420	1,00
Na 3 ^e deel intrekken	56	0,13
Na 4 ^e deel intrekken	15	0,04

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{421,95}$$

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.0 ©

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{70.222}{60.000} = 1.255,21 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.255,21}{3.511} = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	1,14	1,37
Na 1 ^e deel intrekken	1,09	1,32
Na 2 ^e deel intrekken	1,00	1,23
Na 3 ^e deel intrekken	0,13	0,36
Na 4 ^e deel intrekken	0,04	0,27

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,36 + \sigma_t$$

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

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

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

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof. 100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 125,66 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,00403 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 40,00^2 \cdot \pi/4 = 0,0145 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0104 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	9,66	145	-
2 ^e deel intrekken	28,20	-	425
3 ^e deel intrekken	195,69	2.947	-
4 ^e deel intrekken	214,23	-	3.227
Geheel ingetrokken	221,31	3.333	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (125,66 \cdot 0,00005 + 0,0104 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (125,66 \cdot 0,00005 + 0,0104 \cdot 0,2)$

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

5.3.1 Neergaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{40,00 \cdot 0,2000}{4 \cdot 975 \cdot 70.221,53}} = 0,0131 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0131^2 \cdot 975 \cdot 70.221,53}{40,00 \cdot 0,9 \cdot 60.000} = 0,0017 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0017}{2} \cdot 40,00 \cdot \frac{\pi}{0,0131} \cdot 0,2 = \mathbf{12,07 \text{ N}}$$

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{40,00 \cdot 0,2000}{4 \cdot 975 \cdot 70.221,53}} = 0,0131 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0131^2 \cdot 975 \cdot 70.221,53}{40,00 \cdot 0,9 \cdot 60.000} = 0,0017 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0017}{2} \cdot 40,00 \cdot \frac{\pi}{0,0131} \cdot 0,2 = 12,07 \text{ N}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	420	425	12	-	857
Opgaande bocht	15	3.227	12	12	3.266

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,85	857	95
Opgaande bocht	8,85	3.266	362

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

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

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

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,8 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

5.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	461	145	-	-	-	-	606
2 ^e deel intrekken	420	425	12	95	-	-	952
3 ^e deel intrekken	56	2.947	12	95	-	-	3.110
4 ^e deel intrekken	15	3.227	12	95	12	362	3.723
Geheel intrekken	0	3.333	12	95	12	362	3.814

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	606	1,44
2 ^e deel intrekken	952	2,26
3 ^e deel intrekken	3.110	7,37
4 ^e deel intrekken	3.723	8,82
Geheel intrekken	3.814	9,04

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{421,95}$$

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

5.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{70.221,53}{0,9 \cdot 60.000} = 1.775,04 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.775,04}{3.511,08} = \mathbf{0,51 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{70.221,53}{0,9 \cdot 60.000} = 1.775,04 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.775,04}{3.511,08} = \mathbf{0,51 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	606	1,44	-	1,44
Na 1 ^e deel intrekken	952	2,26	0,51	2,58
Na 2 ^e deel intrekken	3.110	7,37	-	7,37
Na 3 ^e deel intrekken	3.723	8,82	0,51	9,15
Na 4 ^e deel intrekken	3.814	9,04	-	9,04

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{421,95} = \sigma_t$

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

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2018 1.0 ©
---	------------------

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]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	2,20	0,68	Zand	9,79	33,01	42,80	1,10
Neergaande bocht	5,00	0,83	Zand	12,37	94,72	107,09	2,62
2e rechte deel	5,30	0,92	Zand	14,39	99,59	113,98	2,81
2e rechte deel	5,50	1,07	Zand	17,89	100,24	118,13	2,95
2e rechte deel	5,60	1,23	Zand	20,73	99,36	120,09	3,06
2e rechte deel	5,80	1,39	Zand	24,11	99,93	124,04	3,20
Opgaande bocht	5,40	1,51	Zand	26,38	88,10	114,48	3,02
3e rechte deel	2,90	1,38	Zand	24,00	33,01	57,00	1,67

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	2,20	Grafiek II	11,48	0,46
Neergaande bocht	5,00	Grafiek II	4,02	0,16
2e rechte deel	5,30	Grafiek II	3,75	0,15
2e rechte deel	5,50	Grafiek II	3,58	0,14
2e rechte deel	5,60	Grafiek II	3,50	0,14
2e rechte deel	5,80	Grafiek II	3,35	0,13
Opgaande bocht	5,40	Grafiek II	3,66	0,15
3e rechte deel	2,90	Grafiek II	7,93	0,32

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 40$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q _n [N/mm ¹]	Q _v [N/mm ¹]	Q _{boven} [N/mm ¹]	M _q [Nmm]	σ _q [N/mm ¹]
1e rechte deel	1,10	0,46	1,56	7,29	3,20
Neergaande bocht	2,62	0,16	2,78	12,95	5,68
2e rechte deel	2,81	0,15	2,96	13,79	6,05
2e rechte deel	2,95	0,14	3,10	14,44	6,33
2e rechte deel	3,06	0,14	3,20	14,91	6,53
2e rechte deel	3,20	0,13	3,33	15,54	6,81
Opgaande bocht	3,02	0,15	3,17	14,79	6,48
3e rechte deel	1,67	0,32	1,99	9,28	4,07

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 18,15$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{2,28}$$

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

6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0017 \cdot 40,00 \cdot \frac{20,00}{2,28} = \mathbf{0,11 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0017 \cdot 40,00 \cdot \frac{20,00}{2,28} = \mathbf{0,11 \text{ N/mm}^2}$$

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

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{4,22}{36,3^3} = 0,0860 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{86,04 \text{ kN/m}^2}$$

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

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$P_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 4,22}{36,30^3} = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 4,22}{36,30^3} = 0,29 \text{ N/mm}^2$$

 Conclusie: Kans op implosie bij **29,42** m grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	3,20	-	0,65	2,08
Neergaande bocht	5,68	0,11	0,65	3,76
2e rechte deel	6,05	-	0,65	3,93
2e rechte deel	6,33	-	0,65	4,11
2e rechte deel	6,53	-	0,65	4,25
2e rechte deel	6,81	-	0,65	4,43
Opgaande bocht	6,48	0,11	0,65	4,28
3e rechte deel	4,07	-	0,65	2,64

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

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

 Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$
9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,51	0,65	0,33
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,51	0,65	0,33
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q _n [N/mm ¹]	Q _v [N/mm ¹]	Q _r [N/mm ²]	δ _y [mm]	δ _y /D _g [%]
1e rechte deel	1,10	0,46	-	0,34	0,93
Neergaande bocht	2,62	0,16	0,0017	0,60	1,66
2e rechte deel	2,81	0,15	-	0,64	1,77
2e rechte deel	2,95	0,14	-	0,67	1,85
2e rechte deel	3,06	0,14	-	0,69	1,91
2e rechte deel	3,20	0,13	-	0,72	1,99
Opgaande bocht	3,02	0,15	0,0017	0,69	1,90
3e rechte deel	1,67	0,32	-	0,43	1,19

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 18,15^3}{350 \cdot 4,22}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 36,30 = **2,90 mm**

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	2,20	20,17	8,60	14,38	22,64	28,85
Neergaande bocht	5,00	46,81	19,96	33,38	52,53	28,85
2e rechte deel	5,30	50,40	21,49	35,94	56,56	28,85
2e rechte deel	5,50	53,33	22,74	38,03	59,85	28,85
2e rechte deel	5,60	55,55	23,69	39,62	62,34	28,85
2e rechte deel	5,80	58,41	24,91	41,66	65,56	28,85
Opgaande bocht	5,40	55,71	23,76	39,73	62,53	28,85
3e rechte deel	2,90	31,91	13,61	22,76	35,81	28,85

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	R _{p,max} [m]	u [N/mm ²]	p _{st} [N/mm ²]	Δ _p [N/mm ²]	p _{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00029	1,10	0,0152	0,01715	0,01	0,46
Neergaande bocht	0,00066	0,74	0,0417	0,04704	0,02	0,80
2e rechte deel	0,00071	0,71	0,0438	0,04941	0,05	0,84
2e rechte deel	0,00076	0,69	0,0443	0,04998	0,10	0,87
2e rechte deel	0,00079	0,68	0,0437	0,04930	0,15	0,89
2e rechte deel	0,00083	0,66	0,0441	0,04975	0,18	0,91
Opgaande bocht	0,00079	0,68	0,0389	0,04389	0,20	0,88
3e rechte deel	0,00045	0,89	0,0152	0,01715	0,21	0,61

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

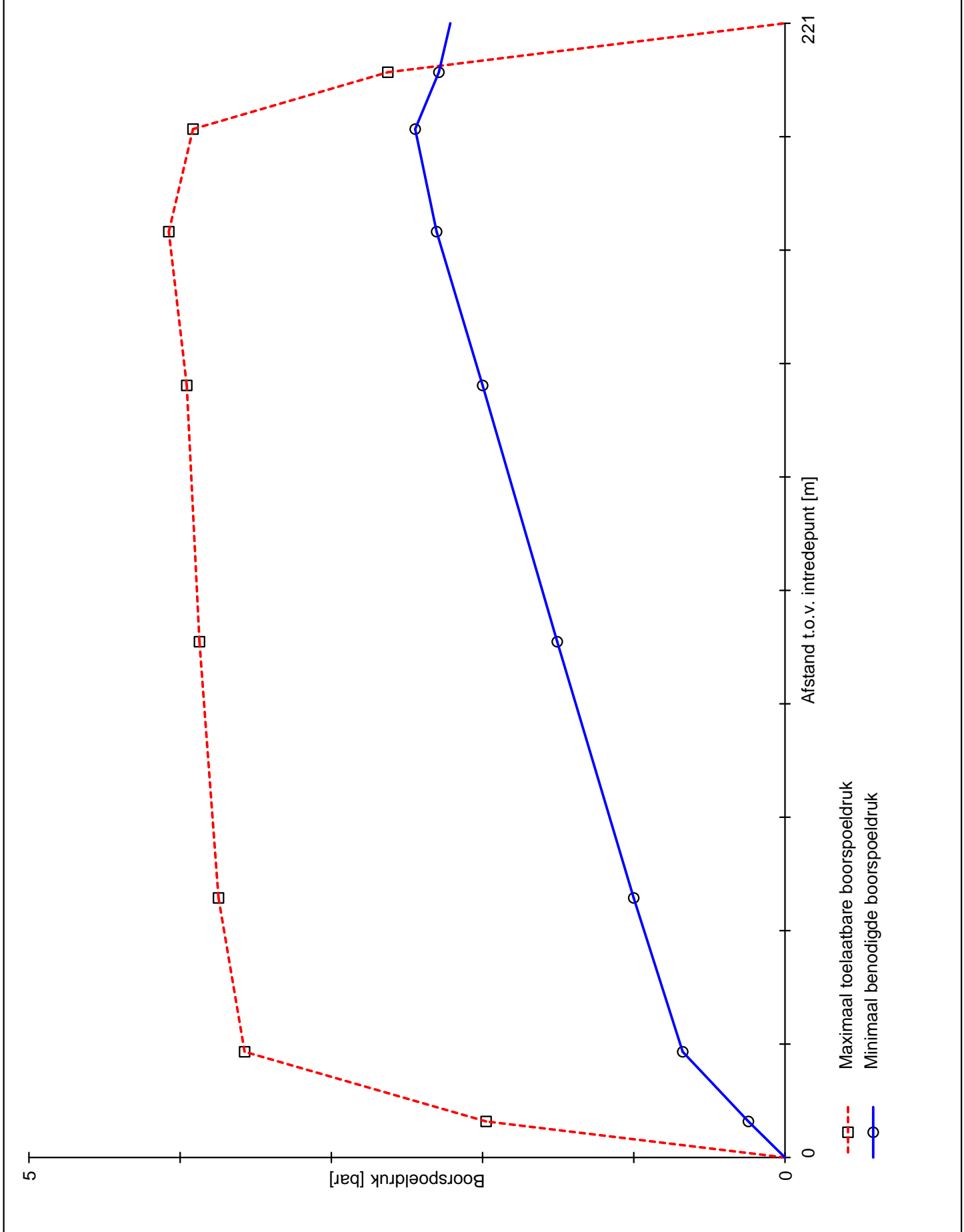
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	197,66	412,42	24,18	1,98	4,12	0,24
Neergaande bocht	357,35	718,36	67,66	3,57	7,18	0,68
2e rechte deel	374,63	753,00	100,05	3,75	7,53	1,00
2e rechte deel	387,22	779,53	150,62	3,87	7,80	1,51
2e rechte deel	395,63	798,42	199,94	3,96	7,98	2,00
2e rechte deel	407,47	823,46	230,39	4,07	8,23	2,30
Opgaande bocht	391,50	795,54	244,55	3,91	7,96	2,45
3e rechte deel	262,65	547,41	228,90	2,63	5,47	2,29

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

$$p_{min} = p_{st} + \Delta p$$



1.0.0.0/01-2018/10-10437934

02-07-2018 17:01:46

9.4 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
∅ 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	∅ 60/54 mm	∅ 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!

9.5 SPECIFICATIE MEETSYSTEEM

DigiTRAK

FALCON F5[®]

Directional Drilling Locating System



- 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

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.

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

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

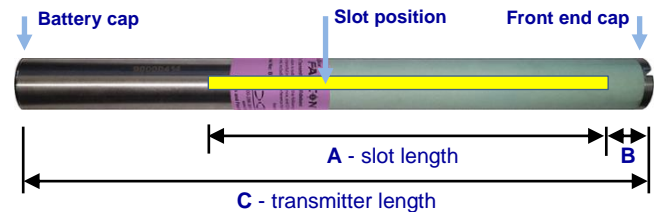
Transmitter Specifications

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 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

9.6 SPECIFICATIE BOORSPOELING



TUNNEL-GEL® PLUS

Viscosifier/Gellant

Description TUNNEL-GEL® PLUS viscosifier is a specially formulated, high-yield bentonite designed for use in tunneling and large diameter HDD operations. TUNNEL-GEL PLUS viscosifier 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 PLUS viscosifier assists or promotes the following:*

- Enhanced viscosity development in freshwater drilling fluids
- Effective cuttings transport and suspension characteristics
- Enhanced filtration control and resulting borehole stability
- Effective lubrication fluid for microtunneling operations

Advantages

- Easy to mix and quickly reaches maximum viscosity
- Enhances fluid lubricity for reduction of required jacking forces
- Yields more than twice as much drilling fluid of the same viscosity as an equal concentration of API grade bentonite

Typical Properties

- Appearance Yellow to tan powder
- Specific gravity, g/cm³ 2.6
- pH (3% Solution) 10.4

Recommended Treatment

- To optimize the yield and performance of TUNNEL-GEL PLUS viscosifier, pre-treat make-up water with soda ash (sodium carbonate) at a concentration of 0.5 – 1.0 kg/m³ to reduce excess calcium hardness to ≤100 mg/l and adjust pH to a range between 8.5 – 9.5.
- Using a Venturi hopper, or a colloidal mixer, add TUNNEL-GEL PLUS viscosifier, slowly and uniformly to the entire circulating system or mix tank.

Approximate Amounts of TUNNEL-GEL PLUS viscosifier Added to Water Based Fluids		
lbs/bbl	lbs/100gallons	kg/m ³
8.4 – 12.6	20 – 30	25 – 35

Packaging TUNNEL-GEL PLUS viscosifier, is packaged in 25-kg (55.1-lb) multiwall paper bags.

Availability TUNNEL-GEL PLUS viscosifier can only be purchased through European Baroid Industrial Drilling Products Retailers. To locate the Baroid IDP retailer nearest you contact the Customer Service Department in Houston or your area IDP Sales Representative.

**Baroid Industrial Drilling Products
Product Service Line, Halliburton**
3000 N. Sam Houston Pkwy. E.
Houston, TX 77032

Customer Service (800) 735-6075 Toll Free (281) 871-4612
Technical Service (877) 379-7412 Toll Free (281) 871-4613