

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2025 1.4 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Broekhuizenvorst - Meerlo Projectonderdeel : Persleiding waterschap Limburg Importantiefactor S : 0,75			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 400,00	mm
Wanddikte	d _n	= 36,4	mm
Wanddikte bocht	t	= 36,4	mm
Bochtstraal	R	= 700,00	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Vloeistof		
Ontwerpdruk	p _d	= 0,6	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δ_t	= 10	°
Aanleggegevens			
Ligging: Kruising met een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 13.404	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 2,62	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f _v	= 5	mm
Zettingsverschil	f _z	= 0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,02	%
Marstonfactor	f _m	= 0,3	-
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
		07-07-2025 08:23:22	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2020			Sigma 2025 1.4 ©	
Grondmechanische gegevens				
Grondsoort		= Zand		
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18	kN/m ³	
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 27	°	
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²	
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²	
Minimale verticale beddingconstante	$k_{v,min}$	= 0,016	N/mm ³	
Gemiddelde verticale beddingconstante	$k_{v,gem}$	= 0,04	N/mm ³	
E-modulus ondergrond	E_{100}	= 35	MN/m ²	
Rekenen met horizontale steundruk				
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1		
Verkeersbelasting				
Grafiek II:		Fatigue Load Model 2, Lorry 4		
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek				
			07-07-2025 08:23:22	

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 327,20	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 363,60	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 400,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 200,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 163,60	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 181,80	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 694.006.811,09	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 3.470.034,06	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 4.019,05	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 220,83	mm ³ /mm ¹

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Voor vloeistofleidingen geldt: $H^3 \cdot D_i^5$ moet kleiner dan 40 m^8 zijn.

H is de druk in meters vloeistofkolom.

Rekening houdende met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ volgt:

$$h = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$$

$$h = \frac{600.000}{1.000 \cdot 9,81} = 61,16 \text{ m} \rightarrow h^3 \cdot D_i^5 = 61,16^3 \cdot 0,33^5 = 858,05 \text{ m}^8$$

3. Berekening van de veiligheidszone

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{h^3 \cdot D_i^5}$$

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{61,16^3 \cdot 0,33^5} = 18,61 \text{ m}$$

Zonder volledige afschuiving geldt:

- Indien er sprake is van een klein gat: $R_L = \frac{1}{2} \cdot R_B = 9,31 \text{ m}$

- Indien er sprake is van een groot gat: $R_L = R_B = 18,61 \text{ m}$

- Met volledige afschuiving geldt: $R_L = 2 \cdot R_B = 37,22 \text{ m}$

- Indien er sprake is van een klein gat:

$$\text{Veiligheidszone} = R_L = 9,31 = 9,31 \text{ m}$$

- Indien er sprake is van een groot gat:

$$\text{Veiligheidszone} = R_L = 18,61 = 18,61 \text{ m}$$

- Met volledige afschuiving geldt:

$$\text{Veiligheidszone} = R_L = 37,22 = 37,22 \text{ m}$$

$$\text{Diepte erosiekrater} = D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,4 + 2,62) = 3,62 \text{ m}$$

4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

$$D_g/d_n = 363,60/36,40 = 9,99 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{200,00^2 + 163,60^2}{200,00^2 - 163,60^2} \cdot 0,6 = 3,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{p(bi)} = \frac{2 \cdot R - 0,5 \cdot D_e}{2 \cdot R - D_e} \cdot \sigma_p$$

$$\sigma_{p(bi)} = \frac{2 \cdot 700 - 0,5 \cdot 400}{2 \cdot 700 - 400} \cdot 3,03 = 3,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{p(bu)} = \frac{2 \cdot R + 0,5 \cdot D_e}{2 \cdot R + D_e} \cdot \sigma_p$$

$$\sigma_{p(bu)} = \frac{2 \cdot 700 + 0,5 \cdot 400}{2 \cdot 700 + 400} \cdot 3,03 = 2,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_{p(bi)} = 3,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 3,63 = 1,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$$

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 181,8^3 \cdot 0,089}{975 \cdot 4.019,05} \right) = 0,86$$

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 2,62 = 51,88 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 51,88 \cdot 10^{-3} \cdot 400 = 20,75 \text{ N/mm}^1$$

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$$

$$q_p = 51,88 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{2,62}{0,4} \right) = 153,81 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = q_p \cdot D_o$$

$$Q_p = 153,81 \cdot 10^{-3} \cdot 400 = 61,52 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$\kappa = 1 - \sin(\varphi) = 1 - \sin(27) = 0,546$$

$$\nu = \frac{\kappa}{1 + \kappa} = \frac{0,546}{1 + 0,546} = 0,35$$

$$E_{100, \text{norm}} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5} = 35 \cdot (51,88/100)^{0,5} = 25,21 \text{ MN/m}^2$$

$$E_1 = E_{100, \text{norm}} / \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}$$

$$E_1 = 25,21 / \frac{1 - 0,35 - 2 \cdot 0,35^2}{1 - 0,35} = 41,03 \text{ MN/m}^2$$

$$z_{\text{max}} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\text{max}} = 0,2 \cdot \frac{0,4}{41,03^{0,5} \cdot \sqrt{2,62/0,4}} = 0,0049 \text{ m}$$

$$q_k = q_n + \frac{\frac{\mu \cdot D_o}{z_{\text{max}}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\text{max}} \cdot k_{v, \text{min}}}}$$

$$q_k = 51,88 + \frac{\frac{0,02 \cdot 0,4}{0,0049} \cdot (153,81 - 51,88)}{1 + \frac{153,81 - 51,88}{0,0049 \cdot 0,0160 \cdot 10^6}} = 124,36 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 124,36 \cdot 10^{-3} \cdot 400 = 49,74 \text{ N/mm}^1$$

9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 9,03 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 9,03 \cdot 10^{-3} \cdot 400 = 3,61 \text{ N/mm}^1$$

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v, \text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{400 \cdot 0,04}{4 \cdot 975 \cdot 694.006.811,09}} = 0,0016 \text{ mm}^{-1}$$

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

$$\text{Zettingslengte } L = 13.404 \text{ mm}$$

$$\lambda \cdot L = 0,0016 \cdot 13.404 = 20,90$$

$$i = 0,900 \text{ (= 90,0 \% inklemming)}$$

$$B_z = 0,000360 \text{ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 5)}$$

$$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$$

$$Q_z = 0,000360 \cdot 5 \cdot 400 \cdot 0,04 = 0,029 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$$

$$Q_d = 0,029 \cdot 0,0016 \cdot 13.404 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0016 \cdot 13.404}{6} \right) = 2,43 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)

$$Q_z = B_z \cdot (f_v + 2,0 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$$

$$Q_z = 0,000360 \cdot (5 + 2,0 \cdot 0) \cdot 400 \cdot 0,04 = 0,029 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$$

$$Q_d = 0,029 \cdot 0,0016 \cdot 13.404 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0016 \cdot 13.404}{6} \right) = 2,43 \text{ N/mm}^1$$

13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen

Berekening evenwichtsdraagvermogen

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 13,20$$

$$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 9,32$$

$$B = D_o = 0,40 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 2,62 + 0,40 / 2 = 2,82 \text{ m}$$

$$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,43$$

$$\gamma'_{\text{gem}} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem}} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$$

$$P_{we} = 1.009,09 \text{ kN/m}^2 = 1,01 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 1,01 \cdot 400,00 = 403,64 \text{ N/mm}^1$$

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1^e en 2^e jaar

$$Q_k = 49,74 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_v = 3,61 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = 2,43 \text{ N/mm}^1 +$$

$$\Sigma = 55,78 \text{ N/mm}^1$$

Conclusie:

Geen aanpassing
van Q_d nodig

Situatie na 2 jaar

$$Q_n = 20,75 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_v = 3,61 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = 2,43 \text{ N/mm}^1 +$$

$$\Sigma = 26,79 \text{ N/mm}^1$$

Conclusie:

Geen aanpassing
van Q_d nodig

14. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (20,75 + \frac{1}{2} \cdot 3,61) - 0,095 \cdot (1 - \sin(27^\circ)) \cdot (20,75 + \frac{1}{2} \cdot 3,61) + 0,048 \cdot 2,43) \cdot 181,80^3}{350 \cdot 4.019,05} = 4,07 \text{ mm} (= 1,12\%)$$

$$\text{Toelaatbare deflectie} = 8,00\% \cdot \text{importantiefactor } S \cdot D_g = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 363,60 = 21,82 \text{ mm}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2025 1.4 ©
15. Toetsing toepassen steundruk bij niet drukloze buis		
$\delta_{Y1} = \frac{(0,089 \cdot Q + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_{Y1} = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_{Y1} = \frac{(0,089 \cdot (20,75 + \frac{1}{2} \cdot 3,61) + 0,048 \cdot 2,43) \cdot 181,80^3}{350 \cdot 4.019,05} = 9,07 \text{ mm}$ $\frac{\delta_{Y2}}{\delta_{Y1}} = \frac{4,07}{9,07} = 0,45$ $f_{rr} \geq \frac{\delta_{Y2}}{\delta_{Y1}} \rightarrow 0,86 \geq 0,45 \rightarrow \text{Neutrale horizontale steundruk toegestaan, maar } f_{rr} = 1$		
16. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^e en 2^e jaar)		
<i>Moment t.g.v. Q_k en Q_v</i> $M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,138 \cdot (49,74 + 3,61) \cdot 181,80 - 0,143 \cdot (1 - \sin(27^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (49,74 + 3,61) \cdot 181,80$ $M_q = 682,69 \text{ Nmm/mm}^1$ <i>Moment t.g.v. Q_d</i> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,083 \cdot 2,43 \cdot 181,80$ $M_{qd} = 36,60 \text{ Nmm/mm}^1$ <i>Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}</i> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (682,69 + 36,60) / 220,83 = 3,26 \text{ N/mm}^2$		
17. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)		
<i>Moment t.g.v. Q_n en Q_v</i> $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ $M_q = 0,138 \cdot (20,75 + 3,61) \cdot 181,80 - 0,143 \cdot (1 - \sin(27^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (20,75 + 3,61) \cdot 181,80$ $M_q = 311,71 \text{ Nmm/mm}^1$ <i>Moment t.g.v. Q_d</i> $M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$ $M_{qd} = 0,083 \cdot 2,43 \cdot 181,80$ $M_{qd} = 36,60 \text{ Nmm/mm}^1$ <i>Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}</i> $\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$ $\sigma_q = 1,00 \cdot (311,71 + 36,60) / 220,83 = 1,58 \text{ N/mm}^2$		
		07-07-2025 08:23:22

18. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,04}{36,4}} = 0,10 \text{ N/mm}^2$$

19. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 2,0 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (5 + 2,0 \cdot 0) \cdot \sqrt{\frac{975 \cdot 0,04}{36,4}} = 0,10 \text{ N/mm}^2$$

20. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

$$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$$

$$\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,00016 \cdot 975 = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

21. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht of T-stuk

Berekening van de factoren i_x , i_{xp} , i_y en i_{yp} van de bocht:

$$r = \left(\frac{D_e}{2} + \frac{D_e - 2 \cdot t}{2} \right) / 2 = 181,80 \text{ mm}$$

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{36,4 \cdot 700}{181,8^2} = 0,77$$

$$k = \frac{1,65}{h} = \frac{1,65}{0,77} = 2,14$$

$$i_x = \frac{0,9}{h^{(2/3)}} = \frac{0,9}{0,77^{(2/3)}} = 1,07$$

$$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 1,07 = 2,14$$

Wel steundruk toegepast, maar geen rerounding

22. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{4.019,05}{363,6^3} = 0,0815 \text{ N/mm}^2 = 81,52 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

23. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 4.019,05}{363,60^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 4.019,05}{363,60^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,87** m grondwater boven de leiding

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)
--

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma} \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot (3,26 + 2,14 \cdot 0,10) = \mathbf{2,26 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma} \cdot i_x \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 1,45 + 0,65 \cdot 1,07 \cdot 0,10 + 1,56 = \mathbf{3,08 \text{ N/mm}^2}$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$
--

25. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)
--

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma} \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_{y2} = 0,65 \cdot (1,58 + 2,14 \cdot 0,10) = \mathbf{1,16 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma} \cdot i_x \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 1,45 + 0,65 \cdot 1,07 \cdot 0,10 + 1,56 = \mathbf{3,08 \text{ N/mm}^2}$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$
--