

## Testretourleiding en zuigleiding Handelskade te Gorinchem

Opdrachtgever   Qualm  
Project            Testretourleiding en zuigleiding Handelskade te Gorinchem  
Datum             25-sep-07

### **Pottuijt Pipeline Consulting**

Sportlaan 16

1185 TC Amstelveen

T + 020 441 55 62

F+ 084 83 85 706

Email            [info@ppcleidingadvies.com](mailto:info@ppcleidingadvies.com)

Website         [www.ppcleidingadvies.com](http://www.ppcleidingadvies.com)

kvknr.          34 27 11 94

## Inhoudsopgave

Inleiding		page 2 of 93
Z1	Aansluiting zuigleiding op pompstation	Z1 - 1
Z2	Aansluiting zuigleiding op waterinlaat	Z2 - 1
Z3	Onder weg zuigleiding	Z3 - 1
T1	Aansluiting testretourleiding op pompstation	T1 - 1
T2	Schuine leidingdeel omhoog vlak voor weg	T2 - 1
T3	Onder weg testretourleiding	T3 - 1
Advies rondom stalen damwand		page 93 of 93

**Bijlage 1 Grondrapport**  
**Bijlage 2 Tekening(en)**

## Inleiding

De in dit rapport opgenomen berekening is gemaakt voor Qualm.

Momenteel is Qualm bezig met de voorbereiding van de aanleg van een zuigleiding en testretourleiding onder de Handelskade te Gorinchem.

De niet onderheide leidingen worden middels een open sleuftechniek trekvast aangelegd. Beide leidingen sluiten aan op een onderheid pompstation. Waarbij de zuigleiding richting een onderheide waterinlaat loopt en daarop aansluit en waarbij de testretourleiding ook richting de waterinlaat toeloopt maar er vlak voor afbuigt en eindigt in het Merwedekanaal.

De leidingen worden aangebracht met een buismateriaal/ kwaliteit van Nodulair gij EN-545.

Aangezien beide leiding door de waterkering onder de Handelskade doorlopen moeten zij getoetst worden aan de NEN-normen 3650 en 3651.

Om aan te tonen dat de leidingen voldoen qua sterkte en deflectie, zijn de leidingen middels sterkteberekeningen getoetst aan de NEN- normen 3650 en 3651. Het leidingverloop van beide leiding is daarbij op een aantal kritische plekken bekeken. Daarbij zijn de volgende punten nader belicht:

- volgen leiding uitvoeringszakking en zettingen
- sterkte van leiding
- deflectie

Op de volgende locaties zijn de leidingen op bovengenoemde punten bekeken:

- nabij aansluiting zuigleiding op pompstation => Z1
- nabij aansluiting zuigleiding op waterinlaat => Z2
- onder weg zuigleiding (max. dekking) => Z3
- nabij aansluiting testretourleiding op pompstation => T1
- schuine leidingdeel omhoog vlak voor weg => T2<sup>#1</sup>
- onder weg testretourleiding (max. zakking) =T3

In de bijlage "tekeningen" is op de doorsnede tekening aangegeven waar de locaties zich bevinden.

#1) alleen bekeken op volgen zakking

De berekeningen zijn volgens de "vereenvoudigde" methode berekend. 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 berekeningen. Hierbij komen de belangrijkste conclusies en uitgangspunten aanbod.

<b>Inhoudsopgave</b>	Z1 - 1
1. Volgen uitvoeringzakking	Z1 - 2
2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening	Z1 - 4
2.1 Toelaatbare spanning	Z1 - 4
2.2 Toets op deflectie	Z1 - 6
2.3 Toetsing op implosie	Z1 - 6
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid	Z1 - 6
3. Uitgangspunten	Z1 - 7
3.1 Leidinggegevens	Z1 - 7
3.2 Grondgegevens	Z1 - 7
3.3 Ontwerpgegevens	Z1 - 7
4. Sterkteberekening	Z1 - 8
4.1 Projectgegevens	Z1 - 8
4.2 Grondgegevens (belastingen)	Z1 - 10
4.3 Toets spanning	Z1 - 13
4.4 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	Z1 - 14
4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen	Z1 - 15
4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting	Z1 - 16
4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting	Z1 - 17

## Z1 Berekening “aansluiting zuigleiding op pompstation”

### 1. Volgen uitvoeringszakking

Bij de aansluiting van de zuigleiding op het pompstation ontstaat door de aanleg middels een open sleuf een discontinue zakking. Het gedeelte van leiding in de open sleuf is onderhevig aan de uitvoeringszakking die optreedt, terwijl de aansluiting op de onderheide constructie dit niet is.

Doordat de zuigleiding middels een (ingestorte) mof/spie verbinding aansluit op het pompstation kan de leiding ter plekke scharnieren en functioneren als een soort pendelstuk. De leiding moet hierbij de volgende maximaal te verwachten zakking/ zetting kunnen volgen:

- uitvoeringszakking: 51 mm
- zetting: 15 mm

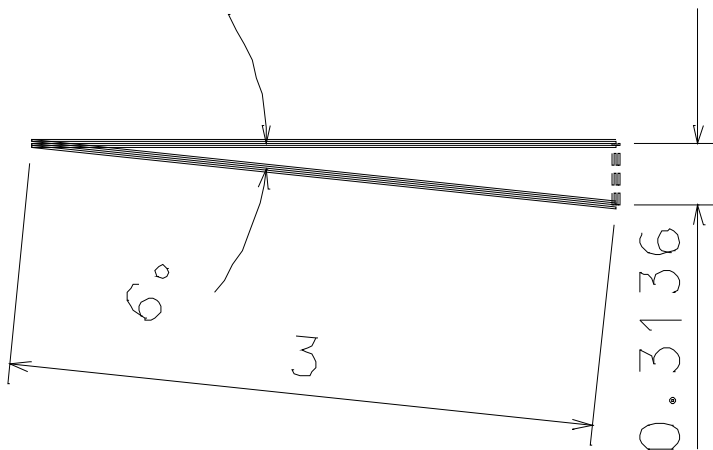
Bepaald bij uitgangspunten:

- leiding aangelegd in klei
- sleuf onverdicht
- sleuf breedte type c
- leiding diameter 326 mm

Belangrijk is om te bekijken of het eerste buissegment na de aansluiting op het pompstation, middels de scharnierende werking van de mof/spie verbinding, deze zakking kan opvangen. Indien dit het geval is, is er geen sprake van wederzijdse beïnvloeding van de buissegmenten op elkaar. De optredende momenten verlopen dan niet over meerdere buissegmenten, hetgeen een randvoorwaarde is om het geheel vereenvoudigd te kunnen bekijken.

De eerste buis na de aansluiting op het pompstation is 3000 mm lang en kan rekeninghoudend met de door de fabrikant opgegeven maximale hoekverdraaiing, 6 graden verdraaien.

Dit levert een maximaal op te vangen zakking/ zetting op van ca. 300 mm.



*Te verwachten hoekverdraaiing in mof-spie verbinding*

Ter plaatse van de aansluiting wordt een zakking/ zetting verwacht van totaal  $15 + 51 = 66$  mm. Het eerste buissegment na de aansluiting kan deze zakking geheel volgen en opvangen zonder dat daarbij de maximale hoekverdraaiing wordt overschreden. De te verwachten hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding zal hierbij 1,3 graden groot zijn ( $\sin a = 66 \text{ mm} / 3000 \text{ mm}$ ).

*Conclusie*

De eerste buis na de aansluiting op het pompstation kan bij een hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding van 1,3 graden, de optredende zakking/ zetting opvangen. Dit heeft als gevolg dat de aansluitende buizen de discontinue zakking niet hoeven op te vangen. Het eerste buissegment vangt als enig segment de discontinue zakking op en is daardoor qua sterkte maatgevend.

Het buissegment is in de volgende hoofdstukken berekend en getoetst conform de Nen 3650 & 3651. Aangezien bij deze aansluiting sprake is van een discontinue zakking, is er voor gekozen de berekening van de situatie volgens de gelegd/geperst-methode uit te voeren.

***Nb: in de berekeningen wordt met het “geboord/ geperst” gedeelte de aansluiting van de leiding op de onderheide constructie bedoeld. Met het open sleuf gedeelte wordt het leidingdeel van de leiding direct na de aansluiting op de onderheide constructie bedoeld.***

## 2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening

### 2.1 Toelaatbare spanning

De maximaal optredende spanning voor de leiding is bepaald voor de periode gedurende het 1e en 2e jaar als de periode na 2 jaar.

De spanning is getest aan de maximaal toelaatbare spanning geldend voor het gekozen leidingmateriaal/kwaliteit: Nodulair gij EN-545

#### **Toets spanning " open sleuf" gedurende het 1e en 2e jaar**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens 1e en 2e jaar: 13,98 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &&& 0,85 \end{aligned}$$

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens 1e en 2e jaar: 75,73 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &&& 0,85 \end{aligned}$$

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

#### **Toets spanning " open sleuf" na 2 jaar**

Voor de gebruiksfase zijn zowel de spanningen in langsrichting als in omtreksrichting na 2 jaar bepaald en gecontroleerd aan de maximaal toelaatbare spanning.

Maximaal optredende spanning in langsrichting na 2 jaar: 19,51 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &&& 0,85 \end{aligned}$$

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 47,72 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &0,85 && \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

### **Toets ideële spanning "gedeelte gelegd"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideeel optredende spanning gelegd gedeelte 59,91 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 301,48 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &354,7 \text{ n/mm}^2 && = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \text{ waarbij Re0} = \text{warmrekgrens } 120 \text{ grd} \\ \text{schadefact} &0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het gelegde gedeelte.

### **Toets ideële spanning "gedeelte geperst"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideeel optredende spanning geperst gedeelte 127,2 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= && 301,5 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &354,7 \text{ n/mm}^2 && = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \text{ waarbij Re0} = \text{warmrekgrens } 120 \\ \text{schadefact} &0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het geperste gedeelte.



## 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.

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      0,97 mm.

Toelaatbare deflectie voor leiding      22,17 mm.      8,313 mm      voor gecementeerde leidingen

### **Conclusie**

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

## 2.3 Toetsing op implosie

Kunstofleidingen moeten indien er sprake kan zijn van inwendige onderdruk of uitwendige overdruk (bv. 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).

### **Implosie**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom boven de buis meer dan 89,61 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:      0,00 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:      Toets niet vereist kN.m2 (Nodulair gij EN-545)

De berekende ringstijfheid van de leiding betreft:      103,2 kN/m2

### **Conclusie**

Toets is niet uitgevoerd, aangezien de toets overbodig is bij gekozen materiaal.

### 3 Uitgangspunten

#### 3.1 Leidinggegevens

Binnen dit project wordt een leiding toegepast van het materiaal: nodulair gietijzer  
met een materiaalkwaliteit: Nodulair gij EN-545

De diameter is aangehouden op 326 mm en de wanddikte bedraagt 6,2 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
Open sleuf	klei vast	klei vast

#### 3.3 Ontwerpgegevens

##### Druk

Bij de berekening wordt rekening gehouden met een inwendige druk van maximaal  
= 2 bar.

0,2 n/mm<sup>2</sup>,

##### Bocht

In de berekening is voor het open sleuf gedeelt geen bocht aangehouden.

Bochtstraal = 0 m

Wanddikte = 0 mm

##### Dekking

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een dekking maximaal:

tracé deel	dekking in m
Open sleuf	1,49

##### Temperatuur

Als temperatuursvariatie is bij de berekening aangehouden:

0 °C

##### Verkeer

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

tracé deel	boven leiding
Open sleuf	grafiek2x0,5

##### Schadefactor

De schadefactor is voor de berekening vastgesteld op

0,85

## 4.1 Projectgegevens

**Opdrachtgever**

**Project:**

**Qualm**

Aansluiting zuigleiding op pompstation

### Afmetingen van de leidingen

Uitwendige middellijn	326,00	De
Wanddikte	6,20	dn
Dikte bekleding	0,00	e

### Bocht in leiding

	nee	
Bochtstraal	0,00	R
Wanddikte bocht	0,00	dnb

### Procescondities

Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0,2	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa 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>	gebied klein stedelijk
	/dorpsbebouwing/ weinig industrie
Schadefactor	0,85

### Toets toegestaan vereenvoudigd berekeningen

Voor vloeistofleidingen geldt:  $H_3 * D_i^5$  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:

$$H = \frac{pd}{r * g} = 20,39 \text{ m}$$

$$H_3 * D_i^5 = 25,70 \text{ m}^8$$

### Berekeningsmethode toegestaan

<b>Verkeersklasse</b>	grafiek2x0,5	grafiek
Verkeersbelasting	6,63	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		
Soort deklaag	<b>klinkers</b>	
Deklaag dikte	100,00	mm
E-modulus deklaag	500,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		
Soort fundering	<b>zandcement</b>	
Fundering dikte	300,00	mm
E-modulus fundering	1000,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens grond</i>		
E-modulus grond	100,00	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fictieve dekkingshoogte: Heq</b>	<b>1742,59</b>	<b>mm</b>

**Project: Aansluiting zuigleiding op pompstation**

<b>Materiaal soort</b>	<b>Nodulair gij EN-545</b>		
Lange-duurtreksterkte	216,00	N/mm2	MRS
Materiaalfactor	1,00		°_M
Toelaatbare lange duur spanning tang	216,00	N/mm2	$\sigma$
Toelaatbare lange duur spanning axiaal	216,00	N/mm2	$\sigma$
Elasticiteitsmodulus korte duur tang	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus lange duur	170000,00	N/mm2	E'
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000012	(mm/mm).K-1	ag
Alfa Tangentieel	0,55		aT
Alfa Axiaal	0,75		aA
Constante van Poisson	0,28		v

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei vast		
Grondsoort boven leiding	klei vast		
horizontale steundruk	nee		
Z leidingas t.o.v. NAP	-1650	mm	
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm	
Z GWS t.o.v. NAP	-2500	mm	
Dekking	1487	mm	
Sleufbreedte op buisasniveau	1000	mm	
Aanvulling (on)verdicht	onverdicht		
Opleghoek leiding	70,00	grd	
Belasting hoek grondkolom	180,00	grd	
uitvoeringszakkingverschil	51	mm	
zetting	15	mm	
soort sleuf	open droge sleuf		
-			

**1. Eigenschappen van de leiding**

Inwendige middellijn	313,60	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$
Gemiddelde middellijn	319,80	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$
Uitw. middellijn+bekleding	326,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$
Uitwendige straal	163,00	mm	$r_u = D_e / 2$
Inwendige straal	156,80	mm	$r_i = D_i / 2$
Gemiddelde straal	159,90	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$
Traagheidsmoment buis	79661807,62	mm <sup>4</sup>	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \rho / 64$
Weerstandsmoment buis	488722,75	mm <sup>3</sup>	$W_b = I_b / r_u$
Wandtraagheidsmoment	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	$I_w = d_n^3 / 12$
Wandweerstandsmoment	6,41	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	$W_w = d_n^2 / 6$

## 4.2 Grondgegevens (belastingen)

**Project:** Aansluiting zuigleiding op pompstation

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

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

### Aanleggegevens

	AX-LP	0
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-1650
Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-1487
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-2500
Sleufbreedte op buisasniveau	mm	1000
Grondsoort onder de leiding		klei vast
Grondsoort boven en naast de leiding		klei vast
verdichting		onverdicht
Dekking (mm)	mm	1487
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	1487
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	0

### Grondgegevens

Elasticiteitsmodulus grond $E_{100}$ (N/mm <sup>2</sup> )		4,000
Elasticiteitsmodulus grond $E_1$ (N/mm <sup>2</sup> )		4,000
Verticale grondspanning onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,031
E grond		1,254
Gamma nat grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-05
Gamma nat grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-05
Gamma droog grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-05
Gamma droog grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-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> )		0,1000
$C_u$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,1000
$C'$ onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0250
$C'$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0250
Uitw. diameter isolatie (mm)		326,0
Uitw. diameter leiding (mm)		326,0
<b>LAMBDA mm-1</b>		0,00043
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qn	<b>0,02825</b>
<b>SOILNB</b>		
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>1</sup>)</b>	Qn	<b>10,13</b>
<b>SOILNB</b>		

**Project:** Aansluiting zuigleiding op pompstation

fm		0,3
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
RVT	qk	<b>0,067</b>
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>1</sup>)</b>		
RVT	Qk	<b>23,996</b>
$\sigma_k$ buis		0,031
(H + D/2)/D		5,06
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>		
RH		<b>1,815</b>
d <sub>c</sub>		0,550
dy		1
Sy		0,96
Nq		5,0085
Ny		1,8958
dq		1,424
Sq		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,686</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>223,725</b>
D <sub>o</sub> (m)		0,326
E (Mpa)		4,000
H (m)		1,487
<b>z<sub>max</sub> (m)</b>		<b>4,77E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omhoog</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLT</b>		<b>0,008</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv min	<b>5,700E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv gem	<b>8,600E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>1,316E-05</b>

**Project:****Aansluiting zuigleiding op pompstation**

$y_{max}$			70,69
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>KLH</b>	Kh		<b>0,132</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> )			0,031
Delta (graden)			11,7
a (N/mm <sup>2</sup> )			0
<b>WRIJVING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>F</b>	F	<b>0,005</b>
<b>WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm)</b>			
<b>UF</b>	UF		<b>4</b>
mu			0,075
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qr		23,99555543
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	Qr		<b>0,0669</b>
Zmax			0,0048

### 4.3 Toets spanning

**Project: Aansluiting zuigleiding op pompstation**

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende 1e en 2e jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p) * \sigma_q)$	Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>75,73</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	128,32	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor 0,85
$i_y(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	16,72	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>13,98</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor 0,85
$i_x(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	16,72	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende na 2 jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p) * \sigma_q)$	Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>47,72</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	77,39	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor 0,85
$i_y(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	24,09	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>19,51</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor 0,85
$i_x(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	24,09	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	

#### **Optredende ideël spanning**

$\sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x)$	59,91	n/mm <sup>2</sup>	$Re_0 = 270$ n/mm <sup>2</sup> warmrekgrens 120 grd
Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor} = 0,85 (Re + Re_0) / 1,1 * \text{schadefactor}$			

Toetl. Spanning	354,68	n/mm <sup>2</sup>	
Leiding deel			<b>Leiding voldoet</b>



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

**Project:** Aansluiting zuigleiding op pompstation

##### Toetsing op minimale ringstijfheid SN

$SN = E * I_w / Dg^3$	103,23	kN/m <sup>2</sup>
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
E'	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
I <sub>w</sub>	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Dg	319,80	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van  $\gamma$  dulaire gij EN- $\epsilon$  **Toets niet vereist** kN.m<sup>2</sup>

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding klopt niet/ of gekozen materiaal kan niet worden getoetst**  
**Toets volbracht met positief resultaat.**

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

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

$p_{o,kort} =$	1,79219344	N/mm <sup>2</sup>	dat betekent bestand tegen	179,22 m waterkolom
$\gamma$	1,5	-		
v	0,28	-		

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

$p_{o, lang} =$	0,90	N/mm <sup>2</sup>	dat betekent bestand tegen	89,61 m waterkolom
$\gamma$	3,00	-		
v	0,28	-		

##### Toets op optredende en toelaatbare deflectie

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

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

deflectie =	0,97	mm	<b>voldoet</b>
Q = Q <sub>v</sub> + Q <sub>n</sub>	12,29	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>d</sub>	8,74	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>n,h</sub>	8,60	n/mm <sup>1</sup>	
r <sub>g</sub>	159,90	mm	
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>	
I <sub>w</sub>	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grad	

Toelaatbare deflectie = 0,08 \* D<sub>e</sub> \* schadefactor 22,17 mm

D <sub>e</sub>	326,00	mm
Schadefactor	0,85	-

#### 4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen

**Project:** Aansluiting zuigleiding op pompstation

##### Toets leiding dikwandig of dunwandig

Dg	319,8	mm
dn	6,2	mm
Dg/dn	51,58	<b>Dunwandig</b>
$\sigma = (D_e - d_n) / (2 * d_n) * p_d$	5,16	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°
$\alpha_g$	0,0000115	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	170000,00	N/mm <sup>2</sup>

##### Berekening reroundingfactor frr

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,953	-
frr berekend mag worden toegepast		
leiding onder druk		ja
frr berekend:		
$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,953	
$k_y = \text{deflectiefactor nen 3650 tabel D.1}$	0,102	-
Opleghoek leiding	70	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### 4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting

**Project:** Aansluiting zuigleiding op pompstation

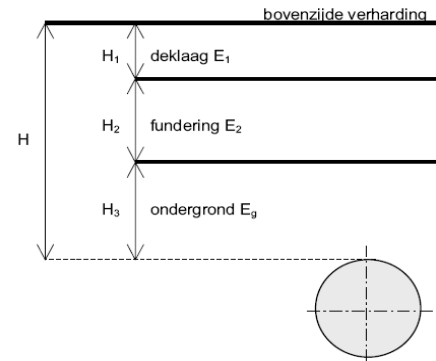
#### Berekening van de verkeersbelasting Qv

Gegevens deklaag (indien van toep.)

Soort deklaag	klinkers		
Deklaag dikte = H2	100,00	mm	
E-modulus deklaag = E1	500,00	n/mm2	

Gegevens fundering (indien van toep.)

Soort fundering	zandcement		
Fundering dikte = H1	300,00	mm	
E-modulus fundering = E2	1000,00	n/mm2	
Gegevens grond	0,00		
E-modulus grond = E3	100,00	n/mm2	

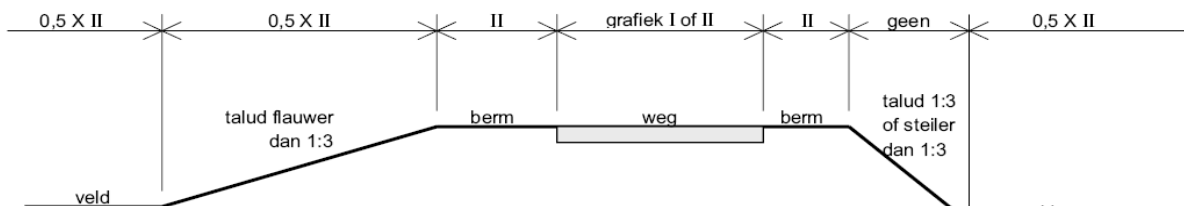


<b>qv</b>	<b>6,625</b>	<b>N/mm2</b>
Qv = qv*Do	2,16	N/mm1

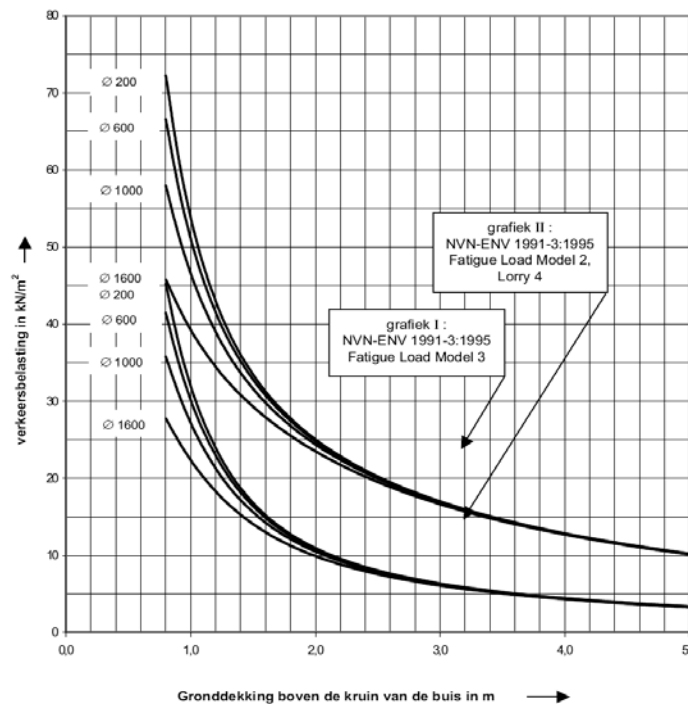
Ontlastende wegdek:

H1eq = 0.9*H1*(E1/E3)^1/3	461,69	mm
H2eq = 0.9*H2*(E2/E3)^1/3	193,90	mm

Fictieve dekingshoogte: Heq 1742,59 mm



**qv = 6,625**



#### 4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting

Project: Aansluiting zuigleiding op pompstation

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

$\lambda$	0,000477		L	41931,53	mm
Do	326,00	mm	$\lambda = \lambda * L$	20,00	
fv 1e en 2e jaar	51,00	mm	AZ	0,03402985	
fv na 2 jaar	73,50	mm	BZ	0,00054776	
kv	0,0086	N/mm3	Cz	0,02134328	
E	170000,00	N/mm2	lb	89,33	%
lb	79661807,62	mm4			

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_0 \times k_v}{4E \times I_b}}$$

$$L = 10 \times \sqrt[4]{4 \times E \times I_b / D_0 \times k_v}$$

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

###### Na 1e en 2e Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{gem} \quad 0,078321 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 6,06 \quad \text{N/mm1}$$

###### Na 2 Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{ger} \quad 0,11287 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 8,74 \quad \text{N/mm1}$$

##### Vergelijking bovenlastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar

Qk	24,00	N/mm1
Qv	2,16	N/mm1
Qd	6,06	N/mm1
Som	<b>32,22</b>	N/mm1

Situatie na 2 jaar

Qn	10,13	N/mm1
Qv	2,16	N/mm1
Qd	8,74	N/mm1
Som	<b>21,03</b>	N/mm1

$$Pwe \quad 223,73 \quad \text{n/mm1} \quad 223,73 \quad \text{n/mm1}$$

*geen  
aanpassing*

**Qd**

$$Qd \text{ 1e en 2e jaar} \quad 6,06 \quad \text{N/mm1}$$

*geen  
aanpassing*

**Qd**

$$Qd \text{ na 2 jaar} \quad 8,74 \quad \text{N/mm1}$$

##### Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Horizontale steundruk	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
Moment tgv Qk en Qv			Moment tgv Qd		
$Mq = Kb * (Qk + Qv) * rg$	744,44	Nmm/mm1	$Mqd = Kb, \text{ind} * Qd * rg$	118,28	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm

##### Spanning ten gevolge van Mq en Mqd

$\sigma_q = \text{fr} * (Mq + Mqd) / Ww$	128,32	N/mm2
fr	0,95	-
Ww	6,41	mm3/mm1

**Project:** Aansluiting zuigleiding op pompstation

**Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)**

<i>Horizontale steundruk</i>	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
<i>Moment tgv Qn en Qv</i>			<i>Moment tgv Qd</i>		
$Mq = Kb * (Qn + Qv) * rg$	349,84	Nmm/mm1	$Mqd = Kb,ind * Qd * rg$	170,47	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm
<i>Spanning ten gevolge van Mq en Mqd</i>					
$\sigma q = frr * (Mq + Mqd) / Ww$	77,39	N/mm2			
frr	0,95				
Ww	6,41	mm3/mm1			

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

$\sigma bx = Cz * fv * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$	16,72	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0086	N/mm3
dn	6,20	mm

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakkingsverschil f v+ zettingsverschil fz**

$\sigma bx = Cz * (fv + 1,5 * fv) * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$		
$\sigma bx =$	24,09	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0086	N/mm3
dn	6,20	mm

<b>Inhoudsopgave</b>	Z2 - 1
1. Volgen uitvoeringzakking	Z2 - 2
2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening	Z2 - 4
2.1 Toelaatbare spanning	Z2 - 4
2.2 Toets op deflectie	Z2 - 6
2.3 Toetsing op implosie	Z2 - 6
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid	Z2 - 6
3. Uitgangspunten	Z2 - 7
3.1 Leidinggegevens	Z2 - 7
3.2 Grondgegevens	Z2 - 7
3.3 Ontwerpgegevens	Z2 - 7
4. Sterkteberekening	Z2 - 8
4.1 Projectgegevens	Z2 - 8
4.2 Grondgegevens (belastingen)	Z2 - 10
4.3 Toets spanning	Z2 - 13
4.4 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	Z2 - 14
4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen	Z2 - 15
4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting	Z2 - 16
4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting	Z2 - 17

## Z2 Berekening “aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie”

### 1. Volgen uitvoeringszakking

Bij de aansluiting van de zuigleiding op de inlaatconstructie ontstaat door de aanleg middels een open sleuf een discontinue zakking. Het gedeelte van leiding in de open sleuf is onderhevig aan de uitvoeringszakking die optreedt, terwijl de aansluiting op de onderheide constructie dit niet is.

Doordat de zuigleiding middels een (ingestorte) mof/spie verbinding aansluit op de inlaatconstructie kan de leiding ter plekke scharnieren en functioneren als een soort pendelstuk. De leiding moet hierbij de volgende maximaal te verwachten zakking/ zetting kunnen volgen:

- uitvoeringszakking: 51 mm
- zetting: 15 mm

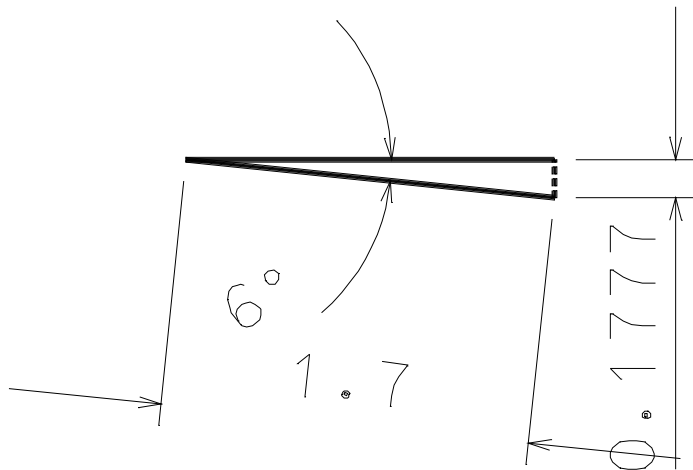
Bepaald bij uitgangspunten:

- leiding aangelegd in klei
- sleuf onverdicht
- sleuf breedte type c
- leiding diameter 326 mm

Belangrijk is om te bekijken of het eerste buissegment na de aansluiting op de inlaatconstructie, middels de scharnierende werking van de mof/spie verbinding, deze zakking kan opvangen. Indien dit het geval is, is er geen sprake van wederzijdse beïnvloeding van de buissegmenten op elkaar. De optredende momenten verlopen dan niet over meerdere buissegmenten, hetgeen een randvoorwaarde is om het geheel vereenvoudigd te kunnen bekijken.

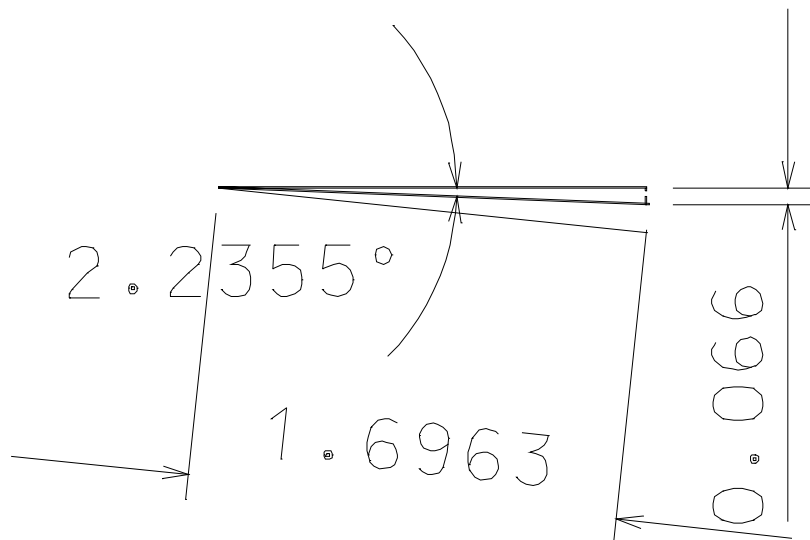
De eerste buis na de aansluiting op de inlaatconstructie is ca. 1700 mm lang en kan rekeninghoudend met de door de fabrikant opgegeven maximale hoekverdraaiing, 6 graden verdraaien.

Dit levert een maximaal op te vangen zakking/ zetting op van ca. 170 mm.



*Te verwachten hoekverdraaiing in mof-spie verbinding*

Ter plaatse van de aansluiting wordt een zakking/ zetting verwacht van totaal  $15 + 51 = 66$  mm. Het eerste buissegment na de aansluiting kan deze zakking geheel volgen en opvangen zonder dat daarbij de maximale hoekverdraaiing wordt overschreden. De te verwachten hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding zal hierbij 2,23 graden groot zijn ( $\sin a = 66 \text{ mm} / 1700 \text{ mm}$ ).

*Conclusie*

De eerste buis na de aansluiting op de inlaatconstructie kan bij een hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding van 2,23 graden, de optredende zakking/ zetting opvangen. Dit heeft als gevolg dat de aansluitende buizen de discontinue zakking niet hoeven op te vangen. Het eerste buissegment vangt als enig segment de discontinue zakking op en wordt hierdoor qua sterkte maatgevend. Het buissegment is in de volgende hoofdstukken berekend en getoetst conform de Nen 3650 & 3651. Aangezien bij deze aansluiting sprake is van een discontinue zakking, is er voor gekozen de berekening van de situatie volgens de gelegd/geperst-methode uit te voeren.

**Nb: in de berekeningen wordt met het "geboord/ geperst" gedeelte de aansluiting van de leiding op de onderheide constructie bedoeld. Met het open sleuf gedeelte wordt het leidingdeel van de leiding direct na de aansluiting op de onderheide constructie bedoeld.**



## 2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening

### 2.1 Toelaatbare spanning

De maximaal optredende spanning voor de leiding is bepaald voor de periode gedurende het 1e en 2e jaar als de periode na 2 jaar.

De spanning is getest aan de maximaal toelaatbare spanning geldend voor het gekozen leidingmateriaal/kwaliteit: Nodulair gij EN-545

#### **Toets spanning " open sleuf" gedurende het 1e en 2e jaar**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens 1e en 2e jaar: 13,98 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens 1e en 2e jaar: 179,29 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

#### **Toets spanning " open sleuf" na 2 jaar**

Voor de gebruiksfase zijn zowel de spanningen in langsrichting als in omtreksrichting na 2 jaar bepaald en gecontroleerd aan de maximaal toelaatbare spanning.

Maximaal optredende spanning in langsrichting na 2 jaar: 19,51 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 64,48 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &0,85 && \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

### **Toets ideële spanning "gedeelte gelegd"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideele optredende spanning gelegd gedeelte 76,14 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 301,48 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &354,7 \text{ n/mm}^2 && = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \text{ waarbij Re0} = \text{warmrekgrens } 120 \text{ grd} \\ \text{schadefact} &0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het gelegde gedeelte.

### **Toets ideële spanning "gedeelte geperst"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideele optredende spanning geperst gedeelte 127,2 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= && 301,5 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &354,7 \text{ n/mm}^2 && = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \text{ waarbij Re0} = \text{warmrekgrens } 120 \\ \text{schadefact} &0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het geperste gedeelte.

## 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.

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            1,24 mm.

Toelaatbare deflectie voor leiding    22,17 mm.            8,313 mm    voor gecementeerde leidingen

### **Conclusie**

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

## 2.3 Toetsing op implosie

Kunstofleidingen moeten indien er sprake kan zijn van inwendige onderdruk of uitwendige overdruk (bv. 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).

### **Implosie**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom boven de buis meer dan 89,61 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:            0,49 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:    Toets niet vereist kN.m2 (Nodulair gij EN-545)

De berekende ringstijfheid van de leiding betreft:            103,2 kN/m2

### **Conclusie**

Toets is niet uitgevoerd, aangezien de toets overbodig is bij gekozen materiaal.

### 3 Uitgangspunten

#### 3.1 Leidinggegevens

Binnen dit project wordt een leiding toegepast van het materiaal: nodulair gietijzer  
met een materiaalkwaliteit: Nodulair gij EN-545

De diameter is aangehouden op 326 mm en de wanddikte bedraagt 6,2 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
Open sleuf	klei vast	klei vast

#### 3.3 Ontwerpgegevens

##### *Druk*

Bij de berekening wordt rekening gehouden met een inwendige druk van maximaal  
= 2 bar.

0,2 n/mm<sup>2</sup>,

##### *Bocht*

In de berekening is voor het open sleuf gedeelt geen bocht aangehouden.

Bochtstraal = 0 m

Wanddikte = 0 mm

##### *Dekking*

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een dekking maximaal:

tracé deel	dekking in m
Open sleuf	2,99

##### *Temperatuur*

Als temperatuursvariatie is bij de berekening aangehouden: 0 °C

##### *Verkeer*

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

tracé deel	boven leiding
Open sleuf	grafiek2x0,5

##### *Schadefactor*

De schadefactor is voor de berekening vastgesteld op 0,85

## 4.1 Projectgegevens

**Opdrachtgever**

**Project:**

**Qualm**

Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

### Afmetingen van de leidingen

Uitwendige middellijn	326,00	De
Wanddikte	6,20	dn
Dikte bekleding	0,00	e

### Bocht in leiding

	nee	
Bochtstraal	0,00	R
Wanddikte bocht	0,00	dnb

### Procescondities

Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0,2	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa 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>	gebied klein stedelijk
	/dorpsbebouwing/ weinig industrie
Schadefactor	0,85

### 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:

$$H = pd / (r * g) = 20,39 \quad \text{m}$$

$$H_3 * Di_5 = 25,70 \quad \text{m}^8$$

### Berekeningsmethode toegestaan

<b>Verkeersklasse</b>	grafiek2x0,5	grafiek
Verkeersbelasting	2,71	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		
Soort deklaag	<b>klinkers</b>	
Deklaag dikte	100,00	mm
E-modulus deklaag	500,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		
Soort fundering	<b>zandcement</b>	
Fundering dikte	300,00	mm
E-modulus fundering	1000,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens grond</i>		
E-modulus grond	100,00	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fictieve dekkingshoogte: Heq</b>	<b>3242,59</b>	<b>mm</b>

**Project: Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie**

<b>Materiaal soort</b>	<b>Nodulair gij EN-545</b>		
Lange-duurtreksterkte	216,00	N/mm2	MRS
Materiaalfactor	1,00		°_M
Toelaatbare lange duur spanning tang	216,00	N/mm2	σ
Toelaatbare lange duur spanning axiaal	216,00	N/mm2	σ
Elasticiteitsmodulus korte duur tang	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus lange duur	170000,00	N/mm2	E'
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000012	(mm/mm).K-1	ag
Alfa Tangentieel	0,55		aT
Alfa Axiaal	0,75		aA
Constante van Poisson	0,28		v

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei vast		
Grondsoort boven leiding	klei vast		
horizontale steundruk	nee		
Z leidingas t.o.v. NAP	-3150	mm	
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm	
Z GWS t.o.v. NAP	-2500	mm	
Dekking	2987	mm	
Sleufbreedte op buisasniveau	1000	mm	
Aanvulling (on)verdicht	onverdicht		
Opleghoek leiding	70,00	grd	
Belasting hoek grondkolom	180,00	grd	
uitvoeringszakkingverschil	51	mm	
zetting	15	mm	
soort sleuf	open droge sleuf		
-			

**1. Eigenschappen van de leiding**

Inwendige middellijn	313,60	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$
Gemiddelde middellijn	319,80	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$
Uitw. middellijn+bekleding	326,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$
Uitwendige straal	163,00	mm	$r_u = D_e / 2$
Inwendige straal	156,80	mm	$r_i = D_i / 2$
Gemiddelde straal	159,90	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$
Traagheidsmoment buis	79661807,62	mm <sup>4</sup>	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \rho / 64$
Weerstandsmoment buis	488722,75	mm <sup>3</sup>	$W_b = I_b / r_u$
Wandtraagheidsmoment	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	$I_w = d_n^3 / 12$
Wandweerstandsmoment	6,41	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	$W_w = d_n^2 / 6$

## 4.2 Grondgegevens (belastingen)

**Project:** Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

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

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

### Aanleggegevens

	AX-LP	0
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-3150
Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-2987
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-2500
Sleufbreedte op buisasniveau	mm	1000
Grondsoort onder de leiding		klei vast
Grondsoort boven en naast de leiding		klei vast
verdichting		onverdicht
Dekking (mm)	mm	2987
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	2500
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	487

### Grondgegevens

Elasticiteitsmodulus grond $E_{100}$ (N/mm <sup>2</sup> )	4,000
Elasticiteitsmodulus grond $E_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	4,000
Verticale grondspanning onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )	0,060
E grond	2,394
Gamma nat grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )	1,90E-05
Gamma nat grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )	1,90E-05
Gamma droog grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )	1,90E-05
Gamma droog grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )	1,90E-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> )	0,1000
$C_u$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )	0,1000
$C'$ onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )	0,0250
$C'$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )	0,0250
Uitw. diameter isolatie (mm)	326,0
Uitw. diameter leiding (mm)	326,0

**LAMBDA mm-1** 0,00043

**NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)** **SOILNB** qn **0,05188**

**NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>1</sup>)** **SOILNB** Qn **18,61**

**Project:** Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

fm		0,3
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
RVT	qk	<b>0,194</b>
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>1</sup>)</b>		
RVT	Qk	<b>69,747</b>
$\sigma_k$ buis		0,053
(H + D/2)/D		9,66
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>		
RH		<b>2,057</b>
d <sub>c</sub>		0,587
dy		1
Sy		0,96
Nq		5,0085
Ny		1,8958
dq		1,453
Sq		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,702</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>228,965</b>
D <sub>o</sub> (m)		0,326
E (Mpa)		4,000
H (m)		2,987
<b>z<sub>max</sub> (m)</b>		<b>3,37E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omhoog</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLT</b>		<b>0,042</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv min	<b>5,700E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv gem	<b>8,600E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>1,347E-05</b>



**Project:** **Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie**

$Y_{max}$			115,69
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>KLH</b>	Kh		<b>0,091</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> )			0,053
Delta (graden)			11,7
a (N/mm <sup>2</sup> )			0
<b>WRIJVING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>F</b>	F	<b>0,009</b>
<b>WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm)</b>			
<b>UF</b>	UF		<b>4</b>
mu			0,075
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qr		46,25675464
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	Qr		<b>0,1290</b>
Zmax			0,0034

### 4.3 Toets spanning

**Project: Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie**

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende 1e en 2e jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p) * \sigma_q)$	Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>179,29</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	316,60	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor 0,85
$i_y(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	16,72	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>13,98</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor 0,85
$i_x(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	16,72	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende na 2 jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p) * \sigma_q)$	Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>64,48</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	107,86	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor 0,85
$i_y(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	24,09	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>19,51</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor 0,85
$i_x(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	24,09	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	

#### **Optredende ideël spanning**

$\sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x)$	76,14	n/mm <sup>2</sup>	$Re_0 = 270$ n/mm <sup>2</sup> warmrekgrens 120 grad
Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor} = 0,85 (Re + Re_0) / 1,1 * \text{schadefactor}$			

Toetl. Spanning	354,68	n/mm <sup>2</sup>
Leiding deel		<b>Leiding voldoet</b>

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

**Project:** Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

##### Toetsing op minimale ringstijfheid SN

$SN = E * I_w / Dg^3$	103,23	kN/m <sup>2</sup>
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
E'	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
I <sub>w</sub>	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Dg	319,80	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van  $\sigma_{ulair}$  gij EN- $\epsilon$  **Toets niet vereist** kN.m<sup>2</sup>

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding klopt niet/ of gekozen materiaal kan niet worden getoetst**  
**Toets volbracht met positief resultaat.**

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

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

$p_{o, kort} =$	1,79219344	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	179,22 m waterkolom
y	1,5	-		
v	0,28	-		

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

$p_{o, lang} =$	0,90	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	89,61 m waterkolom
y	3,00	-		
v	0,28	-		

##### Toets op optredende en toelaatbare deflectie

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

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

deflectie =	1,24	mm	<b>voldoet</b>
Q = Q <sub>v</sub> + Q <sub>n</sub>	19,49	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>d</sub>	8,74	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>n,h</sub>	13,63	n/mm <sup>1</sup>	
r <sub>g</sub>	159,90	mm	
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>	
I <sub>w</sub>	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grd	

Toelaatbare deflectie = 0,08 \* D<sub>e</sub> \* schadefactor 22,17 mm

D <sub>e</sub>	326,00	mm
Schadefactor	0,85	-

#### 4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen

**Project:** Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

##### Toets leiding dikwandig of dunwandig

Dg	319,8	mm
dn	6,2	mm
Dg/dn	51,58	<b>Dunwandig</b>
$\sigma = (D_e - d_n) / (2 * d_n) * p_d$	5,16	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°
$\alpha_g$	0,0000115	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	170000,00	N/mm <sup>2</sup>

##### Berekening reroundingfactor frr

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,953	-
frr berekend mag worden toegepast		
leiding onder druk		ja
frr berekend:		
$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,953	
$k_y = \text{deflectiefactor nen 3650 tabel D.1}$	0,102	-
Opleghoek leiding	70	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### 4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting

**Project:** Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

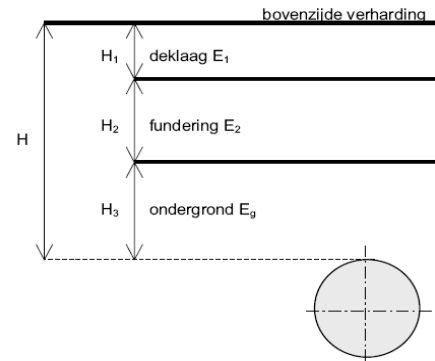
#### Berekening van de verkeersbelasting Qv

Gegevens deklaag (indien van toep.)

Soort deklaag	klinkers		
Deklaag dikte = H2	100,00	mm	
E-modulus deklaag = E1	500,00	n/mm2	

Gegevens fundering (indien van toep.)

Soort fundering	zandcement		
Fundering dikte = H1	300,00	mm	
E-modulus fundering = E2	1000,00	n/mm2	
Gegevens grond	0,00		
E-modulus grond = E3	100,00	n/mm2	

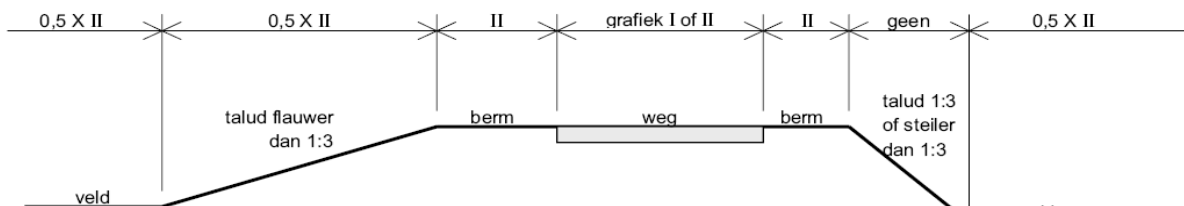


<b>qv</b>	<b>2,71</b>	<b>N/mm2</b>
Qv = qv*Do	0,88	N/mm1

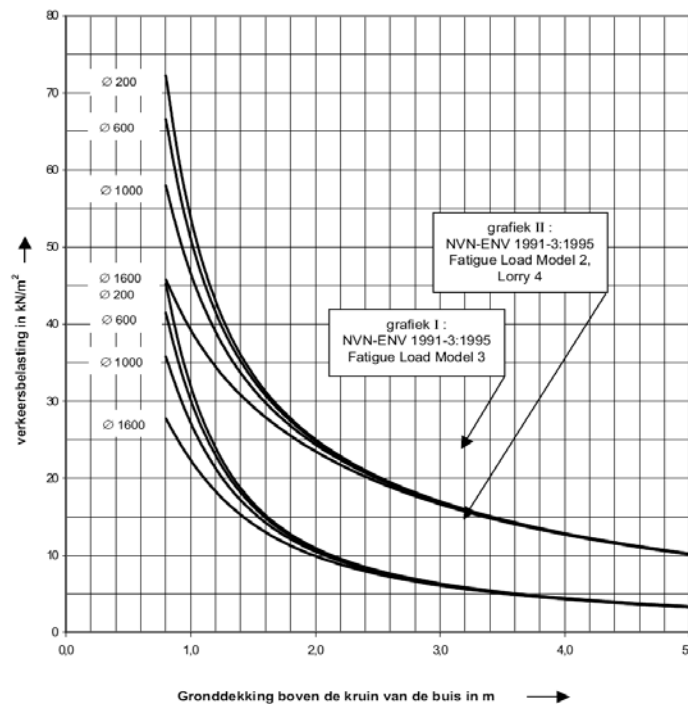
Ontlastende wegdek:

H1eq = 0.9*H1*(E1/E3)^1/3	461,69	mm
H2eq = 0.9*H2*(E2/E3)^1/3	193,90	mm

Fictieve dekkingshoogte: Heq 3242,59 mm



**qv = 2,71**



#### 4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting

Project: Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

$\lambda$	0,000477		L	41931,53	mm
Do	326,00	mm	$\lambda = \lambda * L$	20,00	
fv 1e en 2e jaar	51,00	mm	AZ	0,03402985	
fv na 2 jaar	73,50	mm	BZ	0,00054776	
kv	0,0086	N/mm3	Cz	0,02134328	
E	170000,00	N/mm2	lb	89,33	%
lb	79661807,62	mm4			

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_0 \times k_v}{4E \times I_b}}$$

$$L = 10 \times \sqrt[4]{4 \times E \times I_b / D_0 \times k_v}$$

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

###### Na 1e en 2e Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{gem} \quad 0,078321 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 6,06 \quad \text{N/mm1}$$

###### Na 2 Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{ger} \quad 0,11287 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 8,74 \quad \text{N/mm1}$$

##### Vergelijking bovenlastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar

Qk	69,75	N/mm1
Qv	0,88	N/mm1
Qd	6,06	N/mm1
Som	<b>76,69</b>	N/mm1

Situatie na 2 jaar

Qn	18,61	N/mm1
Qv	0,88	N/mm1
Qd	8,74	N/mm1
Som	<b>28,23</b>	N/mm1

Pwe 228,96 n/mm1 228,96 n/mm1

*geen  
aanpassing  
Qd*

*geen  
aanpassing  
Qd*

Qd 1e en 2e jaar 6,06 N/mm1 Qd na 2 jaar 8,74 N/mm1

##### Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Horizontale steundruk	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
Moment tgv Qk en Qv			Moment tgv Qd		
$Mq = Kb * (Qk + Qv) * rg$	2010,29	Nmm/mm1	$Mqd = Kb, \text{ind} * Qd * rg$	118,28	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm

##### Spanning ten gevolge van Mq en Mqd

$\sigma_q = \text{frr} * (Mq + Mqd) / Ww$	316,60	N/mm2
frr	0,95	-
Ww	6,41	mm3/mm1

**Project:** Aansluiting zuigleiding op inlaatconstructie

**Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)**

<i>Horizontale steundruk</i>	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
<i>Moment tgv Qn en Qv</i>			<i>Moment tgv Qd</i>		
$Mq = Kb * (Qn + Qv) * rg$	554,69	Nmm/mm1	$Mqd = Kb,ind * Qd * rg$	170,47	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm
<i>Spanning ten gevolge van Mq en Mqd</i>					
$\sigma q = frr * (Mq + Mqd) / Ww$	107,86	N/mm2			
frr	0,95				
Ww	6,41	mm3/mm1			

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

$\sigma bx = Cz * fv * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$	16,72	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0086	N/mm3
dn	6,20	mm

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakkingsverschil f v+ zettingsverschil fz**

$\sigma bx = Cz * (fv + 1,5 * fv) * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$		
$\sigma bx =$	24,09	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0086	N/mm3
dn	6,20	mm

<b>Inhoudsopgave</b>	Z3-	1
1. Volgen uitvoeringszakking	Z3-	2
2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening	Z3-	3
2.1 Toelaatbare spanning	Z3-	3
2.2 Toets op deflectie	Z3-	5
2.3 Toetsing op implosie	Z3-	5
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid	Z3-	5
3. Uitgangspunten	Z3-	6
3.1 Leidinggegevens	Z3-	6
3.2 Grondgegevens	Z3-	6
3.3 Ontwerpgegevens	Z3-	6
4. Sterkteberekening	Z3-	7
4.1 Projectgegevens	Z3-	7
4.2 Grondgegevens (belastingen)	Z3-	9
4.3 Toets spanning	Z3-	12
4.4 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	Z3-	13
4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen	Z3-	14
4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting	Z3-	15
4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting	Z3-	16



## **Z3 Berekening “onder weg zuigleiding (max. zakking)”**

### **1. Volgen uitvoeringszakking**

Na de aansluiting op het pompstation gaat de zuigleiding onder de weg door naar de inlaatconstructie. De buissegmenten onder de weg zijn onderhevig aan dezelfde uitvoeringszakkingen als de aansluitdelen van de leiding op het pompstation en de inlaatconstructie (66 mm). Daarbij geldt wel dat de zakking wordt opgevangen door de scharnierende werking van de aansluitdelen en niet door de buissegmenten onder de weg. De buissegmenten onder de weg hoeven dus geen zakking op te vangen en zullen zonder hoekverdraaiing gelijkmatig de zakking volgen (verdraaiing treedt op in mofspie verbindingen van aansluitingen op het pompstation en de inlaatconstructie).

#### *Conclusie*

De te verwachten zakkingen ter plaatse van de buissegmenten onder de weg zullen zonder problemen worden gevolgd door de buissegmenten. De buissegmenten onder de weg zijn, vanwege de verkeersbelasting en grote dekking, qua sterkte in de volgende hoofdstukken berekend en getoetst conform de NEN 3650 & 3651.

## 2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening

### 2.1 Toelaatbare spanning

De maximaal optredende spanning voor de leiding is bepaald voor de periode gedurende het 1e en 2e jaar als de periode na 2 jaar.

De spanning is getest aan de maximaal toelaatbare spanning geldend voor het gekozen leidingmateriaal/kwaliteit: Nodulair gij EN-545

#### **Toets spanning " open sleuf" gedurende het 1e en 2e jaar**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens 1e en 2e jaar: 9,78 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens 1e en 2e jaar: 157,25 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

#### **Toets spanning " open sleuf" na 2 jaar**

Voor de gebruiksfase zijn zowel de spanningen in langsrichting als in omtreksrichting na 2 jaar bepaald en gecontroleerd aan de maximaal toelaatbare spanning.

Maximaal optredende spanning in langsrichting na 2 jaar: 13,45 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 53,77 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &= 216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &= 0,85 && \end{aligned}$$

**Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

**Toets ideële spanning "gedeelte gelegd"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideeel optredende spanning gelegd gedeelte 61,61 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 301,48 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &= 354,7 \text{ n/mm}^2 = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) && \text{waarbij } Re_0 = \text{warmrekgrens } 120 \text{ grad} \\ \text{schadefact} &= 0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

**Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het gelegde gedeelte.

## 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.

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            0,91 mm.

Toelaatbare deflectie voor leiding    22,17 mm.            8,313 mm    voor gecementeerde leidingen

### **Conclusie**

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

## 2.3 Toetsing op implosie

Kunstofleidingen moeten indien er sprake kan zijn van inwendige onderdruk of uitwendige overdruk (bv. 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).

### **Implosie**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom boven de buis meer dan 89,61 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:            0,49 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:    Toets niet vereist kN.m2 (Nodulair gij EN-545)

De berekende ringstijfheid van de leiding betreft:            103,2 kN/m2

### **Conclusie**

Toets is niet uitgevoerd, aangezien de toets overbodig is bij gekozen materiaal.

### 3 Uitgangspunten

#### 3.1 Leidinggegevens

Binnen dit project wordt een leiding toegepast van het materiaal: nodulair gietijzer  
 met een materiaalkwaliteit: Nodulair gij EN-545

De diameter is aangehouden op 326 mm en de wanddikte bedraagt 6,2 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
Open sleuf	klei	klei

#### 3.3 Ontwerpgegevens

##### Druk

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

##### Bocht

In de berekening is voor het open sleuf gedeelt geen bocht aangehouden.

Bochtstraal = 0 m

Wanddikte = 0 mm

##### Dekking

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een dekking maximaal:

tracé deel	dekking in m
Open sleuf	2,99

##### Temperatuur

Als temperatuursvariatie is bij de berekening aangehouden: 0 °C

##### Verkeer

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

tracé deel	boven leiding
Open sleuf	grafiek2

##### Schadefactor

De schadefactor is voor de berekening vastgesteld op 0,85

## 4.1 Projectgegevens

**Opdrachtgever**

**Project:**

**Qualm**

Onder weg zuigeleiding (max. dekking)

### Afmetingen van de leidingen

Uitwendige middellijn	326,00	De
Wanddikte	6,20	dn
Dikte bekleding	0,00	e

### Bocht in leiding

	nee	
Bochtstraal	0,00	R
Wanddikte bocht	0,00	dnb

### Procescondities

Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0,2	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa 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>	gebied klein stedelijk
	/dorpsbebouwing/ weinig industrie
Schadefactor	0,85

### 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:

$$H = pd / (r * g) = 20,39 \quad \text{m}$$

$$H_3 * Di_5 = 25,70 \quad \text{m}^8$$

### Berekeningsmethode toegestaan

<b>Verkeersklasse</b>	grafiek2	grafiek
Verkeersbelasting	5,42	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		
Soort deklaag	<b>klinkers</b>	
Deklaag dikte	100,00	mm
E-modulus deklaag	500,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		
Soort fundering	<b>zandcement</b>	
Fundering dikte	300,00	mm
E-modulus fundering	1000,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens grond</i>		
E-modulus grond	100,00	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fictieve dekkingshoogte: Heq</b>	<b>3242,59</b>	<b>mm</b>

**Project: Onder weg zuigeleiding (max. dekking)**
**Materiaal soort**
**Nodulair gij EN-545**

Lange-duurtreksterkte	216,00	N/mm2	MRS
Materiaalfactor	1,00		°_M
Toelaatbare lange duur spanning tang	216,00	N/mm2	σ
Toelaatbare lange duur spanning axiaal	216,00	N/mm2	σ
Elasticiteitsmodulus korte duur tang	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus lange duur	170000,00	N/mm2	E'
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000012	(mm/mm).K-1	ag
Alfa Tangentieel	0,55		aT
Alfa Axiaal	0,75		aA
Constante van Poisson	0,28		v

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei		
Grondsoort boven leiding	klei		
horizontale steundruk	nee		
Z leidingas t.o.v. NAP	-3150	mm	
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm	
Z GWS t.o.v. NAP	-2500	mm	
Dekking	2987	mm	
Sleufbreedte op buisasniveau	1000	mm	
Aanvulling (on)verdicht	onverdicht		
Opleghoek leiding	70,00	grd	
Belasting hoek grondkolom	180,00	grd	
uitvoeringszakkingverschil	51	mm	
zetting	15	mm	
soort sleuf	open droge sleuf		
-			

**1. Eigenschappen van de leiding**

Inwendige middellijn	313,60	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$
Gemiddelde middellijn	319,80	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$
Uitw. middellijn+bekleding	326,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$
Uitwendige straal	163,00	mm	$r_u = D_e / 2$
Inwendige straal	156,80	mm	$r_i = D_i / 2$
Gemiddelde straal	159,90	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$
Traagheidsmoment buis	79661807,62	mm <sup>4</sup>	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \rho / 64$
Weerstandsmoment buis	488722,75	mm <sup>3</sup>	$W_b = I_b / r_u$
Wandtraagheidsmoment	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	$I_w = d_n^3 / 12$
Wandweerstandsmoment	6,41	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	$W_w = d_n^2 / 6$

## 4.2 Grondgegevens (belastingen)

**Project:** Onder weg zuigeleiding (max. dekking)

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

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

### Aanleggegevens

	AX-LP	0
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-3150
Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-2987
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-2500
Sleufbreedte op buisasniveau	mm	1000
Grondsoort onder de leiding		klei
Grondsoort boven en naast de leiding		klei
verdichting		onverdicht
Dekking (mm)	mm	2987
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	2500
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	487

### 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> )		0,054
E grond		1,071
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)		326,0
Uitw. diameter leiding (mm)		326,0
<b>LAMBDA mm-1</b>		0,00035

<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qn	<b>0,04591</b>
<b>SOILNB</b>		
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>1</sup>)</b>	Qn	<b>16,46</b>
<b>SOILNB</b>		

**Project:** Onder weg zuigeleiding (max. dekking)



fm		0,3
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
RVT	qk	<b>0,172</b>
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>1</sup>)</b>		
RVT	Qk	<b>61,716</b>
$\sigma_k$ buis		0,047
(H + D/2)/D		9,66
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>		
RH		<b>1,253</b>
d <sub>c</sub>		0,587
dy		1
Sy		0,96
Nq		5,0085
Ny		1,8958
dq		1,453
Sq		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,351</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>114,482</b>
D <sub>o</sub> (m)		0,326
E (Mpa)		2,000
H (m)		2,987
<b>z<sub>max</sub> (m)</b>		<b>9,52E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omhoog</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLT</b>		<b>0,013</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv min	<b>2,400E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv gem	<b>3,800E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>2,693E-06</b>

**Project:** **Onder weg zuigeleiding (max. dekking)**

$y_{max}$			115,69
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>KLH</b>	Kh		<b>0,056</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> )			0,047
Delta (graden)			11,7
a (N/mm <sup>2</sup> )			0,01
<b>WRIJVING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>0,014</b>
<b>WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm)</b>			
<b>UF</b>	UF		<b>4</b>
mu			0,15
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qr		38,15765537
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	Qr		<b>0,1064</b>
Zmax			0,0095

### 4.3 Toets spanning

**Project: Onder weg zuigeleiding (max. dekking)**

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende 1e en 2e jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p)) * \sigma_q$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)	
$\sigma_y =$	<b>157,25</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	276,52	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor	0,85
$i_y(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	11,11	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>9,78</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor	0,85
$i_x(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	11,11	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>	
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>		

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende na 2 jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p)) * \sigma_q$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)	
$\sigma_y =$	<b>53,77</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	88,38	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor	0,85
$i_y(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	16,01	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>13,45</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	5,16	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor	0,85
$i_x(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	16,01	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>	
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>		

#### Optredende ideël spanning

$\sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x)$	61,61	n/mm <sup>2</sup>	$Re_0 = 270$ n/mm <sup>2</sup>
Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor} = 0,85 (Re + Re_0) / 1,1 * \text{schadefactor}$			warmrekgrens 120 grd

Toetl. Spanning	354,68	n/mm <sup>2</sup>
Leiding deel	<b>Leiding voldoet</b>	

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

**Project:** Onder weg zuigeleiding (max. dekking)

##### Toetsing op minimale ringstijfheid SN

$SN = E * I_w / Dg^3$	103,23	kN/m2
E	170000,00	N/mm2
E'	170000,00	N/mm2
$I_w$	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Dg	319,80	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van  $\sigma_{ulair}$  gij EN- $\epsilon$  **Toets niet vereist** kN.m2

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding klopt niet/ of gekozen materiaal kan niet worden getoetst**  
**Toets volbracht met positief resultaat.**

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

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

$p_{o, kort} =$	1,79219344	N/mm2	dat betekend bestand tegen	179,22 m waterkolom
y	1,5	-		
v	0,28	-		

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

$p_{o, lang} =$	0,90	N/mm2	dat betekend bestand tegen	89,61 m waterkolom
y	3,00	-		
v	0,28	-		

##### Toets op optredende en toelaatbare deflectie

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

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

deflectie =	0,91	mm	<b>voldoet</b>
Q= Q <sub>v</sub> +Q <sub>n</sub>	18,23	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>d</sub>	3,86	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>n,h</sub>	12,75	n/mm <sup>1</sup>	
r <sub>g</sub>	159,90	mm	
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>	
$I_w$	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grd	

Toelaatbare deflectie = 0,08\*De\*schadefactor 22,17 mm

De	326,00	mm
Schadefactor	0,85	-

#### 4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen

**Project:** Onder weg zuigeleiding (max. dekking)

##### Toets leiding dikwandig of dunwandig

Dg	319,8	mm
dn	6,2	mm
Dg/dn	51,58	<b>Dunwandig</b>
$\sigma_p = (D_e - d_n) / (2 * d_n) * p_d$	5,16	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°
$\alpha_g$	0,0000115	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	170000,00	N/mm <sup>2</sup>

##### Berekening reroundingfactor frr

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,953	-
frr berekend mag worden toegepast		
leiding onder druk		ja
frr berekend:		
$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,953	
$k_y = \text{deflectiefactor nen 3650 tabel D.1}$	0,102	-
Opleghoek leiding	70	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### 4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting

**Project:** Onder weg zuigeleiding (max. dekking)

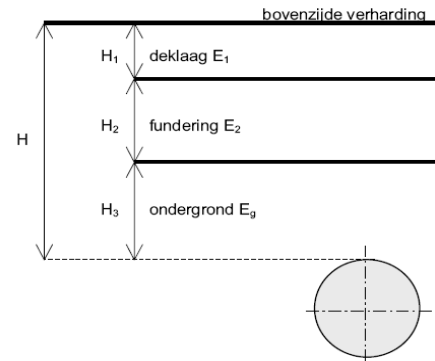
#### Berekening van de verkeersbelasting Qv

Gegevens deklaag (indien van toep.)

Soort deklaag	klinkers		
Deklaag dikte = H2	100,00	mm	
E-modulus deklaag = E1	500,00	n/mm2	

Gegevens fundering (indien van toep.)

Soort fundering	zandcement		
Fundering dikte = H1	300,00	mm	
E-modulus fundering = E2	1000,00	n/mm2	
Gegevens grond	0,00		
E-modulus grond = E3	100,00	n/mm2	

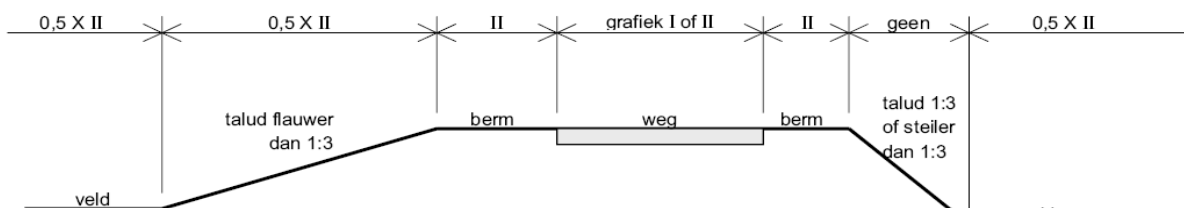


<b>qv</b>	<b>5,42</b>	<b>N/mm2</b>
Qv = qv*Do	1,77	N/mm1

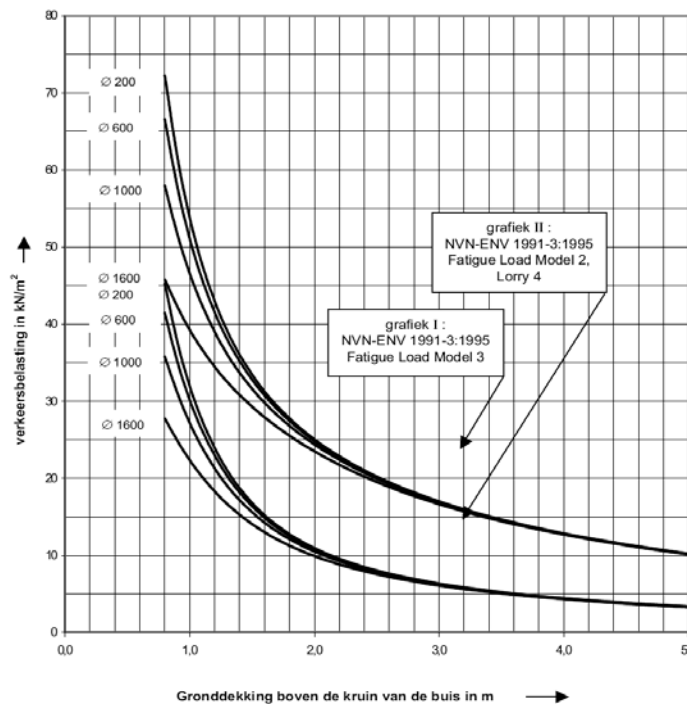
Ontlastende wegdek:

H1eq = 0.9*H1*(E1/E3)^1/3	461,69	mm
H2eq = 0.9*H2*(E2/E3)^1/3	193,90	mm

Fictieve dekkingshoogte: Heq 3242,59 mm



**qv = 5,42**



#### 4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting

Project: **Onder weg zuigleiding (max. dekking)**

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

$\lambda$	0,000389		L	51430,35	mm
Do	326,00	mm	$.. = \lambda * L$	20,00	
fv 1e en 2e jaar	51,00	mm	AZ	0,03402985	
fv na 2 jaar	73,50	mm	BZ	0,00054776	
kv	0,0038	N/mm3	Cz	0,02134328	
E	170000,00	N/mm2	lb	89,33	%
lb	79661807,62	mm4			

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_0 \times k_v}{4E \times I_b}}$$

$$L = 10 \times \sqrt[4]{4 \times E \times I_b / D_0 \times k_v}$$

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

###### Na 1e en 2e Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{gem} \quad 0,034607 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 2,68 \quad \text{N/mm1}$$

###### Na 2 Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{ger} \quad 0,04987 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 3,86 \quad \text{N/mm1}$$

##### Vergelijking bovenlastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar

Qk	61,72	N/mm1
Qv	1,77	N/mm1
Qd	2,68	N/mm1
Som	<b>66,16</b>	N/mm1

Situatie na 2 jaar

Qn	16,46	N/mm1
Qv	1,77	N/mm1
Qd	3,86	N/mm1
Som	<b>22,09</b>	N/mm1

Pwe 114,48 n/mm1

114,48 n/mm1

*geen  
aanpassing*

*geen  
aanpassing*

Qd 1e en 2e jaar 2,68 N/mm1

Qd na 2 jaar 3,86 N/mm1

##### Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Horizontale steundruk	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
Moment tgv Qk en Qv			Moment tgv Qd		
$Mq = Kb * (Qk + Qv) * rg$	1806,86	Nmm/mm1	$Mqd = Kb, \text{ind} * Qd * rg$	52,27	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm

##### Spanning ten gevolge van Mq en Mqd

$\sigma_q = \text{frr} * (Mq + Mqd) / Ww$	276,52	N/mm2
frr	0,95	-
Ww	6,41	mm3/mm1

**Project:** Onder weg zuigeleiding (max. dekking)

**Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)**

<i>Horizontale steundruk</i>	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
<i>Moment tgv Qn en Qv</i>			<i>Moment tgv Qd</i>		
$Mq = Kb * (Qn + Qv) * rg$	518,86	Nmm/mm1	$Mqd = Kb,ind * Qd * rg$	75,32	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm
<i>Spanning ten gevolge van Mq en Mqd</i>					
$\sigma q = frr * (Mq + Mqd) / Ww$	88,38	N/mm2			
frr	0,95				
Ww	6,41	mm3/mm1			

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

$\sigma bx = Cz * fv * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$	11,11	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0038	N/mm3
dn	6,20	mm

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakkingsverschil f v+ zettingsverschil fz**

$\sigma bx = Cz * (fv + 1,5 * fv) * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$		
$\sigma bx =$	16,01	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0038	N/mm3
dn	6,20	mm



<b>Inhoudsopgave</b>	<i>T1 - 1</i>
1. Volgen uitvoeringzakking	<i>T1 - 2</i>
2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening	<i>T1 - 4</i>
2.1 Toelaatbare spanning	<i>T1 - 4</i>
2.2 Toets op deflectie	<i>T1 - 6</i>
2.3 Toetsing op implosie	<i>T1 - 6</i>
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid	<i>T1 - 6</i>
3. Uitgangspunten	<i>T1 - 7</i>
3.1 Leidinggegevens	<i>T1 - 7</i>
3.2 Grondgegevens	<i>T1 - 7</i>
3.3 Ontwerpgegevens	<i>T1 - 7</i>
4. Sterkteberekening	<i>T1 - 8</i>
4.1 Projectgegevens	<i>T1 - 8</i>
4.2 Grondgegevens (belastingen)	<i>T1 - 10</i>
4.3 Toets spanning	<i>T1 - 13</i>
4.4 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	<i>T1 - 14</i>
4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen	<i>T1 - 15</i>
4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting	<i>T1 - 16</i>
4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting	<i>T1 - 17</i>

## T1 Berekening “aansluiting testretourleiding op pompstation”

### 1. Volgen uitvoeringszakking

Bij de aansluiting van de testretourleiding op het pompstation ontstaat door de aanleg middels een open sleuf een discontinue zakking. Het gedeelte van leiding in de open sleuf is onderhevig aan de uitvoeringszakking die optreedt, terwijl de aansluiting op de onderheide constructie dit niet is.

Doordat de testretourleiding middels een (ingestorte) mof/spie verbinding aansluit op het pompstation kan de leiding ter plekke scharnieren en functioneren als een soort pendelstuk. De leiding moet hierbij de volgende maximaal te verwachten zakking/ zetting kunnen volgen:

- uitvoeringszakking: 51 mm
- zetting: 15 mm

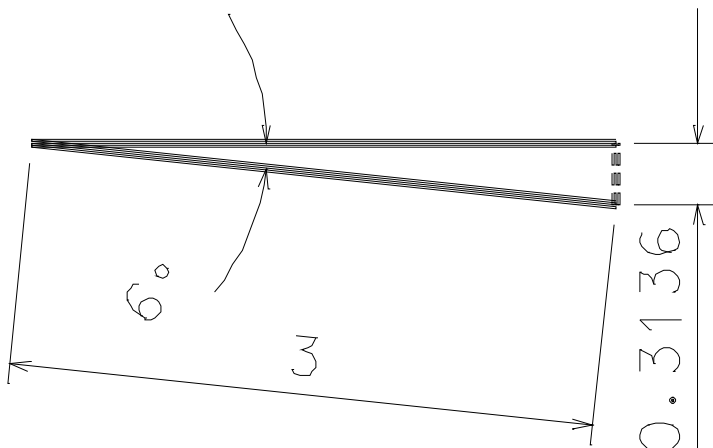
Bepaald bij uitgangspunten:

- leiding aangelegd in klei
- sleuf onverdicht
- sleuf breedte type c
- leiding diameter 326 mm

Belangrijk is om te bekijken of het eerste buissegment na de aansluiting op het pompstation, middels de scharnierende werking van de mof/spie verbinding, deze zakking kan opvangen. Indien dit het geval is, is er geen sprake van wederzijdse beïnvloeding van de buissegmenten op elkaar. De optredende momenten verlopen dan niet over meerdere buissegmenten, hetgeen een randvoorwaarde is om het geheel vereenvoudigd te kunnen bekijken.

De eerste buis na de aansluiting op het pompstation is 3000 mm lang en kan rekeninghoudend met de door de fabrikant opgegeven maximale hoekverdraaiing, 6 graden verdraaien.

Dit levert een maximaal op te vangen zakking/ zetting op van ca. 300 mm.



*Te verwachten hoekverdraaiing in mof-spie verbinding*

Ter plaatse van de aansluiting wordt een zakking/ zetting verwacht van totaal  $15 + 51 = 66$  mm. Het eerste buissegment na de aansluiting kan deze zakking geheel volgen en opvangen zonder dat daarbij de maximale hoekverdraaiing wordt overschreden. De te verwachten hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding zal hierbij 1,3 graden groot zijn ( $\sin a = 66 \text{ mm} / 3000 \text{ mm}$ ).

*Conclusie*

De eerste buis na de aansluiting op het pompstation kan bij een hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding van 1,3 graden de optredende zakking/ zetting opvangen. Dit heeft als gevolg dat de

aansluitende buizen de discontinue zakking niet hoeven op te vangen. Het eerste buissegment vangt als enig segment de discontinue zakking op en wordt daardoor qua sterkte maatgevend. Het buissegment is in de volgende hoofdstukken berekend en getoetst conform de Nen 3650 & 3651. Aangezien bij deze aansluiting sprake is van een discontinue zakking, is er voor gekozen de berekening van de situatie volgens de gelegd/geperst-methode uit te voeren.

***Nb: in de berekeningen wordt met het “geboord/ geperst” gedeelte de aansluiting van de leiding op de onderheide constructie bedoeld. Met het open sleuf gedeelte wordt het leidingdeel van de leiding direct na de aansluiting op de onderheide constructie bedoeld.***

## 2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening

### 2.1 Toelaatbare spanning

De maximaal optredende spanning voor de leiding is bepaald voor de periode gedurende het 1e en 2e jaar als de periode na 2 jaar.

De spanning is getest aan de maximaal toelaatbare spanning geldend voor het gekozen leidingmateriaal/kwaliteit: Nodulair gij EN-545

#### **Toets spanning " open sleuf" gedurende het 1e en 2e jaar**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens 1e en 2e jaar: 19,04 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens 1e en 2e jaar: 83,80 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

#### **Toets spanning " open sleuf" na 2 jaar**

Voor de gebruiksfase zijn zowel de spanningen in langsrichting als in omtreksrichting na 2 jaar bepaald en gecontroleerd aan de maximaal toelaatbare spanning.

Maximaal optredende spanning in langsrichting na 2 jaar: 24,57 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 59,75 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &0,85 && \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

### **Toets ideële spanning "gedeelte gelegd"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideele optredende spanning gelegd gedeelte 75,11 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 301,48 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &354,7 \text{ n/mm}^2 && = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \text{ waarbij Re0} = \text{warmrekgrens } 120 \text{ grad} \\ \text{schadefact} &0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het gelegde gedeelte.

### **Toets ideële spanning "gedeelte geperst"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideele optredende spanning geperst gedeelte 127,2 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= && 301,5 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &354,7 \text{ n/mm}^2 && = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \text{ waarbij Re0} = \text{warmrekgrens } 120 \\ \text{schadefact} &0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het geperste gedeelte.

## 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.

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            0,97 mm.

Toelaatbare deflectie voor leiding    22,17 mm.            8,313 mm    voor gecementeerde leidingen

### **Conclusie**

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

## 2.3 Toetsing op implosie

Kunstofleidingen moeten indien er sprake kan zijn van inwendige onderdruk of uitwendige overdruk (bv. 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).

### **Implosie**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom boven de buis meer dan 89,61 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:            0,00 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:    Toets niet vereist kN.m2 (Nodulair gij EN-545)

De berekende ringstijfheid van de leiding betreft:            103,2 kN/m2

### **Conclusie**

Toets is niet uitgevoerd, aangezien de toets overbodig is bij gekozen materiaal.

### 3 Uitgangspunten

#### 3.1 Leidinggegevens

Binnen dit project wordt een leiding toegepast van het materiaal: nodulair gietijzer  
 met een materiaalkwaliteit: Nodulair gij EN-545

De diameter is aangehouden op 326 mm en de wanddikte bedraagt 6,2 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
Open sleuf	klei vast	klei vast

#### 3.3 Ontwerpgegevens

##### Druk

Bij de berekening wordt rekening gehouden met een inwendige druk van maximaal  
 = 9 bar.

0,9 n/mm<sup>2</sup>,

##### Bocht

In de berekening is voor het open sleuf gedeelt geen bocht aangehouden.

Bochtstraal = 0 m

Wanddikte = 0 mm

##### Dekking

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een dekking maximaal:

tracé deel	dekking in m
Open sleuf	1,49

##### Temperatuur

Als temperatuursvariatie is bij de berekening aangehouden: 0 °C

##### Verkeer

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

tracé deel	boven leiding
Open sleuf	grafiek2x0,5

##### Schadefactor

De schadefactor is voor de berekening vastgesteld op 0,85

## 4.1 Projectgegevens

**Opdrachtgever**

**Project:**

**Qualm**

Aansluiting testretourleiding op pompstation

### Afmetingen van de leidingen

Uitwendige middellijn	326,00	De
Wanddikte	6,20	dn
Dikte bekleding	0,00	e

### Bocht in leiding

	nee	
Bochtstraal	0,00	R
Wanddikte bocht	0,00	dnb

### Procescondities

Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0,9	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa 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>	gebied klein stedelijk
	/dorpsbebouwing/ weinig industrie
Schadefactor	0,85

### Toets toegestaan vereenvoudigd berekeningen

Voor vloeistofleidingen geldt:  $H_3 * D_i^5$  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:

$$H = pd / (r * g) = 91,74 \text{ m}$$

$$H_3 * D_i^5 = 2342,07 \text{ m}^8$$

### Berekeningsmethode NIET toegestaan. Neem contact op met

<b>Verkeersklasse</b>	grafiek2x0,5	grafiek
Verkeersbelasting	6,63	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		
Soort deklaag	<b>klinkers</b>	
Deklaag dikte	100,00	mm
E-modulus deklaag	500,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		
Soort fundering	<b>zandcement</b>	
Fundering dikte	300,00	mm
E-modulus fundering	1000,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens grond</i>		
E-modulus grond	100,00	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fictieve dekkingshoogte: Heq</b>	<b>1742,59</b>	<b>mm</b>



**Project: Aansluiting testretourleiding op pompstation**
**Materiaal soort**
**Nodulair gij EN-545**

Lange-duurtreksterkte	216,00	N/mm2	MRS
Materiaalfactor	1,00		°_M
Toelaatbare lange duur spanning tang	216,00	N/mm2	$\sigma$
Toelaatbare lange duur spanning axiaal	216,00	N/mm2	$\sigma$
Elasticiteitsmodulus korte duur tang	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus lange duur	170000,00	N/mm2	E'
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000012	(mm/mm).K-1	ag
Alfa Tangentieel	0,55		aT
Alfa Axiaal	0,75		aA
Constante van Poisson	0,28		$\nu$

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei vast		
Grondsoort boven leiding	klei vast		
horizontale steundruk	nee		
Z leidingas t.o.v. NAP	-1650	mm	
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm	
Z GWS t.o.v. NAP	-2500	mm	
Dekking	1487	mm	
Sleufbreedte op buisasniveau	1000	mm	
Aanvulling (on)verdicht	onverdicht		
Opleghoek leiding	70,00	grd	
Belasting hoek grondkolom	180,00	grd	
uitvoeringszakkingverschil	51	mm	
zetting	15	mm	
soort sleuf	open droge sleuf		
-			

**1. Eigenschappen van de leiding**

Inwendige middellijn	313,60	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$
Gemiddelde middellijn	319,80	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$
Uitw. middellijn+bekleding	326,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$
Uitwendige straal	163,00	mm	$r_u = D_e / 2$
Inwendige straal	156,80	mm	$r_i = D_i / 2$
Gemiddelde straal	159,90	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$
Traagheidsmoment buis	79661807,62	mm <sup>4</sup>	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \rho / 64$
Weerstandsmoment buis	488722,75	mm <sup>3</sup>	$W_b = I_b / r_u$
Wandtraagheidsmoment	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	$I_w = d_n^3 / 12$
Wandweerstandsmoment	6,41	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	$W_w = d_n^2 / 6$

## 4.2 Grondgegevens (belastingen)

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

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

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

### Aanleggegevens

	AX-LP	0
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-1650
Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-1487
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-2500
Sleufbreedte op buisasniveau	mm	1000
Grondsoort onder de leiding		klei vast
Grondsoort boven en naast de leiding		klei vast
verdichting		onverdicht
Dekking (mm)	mm	1487
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	1487
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	0

### Grondgegevens

Elasticiteitsmodulus grond $E_{100}$ (N/mm <sup>2</sup> )		4,000
Elasticiteitsmodulus grond $E_1$ (N/mm <sup>2</sup> )		4,000
Verticale grondspanning onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,031
E grond		1,254
Gamma nat grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-05
Gamma nat grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-05
Gamma droog grond onder de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-05
Gamma droog grond boven en naast de leiding (N/mm <sup>3</sup> )		1,90E-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> )		0,1000
$C_u$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,1000
$C'$ onder de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0250
$C'$ boven en naast de leiding (N/mm <sup>2</sup> )		0,0250
Uitw. diameter isolatie (mm)		326,0
Uitw. diameter leiding (mm)		326,0
<b>LAMBDA mm-1</b>		0,00043
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qn	<b>0,02825</b>
<b>SOILNB</b>		
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>1</sup>)</b>	Qn	<b>10,13</b>
<b>SOILNB</b>		

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

fm		0,3
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
RVT	qk	<b>0,067</b>
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>1</sup>)</b>		
RVT	Qk	<b>23,996</b>
$\sigma_k$ buis		0,031
(H + D/2)/D		5,06
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>		
RH		<b>1,815</b>
d <sub>c</sub>		0,550
dy		1
Sy		0,96
Nq		5,0085
Ny		1,8958
dq		1,424
Sq		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,686</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>223,725</b>
D <sub>o</sub> (m)		0,326
E (Mpa)		4,000
H (m)		1,487
<b>z<sub>max</sub> (m)</b>		<b>4,77E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omhoog</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLT</b>		<b>0,008</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv min	<b>5,700E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv gem	<b>8,600E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>1,316E-05</b>

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

$Y_{max}$			70,69
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>KLH</b>	Kh		<b>0,132</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> )			0,031
Delta (graden)			11,7
a (N/mm <sup>2</sup> )			0
<b>WRIJVING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>F</b>	F	<b>0,005</b>
<b>WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm)</b>			
<b>UF</b>	UF		<b>4</b>
mu			0,075
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qr		23,99555543
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	Qr		<b>0,0669</b>
Zmax			0,0048

### 4.3 Toets spanning

**Project: Aansluiting testretourleiding op pompstation**

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende 1e en 2e jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p)) * \sigma_q$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)	
$\sigma_y =$	<b>83,80</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	110,17	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor	0,85
$i_y(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	16,72	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>19,04</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor	0,85
$i_x(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	16,72	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>	
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>		

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende na 2 jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p)) * \sigma_q$			Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)	
$\sigma_y =$	<b>59,75</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	66,44	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor	0,85
$i_y(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	24,09	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>24,57</b>	n/mm <sup>2</sup>		
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$	<b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$	216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor	0,85
$i_x(p)$	1,00	-		
$\sigma_{bx}$	24,09	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>	
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>		

#### **Optredende ideël spanning**

$\sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x)$	75,11	n/mm <sup>2</sup>	$Re_0 = 270$ n/mm <sup>2</sup>
Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor} = 0,85 (Re + Re_0) / 1,1 * \text{schadefactor}$			warmrekgrens 120 grd

Toetl. Spanning	354,68	n/mm <sup>2</sup>
Leiding deel	<b>Leiding voldoet</b>	

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

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

##### Toetsing op minimale ringstijfheid SN

$SN = E * I_w / Dg^3$	103,23	kN/m <sup>2</sup>
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
E'	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
$I_w$	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Dg	319,80	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van  $\sigma_{ulair}$  gij EN- $\epsilon$  **Toets niet vereist** kN.m<sup>2</sup>

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding klopt niet/ of gekozen materiaal kan niet worden getoetst**  
**Toets volbracht met positief resultaat.**

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

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

$p_{o, kort} =$	1,79219344	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	179,22 m waterkolom
y	1,5	-		
v	0,28	-		

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

$p_{o, lang} =$	0,90	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	89,61 m waterkolom
y	3,00	-		
v	0,28	-		

##### Toets op optredende en toelaatbare deflectie

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

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

deflectie =	0,97	mm	<b>voldoet</b>
Q= Q <sub>v</sub> +Q <sub>n</sub>	12,29	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>d</sub>	8,74	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>n,h</sub>	8,60	n/mm <sup>1</sup>	
r <sub>g</sub>	159,90	mm	
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>	
$I_w$	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grd	

Toelaatbare deflectie = 0,08\*De\*schadefactor 22,17 mm

De	326,00	mm
Schadefactor	0,85	-

#### 4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

##### Toets leiding dikwandig of dunwandig

Dg	319,8	mm
dn	6,2	mm
Dg/dn	51,58	<b>Dunwandig</b>
$\sigma_p = (D_e - d_n) / (2 * d_n) * p_d$	23,21	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°
$\alpha_g$	0,0000115	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	170000,00	N/mm <sup>2</sup>

##### Berekening reroundingfactor frr

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,818	-
frr berekend mag worden toegepast		
leiding onder druk		ja
frr berekend:		
$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,818	
$k_y = \text{deflectiefactor nen 3650 tabel D.1}$	0,102	-
Opleghoek leiding	70	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### 4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

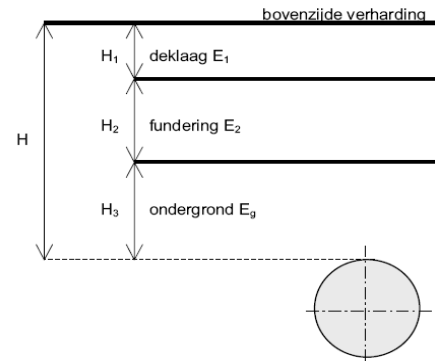
#### Berekening van de verkeersbelasting Qv

Gegevens deklaag (indien van toep.)

Soort deklaag	klinkers		
Deklaag dikte = H2	100,00	mm	
E-modulus deklaag = E1	500,00	n/mm2	

Gegevens fundering (indien van toep.)

Soort fundering	zandcement		
Fundering dikte = H1	300,00	mm	
E-modulus fundering = E2	1000,00	n/mm2	
Gegevens grond	0,00		
E-modulus grond = E3	100,00	n/mm2	

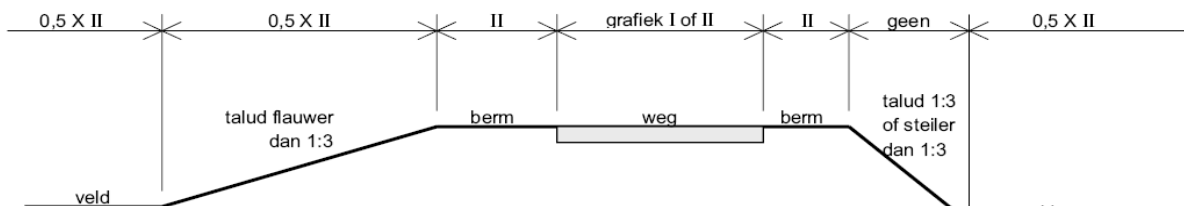


<b>qv</b>	<b>6,625</b>	<b>N/mm2</b>
Qv = qv*Do	2,16	N/mm1

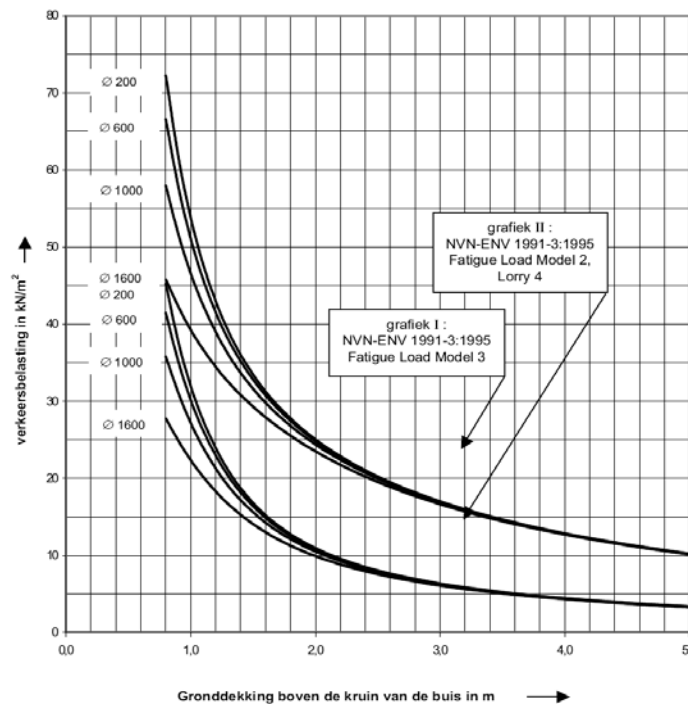
Ontlastende wegdek:

H1eq = 0.9*H1*(E1/E3)^1/3	461,69	mm
H2eq = 0.9*H2*(E2/E3)^1/3	193,90	mm

Fictieve dekkingshoogte: Heq 1742,59 mm



**qv = 6,625**





#### 4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting

Project: Aansluiting testretourleiding op pompstation

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

$\lambda$	0,000477		L	41931,53	mm
Do	326,00	mm	$\lambda = \lambda * L$	20,00	
fv 1e en 2e jaar	51,00	mm	AZ	0,03402985	
fv na 2 jaar	73,50	mm	BZ	0,00054776	
kv	0,0086	N/mm3	Cz	0,02134328	
E	170000,00	N/mm2	lb	89,33	%
lb	79661807,62	mm4			

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_0 \times k_v}{4E \times I_b}}$$

$$L = 10 \times \sqrt[4]{4 \times E \times I_b / D_0 \times k_v}$$

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

###### Na 1e en 2e Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{gem} \quad 0,078321 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 6,06 \quad \text{N/mm1}$$

###### Na 2 Jaar

$$qz = Bz * fv * Do * kv, \text{ger} \quad 0,11287 \quad \text{N/mm1}$$

$$Qd = qz * I * L * (i + (i * I * L) / 6) \quad 8,74 \quad \text{N/mm1}$$

##### Vergelijking bovenlastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1e en 2e jaar

Qk	24,00	N/mm1
Qv	2,16	N/mm1
Qd	6,06	N/mm1
Som	<b>32,22</b>	N/mm1

Situatie na 2 jaar

Qn	10,13	N/mm1
Qv	2,16	N/mm1
Qd	8,74	N/mm1
Som	<b>21,03</b>	N/mm1

$$Pwe \quad 223,73 \quad \text{n/mm1} \quad 223,73 \quad \text{n/mm1}$$

*geen  
aanpassing*

**Qd**

$$Qd \text{ 1e en 2e jaar} \quad 6,06 \quad \text{N/mm1}$$

*geen  
aanpassing*

**Qd**

$$Qd \text{ na 2 jaar} \quad 8,74 \quad \text{N/mm1}$$

##### Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Horizontale steundruk	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
Moment tgv Qk en Qv			Moment tgv Qd		
$Mq = Kb * (Qk + Qv) * rg$	744,44	Nmm/mm1	$Mqd = Kb, \text{ind} * Qd * rg$	118,28	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm

##### Spanning ten gevolge van Mq en Mqd

$\sigma_q = \text{frr} * (Mq + Mqd) / Ww$	110,17	N/mm2
frr	0,82	-
Ww	6,41	mm3/mm1

**Project:** Aansluiting testretourleiding op pompstation

**Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)**

<i>Horizontale steundruk</i>	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
<i>Moment tgv Qn en Qv</i>			<i>Moment tgv Qd</i>		
$Mq = Kb * (Qn + Qv) * rg$	349,84	Nmm/mm1	$Mqd = Kb,ind * Qd * rg$	170,47	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm
<i>Spanning ten gevolge van Mq en Mqd</i>					
$\sigma q = frr * (Mq + Mqd) / Ww$	66,44	N/mm2			
frr	0,82				
Ww	6,41	mm3/mm1			

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

$\sigma bx = Cz * fv * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$	16,72	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0086	N/mm3
dn	6,20	mm

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakkingsverschil f v+ zettingsverschil fz**

$\sigma bx = Cz * (fv + 1,5 * fv) * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$		
$\sigma bx =$	24,09	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0086	N/mm3
dn	6,20	mm

## T2 Berekening “schuine leidingdeel omhoog vlak voor weg”

### 1. Volgen uitvoeringszakking

Vlak voor de weg gaat de testretourleiding schuin omhoog. In tegenstelling tot de buissegmenten moet dit gedeelte van de leiding een continue uitvoeringzakking opvangen. Daarbij geldt ook dat de grootte van de zakking wordt bepaald door de uitvoering in open sleuf en de inklinking van het aan te brengen geroerde grondpakket onder de leiding (testretourleiding ligt namelijk hoger dan de sleufbodem).

Doordat de buissegmenten van de testretourleiding middels mof/spie verbindingen op elkaar aansluiten, kan de leiding ter plekke van het schuine deel scharnieren. Door de scharnierende werking kan het schuine deel mogelijk de totale zakking opvangen. De leiding moet hierbij de volgende maximaal te verwachten zakking/ zetting kunnen volgen:

- uitvoeringszakking: 51 mm
- zetting: 15 mm
- inklinking/ zakking geroerd grondpakket onder leiding: 51 mm (3 % van hoogte aan te brengen grondpakket = 1700 mm)

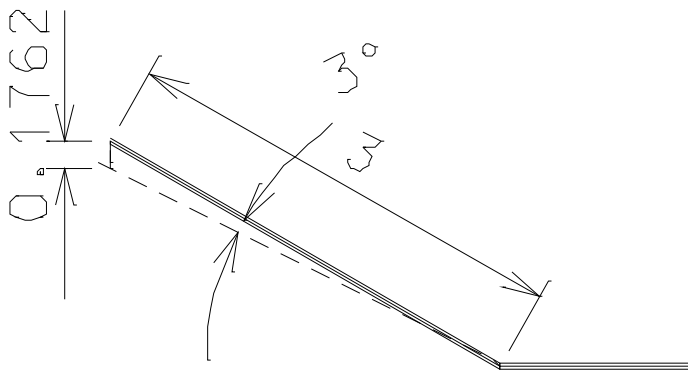
Bepaald bij uitgangspunten:

- leiding aangelegd in klei
- sleuf onverdicht
- sleuf breedte type c
- leiding diameter 326 mm
- inklinkingpercentage klei ervaringsgetal 3%

Belangrijk is om te bekijken of het buissegment in het schuine gedeelte, middels de scharnierende werking van de mof/spie verbinding, deze zakking kan opvangen. Indien dit het geval is, is er geen sprake van wederzijdse beïnvloeding van de buissegmenten op elkaar. De optredende momenten verlopen dan niet over meerdere buissegmenten, hetgeen een randvoorwaarde is om het geheel vereenvoudigd te bekijken.

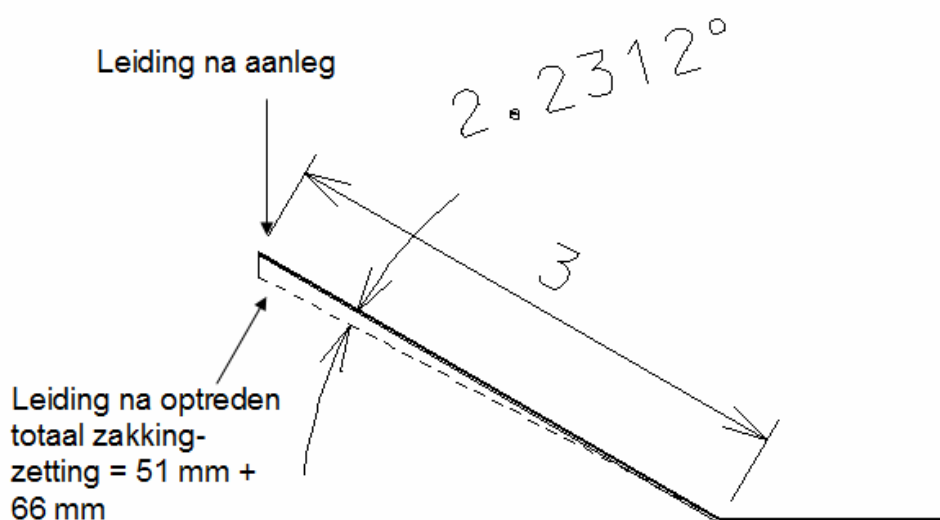
De buis in het schuine gedeelte is 3000 mm lang en kan rekeninghoudend met de door de fabrikant opgegeven maximale hoekverdraaiing, 6 graden verdraaien.

Dit levert een maximaal op te vangen zakking/ zetting op van ca. 175 mm.



#### *Te verwachten hoekverdraaiing in mof-spie verbinding*

Ter plaatse van het schuine gedeelte wordt een maximale zakking/ zetting verwacht van totaal  $15 + 51 = 117$  mm. Het buissegment in het schuine gedeelte kan deze zakking geheel volgen en opvangen zonder dat daarbij de maximale hoekverdraaiing wordt overschreden. De te verwachten hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding zal hierbij 2,23 graden groot zijn ( $\sin a = 117 \text{ mm} / 3000 \text{ mm}$ ).



### Conclusie

De buis in het schuine gedeelte kan bij een hoekverdraaiing in de eerste mof/spie verbinding van 2,23 graden, de optredende zakking/ zetting opvangen.

Het eerste buissegment vangt als enig segment de discontinue zakking op en wordt hierdoor qua sterkte maatgevend.

Het buissegment is in de volgende hoofdstukken berekend en getoetst conform de Nen 3650 & 3651.

Aangezien bij deze aansluiting sprake is van een discontinue zakking, is er voor gekozen de berekening van de situatie volgens de gelegd/geperst-methode uit te voeren.

<b>Inhoudsopgave</b>	<i>T3 -</i>	1
1. Volgen uitvoeringzakking	<i>T3 -</i>	2
2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening	<i>T3 -</i>	3
2.1 Toelaatbare spanning	<i>T3 -</i>	3
2.2 Toets op deflectie	<i>T3 -</i>	5
2.3 Toetsing op implosie	<i>T3 -</i>	5
2.4 Toetsing op minimale ringstijfheid	<i>T3 -</i>	5
3. Uitgangspunten	<i>T3 -</i>	6
3.1 Leidinggegevens	<i>T3 -</i>	6
3.2 Grondgegevens	<i>T3 -</i>	6
3.3 Ontwerpgegevens	<i>T3 -</i>	6
4. Sterkteberekening	<i>T3 -</i>	7
4.1 Projectgegevens	<i>T3 -</i>	7
4.2 Grondgegevens (belastingen)	<i>T3 -</i>	9
4.3 Toets spanning	<i>T3 -</i>	12
4.4 Toetsing op ringstijfheid, implosie en deflectie	<i>T3 -</i>	13
4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen	<i>T3 -</i>	14
4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting	<i>T3 -</i>	15
4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting	<i>T3 -</i>	16

### T3 Berekening “onder weg testretourleiding (max. zakking)”

#### 1. Volgen uitvoeringszakking

Na het schuine gedeelte gaat de testretourleiding onder de weg door. De buissegmenten onder de weg zijn onderhevig aan dezelfde continue uitvoeringzakkingen als het schuine gedeelte (117 mm). Daarbij geldt wel dat de zakking wordt opgevangen door de scharnierende werking van het schuine gedeelte voor de weg en niet door de buissegmenten onder de weg. De buissegmenten onder de weg hoeven dus geen zakking op te vangen en zullen zonder hoekverdraaiing gelijkmatig de zakking volgen (verdraaiing treedt op in mof-spie verbindingen van het schuine gedeelte voor de weg).

#### *Conclusie*

De te verwachten zakkingen ter plaatse van de buissegmenten onder de weg zullen zonder problemen worden gevolgd door de buissegmenten. De buissegmenten onder de weg zijn, vanwege de verkeersbelasting, qua sterkte in de volgende hoofdstukken berekend en getoetst conform de Nen 3650 & 3651.

## 2. Belangrijkste conclusies sterkteberekening

### 2.1 Toelaatbare spanning

De maximaal optredende spanning voor de leiding is bepaald voor de periode gedurende het 1e en 2e jaar als de periode na 2 jaar.

De spanning is getest aan de maximaal toelaatbare spanning geldend voor het gekozen leidingmateriaal/kwaliteit: Nodulair gij EN-545

#### **Toets spanning " open sleuf" gedurende het 1e en 2e jaar**

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

Maximaal optredende spanning in langsrichting tijdens 1e en 2e jaar: 23,17 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens 1e en 2e jaar: 66,82 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

#### **Toets spanning " open sleuf" na 2 jaar**

Voor de gebruiksfase zijn zowel de spanningen in langsrichting als in omtreksrichting na 2 jaar bepaald en gecontroleerd aan de maximaal toelaatbare spanning.

Maximaal optredende spanning in langsrichting na 2 jaar: 26,84 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in langsrichting):

Toetl. Spanning = $\sigma_t$ * schadefactor	183,6 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup> = 80 % van de rekgrens	
schadefactor 0,85	

#### **Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in langsrichting voor deze periode voldoet.

Maximaal optredende spanning in omtreksrichting tijdens bedrijfsfase: 60,59 n/mm<sup>2</sup>

De maximale toelaatbare lange duur spanning voor Nodulair gij EN-545 bedraagt (geldend in omtreksrichting):

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 183,6 \text{ n/mm}^2 \\ \sigma_t &= 216,00 \text{ n/mm}^2 && = 80 \% \text{ van de rekgrens} \\ \text{schadefactor} &= 0,85 \end{aligned}$$

**Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua spanning in omtreksrichting voor deze periode voldoet.

**Toets ideële spanning "gedeelte gelegd"**

Aangezien de leiding van nodulair gietijzer is, is voor de leiding ook de ideële spanning getoetst.

Ideele optredende spanning gelegd gedeelte 77,57 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Toetl. Spanning} &= \sigma_t * \text{schadefactor} && 301,48 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_t &= 354,7 \text{ n/mm}^2 = \sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) && \text{waarbij } Re0 = \text{warmrekgrens } 120 \text{ grd} \\ \text{schadefact} &= 0,85 && = 270 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

**Conclusie**

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de leiding qua ideële spanning voldoet voor het gelegde gedeelte.



## 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.

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            0,91 mm.

Toelaatbare deflectie voor leiding    22,17 mm.            8,313 mm    voor gecementeerde leidingen

### **Conclusie**

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

## 2.3 Toetsing op implosie

Kunstofleidingen moeten indien er sprake kan zijn van inwendige onderdruk of uitwendige overdruk (bv. 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).

### **Implosie**

Bij de toetsing op implosie blijkt dat indien de grondwaterkolom boven de buis meer dan 89,61 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:            0,00 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:    Toets niet vereist kN.m2 (Nodulair gij EN-545)

De berekende ringstijfheid van de leiding betreft:            103,2 kN/m2

### **Conclusie**

Toets is niet uitgevoerd, aangezien de toets overbodig is bij gekozen materiaal.

### 3 Uitgangspunten

#### 3.1 Leidinggegevens

Binnen dit project wordt een leiding toegepast van het materiaal: nodulair gietijzer  
 met een materiaalkwaliteit: Nodulair gij EN-545

De diameter is aangehouden op 326 mm en de wanddikte bedraagt 6,2 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
Open sleuf	klei	klei

#### 3.3 Ontwerpgegevens

##### *Druk*

Bij de berekening wordt rekening gehouden met een inwendige druk van maximaal  
 = 9 bar.

0,9 n/mm<sup>2</sup>,

##### *Bocht*

In de berekening is voor het open sleuf gedeelt geen bocht aangehouden.

Bochtstraal = 0 m

Wanddikte = 0 mm

##### *Dekking*

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met een dekking maximaal:

tracé deel	dekking in m
Open sleuf	0,84

##### *Temperatuur*

Als temperatuursvariatie is bij de berekening aangehouden:

0 °C

##### *Verkeer*

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

tracé deel	boven leiding
Open sleuf	grafiek2

##### *Schadefactor*

De schadefactor is voor de berekening vastgesteld op

0,85

## 4.1 Projectgegevens

**Opdrachtgever**

**Qualm**

**Project:**

Onder weg testretourleiding (max. dekking)

### Afmetingen van de leidingen

Uitwendige middellijn	326,00	De
Wanddikte	6,20	dn
Dikte bekleding	0,00	e

### Bocht in leiding

	nee	
Bochtstraal	0,00	R
Wanddikte bocht	0,00	dnb

### Procescondities

Soortleiding (gas/ vloeistof/ drukloos)		
Ontwerpdruk	0,9	N/mm <sup>2</sup>
Volumieke massa 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>	gebied klein stedelijk
	/dorpsbebouwing/ weinig industrie
Schadefactor	0,85

### Toets toegestaan vereenvoudigd berekeningen

Voor vloeistofleidingen geldt:  $H_3 * D_i^5$  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:

$$H = \frac{pd}{r * g} = 91,74 \text{ m}$$

$$H_3 * D_i^5 = 2342,07 \text{ m}^8$$

### Berekeningsmethode NIET toegestaan. Neem contact op met

<b>Verkeersklasse</b>	grafiek2	grafiek
Verkeersbelasting	27,95	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens deklaag (indien van toep.)</i>		
Soort deklaag	<b>klinkers</b>	
Deklaag dikte	100,00	mm
E-modulus deklaag	500,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens fundering (indien van toep.)</i>		
Soort fundering	<b>zandcement</b>	
Fundering dikte	300,00	mm
E-modulus fundering	1000,00	N/mm <sup>2</sup>
<i>Gegevens grond</i>		
E-modulus grond	100,00	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fictieve dekkingshoogte: Heq</b>	<b>1092,59</b>	<b>mm</b>

**Project: Onder weg testretourleiding (max. dekking)**

<b>Materiaal</b>	<b>Nodulair gij EN-545</b>		
Lange-duurtreksterkte	216,00	N/mm2	MRS
Materiaalfactor	1,00		°_M
Toelaatbare lange duur spanning tang	216,00	N/mm2	σ
Toelaatbare lange duur spanning axiaal	216,00	N/mm2	σ
Elasticiteitsmodulus korte duur tang	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus korte duur axiaal	170000,00	N/mm2	E
Elasticiteitsmodulus lange duur	170000,00	N/mm2	E'
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,000012	(mm/mm).K-1	ag
Alfa Tangentieel	0,55		aT
Alfa Axiaal	0,75		aA
Constante van Poisson	0,28		v

**Aanleggegevens**

Grondsoort onder leiding	klei		
Grondsoort boven leiding	klei		
horizontale steundruk	nee		
Z leidingas t.o.v. NAP	-1000	mm	
Z maaiveld t.o.v. NAP	0	mm	
Z GWS t.o.v. NAP	-2500	mm	
Dekking	837	mm	
Sleufbreedte op buisasniveau	1000	mm	
Aanvulling (on)verdicht	onverdicht		
Opleghoek leiding	70,00	grd	
Belasting hoek grondkolom	180,00	grd	
uitvoeringszakkingverschil	102	mm	
zetting	15	mm	
soort sleuf	open droge sleuf		
-			

**1. Eigenschappen van de leiding**

Inwendige middellijn	313,60	mm	$D_i = D_e - 2 * d_n$
Gemiddelde middellijn	319,80	mm	$D_g = (D_e + D_i) / 2$
Uitw. middellijn+bekleding	326,00	mm	$D_o = D_e + 2 * e$
Uitwendige straal	163,00	mm	$r_u = D_e / 2$
Inwendige straal	156,80	mm	$r_i = D_i / 2$
Gemiddelde straal	159,90	mm	$r_g = (r_u + r_i) / 2$
Traagheidsmoment buis	79661807,62	mm <sup>4</sup>	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) * \rho / 64$
Weerstandsmoment buis	488722,75	mm <sup>3</sup>	$W_b = I_b / r_u$
Wandtraagheidsmoment	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	$I_w = d_n^3 / 12$
Wandweerstandsmoment	6,41	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>	$W_w = d_n^2 / 6$

## 4.2 Grondgegevens (belastingen)

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

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

Gemiddelde waarden zonder partiële factoren

### Aanleggegevens

	AX-LP	0
Z leidingas t.o.v. NAP	mm	-1000
Z bovenkant leiding t.o.v. NAP	mm	-837
Z maaiveld t.o.v. NAP	mm	0
Z GWS t.o.v. NAP	mm	-2500
Sleufbreedte op buisasniveau	mm	1000
Grondsoort onder de leiding		klei
Grondsoort boven en naast de leiding		klei
verdichting		onverdicht
Dekking (mm)	mm	837
laagdikte boven GWS boven de leiding	mm	837
laagdikte onder GWS boven de leiding	mm	0

### 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> )		0,017
E grond		0,340
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)		326,0
Uitw. diameter leiding (mm)		326,0
<b>LAMBDA mm-1</b>		0,00035

<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qn	<b>0,01423</b>
<b>SOILNB</b>		
<b>NEUTRALE GRONDBELASTING (N/mm<sup>1</sup>)</b>	Qn	<b>5,10</b>
<b>SOILNB</b>		

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

$f_m$		0,3
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
RVT	qk	<b>0,025</b>
<b>PASSIEVE GRONDREACTIE (N/mm<sup>1</sup>)</b>		
RVT	Qk	<b>9,033</b>
$\sigma_k$ buis		0,017
$(H + D/2)/D$		3,07
$K_q$		11,0
Alpha		0,6
$K_c$		35,0
<b>HOR. PASSIEVE GR.REACTIE (N/mm<sup>2</sup>)</b>		
RH		<b>0,922</b>
$d_c$		0,502
dy		1
Sy		0,96
Nq		5,0085
Ny		1,8958
dq		1,387
Sq		1,030
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>2</sup>) RVS</b>		<b>0,333</b>
<b>EVENWICHTSDRAAGVERMOGEN</b>		
<b>(N/mm<sup>1</sup>) RVS</b>	Pwe	<b>108,441</b>
$D_o$ (m)		0,326
E (Mpa)		2,000
H (m)		0,837
$z_{max}$ (m)		1,80E-02
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omhoog</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLT</b>		<b>0,001</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE min</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv min	<b>2,400E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE gem</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>)</b>	Kv gem	<b>3,800E-03</b>
<b>VERT. BEDDINGSCONSTANTE omlaag</b>		
<b>(N/mm<sup>3</sup>) KLS</b>		<b>2,551E-06</b>

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

$Y_{max}$			51,19
<b>HOR. BEDDINGSCONSTANTE (N/mm<sup>3</sup>)</b>			
<b>KLH</b>	Kh		<b>0,092</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> )			0,017
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>0,009</b>
<b>WRIJVINGSVERPLAATSING. (mm)</b>			
<b>UF</b>	UF		<b>4</b>
mu			0,15
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	qr		9,03271149
<b>Reële grondbelasting (N/mm<sup>2</sup>)</b>	Qr		<b>0,0252</b>
Zmax			0,0180

### 4.3 Toets spanning

**Project: Onder weg testretourleiding (max. dekking)**

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende 1e en 2e jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p)) * \sigma_q$	Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>66,82</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	79,30	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor 0,85
$i_y(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	22,22	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>23,17</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor 0,85
$i_x(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	22,22	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	

#### Toets totaal aan optredende spanningen gedurende na 2 jaar

*Optredende spanning in omtreksrichting van de leiding*

$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T * (\sigma_q + i_y(p)) * \sigma_q$	Toelaatbare spanning (afhankelijk van gekozen schadefactor)		
$\sigma_y =$	<b>60,59</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_T$	0,55	-	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_q$	67,96	n/mm <sup>2</sup>	schadefactor 0,85
$i_y(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	27,12	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>26,84</b>	n/mm <sup>2</sup>	
$v$	0,28	-	Toetl. Spanning = $\sigma_t * \text{schadefactor}$ <b>183,6</b> n/mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	23,21	n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ 216,00 n/mm <sup>2</sup>
$\alpha_A$	0,75	-	schadefactor 0,85
$i_x(p)$	1,00	-	
$\sigma_{bx}$	27,12	n/mm <sup>2</sup>	<b>Leiding voldoet</b>
$\sigma_t$	0,00	n/mm <sup>2</sup>	

#### **Optredende ideël spanning**

$$\sigma_v = (\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y * \sigma_x) \quad 77,57 \quad \text{n/mm}^2 \quad \text{Re0} = 270 \text{ n/mm}^2$$

Toetl. Spanning =  $\sigma_t * \text{schadefactor} = 0,85 \text{ (Re+Re0)/1,1} * \text{schadefactor}$  **120 grd**

Toetl. Spanning **354,68** n/mm<sup>2</sup>  
 Leiding deel **Leiding voldoet**



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

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

##### Toetsing op minimale ringstijfheid SN

$SN = E * I_w / Dg^3$	103,23	kN/m <sup>2</sup>
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
E'	170000,00	N/mm <sup>2</sup>
I <sub>w</sub>	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Dg	319,80	mm

Minimaal vereiste ringstijfheid van  $\sigma_{ulair}$  gij EN- $\epsilon$  **Toets niet vereist** kN.m<sup>2</sup>

Toetsresultaat: **Ringstijfheid leiding klopt niet/ of gekozen materiaal kan niet worden getoetst**  
**Toets volbracht met positief resultaat.**

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

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

$p_{o, kort} =$	1,79219344	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	179,22 m waterkolom
y	1,5	-		
v	0,28	-		

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

$p_{o, lang} =$	0,90	N/mm <sup>2</sup>	dat betekend bestand tegen	89,61 m waterkolom
y	3,00	-		
v	0,28	-		

##### Toets op optredende en toelaatbare deflectie

Situatie drukloze leiding met zijdelingse steundruk

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

deflectie =	0,91	mm	<b>voldoet</b>
Q = Q <sub>v</sub> + Q <sub>n</sub>	14,21	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>d</sub>	6,54	n/mm <sup>1</sup>	
Q <sub>n,h</sub>	9,94	n/mm <sup>1</sup>	
r <sub>g</sub>	159,90	mm	
E	170000,00	N/mm <sup>2</sup>	
I <sub>w</sub>	19,86	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>	
inwendige wrijvingshoek	17,50	grd	

Toelaatbare deflectie = 0,08 \* D<sub>e</sub> \* schadefactor 22,17 mm

D <sub>e</sub>	326,00	mm
Schadefactor	0,85	-

#### 4.5 Uitwerking spanning t.g.v. druk en temperatuurverschillen

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

##### Toets leiding dikwandig of dunwandig

Dg	319,8	mm
dn	6,2	mm
Dg/dn	51,58	<b>Dunwandig</b>
$\sigma_p = (D_e - d_n) / (2 * d_n) * p_d$	23,21	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°
$\alpha_g$	0,0000115	(mm/mm).K-1
E korte duur axiaal	170000,00	N/mm <sup>2</sup>

##### Berekening reroundingfactor frr

$frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,818	-
frr berekend mag worden toegepast leiding onder druk		ja
frr berekend: $frr = 1 / (1 + (2 * p_d * r_g^3 * k_y) / (E * I_w))$	0,818	
$k_y =$ deflectiefactor nen 3650 tabel D.1	0,102	-
Opleghoek leiding	70	grd
Belastinghoek grondkolom	180	grd

### 4.6 Uitwerking spanning t.g.v. verkeersbelasting

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

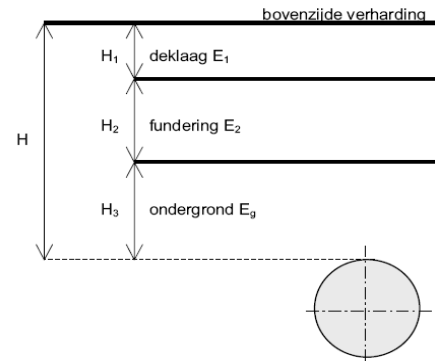
#### Berekening van de verkeersbelasting Qv

Gegevens deklaag (indien van toep.)

Soort deklaag	klinkers		
Deklaag dikte = H2	100,00	mm	
E-modulus deklaag = E1	500,00	n/mm2	

Gegevens fundering (indien van toep.)

Soort fundering	zandcement		
Fundering dikte = H1	300,00	mm	
E-modulus fundering = E2	1000,00	n/mm2	
Gegevens grond	0,00		
E-modulus grond = E3	100,00	n/mm2	

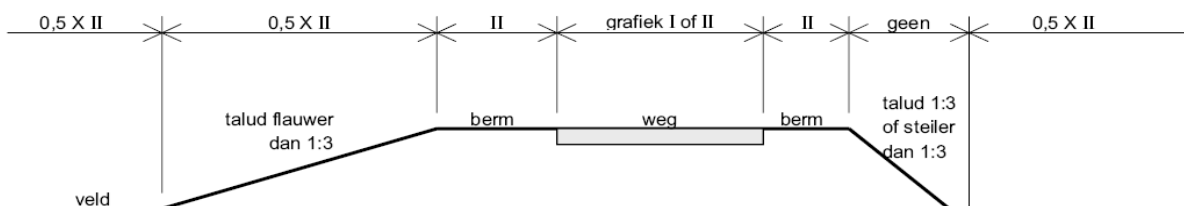


<b>qv</b>	<b>27,95</b>	<b>N/mm2</b>
Qv = qv*Do	9,11	N/mm1

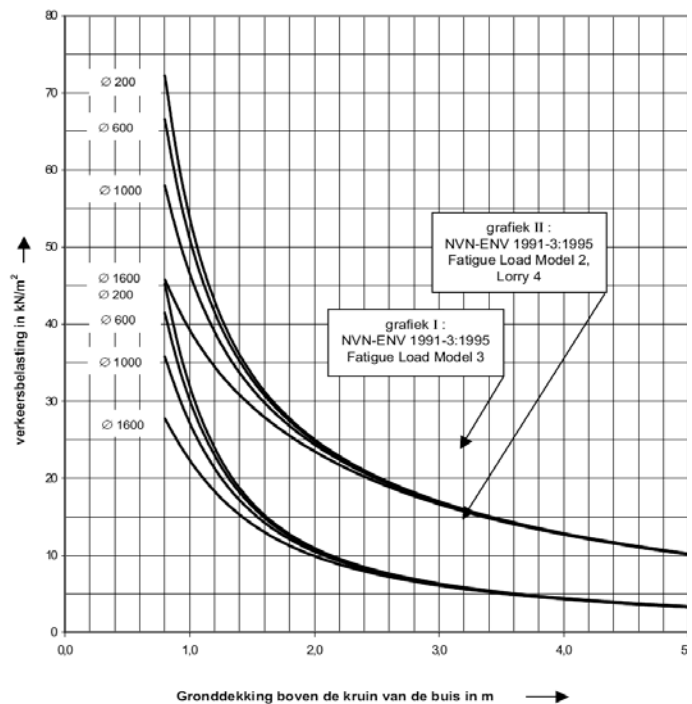
Ontlastende wegdek:

$H1_{eq} = 0.9 * H1 * (E1/E3)^{1/3}$	461,69	mm
$H2_{eq} = 0.9 * H2 * (E2/E3)^{1/3}$	193,90	mm

Fictieve dekkingshoogte: Heq 1092,59 mm



**qv = 27,95**



#### 4.7 Uitwerking spanning t.g.v. grondbelasting

Project: **Onder weg testretourleiding (max. dekking)**

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

$\lambda$	0,000389		L	51430,35	mm
Do	326,00	mm	$.. = \lambda * L$	20,00	
fv 1e en 2e jaar	102,00	mm	AZ	0,03402985	
fv na 2 jaar	124,50	mm	BZ	0,00054776	
kv	0,0038	N/mm3	Cz	0,02134328	
E	170000,00	N/mm2	lb	89,33	%
lb	79661807,62	mm4			

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_0 \times k_v}{4E \times I_b}}$$

$$L = 10 \times \sqrt[4]{4 \times E \times I_b / D_0 \times k_v}$$

##### Berekening indirect overgedragen grondbelasting

###### Na 1e en 2e Jaar

qz = Bz * fv * Do * kv,gem	0,069214	N/mm1
Qd=qz*I*L*(i+(i*I*L)/ 6)	5,36	N/mm1

###### Na 2 Jaar

qz = Bz * fv * Do * kv,ger	0,08448	N/mm1
Qd=qz*I*L*(i+(i*I*L)/ 6)	6,54	N/mm1

##### Vergelijking bovenlastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1en 2e jaar

Qk	9,03	N/mm1
Qv	9,11	N/mm1
Qd	5,36	N/mm1
Som	<b>23,50</b>	N/mm1

Situatie na 2 jaar

Qn	5,10	N/mm1
Qv	9,11	N/mm1
Qd	6,54	N/mm1
Som	<b>20,75</b>	N/mm1

Pwe 108,44 n/mm1

108,44 n/mm1

*geen  
aanpassing  
Qd*

*geen  
aanpassing  
Qd*

Qd 1e en 2e jaar 5,36 N/mm1

Qd na 2 jaar 6,54 N/mm1

##### Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1e en 2e jaar)

Horizontale steundruk	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
Moment tgv Qk en Qv			Moment tgv Qd		
Mq = Kb * (Qk + Qv) * rg	516,43	Nmm/mm1	Mqd = Kb,ind * Qd * rg	104,53	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm

##### Spanning ten gevolge van Mq en Mqd

$\sigma_q = \text{frr} * (Mq + Mqd) / Ww$	79,30	N/mm2
frr	0,82	-
Ww	6,41	mm3/mm1

**Project:** Onder weg testretourleiding (max. dekking)

**Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)**

<i>Horizontale steundruk</i>	nee		1-sin y	1,00	
			y	18	
<i>Moment tgv Qn en Qv</i>			<i>Moment tgv Qd</i>		
$Mq = Kb * (Qn + Qv) * rg$	404,57	Nmm/mm1	$Mqd = Kb,ind * Qd * rg$	127,59	Nmm/mm1
Kb	0,178	-	Kbind	0,122	-
rg	159,90	mm	rg	159,90	mm
<i>Spanning ten gevolge van Mq en Mqd</i>					
$\sigma q = frr * (Mq + Mqd) / Ww$	67,96	N/mm2			
frr	0,82				
Ww	6,41	mm3/mm1			

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

$\sigma bx = Cz * fv * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$	22,22	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0038	N/mm3
dn	6,20	mm

**Berekening van de spanning sbx t.g.v. uitvoeringszakkingsverschil f v+ zettingsverschil fz**

$\sigma bx = Cz * (fv + 1,5 * fv) * (E * kv, gem / dn)^{0,5}$		
$\sigma bx =$	27,12	N/mm2
E	170000,00	N/mm2
kv gem	0,0038	N/mm3
dn	6,20	mm

### **Advies rondom stalen damwand**

Bij de doorvoer van de leidingen door de stalen damwand voor de inlaatconstructie, dient rekening te worden gehouden met de benodigde vrije ruimte rondom de leidingen. Zowel de zuigleiding als de testretourleiding moeten zonder hinder van de stalen damwand de zakkingen kunnen volgen. Mocht de leiding terecht komen op de stalen damwand, dan ontstaan er dusdanige puntlasten dat de kans zeer groot is dat de leiding bezwijkt.

**Bijlage 1 Grondrapport**

## Unknown

---

**Van:** Frankwin Spithoven [frankwin\_spithoven@qualm.org]  
**Verzonden:** dinsdag 18 september 2007 16:53  
**Aan:** PPCleidingadvies  
**Onderwerp:** RE: SMD-Gorinem

Geachte heer Potuijt,

Ik heb nog even gesproken met dhr Jos Vermeulen, op 26 september gaat zijn technische man voor ca 4 weken op vakantie, gaarne zou hij graag de uitgangspunten voor de berekening willen inzien met deze persoon zodat als de berekening positief door ons wordt uitgerekend de werkzaamheden kunnen aanvangen zonder dat deze op dat moment gecontroleerd zijn door het waterschap. Zou je deze gegevens kunnen overhandigen inclusief tekening/schets.

Uitgangspunten:

Druk persleiding berekenen op 10 bar en niet 12 bar (werkdruk zal waarschijnlijk 8 of 9 bar zijn, de maximale druk van de pomp is 12 bar t.p.v. de pomp dus niet in de leiding)

Verder zouden we wat betreft een eventueel vervangende waterkering in de persleiding niet noodzakelijk is omdat deze leiding een testleiding is:

- 1 keer per jaar ca. 15 minuten in gebruik.
- Gecontroleerbaar lozen, met eventuele dijkbewaking en/of melding bij Waterschap.
- Alleen uit te voeren bij laag water.

Gaarne deze gegevens door sluizen naar Waterschap zodat we hierover goedkeuring hebben.

Mvg

Frank Spithoven

-----Oorspronkelijk bericht-----

**Van:** PPCleidingadvies [mailto:info@ppcleidingadvies.com]  
**Verzonden:** maandag 17 september 2007 23:17  
**Aan:** Frankwin Spithoven  
**Onderwerp:** RE: SMD-Gorinem

Geachte heer Spithoven,

Graag zou ik u willen vragen of u meer gegevens kan toesturen van de bochten die u toe gaat passen bij de pers- en zuigleiding. Voor de berekening zijn de volgende bochtgegevens van belang:

- Materiaalsoort/ kwaliteit
- bochtstraal
- bochthoek
- lengte bochtbenen/ segmenten
- wanddikte bocht
- soort verbinding

Daarnaast wil ik u aangeven dat ik gisteren de voorgenomen berekeningswijze voor de leidingberekening van de pers- en zuigleiding ter commentaar heb voorgelegd aan Jos Vermeulen. Aangezien ik hem telefonisch, na meerdere pogingen, niet te pakken kreeg is dit per email gebeurd. Tot dusver heeft hij nog niet gereageerd, hetgeen wel van belang is voor de start van de berekeningen / het wel of niet vereenvoudigd mogen berekenen.

Met vriendelijke groet,



Ing. B. Pottuijt

**Pottuijt Pipeline Consulting**

Sportlaan 16  
1185 TC Amstelveen

T+ 06-51 60 00 87

F+ 084-838 57 06

E-mail: [info@ppcleidingadvies.com](mailto:info@ppcleidingadvies.com)

Website: [www.ppcleidingadvies.com](http://www.ppcleidingadvies.com)

Attentie: Op al onze adviezen is de RVOI 2001 van toepassing. Adviezen worden met de hoogste zorgvuldigheid gegeven. Pottuijt Pipeline Consulting kan onder geen enkele voorwaarde aansprakelijk worden gesteld voor onvoorziene, resulterende of andere schade. In geen enkel geval zal een eventuele aansprakelijkheid voor geleden schade, van welke aard dan ook, en ongeacht de vorm waarin gevorderd, het bedrag te boven gaan dat werd betaald voor het door Pottuijt Pipeline Consulting afgegeven advies. Bij opdrachtverstrekking wordt er vanuit gegaan dat de verstrekker van de opdracht instemt met de door Pottuijt Pipeline Consulting bovengestelde voorwaarden.

---

**Van:** Frankwin Spithoven [mailto:frankwin\_spithoven@qualm.org]

**Verzonden:** donderdag 13 september 2007 17:24

**Aan:** info@ppcleidingadvies.com

**Onderwerp:** SMD-Gorinem

Geachte heer Bart Potuit,

Gaarne 2 st berekeningen maken van ondergrondse leidingen door dijklichaam op dichtheid en sterkte, e.e.a. conform NEN 3650, zie voorschriften Waterschap.

Zuigleidingen:

- Materiaal nodulair gietijzer volgens NEN-EN 545 voor drinkwater, type Natural klasse 40, inwendig gecementeerd, uitwendig beschermd d.m.v. zink/aluminium, laagdikte 400gr/m2 en steekmoffen, alle verbindingen trekvast d.m.v. tytonsitplus ringen.
- Diameter DN 300
- Inwendige waterdruk 2 bar
- Medium water uit Merwedekanaal
- Schadefactor 0.85
- Gronddekking ca. 3 m tw. 10 cm klinkers,30 cm verdicht zand, 2,6 m klei
- Rondom buis ca. 20 cm verdicht schoon zand.

Tetstretourleiding:

- Materiaal nodulair gietijzer volgens NEN-EN 545 voor drinkwater, type Natural klasse 40, inwendig gecementeerd, uitwendig beschermd d.m.v. zink/aluminium, laagdikte 400gr/m2 en steekmoffen, alle verbindingen trekvast d.m.v. tytonsitplus ringen.
- Diameter DN 300
- Inwendige waterdruk 12 bar
- Medium water uit Merwedekanaal
- Schadefactor 0.85
- Gronddekking ca. 80 cm. 10 cm klinkers,30 cm verdicht zand, 40 cm klei (LET OP nazakking van uitgraving tot 3,3 m diep)
- Rondom buis ca. 20 cm verdicht schoon zand.

Contact persoon Waterschap JOS Vermeulen tel 0344649434

Contact persoon Saint Gobain (leverancier) dhr Lavos 0365333344

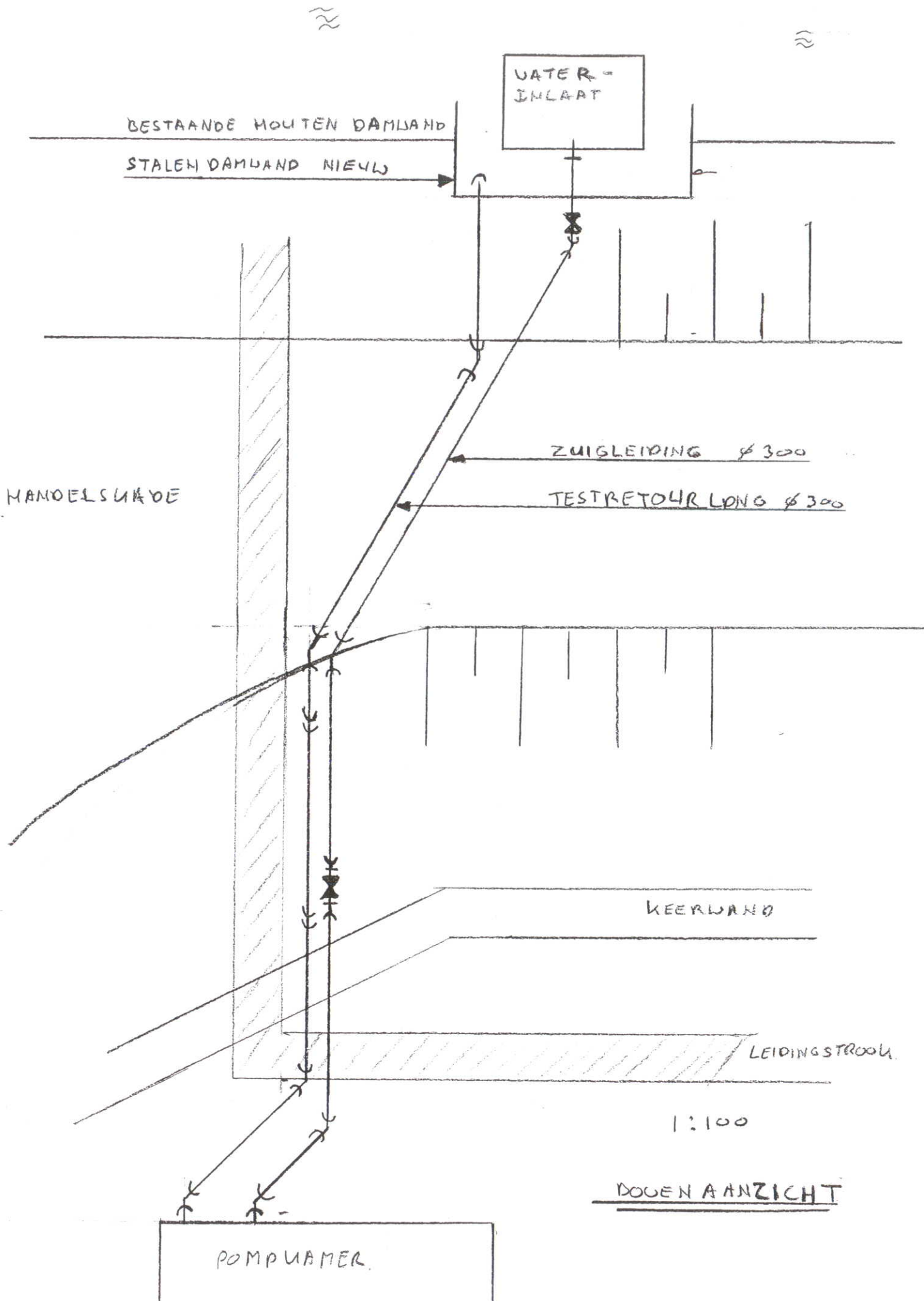
Contact persoon QUALM F.J. Spithoven tel 06-140 186 60

Adres locatie Handelskade 3 te Gorinchem

Mvg

Frank

**Bijlage 2 Tekening(en)**



BESTAANDE HOUTEN DAMWAND

STALEN DAMWAND NIEUW

WATER-INLAAT

MANOELSMADE

ZUIGLEIDING  $\phi$  300

TESTRETOUR LING  $\phi$  300

KEERWAND

LEIDINGSTROOK

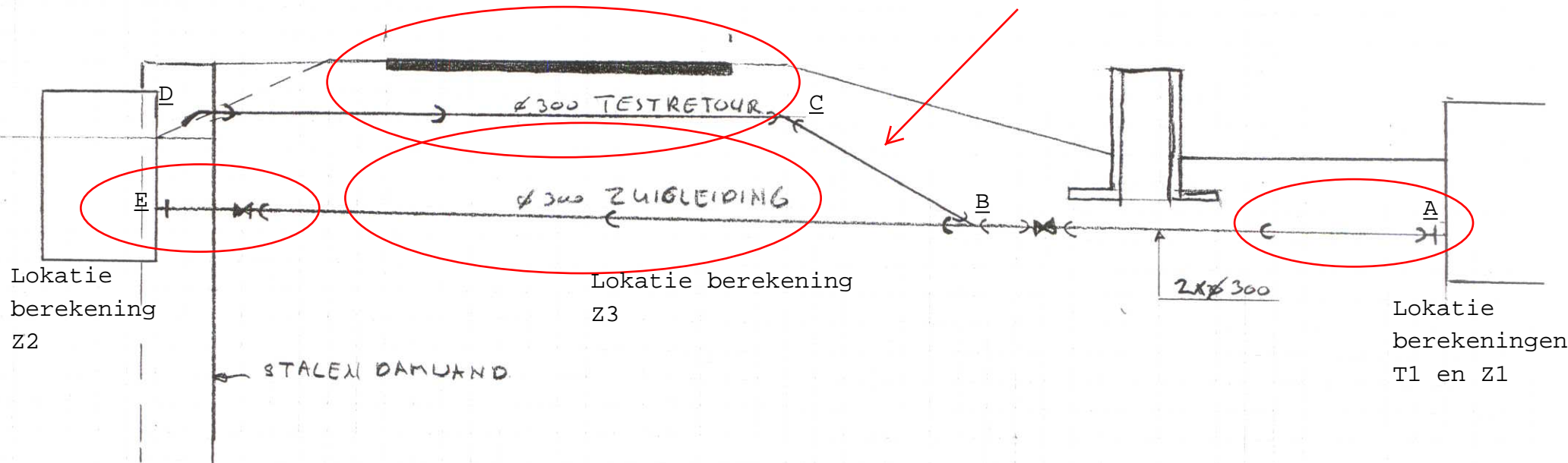
POMPkamer

1:100

DOUEN AANZICHT

Beschouwing schuin deel T2

Lokatie berekening  
T3



Lokatie  
berekening  
Z2

Lokatie berekening  
Z3

Lokatie  
berekeningen  
T1 en Z1

DOORSNEDE 1:100

Zakkingen:

A => E 66 mm

B => C 66 mm naar 117 mm

C => D 117 mm