

| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012 |  | Sigma 2018 1.0 ©        |                   |
|--|--|-------------------------|-------------------|
| <b>Algemene gegevens</b>   |  |                         |                   |
| Naam van het project   | : Rooermond Looskade                       |                         |                   |
| Projectonderdeel   | : 160 PE100RC SDR11 door betonnen keermuur |                         |                   |
| Importatiefactor S   | : 0,75                                     |                         |                   |
| <b>Materiaalgegevens</b>   |  |                         |                   |
| Materiaalsoort:  | PE   |                         |                   |
| Kwaliteit:   | PE 100 SDR 11                              |                         |                   |
| Lange-duur treksterkte   | MRS  | = 10                    | N/mm <sup>2</sup> |
| Materiaalfactor  | $\gamma_M$                                 | = 1,25                  | -                 |
| Toelaatbare langeduur spanning   | $\bar{\sigma}_t$                           | = 8,00                  | N/mm <sup>2</sup> |
| Elasticiteitsmodulus korte duur  | E  | = 975                   | N/mm <sup>2</sup> |
| Elasticiteitsmodulus lange duur  | E'   | = 350                   | N/mm <sup>2</sup> |
| Lineaire uitzettingscoëfficiënt  | $\alpha_g$                                 | = 16,0·10 <sup>-5</sup> | mm/(mm·K)         |
| Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal   | $\alpha_\sigma$                            | = 0,65                  | -                 |
| Toelaatbare deflectie  | $\delta$                                   | = 8                     | %                 |
| <b>Leidinggegevens</b>   |  |                         |                   |
| Uitwendige middellijn  | D <sub>e</sub>                             | = 160,00                | mm                |
| Wanddikte  | d <sub>n</sub>                             | = 14,6                  | mm                |
| Geen bocht aanwezig  |  |                         |                   |
| <b>Procesgegevens</b>  |  |                         |                   |
| Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)                                 |  | = Gas                   |                   |
| Ontwerpdruk  | p <sub>d</sub>                             | = 0,003                 | N/mm <sup>2</sup> |
| Temperatuurverschil  | $\Delta t$                                 | = 7,0                   | °                 |
| <b>Aanleggegevens</b>  |  |                         |                   |
| Ligging: Kruising met een waterstaatswerk                                  |  |                         |                   |
| Zettingslengte   | L  | = 7.586                 | mm                |
| Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld                                     | H  | = 1,2                   | m                 |
| Belastinghoek  | $\alpha$                                   | = 180                   | °                 |
| Ondersteuningshoek   | $\beta$                                    | = 70                    | °                 |
| Uitvoeringszakkingverschil   | f <sub>v</sub>                             | = 5                     | mm                |
| Zettingsverschil   | f <sub>z</sub>                             | = 0                     | mm                |
| Klinkpercentage  | $\mu$                                      | = 0,02                  | %                 |
| Marstonfactor  | f <sub>m</sub>                             | = 0,3                   | -                 |
| <b>Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone</b>          |  |                         |                   |
| Waterstaatswerk: Niet Verheeld   |  |                         |                   |
| Hoogteverschil kruin-maaiveld  |  | = 1,0                   | m                 |
|  |  | 16-01-2018 11:14:13     |                   |

| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012 |             | Sigma 2018 1.0 ©              |                   |
|--|-------------|-------------------------------|-------------------|
| <b>Grondmechanische gegevens</b>   |             |                               |                   |
| Grondsoort   |             | = Zand                        |                   |
| Volumiek gewicht droge grond   | $\gamma_d$  | = 19                          | kN/m <sup>3</sup> |
| Inwendige wrijvingshoek grond  | $\phi$      | = 35                          | °                 |
| Effectieve cohesie   | $c'$        | = 0                           | kN/m <sup>2</sup> |
| Ongedraineerde schuifsterkte   | $c_u$       | = 0                           | kN/m <sup>2</sup> |
| E-modulus sleufmateriaal   | $E_1$       | = 20                          | MN/m <sup>2</sup> |
| Minimale verticale beddingconstante  | $k_{v,min}$ | = 0,022                       | N/mm <sup>3</sup> |
| Gemiddelde verticale beddingconstante                                      | $k_{v,gem}$ | = 0,025                       | N/mm <sup>3</sup> |
| Niet rekenen met horizontale steundruk                                     |             |                               |                   |
| Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd                                  | $\gamma$    | = 1,1                         |                   |
| <b>Verkeersbelasting</b>   |             |                               |                   |
| Grafiek II:  |             | Fatigue Load Model 2, Lorry 4 |                   |
| Rekenen met ontlastende invloed wegdek:                                    |             | Tweelagen structuur           |                   |
| Dikte deklaag  | $H_1$       | = 200                         | mm                |
| Elast. mod. deklaag  | $E_1$       | = 500                         | MPa               |
| Elast. mod. ondergrond   | $E_3$       | = 100                         | MPa               |

| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012   |  | Sigma 2018 1.0 © |                                  |
|--|--|------------------|----------------------------------|
| <b>1. Eigenschappen van de leiding</b>   |  |                  |                                  |
| Inwendige middellijn   | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$              | = 130,80         | mm                               |
| Gemiddelde middellijn  | $D_g = (D_e + D_i) / 2$                | = 145,40         | mm                               |
| Uitwendige middellijn+bekleding  | $D_o = D_e + 2 \cdot e$                | = 160,00         | mm                               |
| Uitwendige straal  | $r_e = D_e / 2$                        | = 80,00          | mm                               |
| Inwendige straal   | $r_i = D_i / 2$                        | = 65,40          | mm                               |
| Gemiddelde straal  | $r_g = (r_e + r_i) / 2$                | = 72,70          | mm                               |
| Traagheidsmoment buis  | $I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$ | = 17.801.758,07  | mm <sup>4</sup>                  |
| Weerstandsmoment buis  | $W_b = I_b / r_e$                      | = 222.521,98     | mm <sup>3</sup>                  |
| Wandtraagheidsmoment   | $I_w = d_n^3 / 12$                     | = 259,34         | mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup> |
| Wandweerstandsmoment   | $W_w = d_n^2 / 6$                      | = 35,53          | mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup> |
| <b>2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan</b>  |  |                  |                                  |
| Voor gasleidingen geldt: $\Phi$ moet kleiner dan 600 zijn.   |  |                  |                                  |
| $\Phi = \frac{(1,4 \sqrt{\rho_a} \cdot v_1 \cdot D_i^2)^3}{(1,6 \cdot D_i + H)^2}$ $\Phi = \frac{(1,4 \sqrt{0,03} \cdot 8 \cdot 0,13^2)^3}{(1,6 \cdot 0,13 + 1,2)^2} = 0,00000070$ |  |                  |                                  |
| <b>3. Berekening van de veiligheidszone</b>  |  |                  |                                  |
| $G_B = 0,7 \cdot \sqrt[6]{\Phi}$   |  |                  |                                  |
| $G_B = 0,7 \cdot \sqrt[6]{0,00000070} = 0,07 \text{ m}$  |  |                  |                                  |
| $G_L = G_B / 4 = 0,07 / 4 = 0,02 \text{ m}$  |  |                  |                                  |
| Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + G_L = 4 \cdot 1,00 + 0,02 = 4,02 \text{ m}$   |  |                  |                                  |
| <b>4. Berekening van de spanningen <math>s_p</math> en <math>s_{pl}</math> t.g.v. inwendige druk</b>   |  |                  |                                  |
| $D_g/d_n = 145,40/14,60 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding   |  |                  |                                  |
| $\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$   |  |                  |                                  |
| $\sigma_p = \frac{80,00^2 + 65,40^2}{80,00^2 - 65,40^2} \cdot 0,003 = 0,02 \text{ N/mm}^2$   |  |                  |                                  |
| $\sigma_{y1} = \sigma_p = 0,02 \text{ N/mm}^2$   |  |                  |                                  |
| $\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ N/mm}^2$  |  |                  |                                  |
| Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2$  |  |                  |                                  |
| <b>5. Berekening reroundingfactor <math>f_{rr}</math></b>  |  |                  |                                  |
| $f_{rr} = 1 / (1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w})$   |  |                  |                                  |
| $f_{rr} = 1 / (1 + \frac{2 \cdot 0,003 \cdot 72,7^3 \cdot 0,102}{975 \cdot 259,34}) = 1,00$  |  |                  |                                  |
| <b>6. Berekening van de neutrale grondbelasting <math>Q_n</math></b>   |  |                  |                                  |
| $q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$  |  |                  |                                  |
| $q_n = 1,1 \cdot 19 \cdot 1,2 = 25,08 \text{ kN/m}^2$  |  |                  |                                  |
| $Q_n = q_n \cdot D_o$  |  |                  |                                  |
| $Q_n = 25,08 \cdot 10^{-3} \cdot 160 = 4,01 \text{ N/mm}^1$  |  |                  |                                  |

|   |                     |
|---|---------------------|
| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012  | Sigma 2018 1.0 ©    |
| <b>7. Berekening van de passieve grondbelasting <math>Q_p</math></b>  |                     |
| $q_p = q_n \cdot \left( 1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$ $q_p = 25,08 \cdot \left( 1 + 0,3 \cdot \frac{1,2}{0,16} \right) = 81,51 \text{ kN/m}^2$ $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 81,51 \cdot 10^{-3} \cdot 160 = 13,04 \text{ N/mm}^1$  |                     |
| <b>8. Berekening van de reële grondbelasting <math>Q_k</math></b>   |                     |
| $z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$ $z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,16}{20^{0,5} \cdot \sqrt{1,2/0,16}} = 0,0026 \text{ m}$ $q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$ $q_k = 25,08 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,16}{0,0026} \cdot (81,51 - 25,08)}{1 + \frac{81,51 - 25,08}{0,0026 \cdot 0,0220 \cdot 10^6}} = 59,96 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = q_k \cdot D_o$ $Q_k = 59,96 \cdot 10^{-3} \cdot 160 = 9,59 \text{ N/mm}^1$ |                     |
| <b>9. Berekening van de verkeersbelasting <math>Q_v</math> volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17</b>   |                     |
| <p>Ontlastende invloed t.g.v. wegdek: Tweelagen structuur</p> $H_{1eq} = 0,9 \cdot H_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} = 0,9 \cdot 200 \cdot \sqrt[3]{\frac{500}{100}} = 307,80 \text{ mm}$ <p>Fictieve dekkingshoogte: <math>H_{eq} = H_{1eq} + H - H_1</math></p> $H_{eq} = 307,80 + 1200,0 - 200 = 1.307,80 \text{ mm} = 1,31 \text{ m}$ <p>Gelet op de fictieve dekkingshoogte volgt: <math>q_v = 25,08 \text{ kN/m}^2</math></p> $Q_v = q_v \cdot D_o$ $Q_v = 25,08 \cdot 10^{-3} \cdot 160 = 4,01 \text{ N/mm}^1$     |                     |
| <b>10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding <math>\lambda</math></b>  |                     |
| $\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$ $\lambda = \sqrt[4]{\frac{160 \cdot 0,025}{4 \cdot 975 \cdot 17.801.758,07}} = 0,0028 \text{ mm}^{-1}$   |                     |
|   | 16-01-2018 11:14:13 |

| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012   | Sigma 2018 1.0 ©                               |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
|--|--|------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|--|---------------------------------|--|---|--------------------|------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|--|--------------------------------|--|
| <b>11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| Zettingslengte $L = 7.586 \text{ mm}$<br>$\lambda \cdot L = 0,0028 \cdot 7.586 = 20,90$<br>$i = 0,900$ (= 90,0 % inklemming)<br>$B_z = 0,000360$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)<br>$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$<br>$Q_z = 0,000360 \cdot 5 \cdot 160 \cdot 0,025 = 0,0072 \text{ N/mm}^1$<br>$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$<br>$Q_d = 0,0072 \cdot 0,0028 \cdot 7.586 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0028 \cdot 7.586}{6}\right) = 0,61 \text{ N/mm}^1$  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| <b>12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)</b>  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$<br>$Q_z = 0,000360 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0) \cdot 160 \cdot 0,025 = 0,0072 \text{ N/mm}^1$<br>$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$<br>$Q_d = 0,0072 \cdot 0,0028 \cdot 7.586 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0028 \cdot 7.586}{6}\right) = 0,61 \text{ N/mm}^1$   |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| <b>13. Berekening evenwichtsdragvermogen en controle met bovenbelastingen</b>  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| <i>Berekening evenwichtsdragvermogen</i><br>$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 33,30$<br>$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 33,92$<br>$B = D_o = 0,16 \text{ m}$<br>$B/L = 0,1$<br>$Z = h + D_o / 2 = 1,20 + 0,16 / 2 = 1,28 \text{ m}$<br>$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$<br>$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,37$<br>$\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 20,90 \text{ kN/m}^3$<br>$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$<br>$P_{we} = 1.199,50 \text{ kN/m}^2 = 1,20 \text{ N/mm}^2$<br>$P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 1,20 \cdot 160,00 = 191,92 \text{ N/mm}^1$ |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| <i>Controle bovenbelastingen met evenwichtsdragvermogen</i>  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Situatie 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Conclusie:</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>Q_k = 9,59 \text{ N/mm}^1</math></td> <td style="padding: 2px;">Geen aanpassing</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>Q_v = 4,01 \text{ N/mm}^1</math></td> <td style="padding: 2px;">van <math>Q_d</math> nodig</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>Q_d = 0,61 \text{ N/mm}^1 +</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>\Sigma = 14,21 \text{ N/mm}^1</math></td> <td></td> </tr> </table>   | Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar | Conclusie: | $Q_k = 9,59 \text{ N/mm}^1$ | Geen aanpassing | $Q_v = 4,01 \text{ N/mm}^1$ | van $Q_d$ nodig | $Q_d = 0,61 \text{ N/mm}^1 +$ |  | $\Sigma = 14,21 \text{ N/mm}^1$ |  | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Situatie na 2 jaar</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Conclusie:</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>Q_n = 4,01 \text{ N/mm}^1</math></td> <td style="padding: 2px;">Geen aanpassing</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>Q_v = 4,01 \text{ N/mm}^1</math></td> <td style="padding: 2px;">van <math>Q_d</math> nodig</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>Q_d = 0,61 \text{ N/mm}^1 +</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>\Sigma = 8,63 \text{ N/mm}^1</math></td> <td></td> </tr> </table> | Situatie na 2 jaar | Conclusie: | $Q_n = 4,01 \text{ N/mm}^1$ | Geen aanpassing | $Q_v = 4,01 \text{ N/mm}^1$ | van $Q_d$ nodig | $Q_d = 0,61 \text{ N/mm}^1 +$ |  | $\Sigma = 8,63 \text{ N/mm}^1$ |  |
| Situatie 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> jaar   | Conclusie:                                     |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_k = 9,59 \text{ N/mm}^1$  | Geen aanpassing                                |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_v = 4,01 \text{ N/mm}^1$  | van $Q_d$ nodig                                |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_d = 0,61 \text{ N/mm}^1 +$  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $\Sigma = 14,21 \text{ N/mm}^1$  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| Situatie na 2 jaar   | Conclusie:                                     |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_n = 4,01 \text{ N/mm}^1$  | Geen aanpassing                                |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_v = 4,01 \text{ N/mm}^1$  | van $Q_d$ nodig                                |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $Q_d = 0,61 \text{ N/mm}^1 +$  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| $\Sigma = 8,63 \text{ N/mm}^1$   |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>1.0.0.0/01-2018/10-10383707</span> <span>16-01-2018 11:14:13</span> </div>  |  |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                 |  |   |                    |            |                             |                 |                             |                 |                               |  |                                |  |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012   |  | Sigma 2018 1.0 ©  |
| <b>14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>   |  |   |
| <i>Moment t.g.v. <math>Q_k</math> en <math>Q_v</math></i>  |  | <i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i>   |
| $M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$<br>$M_q = 0,178 \cdot (9,59 + 4,01) \cdot 72,70$<br>$M_q = 176,07 \text{ Nmm/mm}^1$  |  | $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$<br>$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,61 \cdot 72,70$<br>$M_{qd} = 5,38 \text{ Nmm/mm}^1$ |
| <i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i>   |  |   |
| $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$<br>$\sigma_q = 1,00 \cdot (176,07 + 5,38) / 35,53 = \mathbf{5,10 \text{ N/mm}^2}$   |  |   |
| <b>15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)</b>   |  |   |
| <i>Moment t.g.v. <math>Q_n</math> en <math>Q_v</math></i>  |  | <i>Moment t.g.v. <math>Q_d</math></i>   |
| $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$<br>$M_q = 0,178 \cdot (4,01 + 4,01) \cdot 72,70$<br>$M_q = 103,86 \text{ Nmm/mm}^1$  |  | $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$<br>$M_{qd} = 0,122 \cdot 0,61 \cdot 72,70$<br>$M_{qd} = 5,38 \text{ Nmm/mm}^1$ |
| <i>Spanning t.g.v. <math>M_q</math> en <math>M_{qd}</math></i>   |  |   |
| $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$<br>$\sigma_q = 1,00 \cdot (103,86 + 5,38) / 35,53 = \mathbf{3,07 \text{ N/mm}^2}$   |  |   |
| <b>16. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math></b>  |  |   |
| $\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,025}{14,6}} = \mathbf{0,12 \text{ N/mm}^2}$                                   |  |   |
| <b>17. Berekening van de spanning <math>\sigma_{bx}</math> t.g.v. uitvoeringszakkingverschil <math>f_v</math> en zettingsverschil <math>f_z</math></b>   |  |   |
| $\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$ $\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,025}{14,6}} = \mathbf{0,12 \text{ N/mm}^2}$ |  |   |
| <b>18. Berekening van de spanning <math>\sigma_{ax}</math> t.g.v. temperatuurverschil</b>  |  |   |
| $\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$<br>$\sigma_{ax} = 7,0 \cdot 0,00016 \cdot 975 = \mathbf{1,09 \text{ N/mm}^2}$  |  |   |
| <b>19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht</b>  |  |   |
| Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt:<br>$i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$   |  |   |
| <b>20. Toetsing op minimale ringstijfheid <math>S_N</math></b>   |  |   |
| $S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{259,34}{145,4^3} = 0,0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82,26 \text{ kN/m}^2}$ Minimaal vereiste ringstijfheid = <b>2 kN/m<sup>2</sup></b>                     |  |   |
|  |  | 16-01-2018 11:14:13   |

|  |                     |
|--|---------------------|
| Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2012   | Sigma 2018 1.0 ©    |
| <b>21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk</b>  |                     |
| <p>Veiligheidsfactor <math>\gamma</math> voor langdurige onderdruk: <math>\gamma = 3</math><br/>                 Veiligheidsfactor <math>\gamma</math> voor kortdurende onderdruk: <math>\gamma = 1,5</math></p> $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$ <p>Conclusie: Kans op implosie bij <b>28,12</b> m grondwater boven de leiding</p> |                     |
| <b>22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie</b>   |                     |
| $\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (4,01 + 4,01) - 0,083 \cdot (1 - \sin(35^\circ)) \cdot (4,01 + 4,01) + 0,048 \cdot 0,61) \cdot 72,70^3}{350 \cdot 259,34} = 1,94 \text{ mm} (= 1,34\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 8% · importantiefactor S · <math>D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 145,40 = 8,72</math> mm</p>  |                     |
| <b>23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar)</b>   |                     |
| <p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 5,10 = 3,32 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 0,01 + 0,65 \cdot 0,12 + 1,09 = 1,18 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = <math>\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2</math></p>   |                     |
| <b>24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)</b>   |                     |
| <p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot 3,07 = 2,00 \text{ N/mm}^2$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 0,01 + 0,65 \cdot 0,12 + 1,09 = 1,18 \text{ N/mm}^2$ <p>Toelaatbare spanning = <math>\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = 6,00 \text{ N/mm}^2</math></p>   |                     |
|  | 16-01-2018 11:14:13 |