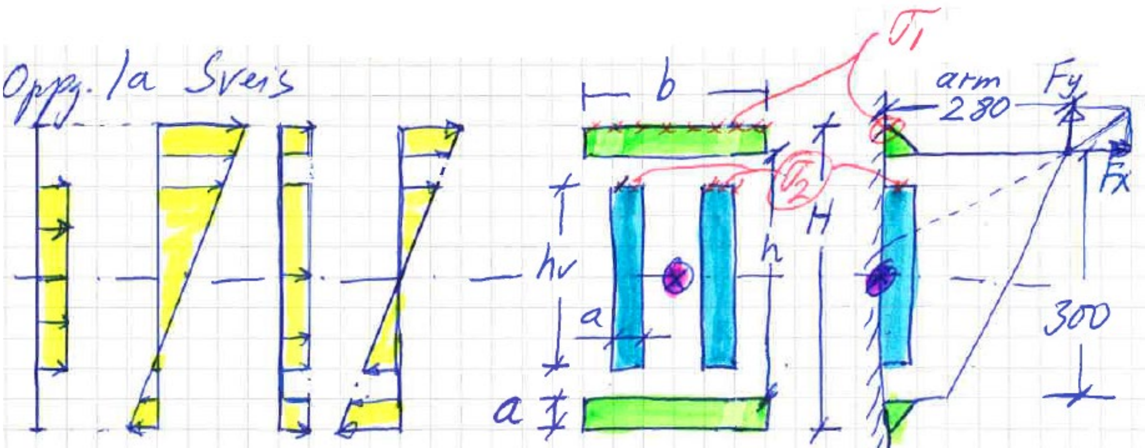
Høgskolen i Østfold

SENSORVEILEDNING

Emnekode:	**IRM25016**
Emnenavn:	**Konstruksjon med simulering. Deleksamen 1**
Eksamensform:	**Skriftlig**
Dato:	28.05.2019
Faglærer:	Egil Berg

a) Vis at annet arealmoment (treghetsmomentet) for sveisetverrsnittet om x-aksen blir Ix = 25 981 700 mm^4. Vekt: 8%



τ_b σ_{tot} σ_s σ_b $b = 150\ mm$ $a = 3\ mm$

$h = 300\ mm$ $H = h + 2a = 306\ mm$ $h_v = 220\ mm$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot b \cdot (H^3 - h^3) + 2 \cdot \frac{1}{12} a \cdot h_v^3 = \underline{\underline{25\,981\,700\ mm^4}}$$

b) Vi skal i første omgang se bort fra skjærspenningen τ_b (pga. bøying).
Vis at kraften fører til bøyemomentet $\mathbf{M_b = 4\ 519\ Nm}$.
Den totale spenningen σ_{tot} vil være en sum av bøyespenningen σ_b og strekkspenningen σ_s.
Regn ut den største ekvivalente spenningen $\boldsymbol{\sigma_e = \sigma_{jfr}}$ i sveisen?
Hvor forekommer denne i sveisetverrsnittet?

Vekt: 9%

b) $M_b = F_x \cdot \frac{h}{2} - F_y \cdot arm = \underline{\underline{4\,519\ Nm}}$

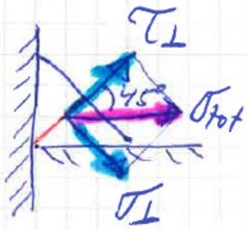
$\sigma_{tot} = \sigma_b + \sigma_s = \frac{M_b}{I_x} \cdot \frac{H}{2} + \frac{F_x}{A_h + A_v}$

$A_h = b \cdot a \cdot 2 = \underline{900\ mm^2}$ $A_v = 2 \cdot a \cdot h_v = \underline{1\,320\ mm^2}$

$\sigma_{tot} = 26,6 + 42,3 = \underline{68,9\ MPa}$

$\sigma_e = \sqrt{\sigma_\perp^2 + 3\tau_\perp^2}$ $\sigma_\perp = \tau_\perp = \frac{\sigma_{tot}}{\sqrt{2}}$

$= \sqrt{4\sigma_\perp^2} = \sqrt{4 \cdot \frac{\sigma_{tot}^2}{2}} = \sqrt{2} \cdot \sigma_{tot}$



$\underline{\underline{\sigma_{e1}}} = \sqrt{2} \cdot 68,9 = \underline{\underline{97,5\ MPa}}$

Forekommer helt øverst i den horisontale sveisen. Se fig.

c) Nå skal vi også ta hensyn til skjærspenningen τ_b, men vi forutsetter at denne kun virker i de vertikale sveisene og at den er jevnt fordelt over lengden ***hv***.
Regn ut skjærspenningen $\boldsymbol{\tau_b}$.
Regn ut den største ekvivalente spenningen $\boldsymbol{\sigma_e}$ i de vertikale sveisene nå?

Vekt: 9%

c) $\sigma_s = 42,3\ MPa$ (som før)

$\sigma_{b2} = \frac{M_b}{I} \cdot \frac{h_v}{2} = 19,1\ MPa$

$\sigma_{tot2} = \underline{61,5\ MPa}$

$\underline{\tau_{\parallel}} = \tau_b = \frac{F_y}{A_v} = \frac{34\,202\ N}{1320\ mm^2} = \underline{\underline{25,9\ MPa}}$

$\underline{\underline{\sigma_{e2}}} = \sqrt{\sigma_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_\parallel^2} = \sqrt{4\frac{\sigma_{tot}^2}{2} + 3\tau_\parallel^2} = \underline{\underline{97,8\ MPa}}$

d) Hva er den største spenningen i sveisene totalt sett og hvor forekommer den?

Vekt: 8%

d) $\sigma_{e1} = 97{,}5\,MPa$ og $\sigma_{e2} = 97{,}8\,MPa$

Dvs. i praksis er $\sigma_{e1} = \sigma_{e2}$

Dvs. spenningene er like store øverst i de horisontale sveisene og øverst i de vertikale sveisene.

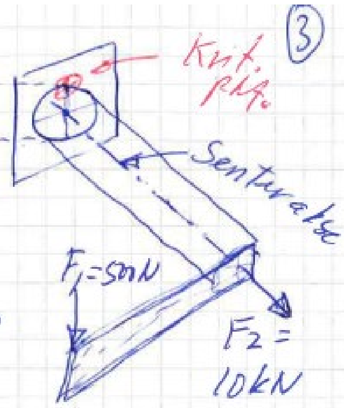
Oppgave 2

a) Forklar hvilket punkt på røret som har størst belastning. I dette punktet skal du regne ut den totale normalspenningen $\sigma_{tot} = \sigma_b + \sigma_s$, og vridespenningen (torsjonsspenningen) τ_v.
Tegn et todimensjonalt element som viser spenningene i dette punktet og plasser de utregnede spenningene på elementet. Vi plasserer x-retningen langs rørets akse. Angi hva som er x-face og hva som er y-face. Angi også hvordan rørets senterakse ligger i forhold til elementet?

Vekt: 10%

Oppg 2 (3)

a) Krit. pkt er helt øverst på røret ved veggen.



$$\sigma_{tot} = \sigma_b + \sigma_s = \frac{M_b}{W_x} + \frac{F_2}{A}$$

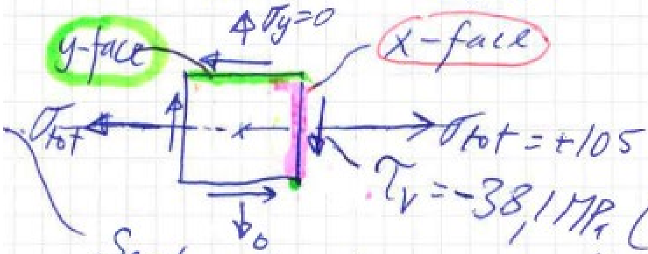
$$M_b = F_1 \cdot L = 500N \cdot 500mm = 250000\,Nmm$$

$$W_x = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)/D = \frac{\pi}{32}(50^4 - 46^4)/50 = 3480\,mm^3$$

$$A = \frac{\pi}{4}(50^2 - 46^2) = 301{,}6\,mm^2$$

$$\sigma_{tot} = 71{,}8 + 33{,}2 = \underline{\underline{105\,MPa}}$$

$$\tau_v = \frac{M_v}{2 \cdot W_x} = \frac{500 \cdot 530}{2 \cdot 3480} = \underline{\underline{38{,}1\,MPa}}$$



X: $\begin{cases} +105\,MPa \\ -38{,}1\,MPa \end{cases}$

Y: $\begin{cases} 0 \\ +38{,}1\,MPa \end{cases}$

Senterakse ligger midt under elementet.
Element sett ovenfra

b) Tegn Mohrs spenningssirkel og angi relevante verdier slik som D (diameter), σ_1 og σ_2 (hovedspenningene med fortegn, dvs. trykk/strekk), og τ_{max}. Disse skal også beregnes.

Vekt: 9%

b) Mohs sp. sirkel

$$D = \sqrt{105^2 + (2\cdot\tau_v)^2}$$

$$= \sqrt{105^2 + 4\cdot 38{,}1^2}$$

$$D = 129{,}7 = 130\ MPa$$

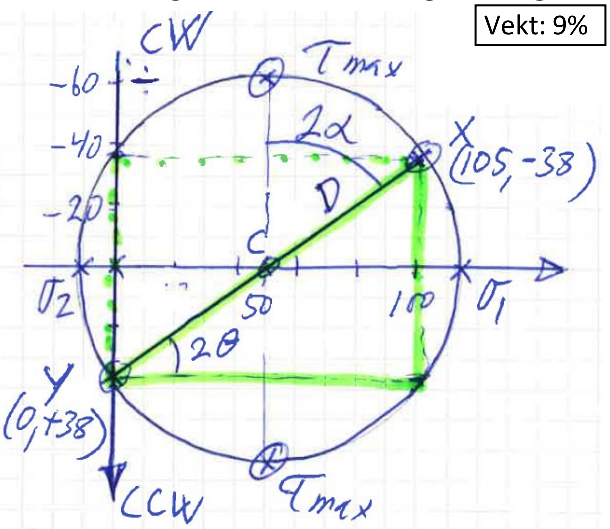
$$C = 105/2 = 52{,}5\ MPa$$

$$R = D/2 = 64{,}8\ MPa$$

$\sigma_1 = C + R = +117\ MPa$ (strekk) +

$\sigma_2 = C - R = -12\ MPa$ (trykk)

$\tau_{max} = R = 64{,}8\ MPa$



c) Beregn sikkerhet mot flyting n_F ut fra skjærspenningshypotesen (Tresca-hypotesen).

Vekt: 9%

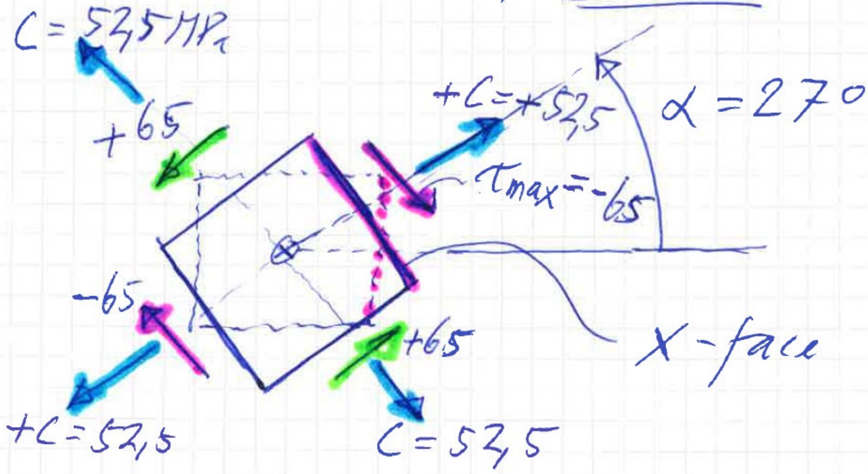
c) $n_F = \frac{R_e}{D} = \frac{295}{130} = 2{,}27$

d) Tegn elementet på nytt rotert slik at maksimal skjærspenning oppstår. Hvor mange grader må vi rotere elementet i forhold til utgangspunktet? Angi alle spenningene som virker på elementet med tallverdier.

Vekt: 8%

d) $2\theta = \tan^{-1}\frac{2\cdot\tau_v}{\sigma_{tot}} = 36°$ CW

$2\alpha = 90 - 2\theta = 54° \Rightarrow \alpha = 27°$ CCW



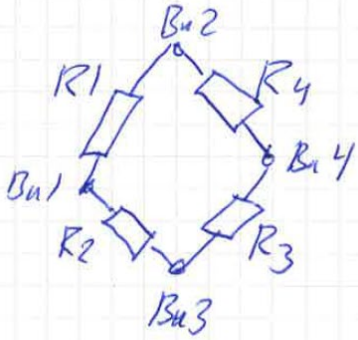
e)

Forklar hvordan du vil koble ledningene i helbro til instrumentet ved å fylle ut en tabell tilsvarende den som vist til høyre.

Gjør et anslag på hva vi kan forvente å måle i antall mikrostrain når vi belaster flattstålet med σ_b = 85 MPa.

Vekt: 9%

e) Helbro $\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$



	R1	R2	R3	R4
Bu1	A	B		
Bu2	a			D
Bu3		b	C	
Bu4			c	d

$E = 206\,000$ MPa

$\sigma_b = 85$ MPa

Hooks lov: $\sigma_b = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma_b}{E} = 412,6 \cdot 10^{-6}$

Virkningen av strekklapp B blir 0,3 fordi tverrkontraksjonen er $\nu = 0,3$

Total brofaktor $\underline{k_b} = 1 + 0,3 = \underline{1,3}$

$\underline{\varepsilon_{målt}} = \varepsilon \cdot k_b = 412,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3$

$= \underline{536\ \mu S}$

Oppgave 3

a) Finn forspenningskraften $\mathbf{F_0' = ?}$ når vi benytter et tilsetningsmoment Mt som gir en strekkspenning i skruen på $\sigma = 150\ \mathrm{N/mm^2}$.
Beregn forholdet mellom stivheten på avtagende og tiltagende deler $\mathbf{c_A/c_T}$.

Vekt: 9%

a) $F_0' = ?$ $\sigma = 150\ \mathrm{MPa}$ $A_S = 84{,}3\ \mathrm{mm^2}$

$$\underline{F_0'} = A_S \cdot \sigma = \underline{\underline{12{,}645\ \mathrm{kN}}}$$

$$C_T = \frac{A_{skrue} \cdot E}{L_{skrue}}\ (skrue) = \frac{\frac{\pi}{4}12^2 \cdot 206000\ \mathrm{N}}{300\ \mathrm{mm}}$$

$$\underline{C_T = 77\,660\ \mathrm{N/mm}}$$

$$C_A = \frac{A_{hylse} \cdot E}{L_{hylse}} = \frac{\frac{\pi}{4}(75^2-70^2) \cdot 206000\ \mathrm{N}}{275\ \mathrm{mm}}$$

$$\underline{C_A = 106\,600\ \mathrm{N/mm}}$$

$$\underline{C_A/C_T = 1{,}373}$$

b) I det videre benyttes $c_A/c_T = 1{,}37$
Vi benytter forspenningskraften pr. skue $\mathbf{F_0} = F_0' - F_R = \mathbf{10{,}6\ kN}$ (redusert pga. tangential-spenninger i sylinder pga. trykket p=8MPa).
Finn nyttekraften pr. skrue **F=?** (som gir ekstrabelastning på skruene) pga. trykket p.
Regn ut F_t=? (tiltagende kraft) og F_s=? (skruekraften), og F_K=? (klemkraft mellom sylinder og lokk).
Tegn et skruediagram og sett på relevante verdier.

Vekt: 9%

$F_0 = 10{,}6\ \mathrm{kN}$ $\boxed{p = 8\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm^2}}}$

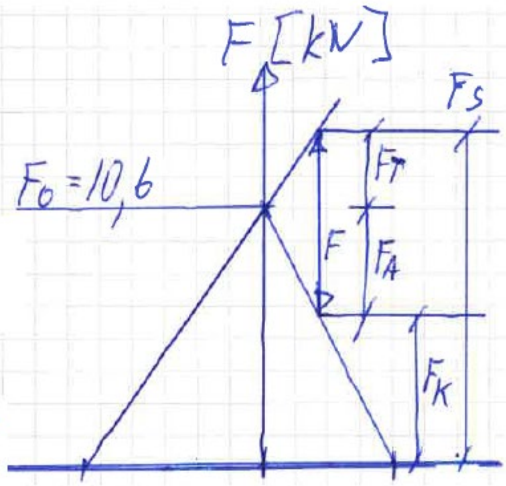
b) $F = p \cdot A$

$$F = 8 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot 70^2\right)/4$$

$$\underline{\underline{F = 7{,}697\ \mathrm{kN}}}$$

$$\underline{F_t} = \frac{F}{1+\frac{C_A}{C_T}} = \underline{\underline{3{,}243\ \mathrm{kN}}}$$

$$\underline{F_S} = F_0 + F_T = \underline{\underline{13{,}8\ \mathrm{kN}}}$$



c) Regn ut $\mathbf{F_0} = F_0' - F_R$ =?

Vekt: 3%

Hint:

F_0' har du regnet ut i a).
F_R regnes ut på grunn av at sylinderen får en redusert lengde δ_R pga. trykket p.
Reduksjon i kraft F_R i forhold til forspenningskraften F_0' er lik forholdet mellom δ_R og δ_{tot}.
Total deformasjon $\delta_{tot} = \delta_{T0} + \delta_{A0}$.
Redusert lengde δ_R finnes pga. Hooks lov og tverrkontraksjonen pga. tangentialspenningen.
Tangentialspenningen kan tilnærmet beregnes slik: $\sigma_t = \frac{d}{2t} * p$ (lille d er bedre enn store D).

c) $F_0 = F_0' - F_R$

$F_0' = 12{,}675$ kN

$\boxed{F = c \cdot \delta}$

$F_R = ?$

$$\frac{F_R}{F_0'} = \frac{\delta_r}{\delta_{tot}} \Rightarrow F_R = \frac{\delta_r}{\delta_{tot}} \cdot F_0' \quad (1)$$

$$\delta_{tot} = \delta_{t0} + \delta_{a0} = \frac{F_0}{C_T} + \frac{F_0}{C_A}$$

$$= 0{,}1628 + 0{,}1186 = 0{,}2814 \text{ mm}$$

$\delta_r = ?$ (reduksjon av lengde sylinder)

$\varepsilon_a = \frac{\delta_r}{L_{syl}}$ Tøyning i aksiell retning

(2) $\Rightarrow \delta_r = \varepsilon_a \cdot L_{syl}$

$$\nu = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_t} \frac{(\text{tøyning aksielt})}{(\text{tøyning tangentielt})} = \text{Poissons tall}$$

$\Rightarrow \varepsilon_a = \nu \cdot \varepsilon_t$

Hooks lov: $\varepsilon_t = \frac{\sigma_t}{E} = \left(\frac{d}{2 \cdot t} \cdot p\right) / E$

$$\varepsilon_a = \nu \cdot \varepsilon_t = \frac{\nu \cdot \frac{d}{2 \cdot t} \cdot p}{E} = 0{,}3 \frac{\frac{70}{2 \cdot 2{,}5} \cdot 8}{206000}$$

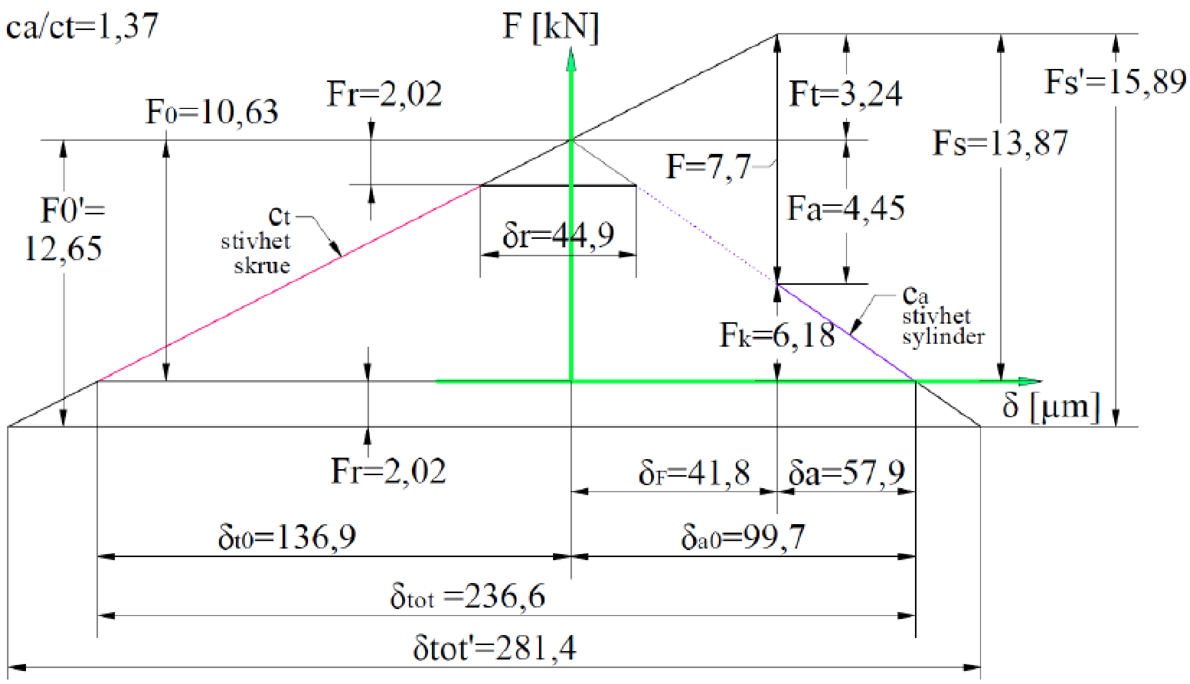
$$= 0{,}1631 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

fra (2) $\Rightarrow \delta_r = \varepsilon_a \cdot 275 = 44{,}9 \cdot 10^{-3}$ mm

Innsatt i (1)

$$F_R = \frac{\delta_r}{\delta_{tot}} \cdot F_0' = \frac{44{,}9 \cdot 10^{-3} \text{ mm}}{281 \cdot 10^{-3} \text{ mm}} \cdot 12{,}675 \text{ kN}$$

$\underline{F_R = 2{,}02 \text{ kN}}$



Fil: Skrue_dia.xlsx

F0=F0'-Fr	10 629	N	E	206 000	N/mm^2
F	7 697	N	Askrue	113,1	mm^2
δt0	0,1369	mm	Ahylse	142,4	mm^2
δa0	0,0997	mm	Lhylse	275	mm
δtot	0,2366	mm	Lskrue	300	mm
Fr	2 016	N	ct	77 660	N/mm
F0'	12 645	N	ca	106 636	N/mm
δt0'=F0'/ct	0,1628	mm	δ =	F/c	
δa0'=F0'/ca	0,1186	mm	σt = d/2/T*p	112	N/mm^2
δtot'	0,2814	mm	ε= σt/E	0,000544	
			v (tverrkontraksj	0,3	
			εt= ε*v	0,000163	
			L	275	mm
			δr = εt*L	0,0449	mm
			δtot'	0,2814	mm
			Fr = δr/δtot*F0'	2 016	N