

## Aansluitleiding HDD

Opdrachtgever VGB NL  
Project Aansluitleiding HDD  
Datum 19-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](http://www.ppcleidingadvies.nl)

kvknr. 34 27 11 94

## Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Belangrijkste conclusies	4
2.1 Toelaatbare spanning	5
2.2 Toets op deflectie	6
2.3 Toetsing op implosie	6
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid	7
3. Uitgangspunten	8
3.1 Leidinggegevens	8
3.2 Grondgegevens	8
3.3 Ontwerpgegevens	8
4. Sterkteberekening	9
4.1 Projectgegevens	12
4.2 Grondgegevens (belastingen) open sleuf gedeelte	15
4.3 Grondgegevens (belastingen) geboord gedeelte	17
4.4 Toets spanning bedrijfsfase	18
4.5 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	20
4.6 Bepaling K of Z-sprongmethode	21
4.7 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. druk & temperatuur	22
4.8 Uitwerking bepaling verkeersbelasting	24
4.9 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. grondbelasting	26
4.10 Uitwerking correctiefactoren bocht	27
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. In dit rapport wordt de aansluitleiding op de horizontaal gestuurde boring berekend. De aansluitleiding wordt aangebracht met een buismateriaal/ kwaliteit van PE 100 sdr 11. Om aan te tonen dat de leiding voldoet qua sterkte en deflectie is de leiding 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 "Vereenvoudigde sterkteberekening". In tegenstelling tot een uitgebreide sterkteberekening wordt bij een vereenvoudigde sterkteberekening een conservatiever beeld van de realiteit benaderd. Dit betekent in het algemeen dat met name het spanningsbeeld in langsrichting minder nauwkeurig wordt bepaald. De uitkomsten van dergelijke berekeningen zijn in het algemeen ongunstiger dan bij uitgebreide berekeningen. In de praktijk betekent dit dat men minder snel 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 is bepaald voor het geboorde gedeelte en voor het gedeelte wat middels een open sleuf is aangelegd.

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

#### **Toets spanning "gedeelte geboord"**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens bedrijfsfase: 6,24 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare korte duur spanning voor PE 100 sdr 11 bedraagt:  
(geldend in langsrichting)

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	7,2 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 8 n/mm <sup>2</sup>	
schadefactor 0,9	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding voor het geboorde gedeelte qua spanning in langsrichting voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 1,91 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare korte duur spanning voor PE 100 sdr 11 bedraagt:  
(geldend in omtreksrichting)

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	7,2 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 8,00 n/mm <sup>2</sup>	
schadefactor 0,9	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding voor het geboorde gedeelte qua spanning in omtreksrichting voldoet.

#### **Toets spanning "gedeelte open sleuf"**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens bedrijfsfase: 6,39 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare korte duur spanning voor PE 100 sdr 11 bedraagt:  
(geldend in langsrichting)

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	7,2 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 8 n/mm <sup>2</sup>	
schadefactor 0,9	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding voor het open sleuf gedeelte qua spanning in langsrichting voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 3,51 n/mm<sup>2</sup>



De maximale toelaatbare korte duur spanning voor PE 100 sdr 11 bedraagt:  
(geldend in omtreksrichting)

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	7,2 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 8,00 n/mm <sup>2</sup>	
schadefactor 0,9	

**Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding voor het open sleuf gedeelte qua spanning in omtreksrichting voldoet.

## 2.2 Toets op deflectie

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

Voor de gekozen leidingmateriaal geldt dat er een toets op deflectie gedaan moet worden (leidingmateriaal niet-staal).

Maximaal optredende deflectie van drukloze leiding in geboord gedeelte	1,43 mm.
Maximaal optredende deflectie van drukloze leiding in open sleuf gedeelte	1,04 mm.

Toelaatbare deflectie voor leiding 5,40 mm

### **Conclusie**

Voor de gekozen leiding geldt dat deze in een drukloze situatie, in beide gedeelten voldoet op het vlak van deflectie.

## 2.3 Toetsing op implosie

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 getoetst moet worden op implosie.

### **Implosie "geboord gedeelte"**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom in het geboorde gedeelte boven de buis meer dan 23,83 m bedraagt, er sprake is van implosiegevaar.

### **Conclusie**

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

De maximale grondwaterkolom boven de leiding in het geboorde gedeelte betreft namelijk 5,26 m.

### **Implosie "open sleuf gedeelte"**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom in het open sleuf gedeelte boven de buis meer dan 23,83 m bedraagt, er sprake is van implosiegevaar.

### **Conclusie**

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

De maximale grondwaterkolom boven de leiding in het open sleuf gedeelte betreft namelijk 0,40 m.

## 2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid

Bij dunwandige kunstofleiding is het conform de NEN noodzakelijk te toetsen op de minimale ringstijfheid van de toe te passen buis. De toets staat in verband met de toets op deflectie en heeft als doel het voorkomen van een te grote buisdeflectie door rectangularisatie.

De minimaal benodigde ringstijfheid is afhankelijk van het gekozen leidingmateriaal, in dit geval betreft de minimaal benodigde ringstijfheid: 0,50 kN.m<sup>2</sup> (PE 100 sdr 11)

De berekende ringstijfheid van de leiding betreft: 100,09 kN/m<sup>2</sup>

### **Conclusie**

Voor de gekozen leiding geldt dat deze voldoet op het vlak van ringstijfheid.

### 3 Uitgangspunten

#### 3.1 Leidinggegevens

Binnen dit project wordt een leiding toegepast van het materiaal: Polyetheen PE 100 met een materiaalkwaliteit: PE 100 sdr 11

De diameter is aangehouden op 75 mm en de wanddikte bedraagt 6,8 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
Geboord gedeelte	klei	klei
Open sleuf gedeelte	klei	klei

#### 3.3 Ontwerpgegevens

##### Druk

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een inwendige druk van maximaal 0 n/mm<sup>2</sup>, = 0 bar.

##### Bocht

In de berekening is voor het open sleuf gedeelte een bocht aangehouden.

Bochtstraal = 3000 m

Wanddikte = 6,82 mm

##### Dekking

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een dekking maximaal:

tracé deel	dekking in m
Geboord gedeelte	5,86
Open sleuf gedeelte	1,00

##### Temperatuur

Als temperatuursvariatie is bij de berekeningen aangehouden: 0 °C

##### Verkeer

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

tracé deel	boven leiding
Geboord gedeelte	grafiek2x0,5
Open sleuf gedeelte	grafiek2x0,5

##### Schadefactor

De schadefactor is voor alle berekeningen vastgesteld op 0,9



## 4. Sterkteberekening

### 4.1 Projectgegevens

**Opdrachtgever** VGB NL  
**Project:** Aansluitleiding HDD

#### Afmetingen van de leidingen

Uitwendige middellijn	75,00	De
Wanddikte	6,82	dn
Dikte bekleding	0,00	e

#### Procescondities

Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0	N/mm <sup>2</sup>
Volumiekemassa vloeistof	1000	kg/m <sup>3</sup>
Temp verschil medium/ omgeving	0	C°

#### Omgevingscondities (schadefactor)

Soort kering	primaire kering		
<i>Risico van levensgevaar voor personen</i>	levensgevaar voor enkele mensen		
<i>Schade door inundatie</i>	agrarisch gebied met weinig bebouwing	Schadefactor	0,90

#### Toets toegestaan vereenvoudigd berekeningen

Voor vloeistofleidingen geldt:  $H^3 * Di^5$  moet kleiner zijn dan 40 m<sup>8</sup>

H is de druk in meters vloeistofkolom. Rekening houdende met  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  volgt:

$H = pd / (r * g) =$	0,00	m
$H^3 * Di^5$	0,00	m <sup>8</sup>

#### Berekeningsmethode toegestaan

#### Materiaal soort

PE 100 sdr 11

Lange-duurtreksterkte	10,00	N/mm <sup>2</sup>	MRS
Materiaalfactor	1,25		°_M
Toelaatbare langeduur spanning tang	8,00	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$
Toelaatbare langeduur spanning axiaal	8,00	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$
Elasticiteitsmodulus korte duur tang	1200,00	N/mm <sup>2</sup>	E
Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	1200,00	N/mm <sup>2</sup>	E
Elasticiteitsmodulus lange duur	300,00	N/mm <sup>2</sup>	E'
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000130	(mm/mm).K-1	ag
Alfa Tangentieel	0,65		aT
Alfa Axiaal	0,65		aA
Constante van Poisson	0,40		v

#### 1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	61,36	mm	$Di = De - 2 * dn$
Gemiddelde middellijn	68,18	mm	$Dg = (De + Di) / 2$
Uitw. middellijn+bekleding	75,00	mm	$Do = De + 2 * e$
Uitwendige straal	37,50	mm	$ru = De / 2$
Inwendige straal	30,68	mm	$ri = Di / 2$
Gemiddelde straal	34,09	mm	$rg = (ru + ri) / 2$
Traagheidsmoment buis	857312,48	mm <sup>4</sup>	$Ib = (De^4 - Di^4) * p / 64$
Weerstandsmoment buis	22861,67	mm <sup>3</sup>	$Wb = Ib / ru$
Wandtraagheidsmoment	26,43	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	$Iw = dn^3 / 12$
Wandweerstandsmoment	7,75	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	$Ww = dn^2 / 6$

**Project:** Aansluitleiding HDD

**Aanleggegevens leidingdeel gelegd**

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei		
Grondsoort boven leiding	klei		
horizontale steundruk	ja		
Z leidingas t.o.v. NAP	-1037,5	mm	
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm	
Z GWS t.o.v. NAP	-600	mm	
Dekking	1000	mm	
Sleufbreedte op buisasniveau	300		mm
Aanvulling (on)verdicht	onverdicht		
Opleghoek leiding	70,00		grd
Belasting hoek grondkolom	180,00		grd
uitvoeringszakkingverschil	25		mm
zetting	15		mm
soort sleuf	open droge sleuf		
-	-		-

**Bocht in leiding**

ja

Bochtstraal	3000,00	R in mm
Wanddikte bocht	6,82	dnb in mm

**Verkeersklasse**

grafiek2x0,5 grafiek

Verkeersbelasting 16,00 N/mm2

*Gegevens deklaag (indien van toep.)*

Soort deklaag **geen deklaag aanwezig**

Deklaag dikte 0,00 mm

E-modulus deklaag 1,00 N/mm2

*Gegevens fundering (indien van toep.)*

Soort fundering **geen fundering aanwezig**

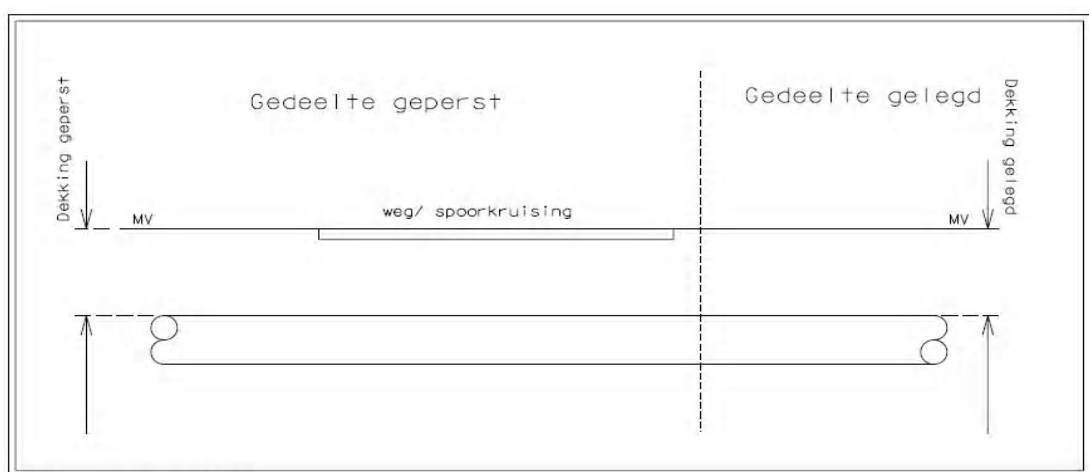
Fundering dikte 0,00 mm

E-modulus fundering 1,00 N/mm2

*Gegevens grond*

E-modulus grond 100,00 N/mm2

**Fictieve dekkingshoogte: Heq 1000,00 mm**



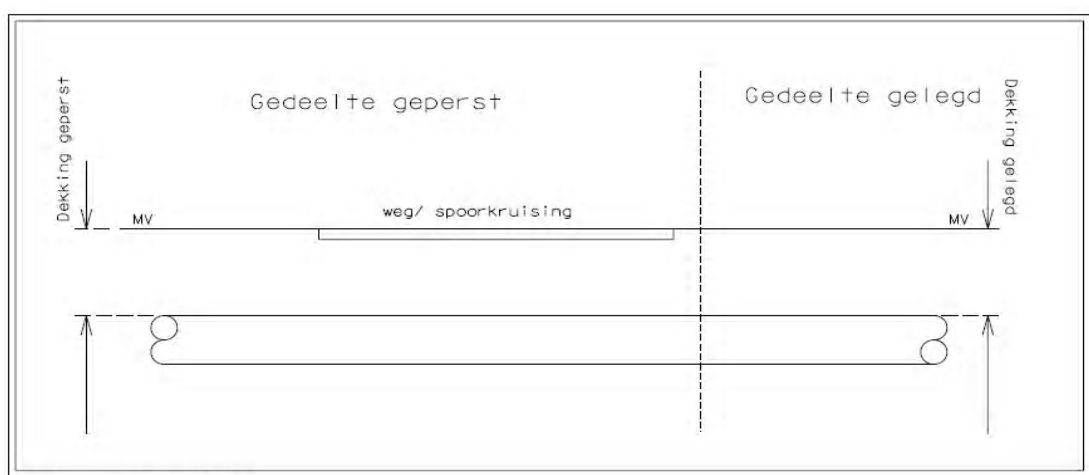
**Project:** Aansluitleiding HDD

***Aanleggegevens leidingdeel geperst***

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei	
Grondsoort boven leiding	klei	
horizontale steundruk	ja	
Z leidingas t.o.v. NAP	-5900	mm
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm
Z GWS t.o.v. NAP	-600	mm
Dekking	5863	mm
Opleg hoekleiding	120,00	grd
Belasting hoek grondkolom	180,00	grd

<b>Verkeersklasse</b>	grafiek2x0,5	grafiek
Verkeersbelasting	1,28	N/mm2
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		
Soort deklaag	<b>geen deklaag aanwezig</b>	
Deklaag dikte	0,00	mm
E-modulus deklaag	1,00	N/mm2
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		
Soort fundering	<b>geen fundering aanwezig</b>	
Fundering dikte	0,00	mm
E-modulus fundering	1,00	N/mm2
<i>Gegevens grond</i>		
E-modulus grond	100,00	N/mm2
<b>Fictieve dekkingshoogte: Heq</b>	<b>5862,50</b>	<b>mm</b>



## 4.2 Grondgegevens (belastingen) open sleuf gedeelte

**Project:** **Aansluitleiding HDD**  
**Grondgegevens leidingdeel gelegd**

**Berekening grondparameters** **NEN 3650-1:2003**

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

### Aanleggegevens

	AX-LP	0
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-1038
Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-1000
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-600
Sleufbreedte op buisasniveau	mm	300
Grondsoort onder de leiding		klei
Grondsoort boven en naast de leiding		klei
verdichting		onverdicht
Dekking (mm)	mm	1000
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	600
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	400

### Grondgegevens

Elasticiteitsmodulus grond $E_{100}$ (N/mm <sup>2</sup> )		2,000
Elasticiteitsmodulus grond $E_1$ (N/mm <sup>2</sup> )		2,000
Verticale grondspanning onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,018
E grond		0,353
Gamma nat grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Gamma nat grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Gamma droog grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Gamma droog grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Phie grond onder de leiding (graden)		18
Phie grond boven en naast de leiding (graden)		18
$C_u$ onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0500
$C_u$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0500
$C'$ onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0100
$C'$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0100
Uitw. diameter isolatie (mm)		75,0
Uitw. diameter leiding (mm)		75,0
<b>LAMBDA mm-1</b>		0,00283
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qn	<b>0,01300</b>
<b>SOILNB</b>		
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm1)</b>	Qn	<b>1,07</b>
<b>SOILNB</b>		

Project:	Aansluitleiding HDD	
fm		0,3
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
<b>RVT</b>	qk	<b>0,065</b>
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>1</sup>)</b>		
<b>RVT</b>	Qk	<b>5,363</b>
<b>qo in (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qo	<b>0,07150</b>
$\sigma_k$ buisas		0,013
(H + D/2)/D		13,83
K <sub>q</sub>		11,0
Alpha		0,6
K <sub>c</sub>		35,0
<b>HOR. PASSIEVE GR.REACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
<b>RH</b>		<b>0,881</b>
d <sub>c</sub>		0,599
dy		1
Sy		0,96
Nq		5,0085
Ny		1,8958
dq		1,462
Sq		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,354</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>26,541</b>
D <sub>o</sub> (m)		0,075
E (Mpa)		2,000
H (m)		1,000
<b>z<sub>max</sub> (m)</b>		<b>1,82E-03</b>
<b>Kv2</b>		
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omhoog</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLT</b>		<b>0,029</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv min	<b>3,500E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv gem	<b>3,500E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>1,180E-05</b>

**Project:**

**Aansluitleiding HDD**

$Y_{max}$			36,00
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>KLH</b>	Kh		<b>0,125</b>
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>IOWA</b>	IOWA		<b>#N/B</b>
K			0,699
Sigmak (N/mm <sup>2</sup> )			0,013
Delta (graden)			11,7
a (N/mm <sup>2</sup> )			0,01
<b>WRIJVING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>F</b>	F	<b>0,008</b>
<b>WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm)</b>			
<b>UF</b>	UF		<b>4</b>
mu			0,15
<b>Reele grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qr		3,01150213
<b>Reele grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	Qr		<b>0,0365</b>
Zmax			0,0018

### 4.3 Grondgegevens (belastingen) geboord gedeelte

**Project:** Aansluitleiding HDD

**Berekening grondparameters** NEN 3650-1:2003

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

#### **Grondgegevens leidingdeel geperst**

#### **Aanleggegevens**

	AX-LP		0
	Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-5900
	Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-5863
	Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
	Z GWS t.o.v. NAP	mm	-600
	Sleufbreedte op buisasniveau	mm	0
Grondsoort onder de leiding			klei
Grondsoort boven en naast de leiding			klei
Dekking (mm)	mm		5863
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm		600
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm		5263

#### **Grondgegevens**

Elasticiteitsmodulus grond $E_{100}$ (N/mm <sup>2</sup> )		2,000
Elasticiteitsmodulus grond $E_1$ (N/mm <sup>2</sup> )		2,000
Verticale grondspanning onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,100
E grond		2,006
Gamma nat grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Gamma nat grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Gamma droog grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Gamma droog grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,70E-05
Phie grond onder de leiding (graden)		18
Phie grond boven en naast de leiding (graden)		18
$C_u$ onder de leiding(N/mm <sup>2</sup> )		0,0500
$C_u$ boven en naast de leiding(N/mm <sup>2</sup> )		0,0500
$C'$ onder de leiding(N/mm <sup>2</sup> )		0,0100
$C'$ boven en naast de leiding(N/mm <sup>2</sup> )		0,0100
Uitw. diameter isolatie (mm)		75,0
Uitw. diameter leiding (mm)		75,0

**LAMBDA mm-1** 0,00336

**NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)** qn **0,04704**

**SOILNB**

**NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm1)** Qn **3,88**

**SOILNB**

**Project:**

**Aansluitleiding HDD**

$d_c$		0,623
$d_y$		1
$S_y$		0,96
$N_q$		5,0085
$N_y$		1,8958
$d_q$		1,480
$S_q$		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN (N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,359</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN (N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>26,931</b>
<b>Kv1</b>		
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min (N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv	<b>7,000E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag (N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>1,197E-05</b>
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>) IOWA</b>	IOWA	<b>#N/B</b>



#### 4.4 Toets spanning bedrijfsfase

Project: Aansluitleiding HDD

##### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende

###### **Gelegd gedeelte**

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha T * (\sigma_q + i_y(p) * \sigma_{bx})$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>3,51</b>	n/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_p$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>7,2</b>	n/mm <sup>2</sup>
$\alpha T$	0,65	-	$\sigma_t$	8,00	n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	2,78	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor	0,9	
$i_y(p)$	0,27	-			
$\sigma_{bx}$	9,82	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>		

*Optredende spanning in langsrichting van de leiding*

$\sigma_x = v * \sigma_p + \alpha A * i_x(p) * \sigma_{bx} + \sigma_t$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_x =$	<b>6,39</b>	n/mm <sup>2</sup>			
$v$	0,40	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>7,2</b>	n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$	8,00	n/mm <sup>2</sup>
$\alpha A$	0,65	-	schadefactor	0,9	
$i_x(p)$	1,00	-			
$\sigma_{bx}$	9,82	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>		
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>			

###### **Geperst gedeelte**

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha T * (\sigma_q)$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>1,91</b>	n/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_p$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>7,2</b>	n/mm <sup>2</sup>
$\alpha T$	0,65	-	$\sigma_t$	8,00	n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	2,93	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor	0,9	
			<b>Leiding voldoet</b>		

*Optredende spanning in langsrichting van de leiding*

$\sigma_x = v * \sigma_p + \alpha A * \sigma_{bx} + \sigma_t$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_x =$	<b>6,24</b>	n/mm <sup>2</sup>			
$v$	0,40	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>7,2</b>	n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$	8,00	n/mm <sup>2</sup>
$\alpha A$	0,65	-	schadefactor	0,9	
$\sigma_{bx}$	9,60	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>		
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>			

#### 4.5 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie

**Project:** Aansluitleiding HDD

##### Toetsing op minimale ringstijfheid SN

SN = E * lw / Dg <sup>3</sup>	100,09	kN/m <sup>2</sup>
E	1200,00	N/mm <sup>2</sup>
E'	300,00	N/mm <sup>2</sup>
lw	26,43	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Dg	68,18	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van PE 100 sdr 11 **0,50** kN.m<sup>2</sup>

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding voldoet!**  
**Toets volbracht met positief resultaat.**

##### Toetsing op implosie: berekening van de toelaatbare alzijdige overdruk

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

p <sub>o, kort</sub> =	1,90643863	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	190,64 m waterkolom
y	1,5	-		
v	0,4	-		

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

p <sub>o, lang</sub> =	0,24	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	23,83 m waterkolom
y	3,00	-		
v	0,40	-		

##### Toets op optredende en toelaatbare deflectie

###### Gelegd gedeelte

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

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

deflectie =	1,04	mm	<b>voldoet</b>
Q = Q <sub>v</sub> + Q <sub>n</sub>	2,27	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>d</sub>	2,87	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>n,h</sub>	1,59	n/mm <sup>1</sup>	
r <sub>g</sub>	34,09	mm	
E	300,00	N/mm <sup>2</sup>	
lw	26,43	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grd	

Toelaatbare deflectie = 0,08 \* De \* schadefactor **5,40** mm

De	75,00	mm
Schadefactor	0,90	-

**Project: Aansluitleiding HDD**

**Geperst gedeelte**

*Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk*

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

deflectie =	1,43	mm	<b>voldoet</b>
Q= Q <sub>v</sub> +Q <sub>n</sub>	3,98	n/mm1	
Q <sub>d</sub>	3,41	n/mm1	
Q <sub>n,h</sub>	2,78	n/mm1	
r <sub>g</sub>	34,09	mm	
E	300,00	0,00	
I <sub>w</sub>	26,43	N/mm2	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grd	

Toelaatbare deflectie = 0,08*De*schadefactor	5,40	mm
--	------	----

De	75,00	mm
Schadefactor	0,90	-

## 4.6 Bepaling K of Z-sprongmethode

Project: **Aansluitleiding HDD**

### Stap 1 bepaling waarde $\alpha$

De waarde  $\alpha$  is naast de verhouding beddingsconstante "open sleuf" - "gelegd geperst" bepalend voor de toe te passen berekeningsmethode. De waarde wordt volgens de volgende formule bepaald:

waarde $\alpha$ aangehouden	1	-
<i>berekende waarde <math>\alpha</math> groter dan 1, kan niet waarde <math>\alpha \Rightarrow 1</math></i>		
a	0,045	
b	0,263	
k1	0,0070	
k2	0,0035	
$A_{\lambda 1x1}$	0,696	
$B_{\lambda 1x1}$	0,320	
$\lambda x$	0,707	
$\lambda x * -1$	-0,707	
$e^{-\lambda x}$	0,493	
$\cos \lambda x$	0,761	
$\sin \lambda x$	0,649	

waarde  $\alpha$  berekend 1,56

$$\alpha = \left( \frac{0,5 * a * A_{\lambda 1x1} + b * B_{\lambda 1x1}}{0,08} \right)^2$$

$\alpha$  = waarde ter bepaling van K-sprong-methode/ Z-sprong-methode

$$a = \frac{\sqrt{\frac{k_2}{k_1}} - \left(\frac{k_2}{k_1}\right)}{1 + \frac{k_2}{k_1} + 2 * \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} + 2 * \left[\left(\frac{k_2}{k_1}\right)^3\right]^{0,25} + 2 * \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{0,25}}$$

$$b = \frac{\frac{k_2}{k_1} + \left[\left(\frac{k_2}{k_1}\right)^3\right]^{0,25}}{1 + \frac{k_2}{k_1} + 2 * \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} + 2 * \left[\left(\frac{k_2}{k_1}\right)^3\right]^{0,25} + 2 * \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{0,25}}$$

$k_1$  = de verticale beddingconstante van het geperste gedeelte in N/mm

$k_2$  = de verticale beddingconstante van het gelegde gedeelte in N/mm<sup>3</sup>

$$A_{\lambda 1x1} = e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \sin \lambda x)$$

$$B_{\lambda 1x1} = e^{-\lambda x} \sin \lambda x$$

$$\lambda_x = \arctg\left(\frac{b}{a+b}\right)$$

### Bepaling benodigde berekeningsmethode k of z- sprong

Verhouding k2/ k1	0,50	
$(fv * k1 * \alpha) / Qp2 =$ toetswaarde	4,65	
fv = fk + 1,5 * zettingsverschil	47,50	mm
fk = uitvoeringszakkingverschil	25,00	mm
zettingsverschil	15,00	mm
qo = Qp2 =	0,07	n/mm2

**Gelet op de verhouding K2/ k1 = 0,50 en toetswaarde = 4,65**  
**volgt een berekening volgens de z-sprong methode**

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

**Project:** Aansluitleiding HDD

### Berekening van de spanning t.g.v.druk

#### Toets leiding dikwandig of dunwandig

Dg	68,18	mm
dn	6,82	mm
Dg/dn	10,00	<b>Dikwandig</b>
$\sigma_p = (r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2) * p_d$	0,00	N/mm <sup>2</sup>

### Berekening van de spanning t.g.v. temperatuurverschil

$\sigma_t = \Delta T * \alpha_g * E$	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Delta T	0	C°
$\alpha_g$	0,00013	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	1200,00	N/mm <sup>2</sup>

### Berekening reroundingfactor frr gelegd gedeelte

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	1,000	-
leiding is drukloos => frr =1,0		
leiding onder druk		nee
frr berekend:		
$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	1,000	
ky =deflectiefactor nen 3650 tabel D.1	0,102	-
Opleghoek leiding	70	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### Berekening reroundingfactor frr geperst gedeelte

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	1,000	-
leiding is drukloos => frr =1,0		
leiding onder druk		
frr berekend:		
$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	1,000	
ky =deflectiefactor nen 3650 tabel D.1	0,089	-
Opleghoek leiding	120	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### 4.8 Uitwerking bepaling verkeersbelasting

Project: **Aansluitleiding HDD**

#### Aanleggegevens leidingdeel gelegd

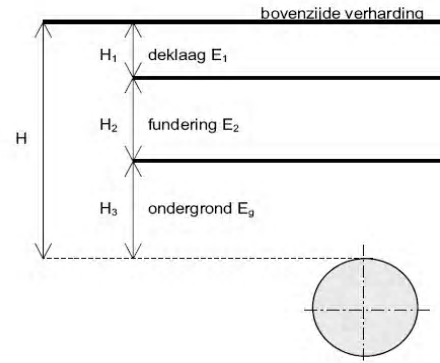
#### Berekening van de verkeersbelasting Qv

Gegevens deklaag (indien van toep.)

Soort deklaag	geen deklaag aanwezig		
Deklaag dikte = H2	0,00	mm	
E-modulus deklaag = E1	1,00	n/mm2	

Gegevens fundering (indien van toep.)

Soort fundering	een fundering aanwezig		
Fundering dikte = H1	0,00	mm	
E-modulus fundering = E2	1,00	n/mm2	
Gegevens grond	0,00		
E-modulus grond = E3	100,00	n/mm2	

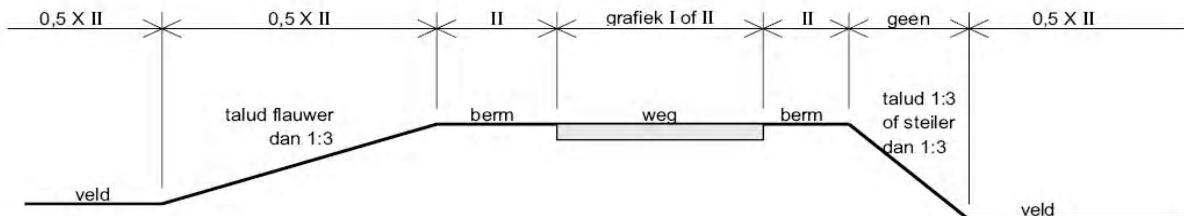


<b>qv</b>	<b>16</b>	<b>N/mm2</b>	<b>moet uit tabel komen</b>
Qv = qv * Do	1,20	N/mm1	

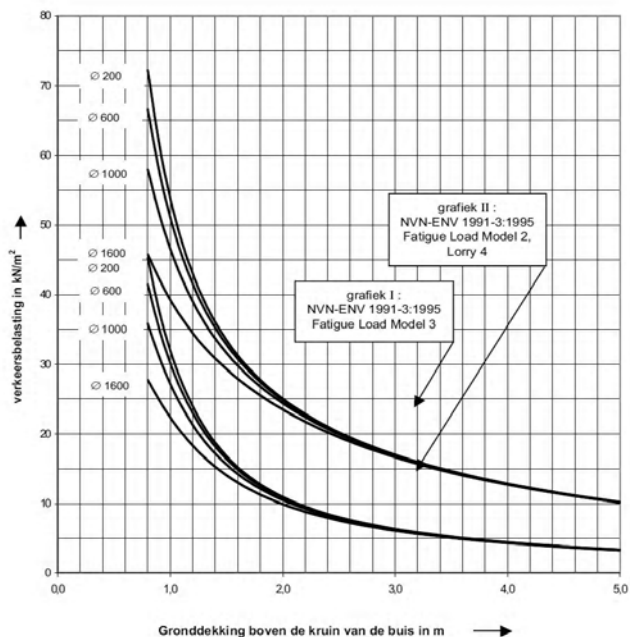
Ontlastende wegdek:

H1eq = 0.9 * H1 * (E1/E3)^1/3	0,00	mm
H2eq = 0.9 * H2 * (E2/E3)^1/3	0,00	mm

Fictieve dekkingshoogte: Heq 1000,00 mm



**qv = 16**





## 4.9 Uitwerking bepaling spanning t.g.v. grondbelasting

Project: **Aansluitleiding HDD**

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

### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

Gelet op toetswaarde geldt:	c	m-	m+	L=c/λx2 in r	
	0,7	4,274	-0,6827	0,6671	247,69133
weg			naast weg		
λx1	0,003360816		λx2	0,0028261	
Do	75	mm	Do	75	
kv1	0,007	N/mm3	kv2	0,0035	N/mm3
E	1200	N/mm2	E	1200	N/mm2
Ib	857312,484	mm4	Ib	857312,48	mm4
fv 1e en 2e jaar	25	mm			
fv na 2 jaar	47,5	mm			
Qp	5,3625	n/mm1			

### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

Geperst gedeelte		Open sleuf gedeelte			
Qd=2,4*L*λx1/n	3,41	n/mm1	Qd=2,4*L*λx1/n	2,87	n/mm1

### Vergelijking bovenlastingen met evenwichtsdragvermogen

Open sleuf gedeelte			Geperst gedeelte		
Qn	1,07	N/mm1	Qn	3,88	N/mm1
Qv	1,20	N/mm1	Qv	0,10	N/mm1
Qd	2,87	N/mm1	Qd	3,41	N/mm1
Som	<b>5,14</b>	N/mm1	Som	<b>7,39</b>	N/mm1
Pwe	26,54	n/mm1		26,93	n/mm1
	<b>geen aanpassing Qd</b>			<b>geen aanpassing g Qd</b>	
Qd gelegd	2,87	N/mm1	Qd geperst	3,41	N/mm1

### Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen

Open sleuf gedeelte			Geperst gedeelte		
Horizontale steundruk	ja		Horizontale steundruk	ja	
1-sin y	0,70		1-sin y	0,70	
y	18		y	18	
Moment tgv Qn en Qv			Moment tgv Qn en Qv		
Mq = Kb *(1-siny)* (Qn + Qv) * rg	9,64	Nmm/mm1	Mq = Kb *(1-siny)* (Qn + Qv) * rg	13,08	Nmm/mm1
<b>Kb</b>	<b>0,178</b>	-	<b>Kb</b>	<b>0,138</b>	-
rg	34,09	mm	rg	34,09	mm



**Project:** Aansluitleiding HDD

<i>Open sleuf gedeelte</i>			<i>Geperst gedeelte</i>		
<i>Moment tgv Qd</i>			<i>Moment tgv Qd</i>		
$M_{qd} = K_{b,ind} * Q_d * r_g$	11,93	Nmm/mm1	$M_{qd} = K_{b,ind} * Q_d * r_g$	9,65	Nmm/mm1
Kbind	0,122	-	Kbind	0,083	-
rg	34,09	mm	rg	34,09	mm

*Spanning ten gevolge van Mq en Mqd*

<i>Open sleuf gedeelte</i>			<i>Geperst gedeelte</i>		
<i><math>\sigma_q = f_{rr} * (M_q + M_{qd}) / W_w</math></i>			<i><math>\sigma_q = f_{rr} * (M_q + M_{qd}) / W_w</math></i>		
$\sigma_q = f_{rr} * (M_q + M_{qd}) / W_w$	2,78	N/mm2	$\sigma_q = f_{rr} * (M_q + M_{qd}) / W_w$	2,93	N/mm2
frr	1,00	-	frr	1,00	-
Ww	7,75	mm3/mm1	Ww	7,75	mm3/mm1

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakingsverschil f v**

*Open sleuf gedeelte*

$\sigma_{bx} = m^- * q_0 * De * L^2 / W_b$	9,8245111	N/mm2
m-	-0,6827	N/mm2
q0	0,0715	N/mm3
De	75	mm
L	247,69133	mm
Wb	22861,666	mm3

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakingsverschil f v**

*Geperst gedeelte*

$\sigma_{bx} = m^+ * q_0 * De * L^2 / W_b$	9,6000166	N/mm2
m+	0,6671	N/mm2
q0	0,0715	N/mm3
De	75	mm
L	247,69133	mm
Wb	22861,666	mm3

## 4.10 Uitwerking correctiefactoren bocht

**Project:** Aansluitleiding HDD

### Berekening vervangende bocht en correctie factoren

dn,bocht	6,82	mm
R bocht	3000	mm
rgb	34,09	mm
pd	0	N/mm <sup>2</sup>
E korte duur axiaal	1200,00	N/mm <sup>2</sup>
$h = dn,b * R / rg,b^2$	17,60563229	-
$k = 1.65 / h$	0,093720008	-
$ix = 0.9 / h(2/3)$	0,132986664	<b>ix kan niet kleiner dan 1 zijn, dus ix is 1,0</b>
ix =	1	-
$iy = 2 * ix$	0,265973328	-
$c2 = 1 + 3.25 * (pd/E) * (rg,b/dn,b)(5/2) * (R/rg,b)(2/3)$		
C2=	1	-
$ixp = ix / c2$	0,132986664	<b>ixp kan niet kleiner dan 1 zijn, dus ixp is 1,0</b>
ixp=	1	-
$iyp = 2 * \text{oorspronkelijke } ixp$	0,265973328	-
ix =	1	<i>als stress-intensificationfactor van de bocht</i>
ixp =	1	<i>als stress-intensificationfactor van de bocht</i>
iy =	0,265973328	<i>als stress-intensificationfactor van de bocht</i>
iyp =	0,265973328	<i>als stress-intensificationfactor van de bocht</i>



Pottuijt Pipeline Consulting

Pottuijt Pipeline Consulting

## **Bijlage 1 Grondrapport**

Beste heer Potuijt,

Graag een berekening voor 1 leiding (de tekening voor leiding 2 is nog niet gereed).

> - Materiaal gegevens => soort, kwaliteit, wanddikte, diameter inwendig of uitwendig (deze gegevens kunnen ook door ons worden berekend).

**PE100 SDR17,6 uitwendige diameter=75mm**

>

> - Mediumgegevens (vloeistof, gas of drukloos + eventueel bedrijfsdruk).

**Drukloze mantelbuis**

> - Grondgegevens onder en boven de leiding.

**beide klei, over de gehele lengte van de boring**

> - Gegevens van de grondwaterstand(en).

**zie profiel**

> - Boorprofiel (gemaatvoerd) waarop is aangegeven => intrede en uittrede hoek, lengte rechte delen en lengte en boogstralen van bochten.

**zie profiel**

> - Uitleg leiding op rollenbaan of maaiveld?

**maaiveld**

> - Gegevens rondom eventueel aanwezige verkeersbelasting (soort weg: fietspad, landweg, weg bebouwde kom, provinciale weg of snelweg).

**3x landweg, zie tekening**

Met vriendelijke groeten,

Hans Verschuuring  
Projectleider werktuigbouw  
VGB NL

Beste heer Pottuit,

Dank u voor de snelle toezending van de berekening.

Na ons overleg met het waterschap blijkt dat wij een extra berekening nodig hebben voor de aansluiting van de gegraven leiding met de boring.

Bij deze verlenen wij de opdracht om bovenstaande opdracht uit te voeren.

Wij willen de gegraven leiding ook uitvoeren met het door u geadviseerde materiaal PE 100 SDR11.

De dekking=1,00m., grondwaterstand tov. maaiveld=0,6m. (zie rechterkant profiel).

De grondslag is hier ook klei, er is geen verkeer aanwezig.

Mvg,

Hans Verschuuring

Projectleider werktuigbouw

VGB NL



Pottuijt Pipeline Consulting

Pottuijt Pipeline Consulting

**Bijlage 2 Tekening(en)**

