

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland  
Minister van Infrastructuur en Waterstaat  
[REDACTED]  
Postbus 2038  
3500 GA UTRECHT

DATUM  
ONZE REFERENTIE  
BEHANDELD DOOR  
TELEFOON DIRECT  
E-MAIL

12 september 2019  
ONL-TTB-05732

[REDACTED]

**BETREFT** Verzoek tot wijziging spoorwegwetvergunning LJVVM1832\_RRN18187

Geachte [REDACTED]

Voor het project *net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)* heeft ProRail namens de Minister van Infrastructuur en Waterstaat op 12 april 2019 een vergunning verleend met kenmerk LJVVM1832\_RRN18187 voor realiseren en in gebruik hebben van een ondergrondse hoogspanningsverbinding onder twee spoorlijnen op grond van artikel 19 lid 1 van de Spoorwegwet. Het betreft het kruisen van de volgende twee hoofdspoorwegen:

- Locatie 1: Geocode 804, spoorvak Beverwijk Hoogovens, van Gelder, tussen km 0.5 en 0.6;
- Locatie 2: Geocode 076, spoorvak Santpoort-Noord-Uitgeest tussen km 11.1 en 11.2.

Ten opzichte van de, in bovenstaande vergunning, vergunde situatie treedt een tweetal wijzigingen op:

1. In voorschrift 11 op pagina 4/10 van de verleende vergunning, als ook in de tweede zin op pagina 8/10 van de vergunning, is gesteld dat de vergunning vervalt wanneer binnen 3 jaar nadat zij onherroepelijk is geworden niet is gestart met de te verrichten werkzaamheden. De termijn van 5 jaar, zoals was opgenomen in het ontwerpbesluit, is per abuis gewijzigd naar 3 jaar in het definitieve besluit. Gezien de termijn waarbinnen uitvoering van het project plaatsvindt, is onzeker of vergunninghouder deze termijn van 3 jaar kan halen. Om deze reden zien wij graag dat de vervaltermijn van 3 jaar wordt gewijzigd naar 5 jaar.
2. Bij het besluit op pagina's 1/10 en 2/10 van de vergunning zijn bij elke boring beschermbuizen met SDR-klasse 9 vergund. Inmiddels zijn echter meer en nieuwe grondgegevens bekend (met name gegevens over de grondsamenstelling). Hieruit is naar voren gekomen dat SDR11 volstaat als kwaliteit van de beschermbuizen/mantelbuizen. Vergunninghouder is dan ook voornemens om beschermbuizen/mantelbuizen van minimaal SDR klasse 11 aan te leggen.

Hierbij verzoeken wij u dan ook om de reeds verleende vergunning (LJVVM1832\_RRN18187) te wijzigen middels een wijzigingsbesluit. Concreet verzoeken wij u om daarbij het volgende te wijzigen:

1. Voorschrift 11 op pagina 4/10 van de verleende vergunning te wijzigen naar: "*Alle krachtens deze vergunning te verrichten werkzaamheden, nadat de vergunning definitief is geworden, moeten*

*binnen 5 jaar na het onherroepelijk worden van de vergunning zijn aangevangen en, indien dit redelijkerwijs mogelijk is, onafgebroken en zonder onnodige vertraging worden voortgezet.” En daarbij de tweede zin op pagina 8/10 van de verleende vergunning te wijzigen naar: “Deze vergunning vervalt, wanneer binnen 5 jaar nadat zij onherroepelijk is geworden daarvan geen gebruik gemaakt is.”;*

2. Binnen het onderdeel “Besluit” op pagina’s 1/10 en 2/10 van de verleende vergunning de SDR-klasse van de beschermbuizen van elke boring te wijzigingen van SDR9 naar *minimaal* SDR11.

De eerste gevraagde wijziging is voornamelijk procedureel en tekstueel van aard. De tweede wijziging is technisch inhoudelijk van aard. Daarom hebben wij de behoefte om op dit punt nader in te gaan. De SDR-klasse is onder andere afhankelijk van de grondsamenstelling. Intussen zijn bij ons meer grondgegevens bekend ter plaatse van de spoor kruisingen die het toepassen van minimaal SDR-klasse 11 rechtvaardigen. In de als bijlage 2 toegevoegde rapportages (bijlage 2a en 2b) tonen wij dit aan. Hierbij vermelden wij graag dat de rapportages geen boorrapporten en/of sterkteberekeningen zijn, maar “slechts” berekeningen om aan te tonen dat SDR-klasse 11 toereikend is.

Ten aanzien van uw wijzigingsbesluit op dit verzoek is ingevolge artikel 20c van de Elektriciteitswet de Rijkscoördinatieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing. Hierbij is de Minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) de aangewezen minister voor de coördinatie.

1. Op grond van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) dient u als bevoegd gezag een afschrift van dit verzoek aan de Minister van EZK te versturen. TenneT TSO B.V. zal er echter voor zorgen dat de Minister van EZK een exemplaar van dit verzoek ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.
2. In reactie op deze kopie van dit verzoek zal de Minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerp van het wijzigingsbesluit gereed te hebben.
3. Het ontwerp van het wijzigingsbesluit, en later ook het definitieve besluit, stuurt u niet aan TenneT TSO B.V., maar aan de Minister van EZK, t.a.v. Bureau Energieprojecten, Postbus 93144, 2509 AC Den Haag. De Minister stuurt de besluiten gebundeld door aan de initiatiefnemer; dit is juridisch gezien de bekendmaking.

De volgende documenten maken onderdeel uit van deze aanvraag:

- Onderhavig verzoek;
- Bijlage 1a: Sterkteberekening voor HDD7 – kruising spoorvak Beverwijk Hoogovens (rapport 1875-0819-01-107D);
- Bijlage 1b: Sterkteberekening voor HDD 8 – kruising spoorvak Santpoort-Noord-Uitgeest (rapport 1875-0819-01-108D);
- Bijlage 2: Machtiging Arcadis Nederland B.V. door TenneT TSO B.V.

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoek ik u op korte termijn contact met mij op te nemen (zie aanhef brief voor contactgegevens). Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met Bureau Energieprojecten, tel. 070 379 8979.

Hoogachtend,  
TenneT TSO B.V.



**Bijlage 1a**

Sterkteberekening voor HDD7 – kruising van spoorvak Beverwijk Hoogovens die laat zien dat sterkteklasse SDR11 voor de mantelbuizen voldoet aan de NEN 3650.

## Rapport voor D-Geo Pipeline 18.3

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: ATRON-Engineering Advies & Infra

Datum van rapport: 8/15/2019  
Tijd van rapport: 7:21:34 AM  
Rapport met versie: 18.3.1.21829  
Berekend met versie: 18.3.1.21829

Bestandsnaam: Y:\..\01-Documenten\1875-0819-01-107D versie 1

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring  
4xØ315mm PE100 SDR11  
107D, Holland op zijn Smalst

## 1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave	2
2	Invoergegevens	4
2.1	Gebruikt Model	4
2.2	Laagscheidingen	4
2.3	Freatische Lijn	4
2.4	Grondprofielen	4
2.5	Grenslagen	4
2.6	Grondeigenschappen	4
2.7	Geometrie	6
2.7.1	Geometrie Sectie, Detail	6
2.7.2	Geometrie Bovenaanzicht	6
2.8	Berekenings Verticalen	7
2.9	Configuratie van de Pijpleiding	7
2.10	Materiaalgegevens van de Leiding	8
2.11	Gegevens voor Leidingberekening	9
2.12	Boorvloeistof Gegevens	9
2.13	Factoren	9
3	Boorvloeistofdrukken	10
3.1	Boorvloeistof Gegevens	10
3.2	Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	11
3.3	Boorvloeistofdruk Grafieken	13
3.3.1	Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	13
3.3.2	Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	13
3.3.3	Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	14
4	Grondmechanische Data	15
4.1	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	15
4.2	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	16
4.3	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	18
4.4	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	19
4.5	Young's Modulus per Laag per Verticaal	21
5	Gegevens voor Spanningsanalyse	23
5.1	Algemene gegevens	23
5.2	Ballasten Leiding	23
5.3	Trekkrachtberekening	23
6	Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	25
6.1	Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	25
6.2	Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	25
6.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	25
6.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	26
6.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	26
6.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	26
6.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	26
6.3	Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.3.1	Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
7	Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	29
7.1	Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	29
7.2	Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	29
7.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	29
7.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	30
7.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	30
7.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	30
7.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	30
7.3	Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.3.1	Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
8	Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	33
8.1	Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	33
8.2	Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	33
8.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	33
8.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	34
8.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	34
8.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	34
8.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	34
8.3	Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.3.1	Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35

---

9 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	37
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	38
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	38
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	38
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	38
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.3.1 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39



## 2 Invoergegevens

### 2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

### 2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
6 - X -	-10.000	0.000	68.000	178.210	317.120
6 - Y -	2.520	2.520	2.480	3.030	3.330
6 - X -	379.580	446.760	530.600	670.310	740.640
6 - Y -	2.090	2.580	2.720	2.770	1.730
6 - X -	750.000	760.000			
6 - Y -	1.660	1.660			
5 - X -	-10.000	760.000			
5 - Y -	-3.000	-3.000			
4 - X -	-10.000	760.000			
4 - Y -	-7.000	-7.000			
3 - X -	-10.000	760.000			
3 - Y -	-16.500	-16.500			
2 - X -	-10.000	760.000			
2 - Y -	-18.000	-18.000			
1 - X -	-10.000	760.000			
1 - Y -	-20.000	-20.000			
0 - X -	-10.000	760.000			
0 - Y -	-38.000	-38.000			

### 2.3 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

### 2.4 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
6	Toplaag (zand)	1	1
5	Zand matig	1	1
4	Zand, zwak kleiig	1	1
3	Klei zwak zandig	1	1
2	Veen	1	1
1	Zand (vast)	1	1

### 2.5 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Veen

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Veen

### 2.6 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [grad]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei	13.40	17.90	10.00	17.50	50.00	50.00
Klei (vast)	19.00	19.00	25.00	17.50	100.00	100.00
Veen	2.30	10.30	1.00	15.00	100.00	100.00
Zand (fijn)	15.20	19.10	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand siltig	17.20	19.20	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (vast)	18.50	20.50	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig	15.60	19.30	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig	15.00	18.80	10.00	22.50	80.00	80.00



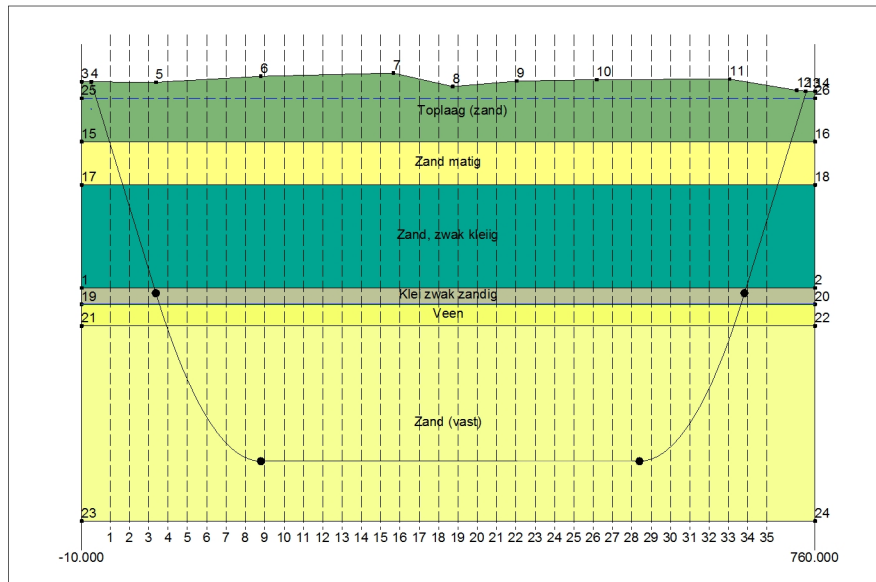
Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [grad]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Zand matig	17.00	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Klei siltig	17.10	18.10	0.00	27.50	0.00	0.00
Leem	20.30	21.30	2.50	27.50	44.00	44.00
Zand zwak siltig (grind)	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Zand, zwak kleiig	18.20	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand, matig kleiig (1)	17.60	19.65	0.00	30.00	0.00	0.00
Toplaag (zand)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei	-	-	2000.00	2000.00
Klei (vast)	-	-	4000.00	4000.00
Veen	-	-	200.00	200.00
Zand (fijn)	-	-	25000.00	25000.00
Zand siltig	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast)	-	-	50000.00	50000.00
Zand zwak siltig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig	-	-	3000.00	3000.00
Zand matig	-	-	30000.00	30000.00
Klei siltig	-	-	2000.00	2000.00
Leem	-	-	5000.00	5000.00
Zand zwak siltig (grind)	-	-	90000.00	90000.00
Zand, zwak kleiig	-	-	30000.00	30000.00
Zand, matig kleiig (1)	-	-	30000.00	30000.00
Toplaag (zand)	-	-	50000.00	50000.00

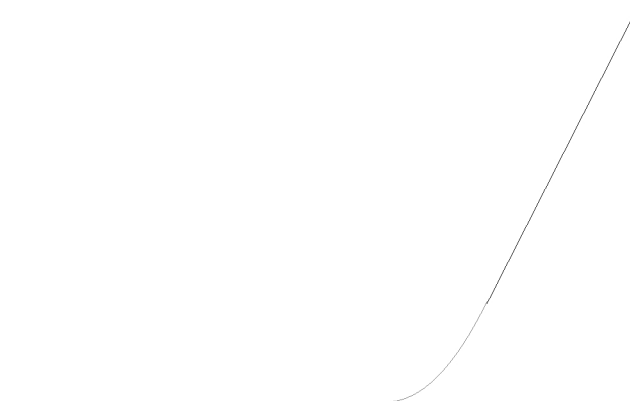
Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grad]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei	-	-	0.45
Klei (vast)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40
Zand (fijn)	-	-	0.30
Zand siltig	-	-	0.30
Zand (vast)	-	-	0.30
Zand zwak siltig	-	-	0.30
Klei zwak zandig	-	-	0.45
Zand matig	-	-	0.30
Klei siltig	-	-	0.35
Leem	-	-	0.35
Zand zwak siltig (grind)	-	-	0.30
Zand, zwak kleiig	-	-	0.30
Zand, matig kleiig (1)	-	-	0.30
Toplaag (zand)	-	-	0.30

## 2.7 Geometrie

### 2.7.1 Geometrie Sectie, Detail



### 2.7.2 Geometrie Bovenaanzicht



## 2.8 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]	Additionele zetting [mm]
1	20.000	-3.210	0.00
2	40.290	-9.030	0.00
3	60.570	-14.850	0.00
4	80.860	-20.440	0.00
5	101.140	-24.970	0.00
6	121.430	-28.420	0.00
7	141.720	-30.810	0.00
8	162.000	-32.150	0.00
9	182.290	-32.480	0.00
10	202.570	-32.480	0.00
11	222.860	-32.480	0.00
12	243.150	-32.480	0.00
13	263.430	-32.480	0.00
14	283.720	-32.480	0.00
15	304.000	-32.480	0.00
16	324.290	-32.480	0.00
17	344.580	-32.480	0.00
18	364.860	-32.480	0.00
19	385.150	-32.480	0.00
20	405.430	-32.480	0.00
21	425.720	-32.480	0.00
22	446.010	-32.480	0.00
23	466.290	-32.480	0.00
24	486.580	-32.480	0.00
25	506.860	-32.480	0.00
26	527.150	-32.480	0.00
27	547.440	-32.480	0.00
28	567.720	-32.480	0.00
29	588.010	-32.290	0.00
30	608.290	-31.150	0.00
31	628.580	-28.960	0.00
32	648.870	-25.720	0.00
33	669.150	-21.400	0.00
34	689.440	-15.970	0.00
35	709.720	-10.160	0.00

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

## 2.9 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	2.520	[m]
X coördinaat rechter punt	747.660	[m]
Y coördinaat rechter punt	41.360	[m]
Z coördinaat rechter punt	1.660	[m]
Hoek links	16.0000	[grd]
Hoek rechts	16.0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	400.000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	400.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-32.480	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	1	
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.		

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	449.560	0.000	569.590	10.370	700.000	rechts

## 2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

### Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

### Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

### Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

### Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

## 2.11 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g) voor stalen	0.0000117	[mm/mmK]
Lineaire uitzettingscoëff. gemid. (alfa_g) voor PE	0.0001800	[mm/mmK]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5.00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]
Speciale Spanningsanalyse	niet gebruikt	
Speciale Spanningsdata	niet gebruikt	

## 2.12 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.256	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.128	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.620	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.128	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.975	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.630	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500.0	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1250.0	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1000.0	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0.30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0.20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0.20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11.5	[kN/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.015	[kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0.000040	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

## 2.13 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3.0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1.5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1.25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q <sub>n,r</sub> (Polyetheen)	1.50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1.10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1.35	[-]
Importantie factor (S)	1.00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15.00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegewicht water	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0.50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0.50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7.50	[-]

### 3 Boorvloeistofdrukken

#### 3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	42	79	515
2	0	100	159	569
3	0	158	239	623
4	561	741	316	674
5	962	1712	381	713
6	1066	1895	434	740
7	1134	2014	474	755
8	1174	2082	502	758
9	1185	2102	519	749
10	1187	2105	531	736
11	1188	2107	544	724
12	1189	2110	556	711
13	1190	2113	569	698
14	1192	2116	582	686
15	1193	2118	594	673
16	1190	2111	607	661
17	1178	2086	619	648
18	1166	2061	632	635
19	1158	2046	645	623
20	1163	2055	657	610
21	1167	2064	670	597
22	1171	2073	683	585
23	1173	2076	695	572
24	1174	2078	708	560
25	1175	2080	720	547
26	1176	2082	733	534
27	1176	2083	746	522
28	1176	2083	758	509
29	1171	2075	769	494
30	1141	2023	768	469
31	1081	1922	756	431
32	988	1761	731	381
33	809	1262	694	318
34	0	170	645	243
35	0	112	591	163

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	42	69	79
2	0	100	138	159
3	0	158	208	239
4	561	598	275	316
5	962	1482	330	381
6	1066	1845	372	427
7	1134	2014	402	452
8	1174	2082	420	465
9	1185	2102	426	466
10	1187	2105	429	463
11	1188	2107	432	461
12	1189	2110	434	458
13	1190	2113	437	455
14	1192	2116	439	453
15	1193	2118	442	450
16	1190	2111	445	448
17	1178	2086	447	445
18	1166	2061	450	442

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
19	1158	2046	452	440
20	1163	2055	455	437
21	1167	2064	457	435
22	1171	2073	460	432
23	1173	2076	463	430
24	1174	2078	465	427
25	1175	2080	468	424
26	1176	2082	470	422
27	1176	2083	473	419
28	1176	2083	476	417
29	1171	2075	476	412
30	1141	2023	465	396
31	1081	1891	431	368
32	988	1579	381	328
33	809	919	318	276
34	0	170	243	211
35	0	112	163	141

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	42	70	69
2	0	100	140	138
3	0	158	211	208
4	526	526	279	275
5	962	1254	335	330
6	1066	1647	379	372
7	1134	1875	410	402
8	1174	1993	429	420
9	1185	2025	436	426
10	1187	2028	440	429
11	1188	2031	444	432
12	1189	2034	447	434
13	1190	2037	451	437
14	1192	2040	453	439
15	1193	2043	450	442
16	1190	2036	448	445
17	1178	2007	445	447
18	1166	1979	442	450
19	1158	1961	440	452
20	1163	1972	437	455
21	1167	1982	435	452
22	1171	1992	432	449
23	1173	1995	430	445
24	1174	1998	427	441
25	1175	2000	424	438
26	1176	2002	422	434
27	1176	2003	419	430
28	1176	2004	417	427
29	1171	1989	412	421
30	1141	1897	396	404
31	1081	1700	368	375
32	988	1353	328	334
33	755	755	276	281
34	0	170	211	214
35	0	112	141	144

### 3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	66	42	1.56	voldoet
2	133	100	1.32	voldoet

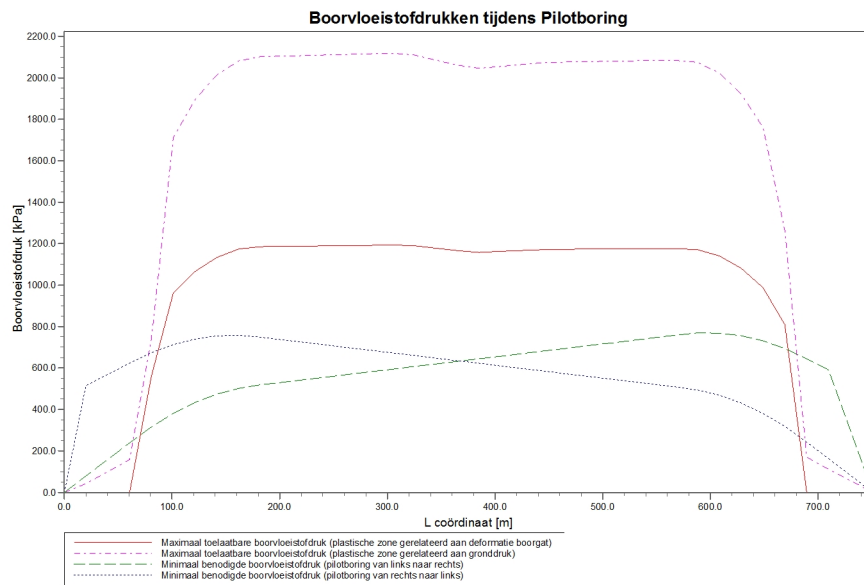


Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Veiligheidsfactor [-]	
3	200	158	1.26	voldoet
4	264	214	1.23	voldoet
5	316	260	1.22	voldoet
6	355	294	1.21	voldoet
7	382	318	1.20	voldoet
8	397	331	1.20	voldoet
9	401	335	1.20	voldoet
10	400	335	1.20	voldoet
11	400	335	1.19	voldoet
12	400	335	1.19	voldoet
13	399	335	1.19	voldoet
14	399	335	1.19	voldoet
15	399	335	1.19	voldoet
16	398	335	1.19	voldoet
17	398	335	1.19	voldoet
18	398	335	1.19	voldoet
19	397	335	1.19	voldoet
20	397	335	1.19	voldoet
21	397	335	1.19	voldoet
22	396	335	1.18	voldoet
23	396	335	1.18	voldoet
24	396	335	1.18	voldoet
25	395	335	1.18	voldoet
26	395	335	1.18	voldoet
27	395	335	1.18	voldoet
28	395	335	1.18	voldoet
29	392	333	1.18	voldoet
30	379	321	1.18	voldoet
31	353	300	1.18	voldoet
32	316	267	1.18	voldoet
33	265	224	1.19	voldoet
34	203	170	1.19	voldoet
35	136	112	1.22	voldoet

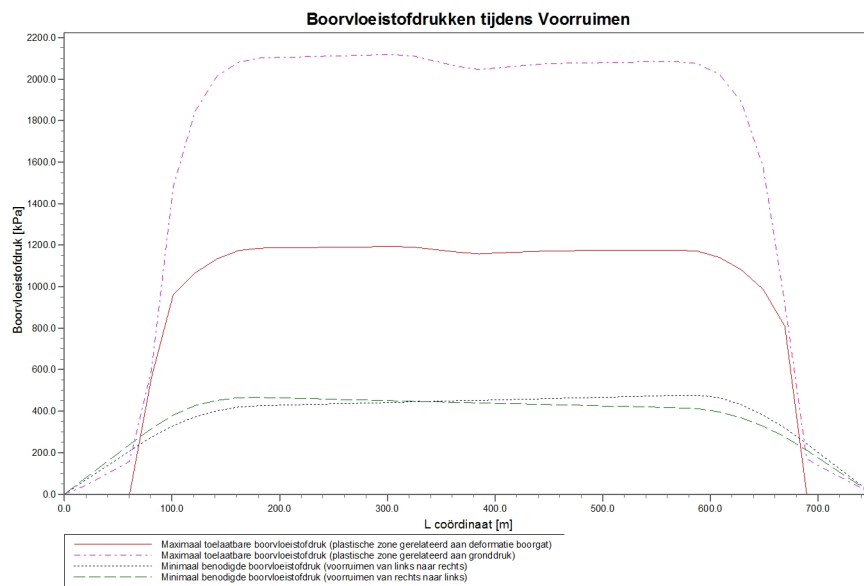
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

### 3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

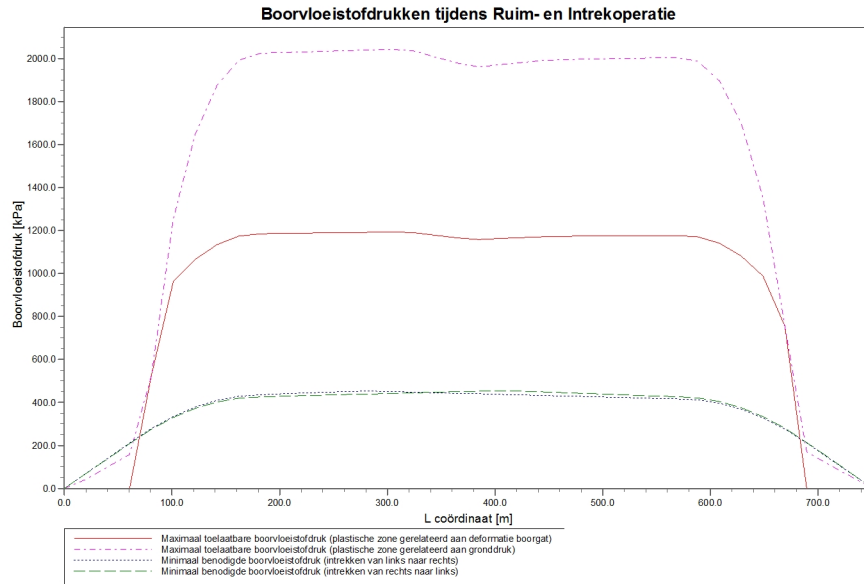
#### 3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



#### 3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



**3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie**



## 4 Grondmechanische Data

### 4.1 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	462	73	38	52	1959	571
2	888	128	54	73	3414	888
3	1133	182	59	80	4868	1134
4	1731	217	65	88	10200	1731
5	1975	267	13	17	12520	1975
6	2150	305	11	15	14305	2150
7	2269	332	11	15	15569	2269
8	2338	348	11	15	16319	2338
9	2360	353	11	15	16562	2360
10	2364	354	11	15	16601	2364
11	2367	355	11	15	16640	2367
12	2371	356	11	15	16678	2371
13	2374	357	11	15	16717	2374
14	2378	357	11	15	16756	2378
15	2382	358	11	15	16795	2382
16	2372	356	11	15	16694	2372
17	2340	348	11	15	16336	2340
18	2307	341	11	15	15978	2307
19	2286	336	11	15	15754	2286
20	2299	339	11	15	15886	2299
21	2311	342	11	15	16017	2311
22	2323	344	11	15	16149	2323
23	2326	345	11	15	16183	2326
24	2329	346	11	15	16213	2329
25	2331	346	11	15	16243	2331
26	2334	347	11	15	16273	2334
27	2335	347	11	15	16284	2335
28	2336	347	11	15	16290	2336
29	2328	346	11	15	16203	2328
30	2277	334	11	15	15647	2277
31	2176	311	11	15	14580	2176
32	2022	277	12	16	12993	2022
33	1804	232	39	53	10874	1804
34	1178	193	59	80	4048	1178
35	911	133	54	73	3540	911

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	109524	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	60522	63407	42366	0.05	7.5
4	0	111314	18204	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	87162	77920	0.05	7.5
34	0	19570	63407	13699	0.05	7.5
35	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning	: q_v;n;max = 358 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	: q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	
alleen voor verticalen in diepe situatie	: k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	
alleen voor verticalen in diepe situatie	: k_v;max = 222628 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.2 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	462	73	38	52	1959	571
2	888	128	54	73	3414	888
3	1133	182	59	80	4868	1134
4	1731	217	65	88	10200	1731
5	1975	267	13	17	12520	1975
6	2150	305	11	15	14305	2150

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
7	2269	332	11	15	15569	2269
8	2338	348	11	15	16319	2338
9	2360	353	11	15	16562	2360
10	2364	354	11	15	16601	2364
11	2367	355	11	15	16640	2367
12	2371	356	11	15	16678	2371
13	2374	357	11	15	16717	2374
14	2378	357	11	15	16756	2378
15	2382	358	11	15	16795	2382
16	2372	356	11	15	16694	2372
17	2340	348	11	15	16336	2340
18	2307	341	11	15	15978	2307
19	2286	336	11	15	15754	2286
20	2299	339	11	15	15886	2299
21	2311	342	11	15	16017	2311
22	2323	344	11	15	16149	2323
23	2326	345	11	15	16183	2326
24	2329	346	11	15	16213	2329
25	2331	346	11	15	16243	2331
26	2334	347	11	15	16273	2334
27	2335	347	11	15	16284	2335
28	2336	347	11	15	16290	2336
29	2328	346	11	15	16203	2328
30	2277	334	11	15	15647	2277
31	2176	311	11	15	14580	2176
32	2022	277	12	16	12993	2022
33	1804	232	39	53	10874	1804
34	1178	193	59	80	4048	1178
35	911	133	54	73	3540	911

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	109524	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	60522	63407	42366	0.05	7.5
4	0	111314	18204	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	87162	77920	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
34	0	19570	63407	13699	0.05	7.5
35	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 358 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticale in diepe situatie	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticale in diepe situatie	:	k_v;max = 222628 kN/m <sup>3</sup>

### 4.3 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloestof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	462	73	38	52	1959	571
2	888	128	54	73	3414	888
3	1133	182	59	80	4868	1134
4	1731	217	65	88	10200	1731
5	1975	267	13	17	12520	1975
6	2150	305	11	15	14305	2150
7	2269	332	11	15	15569	2269
8	2338	348	11	15	16319	2338
9	2360	353	11	15	16562	2360
10	2364	354	11	15	16601	2364
11	2367	355	11	15	16640	2367
12	2371	356	11	15	16678	2371
13	2374	357	11	15	16717	2374
14	2378	357	11	15	16756	2378
15	2382	358	11	15	16795	2382
16	2372	356	11	15	16694	2372
17	2340	348	11	15	16336	2340
18	2307	341	11	15	15978	2307
19	2286	336	11	15	15754	2286
20	2299	339	11	15	15886	2299
21	2311	342	11	15	16017	2311
22	2323	344	11	15	16149	2323
23	2326	345	11	15	16183	2326
24	2329	346	11	15	16213	2329
25	2331	346	11	15	16243	2331
26	2334	347	11	15	16273	2334
27	2335	347	11	15	16284	2335
28	2336	347	11	15	16290	2336
29	2328	346	11	15	16203	2328
30	2277	334	11	15	15647	2277
31	2176	311	11	15	14580	2176
32	2022	277	12	16	12993	2022
33	1804	232	39	53	10874	1804
34	1178	193	59	80	4048	1178



Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
35	911	133	54	73	3540	911

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	109524	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	60522	63407	42366	0.05	7.5
4	0	111314	18204	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	87162	77920	0.05	7.5
34	0	19570	63407	13699	0.05	7.5
35	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 358 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 222628 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.4 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	462	73	38	52	1959	571
2	888	128	54	73	3414	888
3	1133	182	59	80	4868	1134
4	1731	217	65	88	10200	1731
5	1975	267	13	17	12520	1975
6	2150	305	11	15	14305	2150
7	2269	332	11	15	15569	2269
8	2338	348	11	15	16319	2338
9	2360	353	11	15	16562	2360
10	2364	354	11	15	16601	2364
11	2367	355	11	15	16640	2367
12	2371	356	11	15	16678	2371
13	2374	357	11	15	16717	2374
14	2378	357	11	15	16756	2378
15	2382	358	11	15	16795	2382
16	2372	356	11	15	16694	2372
17	2340	348	11	15	16336	2340
18	2307	341	11	15	15978	2307
19	2286	336	11	15	15754	2286
20	2299	339	11	15	15886	2299
21	2311	342	11	15	16017	2311
22	2323	344	11	15	16149	2323
23	2326	345	11	15	16183	2326
24	2329	346	11	15	16213	2329
25	2331	346	11	15	16243	2331
26	2334	347	11	15	16273	2334
27	2335	347	11	15	16284	2335
28	2336	347	11	15	16290	2336
29	2328	346	11	15	16203	2328
30	2277	334	11	15	15647	2277
31	2176	311	11	15	14580	2176
32	2022	277	12	16	12993	2022
33	1804	232	39	53	10874	1804
34	1178	193	59	80	4048	1178
35	911	133	54	73	3540	911

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	109524	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	60522	63407	42366	0.05	7.5
4	0	111314	18204	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	87162	77920	0.05	7.5
34	0	19570	63407	13699	0.05	7.5
35	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 358 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 88 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticale in diepe situatie : k\_v;max = 111314 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticale in diepe situatie : k\_v;max = 222628 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
6	Toplaag (zand)	Gebruikerswaarden
5	Zand matig	Gebruikerswaarden
4	Zand, zwak kleilig	Gebruikerswaarden
3	Klei zwak zandig	Gebruikerswaarden
2	Veen	Gebruikerswaarden
1	Zand (vast)	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (X=20 m)		Verticaal 2 (X=40.286 m)		Verticaal 3 (X=60.572 m)		Verticaal 4 (X=80.858 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 5 (X=101.144 m)		Verticaal 6 (X=121.43 m)		Verticaal 7 (X=141.716 m)		Verticaal 8 (X=162.002 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 9 (X=182.288 m)		Verticaal 10 (X=202.574 m)		Verticaal 11 (X=222.86 m)		Verticaal 12 (X=243.146 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 13 (X=263.432 m)		Verticaal 14 (X=283.718 m)		Verticaal 15 (X=304.004 m)		Verticaal 16 (X=324.29 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Laag nummer	Verticaal 13 (X=263.432 m)		Verticaal 14 (X=283.718 m)		Verticaal 15 (X=304.004 m)		Verticaal 16 (X=324.29 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 17 (X=344.576 m)		Verticaal 18 (X=364.862 m)		Verticaal 19 (X=385.148 m)		Verticaal 20 (X=405.434 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 21 (X=425.72 m)		Verticaal 22 (X=446.006 m)		Verticaal 23 (X=466.292 m)		Verticaal 24 (X=486.578 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 25 (X=506.864 m)		Verticaal 26 (X=527.15 m)		Verticaal 27 (X=547.436 m)		Verticaal 28 (X=567.722 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 29 (X=588.008 m)		Verticaal 30 (X=608.294 m)		Verticaal 31 (X=628.58 m)		Verticaal 32 (X=648.866 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 33 (X=669.152 m)		Verticaal 34 (X=689.438 m)		Verticaal 35 (X=709.724 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

## 5 Gegevens voor Spanningsanalyse

### 5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.50 kN/m <sup>3</sup>
Gecombineerde kromtestraal	:	Rmin = 400.000 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm <sup>2</sup>
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0.20
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 55866 kN/m <sup>3</sup>

### 5.2 Ballasten Leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingpercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	358	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	307	[kg/m]
		-----	
Resultaat	:	52	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

### 5.3 Trekkraftberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan ( $f_1 = 0.10$ )
- wrijving tussen buis en boorvloeistof ( $f_2 = 0.000050$  [N/mm<sup>2</sup>])
- wrijving tussen buis en grond ( $f_3 = 0.20$ )

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkraft in de leiding. De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	75
T2	68	84
T3	179	107
T4	577	166

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T5	688	194
T6	759	203

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid ( $f$ ) van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2012. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1.40 voor staal en 1.80 voor PE gebruikt en een belasting factor van 1.10 voor staal en 1.00 voor PE.

## 6 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

### 6.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 759 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 6.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 2.15 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1.30 \quad [N/mm^2]$$



Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	2.70	[N/mm <sup>2</sup> ]
---	---	------	----------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0.54	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.55	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	3.90	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$qr = kv \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$

$\lambda = (f_{kv} \cdot kv \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2.9E-3	mm <sup>-1</sup>
--	---	--------	------------------

qr	=	0.0060	N/mm <sup>2</sup>
----	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

### 6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
--	---	-------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>

### 6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.70	3.90	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.13	0.13
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.35	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	7.39	7.39

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 14.8 mm (4.69% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 6.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 455 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1900 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 335 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 621 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## 7 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

### 7.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 759 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 7.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 2.15 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1.30 \quad [N/mm^2]$$

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	2.70	[N/mm <sup>2</sup> ]
---	---	------	----------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.54	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{t} = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.55	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	3.90	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2.9E-3	mm <sup>-1</sup>
---	---	--------	------------------

$q_r$	=	0.0060	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>

### 7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.70	3.90	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.13	0.13
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.35	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	7.39	7.39

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 14.8 mm (4.69% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 7.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 455 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1900 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 335 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 621 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.



## 8 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

### 8.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 759 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 8.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 2.15 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{Sigma}_t = f \cdot f_{\text{install}} \cdot T1/A = f \cdot f_{\text{install}} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 1.30 \quad [\text{N/mm}^2]$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.70	[N/mm <sup>2</sup> ]
---	---	------	----------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.54	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.55	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.90	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2.9E-3	mm <sup>-1</sup>
---	---	--------	------------------

$q_r$	=	0.0060	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.70	3.90	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.13	0.13
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.35	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	7.39	7.39

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 14.8 mm (4.69% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 8.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 455 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1900 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 335 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 621 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## 9 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

### 9.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 759 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 2.15 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 1.30 \quad [N/mm^2]$$

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	2.70	[N/mm <sup>2</sup> ]
---	---	------	----------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.54	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{t} = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.55	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	3.90	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2.9E-3	mm <sup>-1</sup>
---	---	--------	------------------

$q_r$	=	0.0060	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.19	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.21	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11.15	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	7.39	N/mm <sup>2</sup>

### 9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.70	3.90	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.13	0.13
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.35	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	7.39	7.39

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 14.8 mm (4.69% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 9.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 455 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1900 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 335 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 341 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 621 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## **Einde Rapport**



**Bijlage 1b**

Sterkteberekening voor HDD8 – kruising van spoorvak Santpoort-Noord-Uitgeest die laat zien dat sterkteklasse SDR11 voor de mantelbuizen voldoet aan de NEN 3650.

## Rapport voor D-Geo Pipeline 18.3

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: ATRON-Engineering Advies & Infra

Datum van rapport: 8/15/2019  
Tijd van rapport: 7:40:21 AM  
Rapport met versie: 18.3.1.21829  
Berekend met versie: 18.3.1.21829

Bestandsnaam: Y:\..\01-Documenten\1875-0819-01-108D versie 1

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring  
4xØ315mm PE100 SDR11  
108D, Verkeersplein Noord

## 1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave	2
2	Invoergegevens	4
2.1	Gebruikt Model	4
2.2	Laagscheidingen	4
2.3	Freatische Lijn	4
2.4	Grondprofielen	4
2.5	Grenslagen	4
2.6	Grondeigenschappen	4
2.7	Geometrie	6
2.7.1	Geometrie Sectie, Detail	6
2.7.2	Geometrie Bovenaanzicht	6
2.8	Berekenings Verticalen	7
2.9	Configuratie van de Pijpleiding	7
2.10	Materiaalgegevens van de Leiding	8
2.11	Gegevens voor Leidingberekening	9
2.12	Boorvloeistof Gegevens	9
2.13	Factoren	9
3	Boorvloeistofdrukken	10
3.1	Boorvloeistof Gegevens	10
3.2	Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	12
3.3	Boorvloeistofdruk Grafieken	13
3.3.1	Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	13
3.3.2	Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	13
3.3.3	Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	14
4	Grondmechanische Data	15
4.1	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	15
4.2	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	16
4.3	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	18
4.4	Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	20
4.5	Young's Modulus per Laag per Verticaal	21
5	Gegevens voor Spanningsanalyse	24
5.1	Algemene gegevens	24
5.2	Ballasten Leiding	24
5.3	Trekkrachtberekening	24
6	Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	26
6.1	Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	26
6.2	Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	26
6.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	26
6.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	27
6.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	27
6.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	27
6.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	27
6.3	Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	28
6.3.1	Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	28
7	Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
7.1	Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
7.2	Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
7.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	30
7.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	31
7.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	31
7.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	31
7.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	31
7.3	Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	32
7.3.1	Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	32
8	Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
8.1	Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
8.2	Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
8.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	34
8.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	35
8.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	35
8.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	35
8.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	35
8.3	Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	36
8.3.1	Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	36

---

9 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	38
9.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	38
9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	38
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	38
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	39
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	39
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	39
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	39
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	40
9.3.1 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	40

## 2 Invoergegevens

### 2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

### 2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
6 - X -	-10.000	0.000	44.650	83.710	127.210
6 - Y -	0.100	0.100	0.730	0.660	2.420
6 - X -	217.350	308.680	377.990	393.390	442.760
6 - Y -	1.180	0.300	0.400	5.820	5.850
6 - X -	518.220	569.930	599.230	608.910	628.360
6 - Y -	0.940	0.940	6.790	6.810	-0.050
6 - X -	677.860	677.860	687.930	687.930	772.160
6 - Y -	1.330	-3.700	-3.700	1.340	1.690
6 - X -	835.000	850.000			
6 - Y -	1.680	1.680			
5 - X -	-10.000	850.000			
5 - Y -	-3.800	-3.800			
4 - X -	-10.000	850.000			
4 - Y -	-7.000	-7.000			
3 - X -	-10.000	850.000			
3 - Y -	-16.500	-16.500			
2 - X -	-10.000	850.000			
2 - Y -	-18.000	-18.000			
1 - X -	-10.000	850.000			
1 - Y -	-20.000	-20.000			
0 - X -	-10.000	850.000			
0 - Y -	-38.000	-38.000			

### 2.3 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

### 2.4 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
6	Toplaag (zand)	1	1
5	Zand matig	1	1
4	Zand, zwak kleilig	1	1
3	Klei zwak zandig	1	1
2	Veen	1	1
1	Zand (vast)	1	1

### 2.5 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Veen

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Veen

### 2.6 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [grad]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei	13.40	17.90	10.00	17.50	50.00	50.00
Klei (vast)	19.00	19.00	25.00	17.50	100.00	100.00
Veen	2.30	10.30	1.00	15.00	100.00	100.00
Zand (fijn)	15.20	19.10	0.00	30.00	0.00	0.00

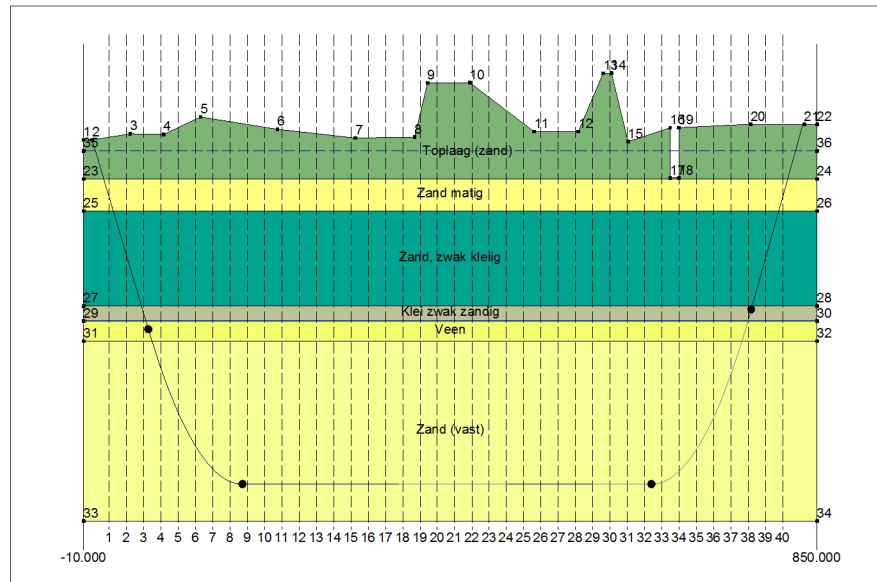
Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [grad]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Zand siltig	17.20	19.20	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (vast)	18.50	20.50	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig	15.60	19.30	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig	15.00	18.80	10.00	22.50	80.00	80.00
Zand matig	17.00	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Klei siltig	17.10	18.10	0.00	27.50	0.00	0.00
Leem	20.30	21.30	2.50	27.50	44.00	44.00
Zand zwak siltig (grind)	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Zand, zwak kleiig	18.20	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand, matig kleiig (1)	17.60	19.65	0.00	30.00	0.00	0.00
Toplaag (zand)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei	-	-	2000.00	2000.00
Klei (vast)	-	-	4000.00	4000.00
Veen	-	-	200.00	200.00
Zand (fijn)	-	-	25000.00	25000.00
Zand siltig	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast)	-	-	50000.00	50000.00
Zand zwak siltig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig	-	-	3000.00	3000.00
Zand matig	-	-	30000.00	30000.00
Klei siltig	-	-	2000.00	2000.00
Leem	-	-	5000.00	5000.00
Zand zwak siltig (grind)	-	-	90000.00	90000.00
Zand, zwak kleiig	-	-	30000.00	30000.00
Zand, matig kleiig (1)	-	-	30000.00	30000.00
Toplaag (zand)	-	-	50000.00	50000.00

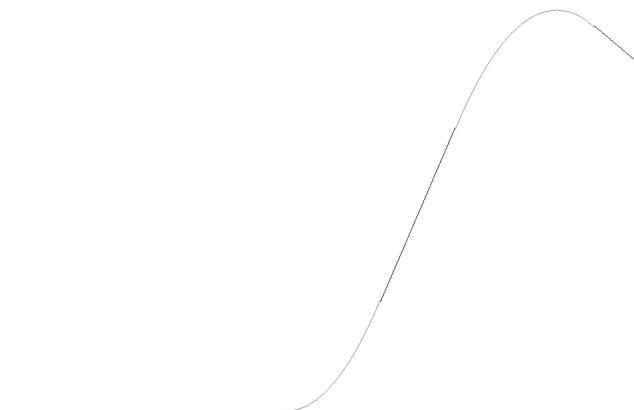
Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grad]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei	-	-	0.45
Klei (vast)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40
Zand (fijn)	-	-	0.30
Zand siltig	-	-	0.30
Zand (vast)	-	-	0.30
Zand zwak siltig	-	-	0.30
Klei zwak zandig	-	-	0.45
Zand matig	-	-	0.30
Klei siltig	-	-	0.35
Leem	-	-	0.35
Zand zwak siltig (grind)	-	-	0.30
Zand, zwak kleiig	-	-	0.30
Zand, matig kleiig (1)	-	-	0.30
Toplaag (zand)	-	-	0.30

## 2.7 Geometrie

### 2.7.1 Geometrie Sectie, Detail



### 2.7.2 Geometrie Bovenaanzicht



## 2.8 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]	Additionele zetting [mm]
1	20.000	-5.630	0.00
2	40.250	-11.440	0.00
3	60.500	-17.250	0.00
4	80.750	-22.750	0.00
5	101.000	-27.170	0.00
6	121.250	-30.520	0.00
7	141.500	-32.800	0.00
8	161.750	-34.050	0.00
9	182.000	-34.310	0.00
10	202.250	-34.310	0.00
11	222.500	-34.310	0.00
12	242.750	-34.310	0.00
13	263.000	-34.310	0.00
14	283.250	-34.310	0.00
15	303.500	-34.310	0.00
16	323.750	-34.310	0.00
17	344.000	-34.310	0.00
18	364.250	-34.310	0.00
19	384.500	-34.310	0.00
20	404.750	-34.310	0.00
21	425.000	-34.310	0.00
22	445.250	-34.310	0.00
23	465.500	-34.310	0.00
24	485.750	-34.310	0.00
25	506.000	-34.310	0.00
26	526.250	-34.310	0.00
27	546.500	-34.310	0.00
28	566.750	-34.310	0.00
29	587.000	-34.310	0.00
30	607.250	-34.310	0.00
31	627.500	-34.310	0.00
32	647.750	-34.310	0.00
33	668.000	-34.130	0.00
34	688.250	-33.000	0.00
35	708.500	-30.830	0.00
36	728.750	-27.620	0.00
37	749.000	-23.320	0.00
38	769.250	-17.910	0.00
39	789.500	-11.740	0.00
40	809.750	-5.540	0.00

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

## 2.9 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	0.100	[m]
X coördinaat rechter punt	830.180	[m]
Y coördinaat rechter punt	35.760	[m]
Z coördinaat rechter punt	1.680	[m]
Hoek links	16.0000	[grd]
Hoek rechts	17.0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	400.000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	400.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-34.310	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	2	
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.		



Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	360.970	0.000	486.250	11.300	700.000	rechts
2	585.380	29.330	769.090	39.800	750.000	links

## 2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

### Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

### Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

### Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

### Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	315.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	28.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

## 2.11 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g) voor stalen	0.0000117	[mm/mmK]
Lineaire uitzettingscoëff. gemid. (alfa_g) voor PE	0.0001800	[mm/mmK]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5.00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]
Speciale Spanningsanalyse	niet gebruikt	
Speciale Spanningsdata	niet gebruikt	

## 2.12 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.256	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.128	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.620	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.128	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.975	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.630	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500.0	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1250.0	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1000.0	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0.30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0.20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0.20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11.5	[kN/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.015	[kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0.000040	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

## 2.13 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3.0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1.5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1.25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q <sub>n</sub> ;r (Polyetheen)	1.50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1.10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1.35	[-]
Importantie factor (S)	1.00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15.00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegewicht water	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0.50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0.50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7.50	[-]

### 3 Boorvloeistofdrukken

#### 3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	46	79	595
2	0	104	159	649
3	456	456	239	702
4	828	1420	315	753
5	995	1783	379	791
6	1114	1996	430	816
7	1177	2102	469	830
8	1201	2141	496	831
9	1200	2135	511	822
10	1192	2118	524	809
11	1184	2102	537	797
12	1179	2090	549	784
13	1173	2078	562	772
14	1167	2066	574	759
15	1161	2054	587	746
16	1160	2052	600	734
17	1161	2054	612	721
18	1162	2056	625	709
19	1230	2197	637	696
20	1318	2381	650	683
21	1319	2381	663	671
22	1314	2373	675	658
23	1278	2297	688	646
24	1240	2219	700	633
25	1202	2140	713	620
26	1179	2091	726	608
27	1179	2091	738	595
28	1179	2091	751	583
29	1277	2295	763	570
30	1345	2436	776	557
31	1158	2048	789	545
32	1165	2063	801	532
33	1177	2090	812	517
34	1156	2057	811	492
35	1100	1963	799	454
36	1013	1815	775	405
37	882	1569	738	342
38	506	506	689	267
39	0	107	631	183
40	0	45	573	98

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	46	69	79
2	0	104	138	159
3	456	456	208	239
4	828	1074	274	315
5	995	1675	327	379
6	1114	1996	368	430
7	1177	2102	397	469
8	1201	2141	414	496
9	1200	2135	420	498
10	1192	2118	422	495
11	1184	2102	425	493
12	1179	2090	427	490

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
13	1173	2078	430	487
14	1167	2066	432	485
15	1161	2054	435	482
16	1160	2052	438	480
17	1161	2054	440	477
18	1162	2056	443	474
19	1230	2197	445	472
20	1318	2381	448	469
21	1319	2381	451	467
22	1314	2373	453	464
23	1278	2297	456	462
24	1240	2219	458	459
25	1202	2140	461	456
26	1179	2091	464	454
27	1179	2091	466	451
28	1179	2091	469	449
29	1277	2295	471	446
30	1345	2436	474	443
31	1158	2048	476	441
32	1165	2063	479	438
33	1177	2090	480	433
34	1156	2057	469	418
35	1100	1963	447	390
36	1013	1728	405	351
37	882	1225	342	299
38	506	506	267	234
39	0	107	183	160
40	0	45	98	86

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	0	46	70	69
2	0	104	140	138
3	456	456	211	208
4	828	880	278	274
5	995	1464	333	327
6	1114	1847	375	368
7	1177	2036	405	397
8	1201	2110	423	414
9	1200	2109	430	420
10	1192	2089	433	422
11	1184	2071	437	425
12	1179	2058	441	427
13	1173	2044	444	430
14	1167	2030	448	432
15	1161	2016	452	435
16	1160	2014	455	438
17	1161	2016	459	440
18	1162	2018	463	443
19	1230	2180	466	445
20	1318	2381	469	448
21	1319	2381	467	451
22	1314	2373	464	453
23	1278	2293	462	456
24	1240	2204	459	458
25	1202	2114	456	461
26	1179	2058	454	464
27	1179	2058	451	466
28	1179	2058	449	463
29	1277	2291	446	459
30	1345	2436	443	456
31	1158	2009	441	452
32	1165	2026	438	448

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
33	1177	2053	433	443
34	1156	1990	418	426
35	1100	1821	390	397
36	1013	1521	351	357
37	882	1009	299	303
38	506	506	234	237
39	0	107	160	163
40	0	45	86	88

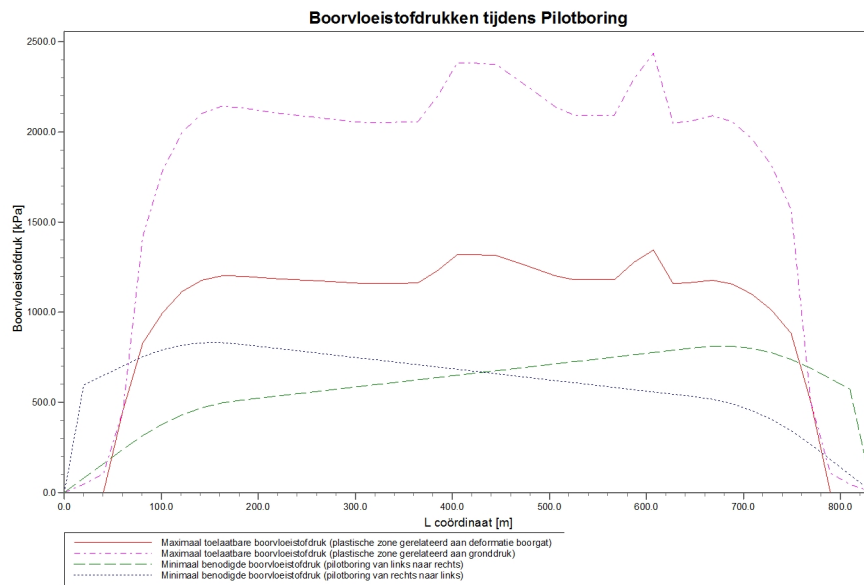
### 3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	66	46	1.42	voldoet
2	133	104	1.27	voldoet
3	200	162	1.23	voldoet
4	263	218	1.21	voldoet
5	315	262	1.20	voldoet
6	353	295	1.20	voldoet
7	380	318	1.20	voldoet
8	395	330	1.20	voldoet
9	399	333	1.20	voldoet
10	399	333	1.20	voldoet
11	400	333	1.20	voldoet
12	400	333	1.20	voldoet
13	401	333	1.20	voldoet
14	401	333	1.20	voldoet
15	402	333	1.21	voldoet
16	402	333	1.21	voldoet
17	403	333	1.21	voldoet
18	403	333	1.21	voldoet
19	404	333	1.21	voldoet
20	404	333	1.21	voldoet
21	405	333	1.22	voldoet
22	405	333	1.22	voldoet
23	406	333	1.22	voldoet
24	407	333	1.22	voldoet
25	407	333	1.22	voldoet
26	408	333	1.22	voldoet
27	408	333	1.23	voldoet
28	409	333	1.23	voldoet
29	409	333	1.23	voldoet
30	410	333	1.23	voldoet
31	410	333	1.23	voldoet
32	411	333	1.23	voldoet
33	409	331	1.23	voldoet
34	397	320	1.24	voldoet
35	372	298	1.25	voldoet
36	336	266	1.26	voldoet
37	287	223	1.29	voldoet
38	225	169	1.33	voldoet
39	154	107	1.44	voldoet
40	83	45	1.83	voldoet

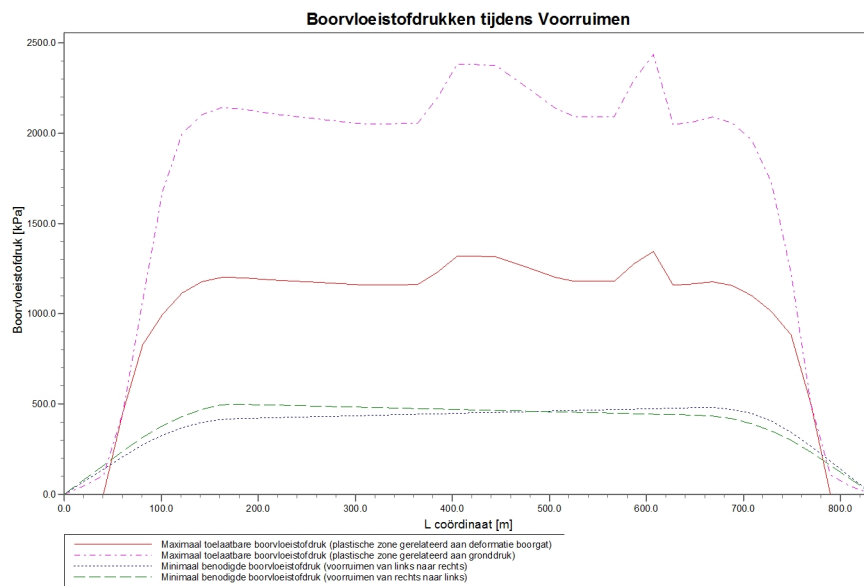
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

### 3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

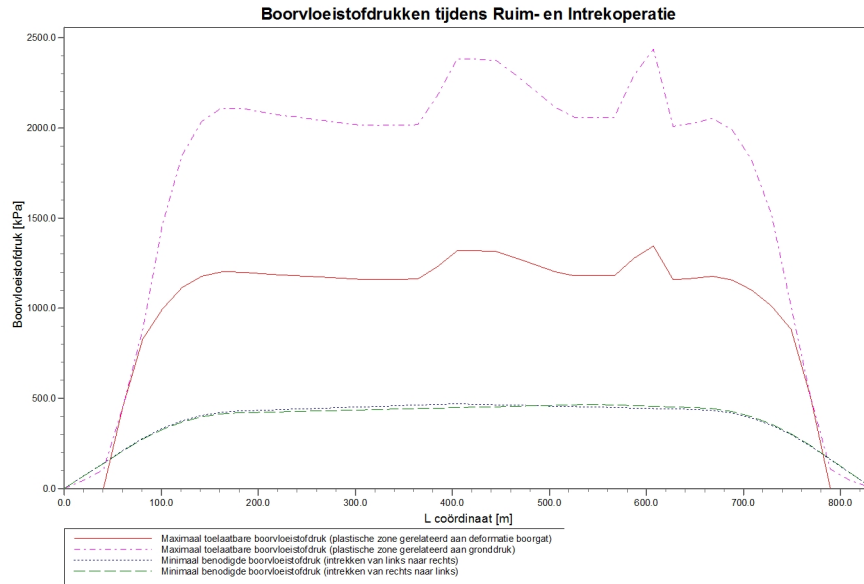
#### 3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



#### 3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



**3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie**



## 4 Grondmechanische Data

### 4.1 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v</sub> ;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h</sub> ;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h</sub> ;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k <sub>v</sub> ;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v</sub> ;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v</sub> ;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h</sub> ;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	481	73	38	51	1950	573
2	913	133	54	72	3553	913
3	496	188	55	75	2549	496
4	1761	223	20	27	10475	1761
5	2049	283	11	15	13267	2049
6	2276	333	11	15	15638	2276
7	2382	358	11	15	16802	2382
8	2415	366	11	15	17168	2415
9	2404	364	11	15	17049	2404
10	2382	358	11	15	16801	2382
11	2361	353	11	15	16573	2361
12	2346	350	11	15	16399	2346
13	2330	346	11	15	16226	2330
14	2314	342	11	15	16052	2314
15	2298	339	11	15	15879	2298
16	2296	338	11	15	15854	2296
17	2298	339	11	15	15880	2298
18	2300	339	11	15	15906	2300
19	2485	383	11	15	17960	2485
20	2724	443	11	15	20748	2724
21	2725	443	11	15	20759	2725
22	2714	440	11	15	20624	2714
23	2615	415	11	15	19453	2615
24	2514	390	11	15	18282	2514
25	2410	365	11	15	17110	2410
26	2346	350	11	15	16403	2346
27	2346	350	11	15	16403	2346
28	2346	350	11	15	16403	2346
29	2613	415	11	15	19433	2613
30	2796	461	11	15	21619	2796
31	2290	337	11	15	15793	2290
32	2309	341	11	15	16004	2309
33	2347	350	11	15	16415	2347
34	2320	344	11	15	16115	2320
35	2228	323	11	15	15126	2228
36	2084	290	11	15	13618	2084
37	1878	247	18	24	11580	1878
38	538	212	57	77	1206	538
39	1014	155	58	79	4142	1014
40	716	97	47	63	2585	716



Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	2251	42224	1575	0.05	7.5
4	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
34	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
35	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
36	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
37	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
38	0	312	17900	218	0.05	7.5
39	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
40	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 461 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 222628 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.2 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>



Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
34	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
35	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
36	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
37	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
38	0	312	17900	218	0.05	7.5
39	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
40	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 461 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticale in diepe situatie	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticale in diepe situatie	:	k_v;max = 222628 kN/m <sup>3</sup>

### 4.3 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	481	73	38	51	1950	573
2	913	133	54	72	3553	913
3	496	188	55	75	2549	496
4	1761	223	20	27	10475	1761
5	2049	283	11	15	13267	2049
6	2276	333	11	15	15638	2276
7	2382	358	11	15	16802	2382
8	2415	366	11	15	17168	2415
9	2404	364	11	15	17049	2404
10	2382	358	11	15	16801	2382
11	2361	353	11	15	16573	2361
12	2346	350	11	15	16399	2346
13	2330	346	11	15	16226	2330
14	2314	342	11	15	16052	2314
15	2298	339	11	15	15879	2298

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
16	2296	338	11	15	15854	2296
17	2298	339	11	15	15880	2298
18	2300	339	11	15	15906	2300
19	2485	383	11	15	17960	2485
20	2724	443	11	15	20748	2724
21	2725	443	11	15	20759	2725
22	2714	440	11	15	20624	2714
23	2615	415	11	15	19453	2615
24	2514	390	11	15	18282	2514
25	2410	365	11	15	17110	2410
26	2346	350	11	15	16403	2346
27	2346	350	11	15	16403	2346
28	2346	350	11	15	16403	2346
29	2613	415	11	15	19433	2613
30	2796	461	11	15	21619	2796
31	2290	337	11	15	15793	2290
32	2309	341	11	15	16004	2309
33	2347	350	11	15	16415	2347
34	2320	344	11	15	16115	2320
35	2228	323	11	15	15126	2228
36	2084	290	11	15	13618	2084
37	1878	247	18	24	11580	1878
38	538	212	57	77	1206	538
39	1014	155	58	79	4142	1014
40	716	97	47	63	2585	716

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	2251	42224	1575	0.05	7.5
4	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
34	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
35	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
36	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
37	0	111314	111314	77920	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
38	0	312	17900	218	0.05	7.5
39	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
40	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 461 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 222628 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.4 Grondmechanische Parameters 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdragvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdragvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddingsgetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	481	73	38	51	1950	573
2	913	133	54	72	3553	913
3	496	188	55	75	2549	496
4	1761	223	20	27	10475	1761
5	2049	283	11	15	13267	2049
6	2276	333	11	15	15638	2276
7	2382	358	11	15	16802	2382
8	2415	366	11	15	17168	2415
9	2404	364	11	15	17049	2404
10	2382	358	11	15	16801	2382
11	2361	353	11	15	16573	2361
12	2346	350	11	15	16399	2346
13	2330	346	11	15	16226	2330
14	2314	342	11	15	16052	2314
15	2298	339	11	15	15879	2298
16	2296	338	11	15	15854	2296
17	2298	339	11	15	15880	2298
18	2300	339	11	15	15906	2300
19	2485	383	11	15	17960	2485
20	2724	443	11	15	20748	2724
21	2725	443	11	15	20759	2725
22	2714	440	11	15	20624	2714
23	2615	415	11	15	19453	2615
24	2514	390	11	15	18282	2514
25	2410	365	11	15	17110	2410
26	2346	350	11	15	16403	2346
27	2346	350	11	15	16403	2346
28	2346	350	11	15	16403	2346
29	2613	415	11	15	19433	2613
30	2796	461	11	15	21619	2796
31	2290	337	11	15	15793	2290
32	2309	341	11	15	16004	2309
33	2347	350	11	15	16415	2347

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
34	2320	344	11	15	16115	2320
35	2228	323	11	15	15126	2228
36	2084	290	11	15	13618	2084
37	1878	247	18	24	11580	1878
38	538	212	57	77	1206	538
39	1014	155	58	79	4142	1014
40	716	97	47	63	2585	716

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
2	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
3	0	2251	42224	1575	0.05	7.5
4	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
5	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
6	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
7	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
8	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
9	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
10	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
11	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
12	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
13	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
14	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
15	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
16	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
17	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
18	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
19	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
20	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
21	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
22	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
23	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
24	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
25	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
26	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
27	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
28	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
29	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
30	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
31	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
32	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
33	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
34	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
35	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
36	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
37	0	111314	111314	77920	0.05	7.5
38	0	312	17900	218	0.05	7.5
39	0	63407	63407	44385	0.05	7.5
40	0	63407	63407	44385	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 461 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 79 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 111314 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 222628 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
6	Toplaag (zand)	Gebruikerswaarden
5	Zand matig	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
4	Zand, zwak kleilig	Gebruikerswaarden
3	Klei zwak zandig	Gebruikerswaarden
2	Veen	Gebruikerswaarden
1	Zand (vast)	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (X=20 m)		Verticaal 2 (X=40.25 m)		Verticaal 3 (X=60.5 m)		Verticaal 4 (X=80.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 5 (X=101 m)		Verticaal 6 (X=121.25 m)		Verticaal 7 (X=141.5 m)		Verticaal 8 (X=161.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 9 (X=182 m)		Verticaal 10 (X=202.25 m)		Verticaal 11 (X=222.5 m)		Verticaal 12 (X=242.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 13 (X=263 m)		Verticaal 14 (X=283.25 m)		Verticaal 15 (X=303.5 m)		Verticaal 16 (X=323.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 17 (X=344 m)		Verticaal 18 (X=364.25 m)		Verticaal 19 (X=384.5 m)		Verticaal 20 (X=404.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 21 (X=425 m)		Verticaal 22 (X=445.25 m)		Verticaal 23 (X=465.5 m)		Verticaal 24 (X=485.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 25 (X=506 m)		Verticaal 26 (X=526.25 m)		Verticaal 27 (X=546.5 m)		Verticaal 28 (X=566.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 29 (X=587 m)		Verticaal 30 (X=607.25 m)		Verticaal 31 (X=627.5 m)		Verticaal 32 (X=647.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 33 (X=668 m)		Verticaal 34 (X=688.25 m)		Verticaal 35 (X=708.5 m)		Verticaal 36 (X=728.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 37 (X=749 m)		Verticaal 38 (X=769.25 m)		Verticaal 39 (X=789.5 m)		Verticaal 40 (X=809.75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
5	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
4	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
3	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
2	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000



## 5 Gegevens voor Spanningsanalyse

### 5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.50 kN/m <sup>3</sup>
Gecombineerde kromtestraal	:	Rmin = 352.941 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm <sup>2</sup>
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0.20
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 55866 kN/m <sup>3</sup>

### 5.2 Ballasten Leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingpercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	358	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	307	[kg/m]
		-----	
Resultaat	:	52	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

### 5.3 Trekkraftberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan ( $f_1 = 0.10$ )
- wrijving tussen buis en boorvloeistof ( $f_2 = 0.000050$  [N/mm<sup>2</sup>])
- wrijving tussen buis en grond ( $f_3 = 0.20$ )

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkraft in de leiding. De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	83
T2	63	91
T3	182	121
T4	662	195

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T5	773	224
T6	842	233

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid ( $f$ ) van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2012. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1.40 voor staal en 1.80 voor PE gebruikt en een belasting factor van 1.10 voor staal en 1.00 voor PE.

## 6 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

### 6.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 842 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 6.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 2.15 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{Sigma}_t = f \cdot f_{\text{install}} \cdot T1/A = f \cdot f_{\text{install}} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 1.45 \quad [\text{N/mm}^2]$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	2.84	[N/mm <sup>2</sup> ]
---	---	------	----------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.61	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	4.07	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	4.46	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2.9E-3	mm <sup>-1</sup>
---	---	--------	------------------

$q_r$	=	0.0068	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.40	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.40	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.14	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.24	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	9.97	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	6.64	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfsstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.14	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.24	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	9.97	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	6.64	N/mm <sup>2</sup>

### 6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.84	4.46	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.14	0.14
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.40	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	6.64	6.64

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 13.3 mm (4.22% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 6.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 466 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1903 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 333 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 624 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## 7 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

### 7.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 842 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 7.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 2.15 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 1.45 \quad [N/mm^2]$$

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	2.84	[N/mm <sup>2</sup> ]
---	---	------	----------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.61	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{t,t} = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	4.07	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	4.46	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2.9E-3	mm <sup>-1</sup>
---	---	--------	------------------

$q_r$	=	0.0068	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.40	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	0.40	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0.14	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.24	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	9.97	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	6.64	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------



$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.14	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot \text{qr} \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.24	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot \text{qn} \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	9.97	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	6.64	N/mm <sup>2</sup>

### 7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.84	4.46	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.14	0.14
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.40	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	6.64	6.64

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 13.3 mm (4.22% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 7.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 466 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1903 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 333 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 624 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## 8 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

### 8.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 842 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 8.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 2.15 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1.45 \quad [N/mm^2]$$

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a,max}$  = 2.84 [N/mm<sup>2</sup>]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

**8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie**

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$  = 0.61 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$  = 4.07 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a,max}$  = 4.46 N/mm<sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$  = 2.9E-3 mm<sup>-1</sup>

$q_r$  = 0.0068 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$  = 0.40 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t,max}$  = 0.40 N/mm<sup>2</sup>

**8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen**

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

**8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie**

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$  = 0.22 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a,max}$  = 0.14 N/mm<sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$  = 0.24 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$  = 9.97 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t,max}$  = 6.64 N/mm<sup>2</sup>

**8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$  = 0.22 N/mm<sup>2</sup>

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.14	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.24	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	9.97	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	6.64	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.84	4.46	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.14	0.14
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.40	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	6.64	6.64

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 13.3 mm (4.22% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 8.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 466 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1903 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 333 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 624 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## 9 Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

### 9.1 Materiaalgegevens van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 315.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 28.70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 842 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Constante van Poisson	:	nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 79 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 111314 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1.80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.00018 mm/mmK

### 9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 28.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 2.15 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A = 1.45 \quad [N/mm^2]$$

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a,max}$  = 2.84 [N/mm<sup>2</sup>]

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

**9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie**

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$  = 0.61 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$  = 4.07 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a,max}$  = 4.46 N/mm<sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$  = 2.9E-3 mm<sup>-1</sup>

$q_r$  = 0.0068 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$  = 0.40 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t,max}$  = 0.40 N/mm<sup>2</sup>

**9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen**

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

**9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie**

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$  = 0.22 N/mm<sup>2</sup>

Maximale axiale spanning  $\sigma_{a,max}$  = 0.14 N/mm<sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$  = 0.24 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$  = 9.97 N/mm<sup>2</sup>

Maximale tangentele spanning  $\sigma_{t,max}$  = 6.64 N/mm<sup>2</sup>

**9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$  = 0.22 N/mm<sup>2</sup>

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$  = 0.00 N/mm<sup>2</sup>



$\text{Sigma\_ptest} = f\_pt \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_Temp} = dt \cdot \text{gamma\_t} \cdot \text{alpha\_g} \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma\_a,max}$	=	0.14	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma\_qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.24	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma\_qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	9.97	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma\_t,max} = \text{Sigma\_py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma\_qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma\_qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma\_t,max}$	=	6.64	N/mm <sup>2</sup>

### 9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 2

- $\text{Sigma\_ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 3

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Belasting combinatie 4

- $\text{Sigma\_AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma\_TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma\_ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	10.00 (kort)	2.84	4.46	-	-	-
$\text{Sigma\_axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.14	0.14
$\text{Sigma\_tang...}$	10.00 (kort)	-	0.40	-	-	-
$\text{Sigma\_tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	6.64	6.64

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 13.3 mm (4.22% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 25.2 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 15.8 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 9.3.4 Toetsing op Implosie van 1x315mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 466 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1559 kN/m<sup>2</sup>.

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1903 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 333 kN/m<sup>2</sup>, dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 280 kN/m<sup>2</sup>.

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 344 kN/m<sup>2</sup>. De totale toelaatbare druk wordt dan 624 kN/m<sup>2</sup>. Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

## **Einde Rapport**

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland  
Arcadis Nederland B.V.  
[REDACTED]  
Postbus 264  
6800 AG ARNHEM

CLASSIFICATIE	C1: Public Information
DATUM	15 augustus 2019
ONZE REFERENTIE	ONL-TTB-05577
BEHANDELD DOOR	[REDACTED]
TELEFOON DIRECT	[REDACTED]
E-MAIL	[REDACTED]

**BETREFT** Machtiging aanvragen vergunningen

Geachte [REDACTED]

Middels dit schrijven machtigen wij Arcadis Nederland B.V. om in 2019 namens TenneT TSO B.V. de benodigde vergunningen in het kader van diverse wetten en regelingen voor het project net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) aan te aanvragen.

Hopende u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

