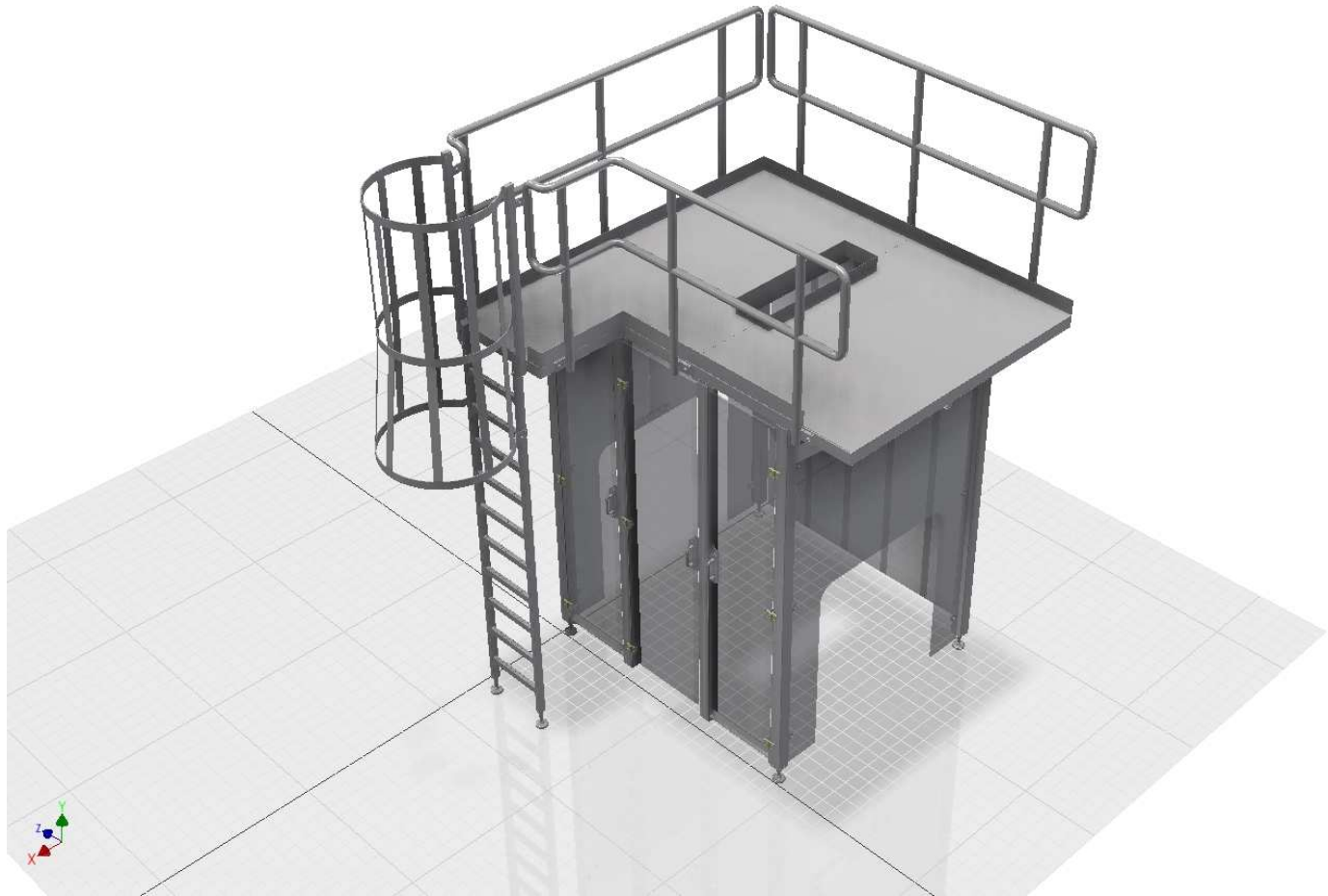


Bordes berekening

Bepaling van sterkte en
stijfheid van een bordes dat
tevens als afscherming dient.



Het bordesframe bestaat uit 2 portalen. Deze portalen dient de belasting die in de EN-ISO 14122-2/3 beschreven staan te kunnen weerstaan.

Een Leuning moet 300N kunnen weerstaan, zonder blijvende vervorming en minder verplaatsing dan 30mm.

$$C_h := 300 \text{ N}$$

Een bordes vloer moet 150 kg kunnen weerstaan zonder een vervorming van $L/500$ te overschrijden.

$$E_v := 1,5 \text{ kN}$$

De afmetingen van portaal frame waar het bordes op gemonteerd is zijn als volgt:

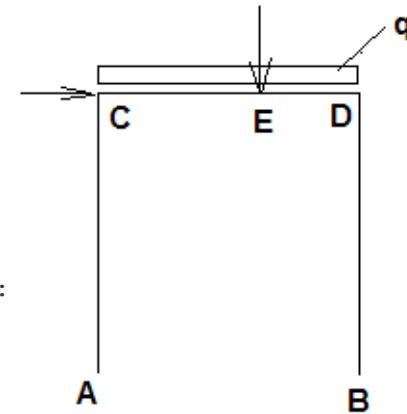
$$L_{AB} := 2000 \text{ mm}$$

$$L_{DE} := 900 \text{ mm}$$

$$L_{AC} := 3000 \text{ mm}$$

$$L_{CE} := L_{AB} - L_{DE}$$

$$E_{st} := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Het portaal frame is opgeboude uit koker 80x80x3mm zowel de ligger als de staander.

$$A_{koker} := 978 \text{ mm}^2 \quad I_k := 85,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{koker} := 38500 \text{ mm}^3 \quad I_l := 85,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

Eigen gewicht van het bordes verdeeld over 2 van de 4 poten.

$$M := \frac{680}{2} \text{ kg} \quad q := \frac{g \cdot M}{L_{AB}} = 1,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

De reactiekrachten die in A en B optreden worden daarmee als volgt:

Som rond om A

$$B_v \cdot L_{AB} + E_v \cdot (L_{AB} - L_{DE}) + q \cdot L_{AB} \cdot 0,5 \cdot L_{AB} + C_h \cdot L_{AC} = 0$$

$$B_v := \frac{E_v \cdot (L_{AB} - L_{DE}) + q \cdot L_{AB} \cdot 0,5 \cdot L_{AB} + C_h \cdot L_{AC}}{L_{AB}} = 2942,13 \text{ N}$$

Som rond om B

$$A_v \cdot L_{AB} + E_v \cdot (-L_{DE}) + q \cdot L_{AB} \cdot (-0,5) \cdot L_{AB} + C_h \cdot L_{AC} = 0$$

$$A_v := \frac{E_v \cdot (L_{DE}) + q \cdot L_{AB} \cdot 0,5 \cdot L_{AB} - C_h \cdot L_{AC}}{L_{AB}} = 1892,13 \text{ N}$$

Het betreft hier een statisch onbepaalde constructie. Het bordes staat met rubber pootjes op de vloer. De aanname is dat de wrijving tussen rubber en tegels hoger is dan de horizontale reactie kracht. In dit geval is de toets regel hiervoor $(A_v, B_v) \times 0,4 < (A_h, B_h)$.

De horizontale reactie krachten worden berekend doormiddel van het bepalen van de momenten in de hoekpunten de volgende 4 vergelijkingen kan men opstellen welke M_C M_D A_h B_h bepalen.

$$A_h + B_h + C_h = 0$$

$$\frac{A_h \cdot L_{AC}^3}{2 \cdot E_{st} \cdot I_k} + \frac{M_C \cdot L_{AC}}{3 \cdot E_{st} \cdot I_k} = \frac{-(M_C \cdot L_{AC})}{3 \cdot E_{st} \cdot I_l} + \frac{-(q \cdot L_{AB}^3)}{24 \cdot E_{st} \cdot I_k} + \frac{-E_v \cdot L_{CE} \cdot L_{DE}}{6 \cdot E_{st} \cdot I_l} \cdot \frac{L_{AB} + L_{DE}}{L_{AB}} + \frac{-(M_D \cdot L_{AC})}{6 \cdot E_{st} \cdot I_l}$$

$$\frac{B_h \cdot L_{AC}^3}{2 \cdot E_{st} \cdot I_l} + \frac{M_D \cdot L_{AC}}{3 \cdot E_{st} \cdot I_k} = \frac{-(M_D \cdot L_{AC})}{3 \cdot E_{st} \cdot I_l} - \frac{q \cdot L_{AB}^3}{24 \cdot E_{st} \cdot I_l} - \frac{E_v \cdot L_{CE} \cdot L_{DE}}{6 \cdot E_{st} \cdot I_l} \cdot \frac{L_{AB} + L_{CE}}{L_{AB}} + \frac{-(M_C \cdot L_{AC})}{6 \cdot E_{st} \cdot I_l}$$

$$M_C + M_D = C_h \cdot L_{AC}$$

Door het programma WxMaxima de oplossing van de 4 vergelijkingen laten vinden.

De oplossing voor de Momenten M_D , M_C , :

$$M_D := \frac{\left((5 \cdot C_h \cdot I_l + 3 \cdot C_h \cdot I_k) \cdot L_{AC} \right)}{(4 \cdot I_l + 6 \cdot I_k)} \quad M_D = 720 \text{ m N}$$

$$M_C := -\frac{\left((C_h \cdot I_l - 3 \cdot C_h \cdot I_k) \cdot L_{AC} \right)}{(4 \cdot I_l + 6 \cdot I_k)} \quad M_C = 180 \text{ m N}$$

De oplossing voor de horizontale reactie krachten.

$$B_h := \frac{\left(4 \cdot E_v \cdot I_k \cdot L_{CE} \cdot L_{DE}^2 + 4 \cdot E_v \cdot I_k \cdot L_{AB} \cdot L_{CE} \cdot L_{DE} + (10 \cdot C_h \cdot I_l + 2 \cdot C_h \cdot I_k) \cdot L_{AB} \cdot L_{AC}^2 + I_k \cdot q \cdot L_{AB}^4 \right)}{\left(12 \cdot I_l \cdot L_{AB} \cdot L_{AC}^2 \right)}$$

$$B_h = 503,24 \text{ N} < 0,4 \cdot B_v = 1176,85 \text{ N}$$

De constructie gaat niet glijden in punt B.

$$A_h := -\frac{\left(4 \cdot E_v \cdot I_k \cdot L_{CE} \cdot L_{DE}^2 + 4 \cdot E_v \cdot I_k \cdot L_{AB} \cdot L_{CE} \cdot L_{DE} + (2 \cdot C_h \cdot I_k - 2 \cdot C_h \cdot I_l) \cdot L_{AB} \cdot L_{AC}^2 + I_k \cdot q \cdot L_{AB}^4 \right)}{\left(12 \cdot I_l \cdot L_{AB} \cdot L_{AC}^2 \right)}$$

$$A_h = -203,24 \text{ N} < 0,4 \cdot A_v = 756,85 \text{ N}$$

De constructie gaat niet glijden in punt A.

De spanning in de staanders wordt daar mee:

$$\sigma_{b_D} := \sqrt{\left(\frac{M_D}{W_{koker}} + \frac{B_v}{A_{koker}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{B_h}{A_{koker}}\right)^2} \quad \sigma_{b_D} = 21,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b_C} := \sqrt{\left(\frac{M_C}{W_{koker}} + \frac{A_v}{A_{koker}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{A_h}{A_{koker}}\right)^2} \quad \sigma_{b_C} = 6,62 \text{ MPa}$$

Horizontale verplaatsing van punt C en D.

$$\varphi_C := \frac{M_C \cdot L_{AC}}{3 \cdot E_{st} \cdot I_k} \quad \varphi_C = 0,0572 \text{ deg}$$

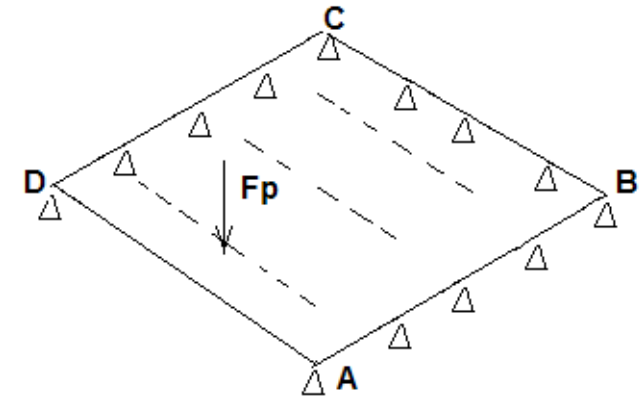
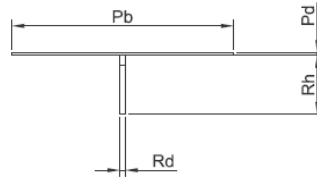
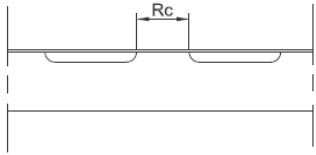
$$u_A := \varphi_C \cdot L_{AC} - \frac{A_h \cdot L_{AC}^3}{3 \cdot E_{st} \cdot I_k} = 0,01 \text{ m} \quad u_A = 13,15 \text{ mm}$$

$$u_E := \frac{M_C \cdot L_{AB}^2}{16 \cdot E_{st} \cdot I_1} + \frac{M_D \cdot L_{AB}^2}{16 \cdot E_{st} \cdot I_1} - \frac{E_v \cdot L_{DE} \cdot \left(3 \cdot L_{AC}^2 - 4 \cdot L_{DE}^2\right)}{48 \cdot E_{st} \cdot I_1} \quad u_E = -2,46 \text{ mm}$$

$$\varphi_D := \frac{M_D \cdot L_{AC}}{3 \cdot E_{st} \cdot I_k} \quad \varphi_D = 0,229 \text{ deg}$$

$$u_B := -\left(\varphi_D \cdot L_{AC}\right) + \frac{B_h \cdot L_{AC}^3}{3 \cdot E_{st} \cdot I_k} = 0,01 \text{ m} \quad u_B = 13,15 \text{ mm}$$

Berekening van sterkte van plaat verstijver



De plaatvloer wordt belast conform de norm EN14122. Als extra veiligheid wordt de veiligheidsfactor volgens de EN 1990 toegepast (factor 1,5 over de belasting en 1,25 over het eigengewicht).

$$F_p := 1,5 \cdot 3000 \text{ N}$$

De afmeting van de plaatstrook die beschouwd wordt is de breedte van de ribbe steek.

$$P_b := 350 \text{ mm} \quad P_d := 3 \text{ mm} \quad Y_1 := R_h + 0,5 \cdot P_d \quad PL_{AD} := 1364 \text{ mm}$$

Afmetingen van de ribbe.

$$R_d := 5 \text{ mm} \quad R_h := 70 \text{ mm} \quad Y_2 := \frac{R_h}{2}$$

Het eigengewicht van de plaat strook:

$$\rho_{st} := 0,0000078 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \quad M_{pl} := \rho_{st} \cdot (P_d \cdot P_b + R_d \cdot R_h) \cdot PL_{AD} \quad M_{pl} = 14,89 \text{ kg} \quad q := 1,25 \cdot \frac{M_{pl}}{PL_{AD}} \quad q = 0,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Zwaarte punt van plaatdeel en ribbe samen wordt dan (vanaf de onderkant ribbe gemeten)

$$Y_z := \frac{P_b \cdot P_d \cdot Y_1 + R_d \cdot R_h \cdot Y_2}{P_b \cdot P_d + R_d \cdot R_h} = 62,38 \text{ mm}$$

Kwadratisch oppervlaktemoment van ribbe en plaatdeel.

$$I_1 := \frac{1}{12} \cdot P_b \cdot P_d^3 = 787,5 \text{ mm}^4 \quad I_2 := \frac{1}{12} \cdot R_d \cdot R_h^3 = 1,43 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

Kwadratisch oppervlaktemoment van ribbe en plaat samen.

$$I_z := I_1 + I_2 + P_b \cdot P_d \cdot (Y_1 - Y_z)^2 + R_h \cdot R_d \cdot (Y_2 - Y_z)^2 \quad I_z = 4,93 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

Moment ten gevolge van belasting en eigen gewicht.

$$M_{Fp} := 0,25 \cdot F_p \cdot PL_{AD} + \frac{1}{8} \cdot q \cdot PL_{AD}^2 = 1565,63 \text{ N m}$$

Spanning in de ribbe.

De verplaatsing ten gevolge van de belasting.

$$\sigma_{b_pl} := \frac{M_{Fp} \cdot Y_z}{I_z} \quad \sigma_{b_pl} = 197,92 \text{ MPa}$$

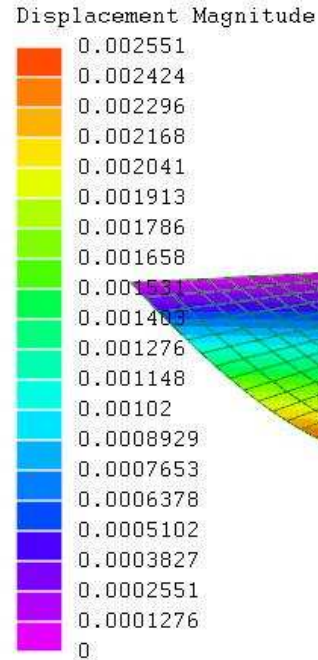
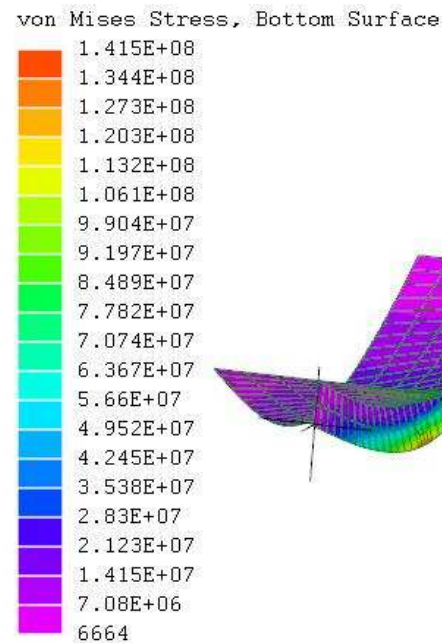
$$u_{Fp} := \frac{F_p \cdot PL_{AD}^3}{48 \cdot E_{st} \cdot I_z} \quad u_{Fp} = 2,3 \text{ mm}$$

Vloer simulatie

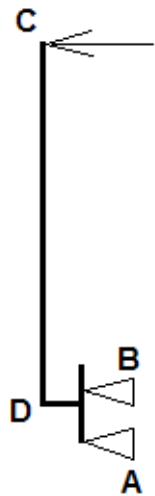
Er is een fem model gemaakt van de situatie om de systeemwerking van de plaat vloer te onderzoeken de lengte van de plaatvloer is 1.34m x1.05m met een dikte van 3mm, de ribben zijn 5mm dik en 70mm hoog op een steek van 350mm. Drie zijden zijn ondersteund in de y richting. de kracht die uitgeoefend wordt op het midden van een ribbe is -3000N in de y richting

De spanningen die resulteren uit de simulatie zijn lager dan die uit de berekening komen. wat volgens verwachting is door dat de systeem werking nu wel in rekening wordt gebracht. De maximale belasting van de ribbe is 141MPa

De verplaatsing die uit de simulatie voortvloeit is ook minder dan berekend. De verplaatsing van de ribbe is c.a. 2mm in de y richting.



Berekening van sterkte en stijfheid van de leuning



Afmetingen

$$\begin{aligned} F_{C_L} &:= 1.300 \text{ N} \\ L_{AC_L} &:= 1200 \text{ mm} \\ L_{CD_L} &:= 1150 \text{ mm} \\ L_{AB_L} &:= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Eigenschappen :

$$\begin{aligned} A_{bout} &:= 84,3 \text{ mm}^2 \\ D_{bout} &:= 12 \text{ mm} \\ D_{buis_L} &:= 48 \text{ mm} \\ w_{buis_L} &:= 2,11 \text{ mm} \\ D_{inw_buis} &:= D_{buis_L} - 2 \cdot w_{buis_L} = 43,78 \text{ mm} \\ I_{buis_L} &:= \frac{\pi}{64} \cdot \left(D_{buis_L}^4 - D_{inw_buis}^4 \right) \end{aligned}$$

Kracht in B door belaste leuning.

$$B_h := \frac{F_{C_L} \cdot L_{AC_L}}{L_{AB_L}} \quad B_h = 6 \text{ kN}$$

Hand vast draaien van bout methode I.

$$\begin{aligned} M_{v_bout} &:= 66 \text{ Nm} \\ F_{v_bout} &:= \frac{M_{v_bout}}{0,17 \cdot D_{bout}} \quad F_{v_bout} = 32,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kracht die ontstaat net onder de kop van de bout door voorspanning en belasting

$$F_{bout_tot} := F_{v_bout} + 0,5 \cdot B_h = 35,35 \text{ kN}$$

Spanning net onder de boutkop wordt daarmee:

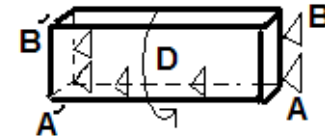
$$\sigma_{bout} := \frac{F_{bout_tot}}{A_{bout}} = 419,37 \text{ MPa}$$

Toelaatbare spanning van een rvs A2 bout is 450 MPa.

$$\begin{aligned} \sigma_{buis_L} &:= \frac{F_{C_L} \cdot L_{AC_L} \cdot 0,5 \cdot D_{buis_L}}{I_{buis_L}} \\ \sigma_{buis_L} &= 107,67 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Horizontale verplaatsing van de leuning.

$$u_{C_L} := \frac{F_{C_L} \cdot L_{CD_L}^3}{3 \cdot E_{st} \cdot I_{buis_L}} \quad u_{C_L} = 9,03 \text{ mm}$$



Montageplaat leuning.

De strip afmetingen zijn: Afstand boutgaten

$$b_{strip_L} := 10 \text{ mm} \quad h_{strip_L} := 70 \text{ mm} \quad L_{AA'} := 100 \text{ mm}$$

Moment in D gegenereerd door leuning.

$$M_{D_L} := L_{CD_L} \cdot F_{C_L} \quad M_{D_L} = 345 \text{ m N}$$

coefficient voor het uitrekenen van torsie volgens techn.inf.wtb 7.3.4

$$\frac{h_{strip_L}}{b_{strip_L}} = 7 \quad c1 := 0,3$$

Weerstand strip tegen torsie.

$$W_{t_L} := c1 \cdot b_{strip_L}^2 \cdot h_{strip_L} = 2100 \text{ mm}^3$$

Torsie in D.

$$\tau_{D_L} := \frac{0,5 \cdot M_{D_L}}{W_{t_L}} = 82,14 \text{ MPa}$$

Spanning die ontstaat door de verhinderde welving.

$$\sigma_{D_L} := \frac{0,5 \cdot B_h \cdot \frac{L_{AA'}}{2} \cdot 5 \text{ mm}}{\frac{1}{12} \cdot 0,8 \cdot h_{strip_L} \cdot b_{strip_L}^3} = 160,71 \text{ MPa}$$

Combinatie spanning in punt D aan bovenzijde strip.

$$\tau_{D_L} := \sqrt{\sigma_{D_L}^2 + 3 \cdot \tau_{D_L}^2} \quad \tau_{D_L} = 214,64 \text{ MPa}$$

Simulatie leuning

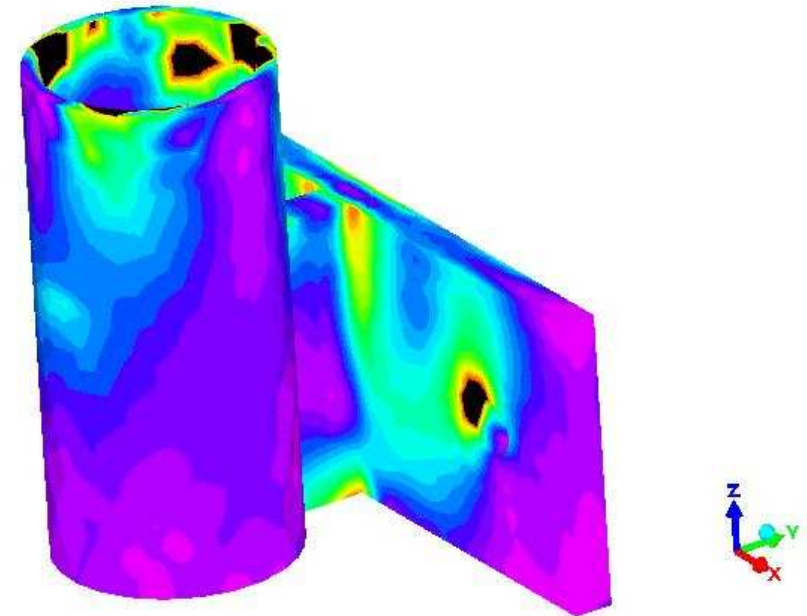
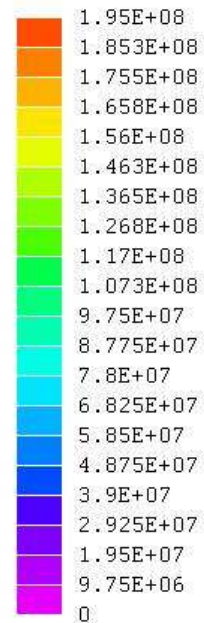
Er is een model gemaakt van de leuning verbinding naar het bordes om inzicht te krijgen in spanning verdeling. De onderrand van de plaat en de gaten zijn vast gezet en aan de pijp is een 'beam' van 1100 vast gemaakt. Aan het uiteinde van die 'beam' werkt een kracht van 300N . De spanningen zijn grootst bij de strip tussen buis en plaat en bij de gaten.

De hoge spanningen bij de gaten zijn zo hoog omdat de randvoorwaarden zijn daar oneindig steif ofwel de verplaatsing tussen nodes is 0. In werkelijkheid is daar om dit punt nog meer materiaal. (ring en bout) dus de spanningen zullen daar veel lager zijn in werkelijkheid. Daarom laten we de deze spanning buiten beschouwing.

Daar waar de twee platen samen komen is de spanning 195 MPa wat goed overeen komt met de spanning van de verhinderde welving Van 214 MPa .

De verplaatsing van de leuning onder belasting van 300N mag niet meer zijn dan 30 mm volgens de EN 14122. De uitgerekende waarde is 9.03mm. in de simulatie is de waarde 10.98mm. Het verschil komt doordat in de simulatie de verdraaiing van de montage plaat wordt meegenomen in de berekening is dit oneindig stijf aangenomen.

von Mises Stress



Displacement Magnitude

