

Boring onder rijksweg te Hilversum

Opdrachtgever VGB NL
Project Boring onder rijksweg te Hilversum
Datum 28-apr-07

Pottuijt Pipeline Consulting

Sportlaan 16

1185 TC Amstelveen

T + 020 441 55 62

F+ 084 83 85 706

Email Bart.pottuijt@hetnet.nl

Website www.ppcleidingadvies.nl

kvknr. 34 27 11 94

Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Belangrijkste conclusies	4
2.1 Toelaatbare spanning	4
2.2 Toets op deflectie (mantelbuis)	6
2.3 Toetsing op implosie (mantelbuis)	6
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid (mantelbuis)	6
3. Uitgangspunten	7
3.1 Leidinggegevens	7
3.2 Grondgegevens	7
3.3 Ontwerpgegevens	7
4. Sterkteberekening	9
4.1 Projectgegevens	11
4.2 Grondgegevens (belastingen)	13
4.3 Toets spanning bedrijfsfase	14
4.4 Toets spanning intrekfase maaiveld/ boorgat	15
4.5 Toelaatbare boorspoeldruk	20
4.6 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	22
4.7 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. druk & temperatuur	23
4.8 Uitwerking bepaling verkeersbelasting	24
4.9 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. grondbelasting	25
4.10 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. thinsulators	26
Bijlage 1 Grondrapport	
Bijlage 2 Tekening(en)	

1. Inleiding

De in dit rapport opgenomen berekening is gemaakt voor VGB NL. Momenteel zijn zij doende met de voorbereiding voor de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring. Bij deze boring wordt een mantelbuis aangebracht met een buismateriaal/ kwaliteit van Staal din st 44-4. In deze mantelbuis wordt een mediumbuis aangebracht met een buismateriaal/ kwaliteit van PE 80 sdr 11.

Om aan te tonen dat de leidingen voldoen qua sterkte en deflectie zijn de leidingen middels een sterkteberekening getoetst aan de NEN- normen 3650 en 3651.

Uitgaande van de verhouding $H3 * Di5$ valt de leiding volgens de NEN-normen in de categorie "uitgebreide sterkteberekening". In tegenstelling tot een vereenvoudigde sterkteberekening wordt bij een uitgebreide sterkteberekening een nauwkeurige beeld van de realiteit benaderd. Dit betekent in het algemeen dat met name het spanningsbeeld in langsrichting nauwkeurig wordt bepaald. De uitkomsten van dergelijke berekeningen zijn in het algemeen gunstiger dan bij vereenvoudigde berekeningen. In de praktijk betekent dit dat men eerder kan volstaan met een bepaalde wanddikte en of buiskwaliteit.

In onderliggend rapport wordt een korte samenvatting gegeven van de gemaakte berekening. Hierbij komen de belangrijkste conclusies en uitgangspunten aanbod.

2. Belangrijkste conclusies

2.1 Toelaatbare spanning

De maximaal optredende spanning zijn bepaald voor de fases "intrekken leiding spanning op rollenbaan", "intrekken leiding spanning in boorgat" en "bedrijfsfase spanning".

De spanning uit de verschillende fase zijn getest aan de maximaal toelaatbare spanning geldend voor het gekozen leiding materiaal/ kwaliteit.

Toets spanning "intrekken leiding spanning op rollenbaan"

Maximaal optredende spanning in N/mm² op rollenbaan tijdens intrekken: 97,63 N/mm²

De maximale toelaatbare korte duur spanning voor Staal din st 44-4 bedraagt: 220,00 N/mm²
= 80 % van de rekgrens

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding tijdens het intrekken voor deze fase voldoet.

Toets spanning "intrekken leiding spanning in boorgat"

Maximaal optredende spanning in N/mm² in boorgat tijdens intrekken: 176,25 N/mm²

De maximale toelaatbare korte duur spanning voor Staal din st 44-4 bedraagt: 220,00 N/mm²
= 80 % van de rekgrens

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de mantelbuis in langsrichting voor deze fase voldoet.

Toets spanning "bedrijfsfase spanning"

Voor de gebruiksfase zijn zowel de spanningen in langsrichting als in omtreksrichting bepaald en gecontroleerd aan de maximaal toelaatbare spanning.

Mantelbuis

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens bedrijfsfase: 151,43 N/mm²

De maximaal toelaatbare lange duur spanning voor Staal din st 44-4 bedraagt:
(geldend in langsrichting)

Toetl. Spanning = σ_t * schadefactor	220 N/mm ²
σ_t 220,00 n/mm ²	= 80 % van de rekgrens
schadefactor	1 standaard bij hdd

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de mantelbuis in langsrichting voor deze fase voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 209,75 N/mm²

De maximaal toelaatbare lange duur spanning voor Staal din st 44-4 bedraagt:
(geldend in omtreksrichting)

Toetl. Spanning = σ_t * schadefactor	220 n/mm ²
σ_t 220 n/mm ²	= 80 % van de rekgrens
schadefactor	1 standaard bij hdd

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de mantelbuis in omtreksrichting voor deze fase voldoet.

Mediumbuis

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens bedrijfsfase: 1,00 N/mm²

De maximaal toelaatbare lange duur spanning voor PE 80 sdr 11 (geldend in langsrichting)

Toetl. Spanning = $\sigma_t \cdot \text{schadefactor}$ 6,4 N/mm²
 σ_t 6,4 n/mm²
 schade 1 standaard bij hdd

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de mediumbuis in langsrichting voor deze fase voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 1,88 N/mm²

De maximaal toelaatbare lange duur spanning voor PE 80 sdr 11 (geldend in omtreksrichting)

Toetl. Spanning = $\sigma_t \cdot \text{schadefactor}$ 6,4 N/mm²
 σ_t 6,4 n/mm²
 schade 1 standaard bij hdd

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de mediumbuis in omtreksrichting voor deze fase voldoet.

Ideële spanning mantelbuis

Aangezien de mantelbuis van staal is, is voor de mantelbuis ook de ideële spanning getoetst.

Maximaal ideële optredende spanning 288,52 N/mm²

Toetl. Spanning = $\sigma_t \cdot \text{schadefactor}$ 393,63 N/mm²
 σ_t 393,63 n/mm² = 0,85 (Re+Re0)/1,1 waarbij Re0 = warmtegrens 120 grad
 schadefact 1 standaard bij hdd = 234,4 n/mm²

Conclusie

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de mantelbuis qua ideële spanning voldoet.

2.2 Toets op deflectie (mantelbuis)

De direct aan de ondergrond overgedragen bovenbelasting veroorzaakt een vervorming van de mantelbuis. Deze vervorming wordt deflectie genoemd. Naarmate de buis stijver is zal deze deflectie kleiner zijn.

Aangezien het een stalen leiding betreft hoeft er conform de NEN 3650 en 3651 voor het gekozen leidingmateriaal geen toets op optredende deflectie plaats te vinden

Maximaal optredende deflectie van drukloze leiding 9,59 mm

Toelaatbare deflectie voor leiding 25,84 mm

Conclusie

Voor de gekozen mantelbuis geldt dat deze in een drukloze situatie voldoet op het vlak van deflectie.

2.3 Toetsing op implosie (mantelbuis)

Kunstofleidingen moeten indien er sprake kan zijn van inwendige onderdruk of uitwendige overdruk (grondwater op drukloze buis) op implosie worden beschouwd. Met implosie wordt de radiale elastische instabiliteit bedoelt.

Voor het gekozen leidingmateriaal geldt dat er niet getoetst hoeft te worden op implosie. Conform de NEN is onderstaande toets overbodig (echter wel nog interessant).

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom boven de buis meer dan 42,52 m bedraagt, er sprake is van implosiegevaar.

Conclusie

Aangezien de aanwezige grondwaterkolom boven de buis kleiner is, is de kans op het optreden van implosie verwaarloosbaar klein.

De maximale grondwaterkolom boven de leiding betreft namelijk 19,20 m.

2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid (mantelbuis)

Deze toets is niet uitgevoerd, aangezien deze bij het gekozen materiaal niet noodzakelijk is.

3 Uitgangspunten

3.1 Leidinggegevens

Mantelbuis

Binnen dit project wordt een mantelbuis toegepast van het materiaal: staal met een materiaalkwaliteit: Staal din st 44-4

De diameter is aangehouden op 323 mm en de wanddikte bedraagt 4,5 mm

Mediumbuis

Binnen dit project wordt een mediumbuis toegepast van het materiaal: Polyetheen PE 80 met een materiaalkwaliteit: PE 80 sdr 11

De diameter is aangehouden op 200 mm en de wanddikte bedraagt 18,2 mm

3.2 Grondgegevens

Gelet op de geografische ligging van het projectgebied en de aangeleverde grondgegevens volgens bijlage 1, zijn de volgende grondsoorten aangehouden:

tracé deel	boven leiding	onder leiding
deel 1 recht deel neergaand	klei	klei
bocht 1 neergaande bocht	zand	zand
deel 2 recht deel	zand	zand
bocht 2 opgaande bocht	zand	zand
deel 3 recht deel opgaand	klei	klei

3.3 Ontwerpgegevens

Druk

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een inwendige druk van maximaal 0,35 n/mm²,
= 3,5 bar.

Temperatuur

Als temperatuursvariatie is bij de berekeningen aangehouden: 0 °C

Verkeer

Bij de berekening is er op de verschillende tracé gedeelte rekening gehouden met de volgende verkeersklasse (grafiek load models).

tracé deel	boven leiding
deel 1 recht deel neergaand	grafiek2x0,5
bocht 1 neergaande bocht	grafiek2x0,5
deel 2 recht deel	grafiek1
bocht 2 opgaande bocht	grafiek2x0,5
deel 3 recht deel opgaand	grafiek2x0,5

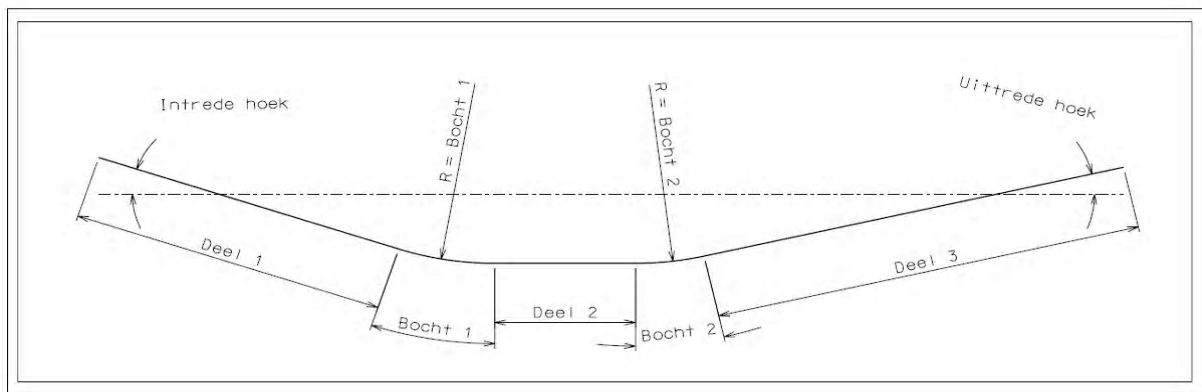
Schadefactor

De schadefactor is voor alle berekeningen vastgesteld op 1 standaard bij hdd

Boorprofiel

Het bij de berekening aangehouden boorprofiel is afgeleid uit de tekening in bijlage 2.

Intredehoek (horizontale vlak)	12	grd			
Uitrede hoek (verticaal vlak)	8	grd			
Neergaande rechtstand in horizontale vlak	78	m			<i>deel 1 recht deel neergaand</i>
Neergaande boogstraal in horizontaal vlak R	315	m	lengte	44	m
Rechtstand in horizontale vlak (tussen op- Opgaande boogstraal in horizontaal vlak R	180	m			<i>bocht 1 neergaande bocht</i>
gaande en neergaande boogstralen)	275	m	lengte	53	m
Opgaande rechtstand in horizontale vlak van	47	m			<i>deel 2 recht deel bocht 2 opgaande bocht deel 3 recht deel opgaand</i>



Vulling leiding bij intrekken

Voor de berekening is aangehouden dat er bij het intrekken van de leiding, geen extra gewicht/ vulling in de leiding wordt aangebracht.

Rollenbaan of maaiveld

Bij de berekening is rekening gehouden dat de leiding uitgelegd is op een rollenbaan.

4. Berekening

4.1 Projectgegevens

Oprachtgever: VGB NL
Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

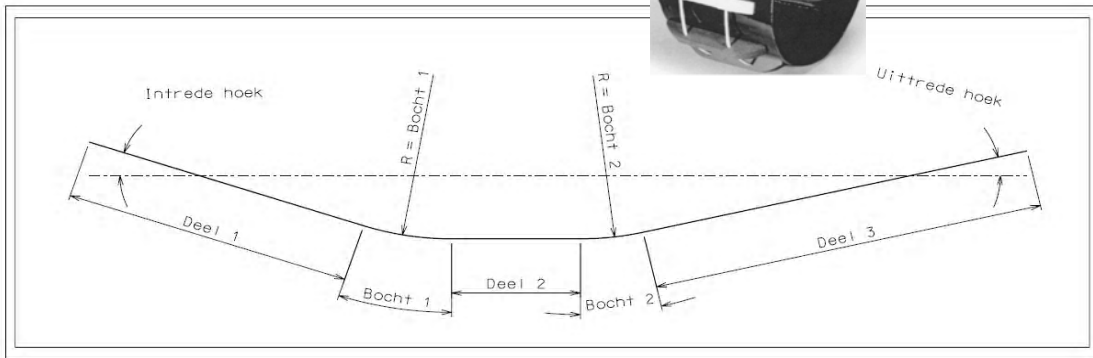
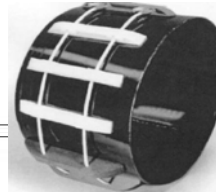
Mantelbuis

Materiaal	Staal din st 44-4	
Afmetingen van de leidingen		
Uitwendige middellijn	323,00	mm De
Wanddikte	4,50	mm dn
Dikte bekleding	0,00	mm e
Bedrijfsdruk en temp. meerekenen	ja	
Schadefactor	1	standaard bij hdd
Procescondities		
Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0,35	N/mm2
Volumiekemassa vloeistof	1000	kg/m3
Temp verschil medium/ omgeving	0	C°

Boorprofiel HDD

Medium buis

Materiaal	PE 80 sdr 11	
Afmetingen van de leidingen		
Uitwendige middellijn	200,00	mm De
Wanddikte	18,20	mm dn
Dikte bekleding	0,00	mm e
Thinsulators breedte	152	mm
H.o.h. afstand	3000	mm



HDD gegevens

Situatie HDD	Vulling/ extra gewicht intrekken	
enkele buis	Vulling op rollenbaan	0 n/mm1
	Vulling in boorgat	0 n/mm1

Leiding uitlegt op:

rollenbaan		
boogstraal uitgelegde leiding	400	m

Boorgat

Soortelijk gewicht boorvloeistof	11,5	kN/m3
Percentage omtrekbuiss in aanraking boorgatwand	100	%
Wrijvingscoëfficiënt boorvloeistof/leiding	0,00005	f2
Wrijvingscoëfficiënt boorgangwand/leiding	0,2	f3
Diameter ruimer	500	mm

Boorprofiel gegevens

	deel 1 recht deel	bocht 1 neerga and	bocht 2 neerga and	deel 2 recht deel	bocht 3 opgaan de bocht	deel 3 recht deel opgaan d	TOTAAL
Lengte deel	m	78	44	180	53	47	402
Boogstraal	m	R1 =	315	R2 =	275	nvt	
Intrrede hoek	grd	12	nvt	nvt	nvt	nvt	
Uittrrede hoek	grd	nvt	nvt	nvt	nvt	8	

Aanleggegevens

Grondsoort onder leiding	klei	zand	zand	zand	klei	
Grondsoort boven leiding	klei	zand	zand	zand	klei	
horizontale steundruk	nee	ja	ja	ja	nee	
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-11091	-14161,5	-20161,5	-14161,5	-9081,5
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0	0	0	0	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-800	-800	-800	-800	-800
Dekking	mm	10930	14000	20000	14000	8920
Opleg hoekleiding	grd	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Belasting hoek grondkolom	grd	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00

Verkeersklasse (grafiek)

Verkeersbelasting	N/mm2	grafiek2x0,5	grafiek2x0,5	grafiek1	grafiek2x0,5	grafiek2x0,5
Gegevens deklaag (indien van toep.)		0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Soort deklaag		geen deklaag aanwezig	geen deklaag aanwezig	geen deklaag aanwezig	geen deklaag aanwezig	geen deklaag aanwezig
Deklaag dikte	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E-modulus deklaag	N/mm2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gegevens fundering (indien van toep.)		geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig
Soort fundering		geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig
Fundering dikte	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E-modulus fundering	N/mm2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gegevens grond						
E-modulus grond	N/mm2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Fictieve dekkingshoogte: Heq	mm	10929,50	14000,00	20000,00	14000,00	8920,00

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

1. Eigenschappen van de leiding		<u>Mantelbuis</u>				<u>Staal din st 44-4</u>			
Inwendige middellijn	314,00	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$	Lange-duurtreksterkte	220,00	N/mm2	MRS		
Gemiddelde middellijn	318,50	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	Materiaalfactor	1,00		*_M		
Uitw. middellijn+bekleding	323,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$	Toel. langeduur spanning tang	220,00	N/mm2	σ		
Uitwendige straal	161,50	mm	$r_u = D_e / 2$	Toel. langeduur spanning axiaal	220,00	N/mm2	σ		
Inwendige straal	157,00	mm	$r_i = D_i / 2$	Elasticiteitsmodulus korte duur tang	205800,00	N/mm2	E		
Gemiddelde straal	159,25	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$	Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	205800,00	N/mm2	E		
Traagheidsmoment buis	57106743,47	mm4	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \pi / 64$	Elasticiteitsmodulus lange duur	205800,00	N/mm2	E'		
Weerstandsmoment buis	353602,13	mm3	$W_b = I_b / r_u$	Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000012	(mm/mm).K-1	ag		
Wandraagheidsmoment	7,59	mm4/mm1	$I_w = d_n^2 / 12$	Alfa Tangentieel	1,00		aT		
Wandweerstandsmoment	3,38	mm3/mm1	$W_w = d_n^2 / 6$	Alfa Axiaal	1,00		aA		
Oppervlakte leiding	4502,69	mm2		Constante van Poisson	0,30		ν		
Gewicht leiding	0,3535	N/mm1		Soortelijk gewicht leiding	78,50	kN/m3			

1. Eigenschappen van de leiding		<u>Medium buis</u>				<u>PE 80 sdr 11</u>			
Inwendige middellijn	163,60	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$	Lange-duurtreksterkte	8,00	N/mm2	MRS		
Gemiddelde middellijn	181,80	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	Materiaalfactor	1,25		*_M		
Uitw. middellijn+bekleding	200,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$	Toel. langeduur spanning tang	6,40	N/mm2	σ		
Uitwendige straal	100,00	mm	$r_u = D_e / 2$	Toel. langeduur spanning axiaal	6,40	N/mm2	σ		
Inwendige straal	81,80	mm	$r_i = D_i / 2$	Elasticiteitsmodulus korte duur tang	1000,00	N/mm2	E		
Gemiddelde straal	90,90	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$	Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	1000,00	N/mm2	E		
Traagheidsmoment buis	43375425,69	mm4	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \pi / 64$	Elasticiteitsmodulus lange duur	200,00	N/mm2	E'		
Weerstandsmoment buis	433754,26	mm3	$W_b = I_b / r_u$	Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000130	(mm/mm).K-1	ag		
Wandraagheidsmoment	502,38	mm4/mm1	$I_w = d_n^2 / 12$	Alfa Tangentieel	0,65		aT		
Wandweerstandsmoment	55,21	mm3/mm1	$W_w = d_n^2 / 6$	Alfa Axiaal	0,65		aA		
Oppervlakte leiding	10394,78	mm2		Constante van Poisson	0,40		ν		
Gewicht leiding	0,0993	N/mm1		Soortelijk gewicht leiding	9,55	kN/m3			

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening grondparameters NEN 3650-1:2003
Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaand e bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
Aanleggegevens						
	AX-LP	0	1	2	3	4
	Z leidingas t.o.v. NAP	mm -11091	-14162	-20162	-14162	-9082
	Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm -10930	-14000	-20000	-14000	-8920
	Z maaiveld t.o.v. NAP	mm 0	0	0	0	0
	Z GWS t.o.v. NAP	mm -800	-800	-800	-800	-800
Grondsoort onder de leiding		klei	zand	zand	zand	klei
Grondsoort boven en naast de leiding		klei	zand	zand	zand	klei
Dekking (mm)	mm	10930	14000	20000	14000	8920
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	800	800	800	800	800
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	10130	13200	19200	13200	8120
Grondgegevens						
Elasticiteitsmodulus grond onder leiding E_1 (N/mm ²)		2,000	75,000	75,000	75,000	2,000
Elasticiteitsmodulus grond boven leiding E_1 (N/mm ²)		2,000	75,000	75,000	75,000	2,000
Verticale grondspanning onder de leiding (N/mm ²)		0,189	0,283	0,403	0,283	0,154
E grond		3,771	212,423	302,423	212,423	3,088
Gamma nat grond onder de leiding (N/mm ³)		1,70E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,70E-05
Gamma nat grond boven en naast de leiding (N/mm ³)		1,70E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,70E-05
Gamma droog grond onder de leiding (N/mm ³)		1,70E-05	1,80E-05	1,80E-05	1,80E-05	1,70E-05
Gamma droog grond boven en naast de leiding (N/mm ³)		1,70E-05	1,80E-05	1,80E-05	1,80E-05	1,70E-05
Phie grond onder de leiding (graden)		18	33	33	33	18
Phie grond boven en naast de leiding (graden)		18	33	33	33	18
C_u onder de leiding (N/mm ²)		0,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
C_u boven en naast de leiding (N/mm ²)		0,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
C' onder de leiding (N/mm ²)		0,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100
C' boven en naast de leiding (N/mm ²)		0,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100
Uitw. diameter isolatie (mm)		323,0	323,0	323,0	323,0	323,0
Uitw. diameter leiding (mm)		323,0	323,0	323,0	323,0	323,0
LAMBDA mm-1		0,00072	0,00072	0,00000	#VERWI!	0,00000
Verticale korrelspanning (N.mm2)		0,07682	0,13309	0,18764	0,13309	0,06404
Horizontale korrelspanning (N/mm2)		0,05372	0,06158	0,08682	0,06158	0,04478
NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm²) SOILNB	qn	0,08451	0,14640	0,20640	0,14640	0,07044
NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm1) SOILNB	Qn	30,03	52,02	73,33	52,02	25,03
σ_k buis		0,086	0,150	0,210	0,150	0,072
(H + D/2)/D		34,34	43,84	62,42	43,84	28,12
K_q		11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Alpha		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
K_c		35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
HOR. PASSIEVE GR.REACTIE (N/mm²) RH		1,677	1,646	2,306	1,646	1,522
d_c		0,617	0,619	0,622	0,619	0,614
dy		1	2	3	4	5
Sy		0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Nq		5,0085	24,5845	24,5845	24,5845	5,0085
Ny		1,8958	22,5375	22,5375	22,5375	1,8958
dq		1,475	1,422	1,424	1,422	1,473
Sq		1,030	1,054	1,054	1,054	1,030

Project:

Boring onder rijksweg te Hilversum

EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN (N/mm²) RVS			0,358	9,933	14,218	10,066	0,357
EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN (N/mm¹) RVS	Pwe		115,518	3208,491	4592,507	3251,379	115,337
			deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
VERT. BEDDINGSCONSTANTE min (N/mm³)	Kv min		nvt	3,840E-02	nvt	3,840E-02	nvt
VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem (N/mm³)	Kv gem		nvt	3,840E-02	nvt	3,840E-02	nvt
y_{max}			353,73	445,84	625,84	445,84	293,44
HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm³) KLH	Kh		0,024	0,019	0,019	0,019	0,027
HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm³) IOWA	IOWA		nvt	0,02364	nvt	0,02364	nvt
K			0,699	0,463	0,463	0,463	0,699
Sigmak (N/mm ²)			0,086	0,150	0,210	0,150	0,072
Delta (graden)			11,7	21,7	21,7	21,7	11,7
a (N/mm ²)			0,01	0	0	0	0,01
WRIJVING (N/mm²)	F	F	0,021	0,043	0,061	0,043	0,019
WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm) UF	UF		4	4	4	4	4

4.3 Toets spanning bedrijfsfase

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Toets totaal aan optredende spanningen gebruiksfase

Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding

Mantelbuis		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
$\sigma_y =$	n/mm2	187,82	177,86	209,75	181,28	159,79
σ_p	n/mm2	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39
α_T	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
frr	-	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
σ_q	n/mm2	195,51	156,72	220,97	156,72	162,97
$\sigma_{\text{thinsulator}}$	n/mm2	8,17	8,17	8,17	8,17	8,17
σ_{bocht}	n/mm2		27,23		31,19	
Toelaatbare σ	n/mm2	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00
		voldoet	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)

Toetl. Spanning = σ_t * schadefactor

220

n/mm2

σ_t

220,00

n/mm2

schadefactor

1

standaard bij hdd

Rechte del $\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * frr * \sigma_q$

Bocht deel $\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * frr * (\sigma_q + \sigma_{\text{bocht}})$

Optredende spanning in langsrichting van de leiding

Mantelbuis		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
$\sigma_x =$	n/mm2	3,72	132,68	3,72	151,43	3,72
v	-	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
σ_p	n/mm2	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39
α_A	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
σ_{bx}	n/mm2		128,96		147,72	
σ_t	n/mm2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horizontale steundruk		nee	ja	ja	ja	nee
Toelaatbare σ		220,00	220,00	220,00	220,00	220,00
		voldoet	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)

Toetl. Spanning = σ_t * schadefactor

220

n/mm2

σ_t

220,00

n/mm2

schadefactor

1

standaard bij hdd

Rechte del $\sigma_x = v * \sigma_p + \sigma_t$

Bocht deel $\sigma_x = v * \sigma_p + \alpha_A * \sigma_{bx} + \sigma_t$

Mantelbuis Ideeë spanning (n/mm2)	deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
$\sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 - \sigma_y * \sigma_x)$	189,71	269,88	211,63	288,52	161,68
toel. Spanning N/mm2 = 0,85 (Re+Re0)/1,1	393,63	393,63	393,63	393,63	393,63
	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

Re0 = 234,4 n/mm2
warmrekgrens
120 grad

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding

Mediumbuis		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
$\sigma_y =$	n/mm ²	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
σ_p	n/mm ²	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
α_T	-	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
f _{rr}	-	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
$\sigma_{\text{thinsulator}}$	n/mm ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Toelaatbare σ	n/mm ²	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
		voldoet	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)

Toetl. Spanning = σ_t * schadefactor **6,4** n/mm²

σ_t 6,40 n/mm² schadefactor 1 *standaard bij hdd*

Optredende spanning in langsrichting van de leiding

Mediumbuis		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
$\sigma_x =$	n/mm ²	0,71	0,96	0,71	1,00	0,71
ν	-	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
σ_p	n/mm ²	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
α_A	-	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
σ_{bx}	n/mm ²		0,39		0,44	
σ_t	n/mm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horizontale steundruk		nee	ja	ja	ja	nee
Toelaatbare σ		6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
		voldoet	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)

Toetl. Spanning = σ_t * schadefactor **6,4** n/mm²

σ_t 6,40 n/mm² schadefactor 1 *standaard bij hdd*

4.4 Toets spanning intrekfase maaiveld/ boorgat

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening spanning leiding op Rollenbaan bij intrekken

Berekening van het gewicht van de leiding tijdens intrekfase

Leiding op rollenbaan

Gewicht leiding medium	0,09927	N/mm1	
Gewicht leiding mantel	0,35346	N/mm1	
Vulling/ extra gewicht	0,00000	N/mm1	+
Totaal gewicht	0,45273	N/mm1	

Intrekoperatie leiding

Op maaiveld

Fase 1	Leiding geheel bovengronds	402	m
Fase 2	totaal-deel 3	355	m
Fase 3	totaal-deel 3-bocht 2	302	m
Fase 4	totaal-deel 3-bocht 2-deel 2	122	m
Fase 5	totaal-deel 3-bocht 2-deel 2-bocht 1	78	m
Volledig in boorgat		0	m

Berekening in te trekken gewicht tijdens de trekoperatie

Fase 1= start trekken	181997,90	N
Fase 2 =1/5e deel intrekken	160719,54	N
Fase 3 =2/5e deel intrekken	136724,79	N
Fase 4 =3/5e deel intrekken	55233,19	N
Fase 5 =4/5e deel intrekken	35313,03	N

Berekening van de benodigde trekkkrachten op rollenbaan: $T = f * L * g * fonz * f1$

Trekkkrachten in N	enkele buis	rollenbaan	f1	0,1
	fonz	1,4		
Fase 1= start trekken	28028	N		
Fase 2 =1/5e deel intrekken	24751	N		
Fase 3 =2/5e deel intrekken	21056	N		
Fase 4 =3/5e deel intrekken	8506	N		
Fase 5 =4/5e deel intrekken	5438	N		

Berekening optredende spanningen t.g.v. de trekkkrachten op rollenbaan: $\sigma t = T / A$

Spanning in N/mm2	enkele buis	rollenbaan	f1	0,1
	fonz	1,4		
Fase 1= start trekken	6,22	n/mm2		
Fase 2 =1/5e deel intrekken	5,50	n/mm2		
Fase 3 =2/5e deel intrekken	4,68	n/mm2		
Fase 4 =3/5e deel intrekken	1,89	n/mm2		
Fase 5 =4/5e deel intrekken	1,21	n/mm2		

Berekening optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan σb

Mantelbuis

$\sigma b = (f * E * I_b / R_{uitleg}) / W_b$

$\sigma b =$	91,40	N/mm2
f	1,10	
E	205800,00	N/mm2
Ib	57106743,47	mm4
Rr	400000,00	mm
Wb	353602,13	mm3

Mediumbuis

$\sigma b = (f * E * I_b / R_{uitleg}) / W_b$

$\sigma b =$	0,28	N/mm2
f	1,10	
E	1000,00	N/mm2
Ib	43375425,69	mm4
Rr	400000,00	mm
Wb	433754,26	mm3

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening totaal optredende spanning op rollenbaan σ tot (mantelbuis)

σ tot = $\alpha A \cdot \sigma$ b + σ t

αA		1,00		
Spanning in N/mm ²	enkele buis		rollenbaan	f1
	fonz	1,4		0,1
Fase 1 = start trekken		97,63	n/mm ²	
Fase 2 = 1/5e deel intrekken		96,90	n/mm ²	
Fase 3 = 2/5e deel intrekken		96,08	n/mm ²	
Fase 4 = 3/5e deel intrekken		93,29	n/mm ²	
Fase 5 = 4/5e deel intrekken		92,61	n/mm ²	

Toets toelaatbare spanning aan spanning op rollenbaan tijdens de trekoperatie

Toelaatbare spanning	220,00	n/mm ²
maximale spanning	97,63	n/mm ²

Leiding voldoet

Berekening spanning leiding in Boorgat bij intrekken

Berekening van het gewicht van de leiding tijdens intrekfase

Leiding in boorgat

Gewicht leiding medium	0,099270112	N/mm ¹	
Gewicht leiding mantel	0,353460982	N/mm ¹	
Vulling/ extra gewicht	0,00000	N/mm ¹	+
Totaal gewicht	0,45273	N/mm¹	

Intrekoperatie leiding

In boorgat

Geheel bovengronds	0	m
deel 3	47	m
deel3 + bocht 2	100	m
deel3 + bocht 2 + deel 2	280	m
deel3+bocht 2+deel 2+bocht 1	324	m
Geheel ingetrokken	402	m

Berekening van de vereiste trekkracht Tboorvl in verband met wrijving tussen leiding en de boorvloeistof.

Bij het intrekken van de leiding in het boorgat ontstaat wrijving tussen de leiding en de boorvloeistof, de leiding komt hierbij voor 100 % van de omtrek in aanraking met de boorvloeistof.

De grootte van de omtrek, welke met de boorvloeistof in aanraking komt = 1014,73 mm

Trekkrachten T boorvl in N	enkele buis	rollenbaan	f1	0,1
	fonz		f	1,1
Fase 1 = start trekken		3672	N	f2
Fase 2 = 1/5e deel intrekken		7813	N	0,00005
Fase 3 = 2/5e deel intrekken		21878	N	
Fase 4 = 3/5e deel intrekken		25316	N	
Fase 5 = 4/5e deel intrekken		31410	N	

$T_{boorvl} = f \cdot L \cdot De_{omtr} \cdot fonz \cdot f2$

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening van de vereiste trekkracht Tboorga in verband met wrijving tussen leiding en de boorgangwand.

Bij het intrekken van de leiding in het boorgat ontstaat wrijving tussen de leiding en de boorgangwand, de leiding (incl. eventuele vulling) heeft hierbij een neerwaartse kracht van 0,45273 n/mm1
 Het boorgat geeft met 11,5 kN/m3 als soortelijke gewicht voor de boorvloeistof, een opwaartse kracht van 0,94 N/mm1

g eff = g opw -g neerw 0,48958 N/mm1

Trekkrachten Tboorga in N

	fonz		f	
	1,4		1,1	
Fase 1= start trekken	7087	N	f3	0,2
Fase 2 =1/5e deel intrekken	15079	N		
Fase 3 =2/5e deel intrekken	42221	N		
Fase 4 =3/5e deel intrekken	48856	N		
Fase 5 =4/5e deel intrekken	60617	N		

$T_{boorga} = f * L * g_{eff} * fonz * f3$

Berekening van de benodigde trekkracht Tbneer in verband met wrijving door grondreactie in de neergaande bocht.

λ	0,0007	
Do	323,0000	mm
kv	0,0384	N/mm3
E	205800,0000	N/mm2
lb	57106743,4743	mm4

$$\lambda = 4 \sqrt{\frac{D_o \times k_v}{4E \times l_b}}$$

Maximale grondreactie bij uiteinde neergaan bocht: $Q_r = 0,322 * \lambda^2 * E * l_b / (D_e * 0,9 * R1)$

Qr	0,0212 n/mm2
R1	315 m
De	323,00 mm

Benodigde trekkracht t.g.v. de grondreactie bij de neergaande bocht:

$T_{bneer} = 1,1 * 2 * Q_r * D_e * (\pi / \lambda) * fonz * f3$

Tbneer	18514,05	N
fonz	1,4	enkele buis
f	1,1	
f3	0,2	

Berekening van de benodigde trekkracht Tbopga in verband met wrijving door grondreactie in de opgaande bocht.

λ	0,0007	
Do	323,0000	mm
kv	0,0384	N/mm3
E	205800,0000	N/mm2
lb	57106743,4743	mm4

$$\lambda = 4 \sqrt{\frac{D_o \times k_v}{4E \times l_b}}$$

Maximale grondreactie bij uiteinde opgaande bocht: $Q_r = 0,322 * \lambda^2 * E * l_b / (D_e * 0,9 * R1)$

Qr	0,0243 n/mm2
R2	275 m
De	323,00 mm

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Benodigde trekkracht t.g.v. de grondreactie bij de neergaande bocht:

$$T_{bopga} = 1,1 \cdot 2 \cdot Q_r \cdot D_e \cdot (\pi/\lambda) \cdot f_{onz} \cdot f_3$$

T _{bopga}	21207,00	N
f _{onz}	1,4	enkele buis
f	1,1	
f ₃	0,2	

Berekening van de benodigde trekkracht T_{bneerg2} in verband met wrijving door grondreactie ontstaan door bochtkracht (kromming van de leiding).

Gedurende het intrekproces zal de leiding ter plaatse van de bocht een naar het middelpunt van de boog gerichte kracht kennen. Deze kracht veroorzaakt een grondreactiekracht op de leiding, welke berekend kan worden door de formule: $T_{bneerg2} = f \cdot 2 \cdot \text{Tot trekkracht} \cdot \sin a \cdot f_3$

T _{bneerg2}	4021,90	N
a= intrede hoek	12	grd
f	1,1	
f ₃	0,2	
Totale trekkracht	62462	N
Totale trekkracht = trekkracht op rollenbaan fase 3+ T _{boorvl} fase 2+T _{boorg} fase 2+ T _{bneer}		

Berekening van de benodigde trekkracht T_{bopgag2} in verband met wrijving door grondreactie ontstaan door bochtkracht (kromming van de leiding).

Gedurende het intrekproces zal de leiding ter plaatse van de bocht een naar het middelpunt van de boog gerichte kracht kennen. Deze kracht veroorzaakt een grondreactiekracht op de leiding, welke berekend kan worden door de formule: $T_{bopgag2} = f \cdot 2 \cdot \text{Tot trekkracht} \cdot \sin a \cdot f_3$

T _{bopgag2}	5127,64	N
a= uitrede hoek	8	grd
f	1,1	
f ₃	0,2	
Totale trekkracht	119331	N
Totale trekkracht = trekkracht op rollenbaan fase 5+ T _{boorvl} fase 4+T _{boorg} fase 4+ T _{bopga} + T _{bneer}		

Totalisatie benodigde trekkrachten.

Verklaring voor optellen v

Na fase 2: fase 2 MV + T _{boorvl} fase 1 + T _{boorg} fase 1		
=	35510	N
Na fase 3: fase 3 MV + T _{boorvl} t/m fase 2 + T _{boorg} t/m fase 2 + T _{bneer} + T _{bneerg2}		
=	66483,99	N
Na fase 4: fase 4 MV + T _{boorvl} t/m fase 3 + T _{boorg} t/m fase 3+ T _{bneer} + T _{bneerg2}		
=	95140,63	N
Na fase 5: fase 5 MV + T _{boorvl} t/m fase 4 + T _{boorg} t/m fase 4 + T _{bneer} + T _{bneerg2} + T _{bopga} + T _{bopgag2}		
=	128480,23	N
geheel intrekken: T _{boorvl} hele leiding + T _{boorg} hele leiding + T _{bneer} + T _{bneerg2} + T _{bopga} + T _{bopgag2}		
=	140898,11	N

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening van optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten bij het intrekken van de leiding in het boorgat.

Spanning in N/mm2	enkele buis	rollenbaan	f1	0,1
	fonz 1,4			
	$\sigma t = T / A$		A =	4502,69 mm2
Fase 1= start trekken	:(leiding is nog niet in boorgat)			
Fase 2 =1/5e deel intrekken	7,89	n/mm2		
Fase 3 =2/5e deel intrekken	14,77	n/mm2		
Fase 4 =3/5e deel intrekken	21,13	n/mm2		
Fase 5 =4/5e deel intrekken	28,53	n/mm2		
geheel intrekken	31,29	n/mm2		

Berekening optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat.

<i>Mantelbuis</i>			Mediumbuis		
Neer gaande bocht	$\sigma \text{ bneerg} = f * E * I_b / (0,9 * R_1) / W_b$		Neer. bocht	$\sigma \text{ bneerg} = f * E * I_b / (0,9 * R_1) / W_b$	
$\sigma \text{ bneerg}$	128,96	N/mm2	$\sigma \text{ bneerg}$	0,39	N/mm2
f	1,1		f	1,1	
E	205800,0000	N/mm2	E	1000,0000	0,0000
I _b	57106743,4743	mm4	I _b	43375425,6933	0,0000
R1	315	m	R1	315	0
W _b	353602,13	mm3	W _b	433754,26	mm3
Opg aande bocht	$\sigma \text{ bopga} = f * E * I_b / (0,9 * R_1) / W_b$		Opg. bocht	$\sigma \text{ bopga} = f * E * I_b / (0,9 * R_1) / W_b$	
$\sigma \text{ bopga}$	147,72	N/mm2	$\sigma \text{ bopga}$	0,44	N/mm2
f	1,1		f	1,1	
E	205800	N/mm2	E	1000	0
I _b	57106743,47	mm4	I _b	43375425,69	0
R2	275	m	R2	275	0
W _b	353602,1268	mm3	W _b	433754,2569	mm3

Totalisatie van de optredende spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie.

Voor de rechte delen volgt: $\sigma_a = T / A$. Bij de gebogen delen volgt: $\sigma_a = aA * \sigma_b + \sigma_t$
 $aA = 1,00$

Fase 1= start trekken	nvt (leiding is nog niet in boorgat)	
Fase 2 =1/5e deel intrekken	7,89	n/mm2
Fase 3 =2/5e deel intrekken	143,73	n/mm2
Fase 4 =3/5e deel intrekken	21,13	n/mm2
Fase 5 =4/5e deel intrekken	176,25	n/mm2
geheel intrekken	31,29	n/mm2

Toets toelaatbare spanning aan spanning tijdens leiding intrekken in boorgat

Toelaatbare spanning	220,00	n/mm2
maximale spanning	176,25	n/mm2

Leiding voldoet

4.5 Toelaatbare boorspoeldruk

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
Dekking	mm	10930	14000	20000	14000	8920
Verticale terreinspanning	kN/m2	76,82409091	133,0909091	187,6363636	133,0909091	64,03636364
Horizontale terreinspanning	kN/m2	53,72264123	61,58121576	86,81941894	61,58121576	44,78025771
Gem. terreinspanning σ	kN/m2	65,27336607	97,33606243	137,2278913	97,33606243	54,40831067
P'f	N/mm2	0,094438615	0,149634691	0,210960384	0,149634691	0,080306375
Q	-	0,1227702	0,005586362	0,007875854	0,005586362	0,104398287
Glijdingsmodulus	-	0,7692	26,7857	26,7857	26,7857	0,7692
Rp max	m	5,46	9,33	13,33	9,33	4,46
Grondwaterkolom	mm	10130	13200	19200	13200	8120
Waterspanning u	N/mm2	0,101295	0,132	0,192	0,132	0,0812

Berekening boorspoeldruk waarbij de eerste plastische vervormingen optreden p'f

De boorspoeldruk waarbij de eerste plastische vervorming optreedt wordt uitgerekend middels de formule:

$$p'f = \sigma'_o * (1 + \sin \varphi) + c * \cos \varphi$$

- p'f = de boorspoeldruk waarbij de eerste plastische vervormingen optreden in N/mm²
- σ'_o = de initiële effectieve spanning (terreinspanning) in N/m²
- c = de cohesie in N/mm²
- φ = hoek van inwendige wrijving in graden

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
P'f	N/mm2	0,094438615	0,149634691	0,210960384	0,149634691	0,080306375
effectieve terreinspanning	N/mm2	0,065273366	0,097336062	0,137227891	0,097336062	0,054408311
cohesie	N/mm2	0,01	0	0	0	0,01
Hoek inwendige wrijving	grd	17,5	32,5	32,5	32,5	17,5

Bepaling glijdingsmodulus G in N/mm2 en Q

Glijding modulus	N/mm2	0,7692	26,7857	26,7857	26,7857	0,7692
E grond	N/mm2	2	75	75	75	2
Bepaling Q	-	0,1227702	0,005586362	0,007875854	0,005586362	0,104398287

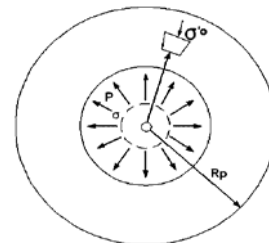
Bepaling initiële straal boorgang en max. toelaatbare plastische zone

Ro = diameter boorgat /2 m 0,25

Rp max =

bij zand
Rpmax = 2/3 * dekking

bij klei/veen
Rpmax = 0,5 * dekking



		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
Rp max	m	5,46	9,33	13,33	9,33	4,46

Volgens NEN bij zand $Rpmax = (Ro^2/Q^2 * Egmax)^{0,5}$
Egmax = 0,05

Formule klopt niet!
Oude formule voor zand Rpmax
aangehouden!!

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening maximale boerspoeldruk Pmax

De maximale boerspoeldruk wordt berekend met onderstaande formule:

$$P_{\max} = (P'f + c * \cos \varphi) * \left(\left(\frac{R_o}{R_{p,\max}} \right)^2 + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c * \cot \varphi + u$$

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
P max	N/mm2	0,254357306	1,011203771	1,3213654	1,011203771	0,216506767
P'f	N/mm2	0,094438615	0,149634691	0,210960384	0,149634691	0,080306375
c	N/mm2	0,01	0	0	0	0,01
Ro	m	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Rpmax	m	5,46	9,33	13,33	9,33	4,46
Q	-	0,1227702	0,005586362	0,007875854	0,005586362	0,104398287
u	n/mm2	0,101295	0,132	0,192	0,132	0,0812
cos (hoek inwendige wrijving)	grd	0,953716951	0,843391446	0,843391446	0,843391446	0,953716951
sin (hoek inwendige wrijving)	grd	1,3007058	1,537299608	1,537299608	1,537299608	1,3007058
.-sin (hoek inwendige wrijving)	grd	-0,3007058	-0,537299608	-0,537299608	-0,537299608	-0,3007058
cot (hoek inwendige wrijving)	grd	1,513715544	1,540036801	1,540036801	1,540036801	1,513715544

Bepaling limietdruk Plim en 90% van Plim

Plim is van belang te bepalen, deze waarde geeft namelijk aan bij welke boerspoeldruk doorgaande vervorming tot het maaiveld optreedt. Plim wordt berekend volgens onderstaande formule:

$$R_{\lim} = (P'f + c * \cot \varphi) * Q^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c * \cot \varphi + u$$

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
Pmax	N/mm2	0,254357306	1,011203771	1,3213654	1,011203771	0,216506767
	Bar	2,54	10,11	13,21	10,11	2,17
	kPa	254,36	1011,20	1321,37	1011,20	216,51
Plim	N/mm2	0,255015884	1,049128764	1,338735348	1,049128764	0,217541644
	Bar	2,55	10,49	13,39	10,49	2,18
	kPa	255,02	1049,13	1338,74	1049,13	217,54
90 % van Plim	N/mm2	0,229514295	0,944215888	1,204861813	0,944215888	0,19578748
	Bar	2,30	9,44	12,05	9,44	1,96
	kPa	229,51	944,22	1204,86	944,22	195,79
Maatgevend (Pmax/Plim/Plim90%)		90% Plim	90% Plim	90% Plim	90% Plim	90% Plim

Indien 90 % van Plim < Pmax dan volgt: 90 % Plim is maatgevend.

Wanneer Pmax lager of gelijk is dan 90 % van Plim dan volgt: Pmax maatgevend.

4.6 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Toetsing op minimale ringstijfheid SN

$SN = E * I_w / Dg^3$	48,37	kN/m ²
E	205800,00	N/mm ²
E'	205800,00	N/mm ²
I _w	7,59	mm ⁴ /mm ¹
Dg	318,50	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van Staal din st 44-4 **Toets niet vereist** kN.m²

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding klopt niet/ of gekozen materiaal kan niet worden getoetst**
Toets is niet uitgevoerd, aangezien de toets overbodig is bij gekozen materiaal

Toetsing op implosie: berekening van de toelaatbare alzijdige overdruk

$$p_{o,kort} = 1 / (y * (1-v^2)) * (24 * E * I_w) / Dg^3$$

p _{o, kort} =	0,85045619	N/mm ²	dat betekent bestand tegen	85,05 m waterkolom
y	1,5	-		
v	0,3	-		

$$p_{o,lang} = 1 / (y * (1-v^2)) * (24 * E' * I_w) / Dg^3$$

p _{o, lang} =	0,43	N/mm ²	dat betekent bestand tegen	42,52 m waterkolom
y	3,00	-		
v	0,30	-		

Toets op optredende en toelaatbare deflectie

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

$$\text{deflectie} = ((0,089 * Q - 0,083 * Q_n;h + 0,048 * Q_{ind}) * r_g^3) / (E * I_w)$$

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
deflectie =	mm	2,40	6,80	9,59	6,80	2,00
Q= Q _v +Q _n	n/mm ¹	30,03	52,02	73,34	52,02	25,03
Q _d	n/mm ¹	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
Q _{n,h}	n/mm ¹	21,00	24,07	33,93	24,07	17,50
r _g	mm	159,25	159,25	159,25	159,25	159,25
E	N/mm ²	205800,00	205800,00	205800,00	205800,00	205800,00
I _w	mm ⁴ /mm ¹	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59
inwendige wrijvingshoek	grd	17,50	32,50	32,50	32,50	17,50
Toelaatbare deflectie	mm	25,84	25,84	25,84	25,84	25,84
		voldoet	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet

Toelaatbare deflectie = 0,08*De*schadefactor

De	mm	323,00
Schadefactor	-	1,00

4.7 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. druk & temperatuur

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Toets leiding dikwandig of dunwandig

	Mantelbuis	Mediumbuis	
Dg	318,5	181,80	mm
dn	4,5	18,20	mm
Dg/dn	70,78	9,99	
	Dunwandig	Dikwandig	
$\sigma_p = (D_e - d_n) / (2 * d_n) * p_d$	12,39	1,77	N/mm ²

Berekening van de spanning t.g.v. temperatuurverschil

	Mantelbuis	Mediumbuis	
$\sigma_t = \Delta T * \alpha_g * E$	0,00	0,00	N/mm ²
Delta T	0	0	C°
α_g	0,0000116	0,00013	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	205800,00	1000,00	N/mm ²

Berekening reroundingfactor frr

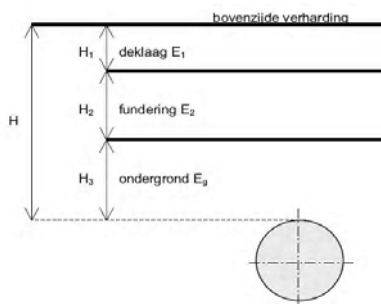
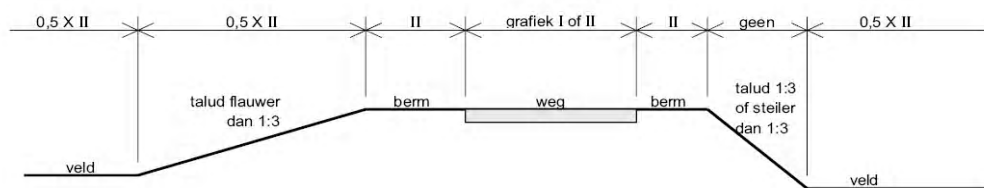
	Mantelbuis	Mediumbuis	
$f_{rr} = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,861	0,915	-
frr berekend mag worden toegepast			
leiding onder druk			ja
frr berekend:			
$f_{rr} = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,861	0,915	
$k_y = \text{deflectiefactor nen 3650 tabel D.1}$	0,089	0,089	-
Opleghoek leiding	120		grd
Belastinghoek grondkolom	180		grd

4.8 Uitwerking bepaling verkeersbelasting

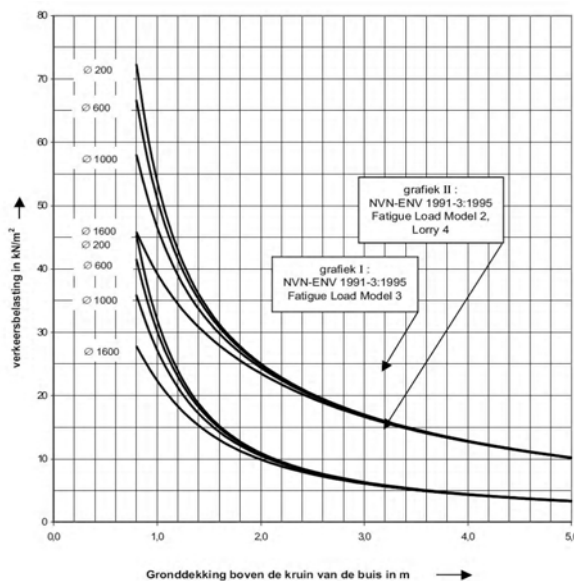
Project: **Boring onder rijksweg te Hilversum**

Berekening van de verkeersbelasting Qv

		deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand	
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		geen deklaag aanwezig		deklaag aanwezig	geen deklaag aanwezig	geen deklaag aanwezig	
Soort deklaag							
Deklaag dikte = H2	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
E-modulus deklaag = E1	n/mm2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		geen fundering aanwezig		geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	geen fundering aanwezig	
Soort fundering							
Fundering dikte = H1	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
E-modulus fundering = E2	n/mm2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<i>Gegevens grond</i>		100,00		100,00	100,00	100,00	
E-modulus grond = E3	n/mm2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
qv	N/mm2	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	
Qv = qv*Do	N/mm1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
<i>Ontlastende wegdek:</i>							
H1eq = 0.9*H1*(E1/E3)^1/3	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
H2eq = 0.9*H2*(E2/E3)^1/3	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fictieve dekkingshoogte: Heq	mm	10929,50	14000,00	20000,00	14000,00	8920,00	



qv = 0



4.9 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. grondbelasting

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening optredende momenten en spanning t.g.v. grond & verkeersbelasting

	deel 1 recht deel neergaand	bocht 1 neergaande bocht	deel 2 recht deel	bocht 2 opgaande bocht	deel 3 recht deel opgaand
Qn grondbelasting in N/mm1	30,03	52,02	73,33	52,02	25,03
Qv verkeerbelasting in N/mm1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Q b bovenbelasting in N/mm1	30,03	52,02	73,34	52,02	25,03
Moment tgv Qb in Nmm	659,85	528,93	745,77	528,93	550,01
Optredende spanning σ_q in N/mm2	195,51	156,72	220,97	156,72	162,97
Horizontale steundruk	nee	ja	ja	ja	nee

Moment t.g.v. bovenbelasting

$$M_q = k_b * Q_{\text{boven}} * r_g$$

Moment t.g.v. bovenbelasting & hor. steundruk

$$M_q = k_b * (1 - \sin j) * Q_{\text{boven}} * r_g$$

$$\sigma_q = M_q / W_w$$

Ww 3,38 mm3/mm1

Kb 0,138 -

rg 159,25 mm

Berekening optredende spanning obcoht 1 & obcoht 2 t.g.v. grondreactie in bochten

Bocht 1 neergaand obcoht1 27,23 N/mm2

Bocht 2 opgaand obcoht2 31,19 N/mm2

$$\sigma_{\text{obcoht}} = K_{b_ind} * Q_r * D_e * r_u / W_w$$

Qr bocht 1 0,0212 n/mm2

Qr bocht 2 0,0243 n/mm2

Kind 0,083 -

De 323,00 mm

ru 161,50 mm

4.10 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. thinsulators

Project: Boring onder rijksweg te Hilversum

Berekening optredende spanning t.g.v. thinsulators

De mediumleiding wordt opgelegd op thinsulators. Hierbij zijn de thinsulators 152 mm breed en worden om de 3000 mm geplaatst.

De medium leiding weegt 0,0993 N/mm¹. Als de vulling daarbij op wordt geteld (0,2102 n/mm¹), weegt de mediumleiding totaal 0,3095 N/mm¹. Dit levert een reactie kracht van 928,5 N.

Om de spanning te berekenen die de reactie kracht levert op de thinsulator is het nodig de meewerkende breedte te bepalen. De meewerkende breedte wordt berekend middels:

$$\text{meewerkende breedte} = bo + 2 \cdot a \cdot (rg \cdot dn)^{0,5}$$

Mediumbuis

meewerkende breedte = $bo + 2 \cdot a \cdot (rg \cdot dn)^{0,5}$	1778,96	mm
bo = breedte thinsulator	152	mm
rg = gem.straal leiding	90,90	mm
dn = wanddikte leiding	18,20	mm

Mantelbuis

meewerkende breedte = $bo + 2 \cdot a \cdot (rg \cdot dn)^{0,5}$	1222,79	mm
bo = breedte thinsulator	152	mm
rg = gem.straal leiding	159,25	mm
dn = wanddikte leiding	4,50	mm

Spanning door thinsulators

Mediumbuis

q thinsulator = Q / breedte	0,5219	N/mm ¹
$\sigma_{\text{thin}} = km \cdot q \text{ thinsulator} \cdot rg / Ww$	0,1959	N/mm ²
km	0,228	standaard
Ww	55,21	mm ³ /mm

Mantelbuis

q thinsulator = Q / breedte	0,7593	N/mm ¹
$\sigma_{\text{thin}} = km \cdot q \text{ thinsulator} \cdot rg / Ww$	8,1690	N/mm ²
km	0,228	standaard
Ww	3,38	mm ³ /mm

Bijlage 1 Grondrapport

Excuses,

Het gaat hier om een mantelbuis van staal, diameter 323 mm (St. 44,4).

Met een PE mediumleiding, PE 80 SDR-11, diameter 200 mm = waterleiding van 3,5 ato.

Op 23-04-07 heeft **J.H.F. Verschuuring** <hansverschuuring@gmail.com> het volgende geschreven:

Beste Bart,

Nog 2 vraagjes over de berekening van de aansluiting:

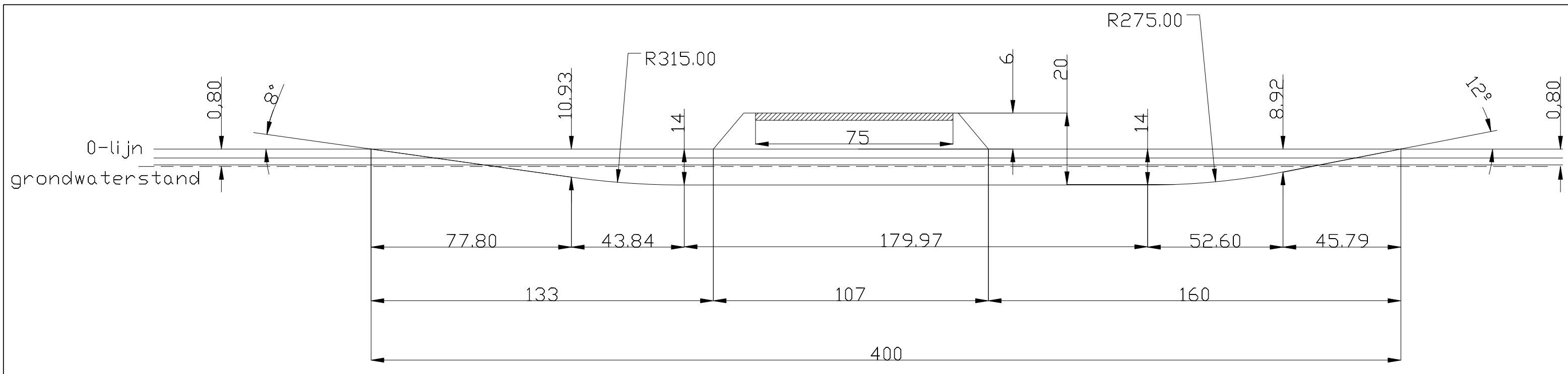
- In de berekening worden 2 verschillende dekkingen aangehouden (nl. 5,86 en 1,00 meter).
- In de berekening wordt gesproken over verkeersbelasting. Boven dit leidinggedeelte bevindt zich geen verkeer.

Graag nog een extra HDD berekening met de volgende gegevens:

- Boring onder rijksweg Hilversum
- Profiel zie tekening.
- Grondgegevens:
 - Ter hoogte van rijksweg 6 meter zand (0-lijn tot + 6 meter)
 - 0-lijn tot +/- 3,5 meter = klei (0-lijn is aangegeven op tekening)
 - /- 3,5 meter tot +/- 6,2 meter = zand/klei
 - /- 6,2 meter tot +/- 14 meter = zand (14 meter is diepteligging leiding)

mvg,
Hans

Bijlage 2 Tekening(en)



...\\Drawing223.dwg 25-4-2007 22:30:29