



Adviesbureau Schrijvers b.v.

Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2020 1.0 ©		
Algemene gegevens							
Naam van het project : Vervangen waterleidingen omgeving Amsterdamse bos Projectonderdeel : Aanleg Ø 300 mm Nodulair Gietijzer Molenweg/Kazemepad Importantiefactor S : 1							
Materiaalgegevens							
Materiaalsoort: Nodulair gietijzer Kwaliteit: NEN-EN 545 Minimum waarde treksterkte R_m = 420 N/mm ² Materiaalfactor γ_M = 2,5 - Toelaatbare langeduur spanning $\bar{\sigma}_t$ = 168,00 N/mm ² Elasticiteitsmodulus E = 170000 N/mm ² Lineaire uitzettingscoëfficiënt α_g = $1,2 \cdot 10^{-5}$ mm/(mm·K) Alfa Tangentieel $\alpha_{\sigma, \tan}$ = 0,556 - Alfa Axiaal $\alpha_{\sigma, ax}$ = 0,77 - Toelaatbare deflectie δ = 3 %							
Leidinggegevens							
Uitwendige middellijn D_e = 326,00 mm Wanddikte d_n = 6,2 mm Geen bocht aanwezig							
Procesgegevens							
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Vloeistof Ontwerpdruk p_d = 0,3 N/mm ² Volumieke massa medium ρ = 1000 kg/m ³ Temperatuurverschil Δ_t = 10 °							
Aanleggegevens							
Belastinghoek (Geperst deel) α = 180 ° Belastinghoek (Gelegd deel) α = 180 ° Ondersteuningshoek (Geperst deel) β = 120 ° Ondersteuningshoek (Gelegd deel) β = 70 ° Uitvoeringszakkingverschil f_v = 25 mm Zettingsverschil f_z = 5 mm Berekeningsmethode z-sprong methode							
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone							
Waterstaatswerk: Verheeld							
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]	Gem. vert. bedding-constante [N/mm ³]
Geperst deel	1,60	1,00	Zand	18,00	20,00	32,50	0,0400
Gelegd deel	1,60	1,00	Zand	18,00	20,00	32,50	0,0160
Adviesbureau Schrijvers: betrokken en deskundig.						28-11-2020 15:16:41	

1.0.9.0/05-2020/93-259692-2



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020

Sigma 2020 1.0 ©

Locatie	Effectieve cohesie [kN/m ²]	Schuif-sterkte [kN/m ²]	Verkeersbelasting
Geperst deel	0,00	0,00	Geen
Gelegd deel	0,00	0,00	Grafiek II

Locatie	Ontlastende invloed t.g.v. wegdek
Geperst deel	-
Gelegd deel	Geen ontlastende invloed

Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020			Sigma 2020 1.0 ©
1. Eigenschappen van de leiding			
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 313,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 319,80	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 326,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 163,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 156,80	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 159,90	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 79.661.807,62	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 488.722,75	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 19,86	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 6,41	mm ³ /mm ¹
2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan			
<p>Voor vloeistofleidingen geldt: $H^3 \cdot D_i^5$ moet kleiner dan 40 m⁸ zijn.</p> <p>H is de druk in meters vloeistofkolom.</p> <p>Rekening houdende met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ volgt:</p> $H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$ $H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 30,58^3 \cdot 0,31^5 = 86,74 \text{ m}^8$			
3. Berekening van de veiligheidszone			
$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{H^3 \cdot D_i^5}$ $R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{30,58^3 \cdot 0,31^5} = 13,98 \text{ m}$ Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,99 \text{ m}$ Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 13,98 \text{ m}$ Indien er sprake is van niet-trekvaste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 27,95 \text{ m}$ Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 6,99 = 6,99 \text{ m}$ Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 13,98 = 13,98 \text{ m}$ Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 27,95 = 27,95 \text{ m}$ $D_K = 1,2 \cdot (D_o + H) = 1,2 \cdot (0,326 + 1,6) = 2,31 \text{ m}$			
4. Berekening van de spanningen s_p en s_{pl} t.g.v. inwendige druk			
$D_g/d_n = 319,80/6,20 = 51,58 \rightarrow D_g/d_n > 20 \rightarrow \text{Dunwandige leiding}$ $\sigma_p = \frac{p_d \cdot D_g}{2 \cdot d_n}$ $\sigma_p = \frac{0,3 \cdot 319,8}{2 \cdot 6,2} = 7,74 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{y1} = \sigma_p = 7,74 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,28 \cdot 7,74 = 2,17 \text{ N/mm}^2$ Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 168,00 \cdot 1,00 = \mathbf{168,00 \text{ N/mm}^2}$			
Adviesbureau Schrijvers: betrokken en deskundig.			28-11-2020 15:16:42



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 1.0 ©
5. Berekening reroundingfactor f_{rr} (Geperst deel)		
$f_{rr} = 1 / (1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w})$ $f_{rr} = 1 / (1 + \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 159,9^3 \cdot 0,089}{170000 \cdot 19,86}) = 0,94$		
6. Berekening reroundingfactor f_{rr} (Gelegd deel)		
$f_{rr} = 1 / (1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w})$ $f_{rr} = 1 / (1 + \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 159,9^3 \cdot 0,102}{170000 \cdot 19,86}) = 0,93$		
7. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n (Geperst deel)		
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$ $q_n = 1,1 \cdot 18,0 \cdot 1,0 + 1,1 \cdot 20 \cdot 0,6 - 10 \cdot 0,6 = 27,00 \text{ kN/m}^2$ $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 27,00 \cdot 10^{-3} \cdot 326 = 8,80 \text{ N/mm}^1$		
8. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n (Gelegd deel)		
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$ $q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 1 + 1,1 \cdot 20 \cdot 0,6 - 10 \cdot 0,6 = 27,00 \text{ kN/m}^2$ $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 27,00 \cdot 10^{-3} \cdot 326 = 8,80 \text{ N/mm}^1$		
9. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p (Gelegd deel)		
$q_p = q_n \cdot (1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o})$ $q_p = 27,00 \cdot (1 + 0,3 \cdot \frac{1,6}{0,326}) = 66,75 \text{ kN/m}^2$ $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 66,75 \cdot 10^{-3} \cdot 326 = 21,76 \text{ N/mm}^1$ $q_o = \frac{Q_p}{D_o}$ $q_o = \frac{21,76}{326} = 0,07 \text{ N/mm}^2$		
10. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Geen NEN 3650-1:C.17 (Geperst deel)		
<p>Geen verkeersbelasting ingevoerd</p> $Q_v = 0 \text{ N/mm}^1$		
11. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17 (Gelegd deel)		
<p>Niet rekenen met ontlastende invloed</p> $q_v = 18,17 \text{ kN/m}^2$ $Q_v = q_v \cdot D_o$ $Q_v = 18,17 \cdot 10^{-3} \cdot 326 = 5,92 \text{ N/mm}^1$		
Adviesbureau Schrijvers: betrokken en deskundig.		28-11-2020 15:16:42



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 1.0 ©
12. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding (Geperst deel)		
$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_1}{4 \cdot E \cdot I_b}}$ $\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{326 \cdot 0,04}{4 \cdot 170000 \cdot 79.661.807,62}} = 0,00070 \text{ mm}^{-1}$		
13. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding (Gelegd deel)		
$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_2}{4 \cdot E \cdot I_b}}$ $\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{326 \cdot 0,016}{4 \cdot 170000 \cdot 79.661.807,62}} = 0,00056 \text{ mm}^{-1}$		
14. Bepaling van de relevante berekeningsmethode (k-sprong/z-sprong)		
$k_2/k_1 = 0,4$ $a = \frac{\sqrt{k_2/k_1} - k_2/k_1}{1 + k_2/k_1 + 2\sqrt{k_2/k_1} + 2\sqrt[4]{(k_2/k_1)^3} + 2\sqrt[4]{k_2/k_1}} = 0,044$ $b = \frac{k_2/k_1 - \sqrt[4]{(k_2/k_1)^3}}{1 + k_2/k_1 + 2\sqrt{k_2/k_1} + 2\sqrt[4]{(k_2/k_1)^3} + 2\sqrt[4]{k_2/k_1}} = 0,17$ $\lambda x = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a+b}\right) = 0,67$ $A_{\lambda x} = e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x + \sin \lambda x) = 0,72$ $B_{\lambda x} = e^{-\lambda x} \cdot \sin \lambda x = 0,32$ $\alpha = \left(\frac{0,5 \cdot a \cdot A_{\lambda x} + b \cdot B_{\lambda x}}{0,08}\right)^2 = \left(\frac{0,5 \cdot 0,044 \cdot 0,72 + 0,17 \cdot 0,32}{0,08}\right)^2 = 0,77$ $\frac{(f_k + 1,5 \cdot f_d) \cdot k_1 \cdot \alpha}{q_o} = \frac{(25 + 2,0 \cdot 5) \cdot 0,04 \cdot 0,77}{0,07} = 16,25$ $\text{Toetswaarde} = \frac{\alpha}{2 \cdot b \cdot \sqrt[4]{k_2/k_1} - a \cdot \sqrt{k_2/k_1}} = \frac{0,77}{2 \cdot 0,17 \cdot \sqrt[4]{0,4} - 0,044 \cdot \sqrt{0,4}} = 3,16$ <p>16,25 > 3,16 → z-sprong methode</p>		
15. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting		
<p>C = 2,1 (Volgens C.6 NEN3650:1992)</p> $L = \frac{C}{\lambda_2} = \frac{2,1}{0,00056} = 3.769,86 \text{ mm}$ <p><i>15.1 Geperst deel</i></p> $Q_d = 2,4 \cdot L \cdot Q_p \cdot \frac{\lambda_1}{\pi}$ $Q_d = 2,4 \cdot 3.769,86 \cdot 21,76 \cdot \frac{0,00070}{\pi} = 43,90 \text{ N/mm}^1$ <p><i>15.2 Gelegd deel</i></p> $Q_d = 1,6 \cdot L \cdot Q_p \cdot \frac{\lambda_2}{\pi}$ $Q_d = 1,6 \cdot 3.769,86 \cdot 21,76 \cdot \frac{0,00056}{\pi} = 23,27 \text{ N/mm}^1$		
Adviesbureau Schrijvers: betrokken en deskundig.		28-11-2020 15:16:42



16. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen (Geperst deel)

Berekening evenwichtsdraagvermogen

$$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$$

$$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$$

$$B = D_o = 0,33 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 1,60 + 0,33 / 2 = 1,76 \text{ m}$$

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

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,38$$

$$\gamma'_{gem} = (q_n + (\gamma \cdot \gamma_n - \gamma_w) \cdot D_o / 2) / Z = 16,42 \text{ kN/m}^3$$

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

$$P_{we} = 971,08 \text{ kN/m}^2 = 0,97 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,97 \cdot 326,00 = 316,57 \text{ N/mm}^1$$

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Q_n	=	8,80	N/mm ¹	Conclusie:
Q_v	=	0,00	N/mm ¹	Geen aanpassing
Q_d	=	43,90	N/mm ¹	+ van Q_d nodig
Σ	=	52,70	N/mm ¹	

17. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen (Geperst deel)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (8,80 + 0,00) \cdot 159,90$$

$$M_q = 194,23 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 43,90 \cdot 159,90$$

$$M_{qd} = 582,63 \text{ Nmm/mm}^1$$

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 0,94 \cdot (194,23 + 582,63) / 6,41 = \mathbf{113,89 \text{ N/mm}^2}$$

18. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen (Gelegd deel)

Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,178 \cdot (8,80 + 5,92) \cdot 159,90$$

$$M_q = 419,16 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,122 \cdot 23,27 \cdot 159,90$$

$$M_{qd} = 454,04 \text{ Nmm/mm}^1$$

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 0,93 \cdot (419,16 + 454,04) / 6,41 = \mathbf{126,89 \text{ N/mm}^2}$$

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

$$m^- = 0,246 \text{ (Volgens C.6 NEN3650:1992)}$$

$$\sigma_{bx} = m^- \cdot q_0 \cdot D_e \cdot \frac{L^2}{W_b}$$

$$\sigma_{bx} = 0,246 \cdot 0,07 \cdot 326 \cdot \frac{3.769,86}{488.722,75} = \mathbf{155,68 \text{ N/mm}^2}$$



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 1.0 ©
20. Berekening van de spanning s_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z (Gelegd deel)		
$m^+ = 0,2$ (Volgens C.6 NEN3650:1992) $\sigma_{bx} = m^+ \cdot q_0 \cdot D_e \cdot \frac{L^2}{W_b}$ $\sigma_{bx} = 0,2 \cdot 0,07 \cdot 326 \cdot \frac{3.769,86}{488.722,75} = \mathbf{126,57 \text{ N/mm}^2}$		
21. Berekening van de spanning s_{ax} t.g.v. temperatuurverschil		
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$ $\sigma_{ax} = 10 \cdot 0,0000115 \cdot 170000 = \mathbf{19,55 \text{ N/mm}^2}$		
22. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht		
Aangezien er geen bocht wordt toegepast volgt: $i_x = 1, i_y = 0, i_{xp} = 1, i_{yp} = 0$		
23. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N		
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 170000 \cdot \frac{19,86}{319,8^3} = 0,103 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{103,23 \text{ kN/m}^2}$ Minimaal vereiste ringstijfheid = 0 kN/m ²		
24. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk		
Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$ Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$ $p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,28^2)} \cdot \frac{24 \cdot 170.000,00 \cdot 19,86}{319,80^3} = 1,79 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,28^2)} \cdot \frac{24 \cdot 170.000,00 \cdot 19,86}{319,80^3} = 0,90 \text{ N/mm}^2$ Conclusie: Kans op implosie bij 89,61 m grondwater boven de leiding		
25. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (Geperst deel)		
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (8,80 + 0,00) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (8,80 + 0,00) + 0,048 \cdot 43,90) \cdot 159,90^3}{170000 \cdot 19,86} = \mathbf{3,09 \text{ mm}} (= 0,97\%)$ Toelaatbare deflectie = 3% · importantiefactor S · $D_g = 0,03 \cdot 1 \cdot 319,80 = \mathbf{9,59 \text{ mm}}$		
Adviesbureau Schrijvers: betrokken en deskundig.		28-11-2020 15:16:42



Sterkteberekening van een gelegd/geperste leiding conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2020 1.0 ©
26. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (Gelegd deel)		
$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$ $\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (8,80 + 5,92) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (8,80 + 5,92) + 0,048 \cdot 23,27) \cdot 159,90^3}{170000 \cdot 19,86} = \mathbf{2,26 \text{ mm}} (= 0,71\%)$ <p>Toelaatbare deflectie = 3% · importantiefactor S · D_g = 0,03 · 1 · 319,80 = 9,59 mm</p>		
27. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (Geperst deel)		
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma, \tan} \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,556 \cdot 113,89 = \mathbf{63,32 \text{ N/mm}^2}$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma, ax} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 2,17 + 0,77 \cdot 155,68 + 19,55 = \mathbf{141,59 \text{ N/mm}^2}$ <p>Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 168,00 \cdot 1,00 = \mathbf{168,00 \text{ N/mm}^2}$</p>		
28. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (Gelegd deel)		
<p>Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding</p> $\sigma_{y2} = \alpha_{\sigma, \tan} \cdot \sigma_q$ $\sigma_{y2} = 0,556 \cdot 126,89 = \mathbf{70,55 \text{ N/mm}^2}$ <p>Optredende spanningen in langsrichting van de leiding</p> $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_{\sigma, ax} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 2,17 + 0,77 \cdot 126,57 + 19,55 = \mathbf{119,17 \text{ N/mm}^2}$ <p>Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 168,00 \cdot 1,00 = \mathbf{168,00 \text{ N/mm}^2}$</p>		
Adviesbureau Schrijvers: betrokken en deskundig.		28-11-2020 15:16:42