

## Vedlegg D.1 - Innledende kontroll av plattendekke

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021

Før montering må plattendekket dimensjoneres i to faser. Fase 1 er før påstøpet blir støpt, og plattendekket må da kunne holde sin egen vekt. Fase 2 er etter at påstøpet blir lagt på, men før det herder. Da må plattendekket altså kunne holde sin egenvekt i tillegg vekten til vekten av våt betong.

$$l_1 := 5700 \text{ mm}$$

B45, Eksponeringsklasse XS3, 50 års levetid

$$l_2 := 700 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} = 26 \text{ MPa}$$

$$t_{\text{plattendekke}} := 350 \text{ mm}$$

$$c_{\text{mindur}} := 50 \text{ mm} \quad (\text{Tabell NA 4.4N})$$

$$t_{\text{påstøp}} := 200 \text{ mm}$$

Antar armeringsjern i UK B500NC

$$\varnothing_{32} := 32 \text{ mm} \quad f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := 435 \text{ MPa}$$

$$c := \max(c_{\text{mindur}}, \varnothing_{32}) + 10 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$d := t_{\text{plattendekke}} - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 274 \text{ mm}$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

### Kontroll egenvekt av plattendekke

$$g_{\text{betong}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$q_k := g_{\text{betong}} \cdot b \cdot t_{\text{plattendekke}} = 8.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Karakteristisk vekt av 1m platestripe

$$q_{Ed} := q_k \cdot 1.2 = 10.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed\_felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_1^2}{8} = 42.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Strekk UK

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 526 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed\_felt} < M_{Rd}$$

Ok kapasitet for egenvekt, delvis utnyttet trykksone

$$A_{s_{felt\_egenvekt}} := \frac{M_{Ed\_felt}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed\_felt}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = 363 \text{ mm}^2$$

Kontroll egenvekt sammen med fersk påstøp plattendekke

$$q_{k\_p\grave{a}st\ddot{o}p} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot t_{p\grave{a}st\ddot{o}p} \cdot b = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{Ed\_tot} := (q_k \cdot 1.2 + q_{k\_p\grave{a}st\ddot{o}p} \cdot 1.5) = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed\_felt\_2} := \frac{q_{Ed\_tot} \cdot l_1^2}{8} = 73.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Strekk UK

$$M_{Ed\_st\ddot{o}tte} := q_{Ed\_tot} \cdot \frac{l_2^2}{2} = 4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Last med våt påstøp er dimensjonerende: kapasitet OK, delvis utnyttet trykksone.

$$M_{Ed\_felt\_2} < M_{Rd}$$

Nødvendig armeringsmengde for egenvekt og påstøp:

$$A_{s_{felt\_p\grave{a}st\ddot{o}p}} := \frac{M_{Ed\_felt\_2}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed\_felt\_2}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = 628 \text{ mm}^2$$

Antar Ø32 cc250 i UK - denne må økes etter at dekket kontrolleres for nyttelast

$$A_{s_{felt}} := \frac{1000}{250} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 = 3216.99 \text{ mm}^2$$

Antar Ø25 cc250 i OK over hele

$$A_{s_{st\ddot{o}tte}} := \frac{1000}{250} \cdot \pi \cdot (12.5 \text{ mm})^2 = 1963.5 \text{ mm}^2$$

Kontrollerer mot  $A_{s,min}$  selvom vi har regnet konservativt på armering og ser at dette er OK.

$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$  Tabell 3.1

$$\text{NA 9.2.1.1} \quad A_{s_{min}} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 541 \text{ mm}^2 > 0.0013 \cdot b \cdot d = 356 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} := 298 \text{ mm}^2 < A_{s_{felt}} = 3217 \text{ mm}^2 \quad \text{OK!}$$

Kontrollerer skjærkraftkapasitet for egenvekt til plattendekke

$$V_{Ed} := \frac{q_{Ed_{tot}} \cdot l_1}{2} = 51.3 \text{ kN} \quad f_{ck} := 45$$

$$C_{Rdc} := 0.1 \quad K := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.85 \quad \rho_1 := \frac{A_{s_{felt}}}{b \cdot d} = 0.012 < 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 \cdot K^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \text{MPa} = (6 \cdot 10^{-1}) \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} := C_{Rdc} \cdot K \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot 45\right)^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot \text{MPa} = 190.7 \text{ kN} \quad (6.2.a)$$

$$> V_{min} \cdot b \cdot d = 162 \text{ kN} \quad (6.2.b)$$

$$V_{Rdc} > V_{Ed} \quad \text{OK!}$$

Skjærkraften må også alltid oppfylle  $V_{Ed} < 0.5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$  (6.5)

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.49 \quad (6.6N)$$

$$0.5 \cdot b \cdot d \cdot v \cdot f_{cd} = 1719 \text{ kN} > V_{Ed} = 51 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

### Foreløpig valg av armering

Ø32 c250 i felt UK ( $A_s=3217 \text{ mm}^2$ )

Ø25 c250 i OK ( $A_s=1964 \text{ mm}^2$ )

S&F Ø25 c250 ( $A_s=1964 \text{ mm}^2$ )

En tykkelse på 350 mm vil derfor gi plattendekket tilstrekkelig kapasitet i monteringsfasen, både for moment og skjær. Senere må armeringen økes for å gi tilstrekkelig kapasitet for nyttelaster.

## **Vedlegg D.2 - Håndberegningskontroll av krefter i dekke**

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021

Dette er en håndberegningskontroll av resultatene for moment og skjær fra ISY Design i bruddgrense av fullt dekkessystem. For moment har det blitt tatt utgangspunkt i formler for et dekke med tre felt, mens for punktlast tas det utgangspunkt i et tofeltstykke. Et resultat på +/- 10 % må vurderes og sammenlignes med ISY Design.

### Dimensjoner:

$$b := 1 \text{ m}$$

$$t := 550 \text{ mm}$$

$$l_1 := 7 \text{ m}$$

$$l_2 := 1.5 \text{ m}$$

$$a := 3.5 \text{ m}$$

$$A_c := t \cdot b$$

### Materialdata:

B45 betong, armeringskvalitet B500NC

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{ctk0.05} := 2.7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.53 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

### Overdekning

Konstruksjonsklasse XS3 (Tabell 4.1)

50 års levetid, konstruksjonsklasse S4 (4.4.1.2)

2stk Ø32 - buntet i UK  
Ø32 i OK

$$\varnothing_{32} := 32 \text{ mm}$$

$$n_b := 2 \quad \text{Antall jern i bunten}$$

$$\varnothing_n := \varnothing_{32} \cdot \sqrt{n_b} = 45.255 \text{ mm} \quad (8.14)$$

$$c_{mindur} := 50 \text{ mm} \quad (\text{Tabell NA4.4N}) \quad \Delta C_{dev} := 10 \text{ mm} \quad (\text{NA.4.4.1.3})$$

$$c := \max(c_{mindur}, \varnothing_{32}) + \Delta C_{dev} = 60 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$d := t - c - \frac{\varnothing_n}{2} = 467.373 \text{ mm}$$

$$h' := d - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 391 \text{ mm}$$

### Lasttilfelle 1 - jevnt fordelt last + egenlast

$$g_{k\_betong} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad q_k := 60 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{Ed} := g_{k\_betong} \cdot t \cdot b \cdot 1.2 = 16.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{Ed} := q_k \cdot 1.5 = 90 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed, \text{felt}} := 0.101 \cdot q_{Ed} \cdot l_1^2 + 0.08 \cdot g_{Ed} \cdot l_1^2 = 510.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed, \text{støtte}} := 0.117 \cdot q_{Ed} \cdot l_1^2 + 0.1 \cdot g_{Ed} \cdot l_1^2 = 596.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 0.617 \cdot q_{Ed} \cdot l_1 + 0.60 \cdot g_{Ed} \cdot l_1 = 458.01 \text{ kN}$$

### Lasttilfelle 2 - punktlast + egenlast

$$p_k := 667 \text{ kN} \quad p_{Ed} := p_k \cdot 1.5 = 1000.5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed, \text{felt}2} := \frac{13 \cdot p_{Ed} \cdot l_1}{64} + \frac{9}{128} \cdot g_{Ed} \cdot l_1^2 = 1479.434 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed, \text{støtte}2} := \frac{p_{Ed} \cdot 3 \cdot l_1}{32} + g_{Ed} \cdot \frac{l_1^2}{8} = 757.641 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$a_v := 0.5 \text{ m} \quad \beta := \frac{a_v}{2 \cdot d} = 0.535 \quad [6.2.2(6)]$$

$$P_{k\_redusert} := 1000 \text{ kN} \cdot \beta \cdot 1.5 = 802.358 \text{ kN} \quad 500 \text{ mm fra opplegg}$$

$$a_1 := 5266 \text{ mm} \quad b_1 := 934 \text{ mm}$$

Bruker  $p_k = 667 \text{ kN}$  da denne er dimensjonerende

$$V_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot a_1}{4 \cdot l_1^3} \cdot (4 \cdot l_1^2 + b_1 \cdot (l_1 + a_1)) + \frac{5}{8} \cdot g_{Ed} \cdot l_1 = 868.843 \text{ kN}$$

## Vedlegg D.3 - Gjennomlokkingskontroll dekke

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021

Dimensjoner:

$$\begin{aligned} b &:= 1 \text{ m} \\ t &:= 550 \text{ mm} \\ l_1 &:= 5.7 \text{ m} \\ l_2 &:= 0.7 \text{ m} \\ A_c &:= t \cdot b \end{aligned}$$

Materialdata:

Tab. 3.1

B45 betong, armeringskvalitet B500NC

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{ctk0.05} := 2.7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.53 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

### Overdekning

Konstruksjonsklasse XS3 (Tabell 4.1)

50 års levetid, konstruksjonsklasse S4 (4.4.1.2)

2stk Ø32 - buntet i UK  
Ø32 i OK

Ø<sub>32</sub> := 32 mm hovedarmering

Ø<sub>20</sub> := 20 mm S&F

$$n_b := 2 \quad \text{Antall jern i bunten}$$

$$\varnothing_n := \varnothing_{32} \cdot \sqrt{n_b} = 45.255 \text{ mm} \quad (8.14)$$

$$c_{mindur} := 50 \text{ mm} \quad (\text{Tabell NA4.4N}) \quad \Delta C_{dev} := 10 \text{ mm} \quad (\text{NA.4.4.1.3})$$

$$c := \max(c_{mindur}, \varnothing_n) + \Delta C_{dev} = 60 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$d := t - c - \frac{\varnothing_n}{2} = 467.373 \text{ mm}$$



## 6.4 Skjærkraft fra konsentrerte laster

$$V_{Ed} := 1398 \text{ kN} \quad \text{T.S.S}$$

$$A_{s_{felt}} := 10723 \text{ mm}^2 \quad A_{s_{s\&f}} := 2513 \text{ mm}^2 \quad k_2 := 0.15 \quad \gamma_2 := 1.5$$

### Kontrollsnitt 0 - langs lastens kant

$$\mu_0 := 4 \cdot 1.0 \text{ m} = 4000 \text{ mm} \quad \text{Lengden av lastens omkrets}$$

$$C_1 := 1 \text{ m} \quad C_2 := C_1 \quad k := 0.6 \quad \text{Tabell 6.1}$$

$$d_x := t - c - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 480 \text{ mm} \quad d_y := t - c - \varnothing_{20} - \frac{\varnothing_n}{2} = 447.373 \text{ mm}$$

$$d_{eff} := \frac{d_x + d_y}{2} = 463.686 \text{ mm}$$

$$\beta_0 := 1.5$$

Figur 6.21N T.S.S

$$\nu_{Ed,0} := \beta_0 \cdot \frac{V_{Ed}}{\mu_0 \cdot d_{eff}} = 1.131 \text{ MPa} \quad (6.38)$$

$$\text{Kontrollerer mot kapasitet:} \quad f_{ck} := 45$$

$$\nu := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.492$$

$$\nu_{Rd,max} := 0.4 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 5.018 \text{ MPa} \quad \text{God kapasitet}$$

### Kontrollsnitt 1

$$\mu_1 := 2 \cdot (C_1 + C_2) + 4 \pi \cdot d_{eff} = 9826.854 \text{ mm}$$

$$W_1 := \frac{C_1^2}{2} + C_1 \cdot C_2 + 4 C_2 \cdot d_{eff} + 16 \cdot d_{eff}^2 + 2 \pi \cdot d_{eff} \cdot C_1 = (9.708 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

$$\beta_1 := 1.5$$

Figur 6.21N - T.S.S

$$\nu_{Ed1} := \beta_1 \cdot \frac{V_{Ed}}{\mu_1 \cdot d_{eff}} = 0.46 \text{ MPa} \quad (6.38)$$

Kontrollerer mot kapasitet:

$$K := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{eff}}} = 1.657 < 2.0$$

$$C_{Rdc} := \frac{k_2}{\gamma_2} = 0.1$$

$$\rho_{lx} := \frac{A_{s_{felt}}}{b \cdot d_{eff}} = 0.023$$

$$\rho_{ly} := \frac{A_{s_{\ell f}}}{b \cdot d_{eff}} = 0.005$$

$$\rho_1 := \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} = 0.011 < 0.02$$

$$\nu_{Rdc} := C_{Rdc} \cdot K \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \text{MPa} = 0.612 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.0035 \cdot K^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \text{MPa} = 0.05 \text{ MPa}$$

God kapasitet for gjennomlokking

## Vedlegg D.4 - Valg av armering i dekke

Dimensjoner:

$$b := 1 \text{ m}$$

$$t := 550 \text{ mm}$$

$$l_1 := 5.7 \text{ m}$$

$$l_2 := 0.7 \text{ m}$$

$$A_c := t \cdot b$$

Materialdata:

Tab. 3.1

B45 betong, armeringskvalitet B500NC

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{ctk0.05} := 2.7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.53 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

Overdekning

Konstruksjonsklasse XS3 (Tabell 4.1)

50 års levetid, konstruksjonsklasse S4 (4.4.1.2)

Antar 2stk Ø32 - buntet i UK  
Ø32 i OK

$$\varnothing_{32} := 32 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{25} := 25 \text{ mm}$$

$$n_b := 2 \quad \text{Antall jern i bunten}$$

$$\varnothing_n := \varnothing_{32} \cdot \sqrt{n_b} = 45.255 \text{ mm} \quad (8.14)$$

$$c_{mindur} := 50 \text{ mm} \quad (\text{Tabell NA4.4N}) \quad \Delta C_{dev} := 10 \text{ mm} \quad (\text{NA.4.4.1.3})$$

$$c := \max(c_{mindur}, \varnothing_n) + \Delta C_{dev} = 60 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$d := t - c - \frac{\varnothing_n}{2} = 467.373 \text{ mm}$$

$$h' := d - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 391 \text{ mm}$$

### Laster:

Egenlast

$$g_{k.betong} := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$g_k := g_{k.betong} \cdot b \cdot t = 13.75 \frac{kN}{m}$$

$$q_1 := g_k \cdot 1.2 = 16.5 \frac{kN}{m}$$

Lastkombinasjon 6.10b siden  $p_k > 0.33 g_k$

Nyttelast

Jevnt fordelt:

$$p_{k1} := 60 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_2 := p_{k1} \cdot 1.5 \cdot 1 \text{ m} = 90 \frac{kN}{m}$$

Punktlast:

$$p_{k2} := 1000 \text{ kN}$$

$$q_3 := p_{k2} \cdot 1.5 = 1500 \text{ kN}$$

### Gjeldende moment og skjær

Momentkapasitet:

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 1532 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Felt- og støttemoment fra egenlast + punktlast er dimensjonerende

$$M_{Ed\_felt2} := 1451 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Verdier hentet fra ISY Design

$$M_{Ed\_støtte2} := 784 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### **Valg av armering - 1 m platestripe**

Største senteravstand: NA.9.3.1.1

$$S_{max} := 2 \cdot t = 1100 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$$

$$S_{max} := 250 \text{ mm}$$

Største og minste armeringsareal NA 9.2.1.1

$$A_{s_{min}} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 923.528 \text{ mm}^2 > 0.0013 \cdot b \cdot d = 607.584 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{max}} := 0.04 \cdot A_c = 22000 \text{ mm}^2$$

### Nødvendig lengdearmring i underkant

$$A_{s_{n\ddot{o}dv.UK}} := \frac{M_{Ed\_felt2}}{fyd \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed\_felt2}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = 8511 \text{ mm}^2$$

Antar bunt med Ø32 cc150 mm

$$S_{UK} := 150 \text{ mm}$$

$$A_{s_{UK}} := \frac{b}{S_{UK}} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_n}{2}\right)^2 = 10723 \text{ mm}^2$$

### Nødvendig lengdearmring i overkant

$$A_{s_{n\ddot{o}dv.OK}} := \frac{M_{Ed\_st\ddot{o}tte2}}{fyd \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed\_st\ddot{o}tte2}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = 4226 \text{ mm}^2$$

Antar ett lag med Ø32 cc150

$$S_{OK} := 150 \text{ mm}$$

$$A_{s_{OK}} := \frac{b}{S_{OK}} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{32}}{2}\right)^2 = 5362 \text{ mm}^2$$

### Svinn- og fordelingsarmering

$$A_{s_{s\ddot{e}f.n\ddot{o}dv}} := 0.2 \cdot A_{s_{UK}} = 2145 \text{ mm}^2 \quad 20 \% \text{ av hovedarmering}$$

Antar Ø20 cc125

$$\varnothing_{20} := 20 \text{ mm} \quad S_{s\ddot{e}f} := 125 \text{ mm}$$

$$A_{s_{s\ddot{e}f}} := \frac{b}{S_{s\ddot{e}f}} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{20}}{2}\right)^2 = 2513 \text{ mm}^2$$

Samtlige armeringsmengder oppfyller krav til armering

$$\begin{aligned} A_{s_{min}} = 923.528 \text{ mm}^2 &< A_{s_{UK}} = 10723 \text{ mm}^2 \\ &< A_{s_{OK}} = 5362 \text{ mm}^2 \\ &< A_{s_{\text{eff}}} = 2513 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

## 6.2.2 Konstruksjonsdeler uten beregningsmessig behov for skjærarmering

Skjærkraft fra punktlast

$$p_k := 1000 \text{ kN}$$

$$a_v := 500 \text{ mm} \quad \text{Avstand fra opplegg}$$

$$\beta := \frac{a_v}{2 \cdot d} = 0.535 \quad \text{Reduksjonsfaktor 6.2.2(6)}$$

$$p_{k_{\text{redusert}}} := p_k \cdot \beta = 534.905 \text{ kN}$$

**Ulike skjærkrefter:** Hentet fra ulike lastsituasjoner i ISY Design

$$V_{Ed_{\text{opplegg}}} := 1398 \text{ kN}$$

$$V_{Ed_{\text{redusert}}} := 779 \text{ kN}$$

$$V_{Ed_{2d}} := 907 \text{ kN} \quad \text{Avstand } 2d \text{ fra opplegg}$$

$$f_{ck} := 45 \quad k_2 := 0.15 \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500$$

$$C_{Rdc} := \frac{k_2}{\gamma_c} = 0.1 \quad K := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.65$$

$$\rho := \frac{A_{s_{UK}}}{b \cdot d} = 0.023 > 0.02$$

$$\rho := 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 \cdot K^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \text{MPa} = 0.5 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} := C_{Rdc} \cdot K \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot \text{MPa} = 346.5 \text{ kN} \quad (6.2.a)$$

$$> V_{min} \cdot b \cdot d = 233.455 \text{ kN} \quad (6.2.b)$$

$$V_{Rdc} = 346.5 \text{ kN} < V_{Ed_{redusert}} = 779 \text{ kN} < V_{Ed_{2d}} = 907 \text{ kN} < V_{Ed_{opplegg}} = 1398 \text{ kN}$$

Ikke ok - må skjærarmere

Nødvendig skjærarmering rundt opplegg

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm} \quad A_{sw} := 6 \cdot \pi \cdot \left( \frac{\varnothing_{16}}{2} \right)^2 = 1206.372 \text{ mm}^2$$

$$z := 0.9 \cdot d = 420.635 \text{ mm}$$

$$\theta := 21.8^\circ$$

$$S := \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)}{V_{Ed_{opplegg}}} = 394.569 \text{ mm} \quad (6.8)$$

$$\rho_w := 0.1 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.00134$$

$$S_{max} := \frac{A_{sw}}{\rho_w \cdot b} = 899.176 \text{ mm} \quad [\text{NA 9.2.2(5)}]$$

$$S_{i,max} := 0.6 \cdot h' = 234.824 \text{ mm}$$

Velger å bruke senteravstand 125 mm, og kontrollerer mot (6.8)

$$s := 125 \text{ mm} \quad b := 1 \text{ m}$$

$$V_{Rds} := \left( \frac{b}{s} \right) \cdot A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 4413 \text{ kN} > V_{Ed_{opplegg}} = 1398 \text{ kN}$$

Kapasitet OK etter innlagt skjærarmering

Skjærkraften uten reduksjon må også alltid oppfylle kravet i (6.5)

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.492$$

$$V_{Ed} := 1398 \text{ kN} < 0.5 \cdot b \cdot d \cdot v \cdot f_{cd} = 2931.828 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$



## **Vedlegg D.5 - Armering i støpeskjøt dekket**

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021

Materialdata: Tab. 3.1

B45 betong, armeringskvalitet B500NC

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{ctk0.05} := 2.7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.53 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

### **Kapittel 6.2.5**

$$V_{Ed\_opplegg} := 1398 \text{ kN}$$

T.S.S

$$\beta := 1.0$$

$$d := 467 \text{ mm}$$

UK

$$b := 1 \text{ m}$$

$$z := 0.9 \cdot d = 420.3 \text{ mm}$$

Indre momentarm av sammensatt tv.sn

$$b_i := 1 \text{ m}$$

Bredde av støpeskjøt

$$V_{Edi} := \frac{(\beta \cdot V_{Ed\_opplegg})}{z \cdot b_i} = 3.326 \text{ MPa} \quad (6.24)$$

$$c := 0.4 \quad \text{Ru [6.2.5(2)]}$$

$$\mu := 0.7 \quad \text{Ru [6.2.5(2)]}$$

$$\sigma_n := 0 \cdot \text{MPa} \quad \text{Spenning per. arealenhet Settes lik 0 T.S.S.}$$

$$A_i := 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2 \quad \text{Areal av støpeskjøt}$$

$$\alpha := 90^\circ \quad \text{Antar vinkel}$$

$$A_{s.min} := \frac{(V_{Edi} - c \cdot f_{ctd}) \cdot A_i}{f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha) + \cos(\alpha))} = 8918.071 \text{ mm}^2 \quad \text{Min. armeringsareal}$$

Antar bøyer: Ø16 cc250 rundt S&F-armering. Dette gir 4 bøyer per 1m plate i lengderetning.

Antar bøyer Ø16 på hvert jern i bredderetning

Totalt antall bøyer per 1 m<sup>2</sup> plate: 28 stk

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm} \quad S_b := 150 \text{ mm} \quad S_l := 250 \text{ mm}$$

$$n_{bøyer} := 28 \quad \text{Per 1m}^2 \text{ plate}$$

$$A_{sw} := n_{bøyer} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{16}}{2}\right)^2 = 11259.468 \text{ mm}^2 > A_{s.min} = 8918.071 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{sw}}{A_i} = 0.011$$

$$f_{ck} := 45$$

$$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.492$$

$$V_{Rdi} := c \cdot f_{ctd} + (\mu \cdot \sigma_n) + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha) + \cos(\alpha)) = 4.039 \text{ MPa} \quad (6.25)$$

$$\text{er mindre enn} \quad 0.5 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 6.273 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

### Største senteravstand

$$S_{max.bredde} := 1.5 d = 700.5 \text{ mm} \quad [9.3.2(5)]$$

$$S_{max.lengde} := d = 467 \text{ mm}$$

## **Vedlegg D.6 - Armering over fritt opplegg**

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021

[9.2.1.4]

$b := 800 \text{ mm}$

$c := 60 \text{ mm}$

$x := 15 \text{ mm}$       Byggeplassavvik

$f_{ctd} := 1.53 \text{ MPa}$

$A_s := 10723 \text{ mm}^2$

$\varnothing_n := 45.255 \text{ mm}$

Over fritt opplegg:

$L_b := b - c - x = 0.725 \text{ m}$

$V_{Ed} := 907 \text{ kN}$

$\theta := 21.8^\circ$

$\Delta F_{td} := 0.5 \cdot V_{Ed} \cdot \cot(\theta) = 1133.831 \text{ kN}$       (6.18)

$f_{bd} := 2.25 \cdot f_{ctd}$

$S_{Rd} := \frac{4 \cdot f_{bd} \cdot L_b \cdot A_s}{\varnothing_n} = 2365.493 \text{ kN}$

$S_{Rd} > \Delta F_{td}$       OK

\*Også OK dersom skjærkraft settes lik 1398 kN

## **Vedlegg D.7 - Bruksgrensekontroll dekke**

Dimensjoner:

$$b := 1 \text{ m}$$

$$t_{\text{plattendekke}} := 350 \text{ mm}$$

$$t_{\text{påstøp}} := 200 \text{ mm}$$

$$t_{\text{total}} := 550 \text{ mm}$$

$$l := 5.7 \text{ m}$$

Materialdata: Tab 3.1

B45 betong, armeringskvalitet B500NC

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{ctk0.05} := 2.7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.53 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

Overdekning

Konstruksjonsklasse XS3 (Tabell 4.1)

50 års levetid, konstruksjonsklasse S4 (4.4.1.2)

Buntet  $\varnothing_{32} := 32 \text{ mm}$  som hovedarmering

$$\varnothing_n := \varnothing_{32} \cdot \sqrt{2} = 45.255 \text{ mm} \quad (8.14)$$

$$c_{\text{mindur}} := 50 \text{ mm} \quad (\text{Tabell NA4.4N}) \quad \Delta C_{\text{dev}} := 10 \text{ mm} \quad (\text{NA.4.4.1.3})$$

$$c := \max(c_{\text{mindur}}, \varnothing_n) + \Delta C_{\text{dev}} = 60 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$d_{\text{plattendekke}} := t_{\text{plattendekke}} - c - \varnothing_n = 244.745 \text{ mm}$$

$$d_{\text{full}} := t_{\text{total}} - c - \frac{\varnothing_n}{2} = 467.373 \text{ mm}$$

$$d_{\text{OK}} := t_{\text{total}} - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 474 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{plattendekke}} := d_{\text{plattendekke}} - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 168.745 \text{ mm}$$

## Utregning av kryptall

### **Fase 1:**

Sementklasse: N

$$RF := 80\%$$

$$(B.10) \quad \alpha := 0$$

$$\text{Tab 3.1} \quad f_{cm} := 53$$

$$(B.8 \text{ c}) \quad \alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.748$$

$$(B.8 \text{ c}) \quad \alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92$$

$$(B.6) \quad A_{c, \text{fase1}} := b \cdot t_{\text{plattendekke}} = 350000 \text{ mm}^2$$

$$u_{\text{fase.1}} := 2 \cdot b = 2000 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_{c, \text{fase1}}}{u_{\text{fase.1}}} = 350 \text{ mm}$$

$$(B.3 \text{ a}) \quad f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{RF}{100\%}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.116$$

$$(B.4) \quad \beta f_{cm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.308$$

Belastning plattendekke etter støp:  $t_{0t} := 7$

$$(B.9) \quad t_0 := t_{0t} \cdot \left( \frac{9}{2 + t_{0t}^{1.2}} + 1 \right)^0 = 7$$

$$t_{0,t} > 0.5 \quad \text{--> OK}$$

$$(B.5) \quad \beta t_{0, \text{egen}} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.635$$

(B.2)

$$\varphi_{0,egen} := \beta t_{0,egen} \cdot \beta f_{cm} \cdot \varphi_{RH} = 1.634$$

## Fase 2

Sementklasse: N

$$RF := 80\%$$

(B.10)

$$\alpha := 0$$

$$f_{cm} := 53$$

(B.8 c)

$$\alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.748$$

(B.8 c)

$$\alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92$$

(B.6)

$$A_{c, fase2} := b \cdot t_{total} = 550000 \text{ mm}^2$$

$$u_{fase.2} := 2 \cdot b = 2000 \text{ mm}$$

$$h_{0.2} := \frac{2 \cdot A_{c, fase2}}{u_{fase.2}} = 550 \text{ mm}$$

(B.3 a)

$$f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{RF}{100\%}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_{0.2}}{\text{mm}}}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.088$$

(B.4)

$$\beta f_{cm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.308$$

Belastning nyttelast etter 28 dager

$$t_{0t, nytte} := 28$$

(B.9)

$$t_{0, nytte} := t_{0t, nytte} \cdot \left( \frac{9}{2 + t_{0t, nytte}^{0.2}} \right)^0 = 28$$

$$t_{0, nytte} > 0.5 \quad \text{--> OK}$$

(B.5)

$$\beta t_{2, nytte} := \frac{1}{0.1 + t_{0, nytte}^{0.2}} = 0.488$$

Belastning etter 7 dager for egenvekt  $t_{0t.egen} := 7$

$$t_{0.egen} := t_{0t.egen} \cdot \left( \frac{9}{2 + t_{0t.egen}^{0.2}} \right)^\alpha = 7$$

$$t_{0.egen} > 0.5$$

$$(B.5) \quad \beta t_{2.egen} := \frac{1}{0.1 + t_{0.egen}^{0.2}} = 0.635$$

$$(B.2) \quad \varphi_{2.egen} := \beta t_{2.egen} \cdot \beta f_{cm} \cdot \varphi_{RH} = 1.594$$

$$\varphi_{2.nytte} := \beta t_{2.nytte} \cdot \beta f_{cm} \cdot \varphi_{RH} = 1.227$$

## Nedbøyning

### Fase 1: egenvekt

#### Laster

$$g_{betong} := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$g_{plattendekke} := g_{betong} \cdot t_{plattendekke} \cdot b = 8.75 \frac{kN}{m}$$

$$g_{påstøp} := g_{betong} \cdot t_{påstøp} \cdot b = 5 \frac{kN}{m}$$

$$g_k := g_{plattendekke} + g_{påstøp}$$

$$g_{Ed} := g_k \cdot 1.0 = 13.75 \frac{kN}{m}$$

### Defomarsjon pga. egenlast - formelhefte s. 13

$$A_{sUK} := 10723 \text{ mm}^2 \quad E_s := 200 \cdot 10^3 \text{ MPa} \quad E_{cm} := 36 \cdot 10^3 \text{ MPa} \quad (\text{Tab 3.1})$$

$$A_{sOK} := 5362 \text{ mm}^2$$

$$E_{c.eff} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.egen}} = 13667.842 \text{ MPa}$$

$$r_1 := \frac{A_{sUK}}{b \cdot d_{plattendekke}} \cdot \frac{E_s}{E_{c.eff}} = 0.641$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.66$$

$$I_c := \frac{1}{2} \cdot \alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot b \cdot d_{plattendekke}^3 = (2.491 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$E_c I_c := E_{c,eff} \cdot I_c = (3.405 \cdot 10^{13}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$\delta_{fase1} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{Ed} \cdot l^4}{E_c I_c} = 6 \text{ mm}$$

$$\delta_{krav1} := \frac{l}{250} = 22.8 \text{ mm} > \delta_{fase1} = 6 \text{ mm} \quad \text{Nedbøyning OK for fase 1}$$

## Rissviddekontroll

[7.3.4]

NS-EN 1990:2002/NA:2008

### Fase 1

$$g_{Ed} = 13.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \varphi_{0,egen} = 1.634 \quad \psi_2 := 0.3 \quad [\text{Tab NA.A1.1}] \text{ Kat. G}$$

$$q_{Ed} := g_k \cdot 1.0 = 13.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad M_{Ed,1} := q_{Ed} \cdot \frac{l^2}{8} = 55.842 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$E_{cl,g} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0,egen}} = 13668 \text{ MPa}$$

### Formelhefte s.13

$$r_1 := \frac{A_{sUK}}{b \cdot d_{plattendekke}} \cdot \frac{E_s}{E_{cl,g}} = 0.641$$

$$\alpha_1 := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.66$$

$$\sigma_{s,1} := \frac{M_{Ed,1}}{\left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right) \cdot d_{plattendekke} \cdot A_{sUK}} = 27.281 \text{ MPa}$$



### Høyde og areal på effektivt betongareal

[7.3.2(3)]

$$x := \alpha_1 \cdot d_{plattendekke} = 161.565 \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} := \min \left( 2.5 (t_{plattendekke} - d_{plattendekke}), \frac{(t_{plattendekke} - x)}{3}, \frac{t_{plattendekke}}{2} \right) = 62.812 \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} := t_{plattendekke} - d_{plattendekke} + 1.5 \cdot \emptyset_n = 173.137 \text{ mm} \quad \text{NA 7.3.4}$$

$$A_{c,eff} := h_{c,eff} \cdot b = 173137.085 \text{ mm}^2$$

### Differansetøyning

$$k_t := 0.4 \quad \text{Langtid}$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\rho_{p,eff} := \frac{A_{sUK}}{A_{c,eff}} = 0.062$$

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm, \varepsilon_{cm}} := \frac{\left( \sigma_{s,1} - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \right)}{E_s} = -2.853 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{er mindre enn } 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s,1}}{E_s} = 8.184 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{sm, \varepsilon_{cm}} := 1.061 \cdot 10^{-4}$$

### Maks rissavstand

$$k_1 := 0.8 \quad (7.12)$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r,max.1} := k_3 \cdot c + \frac{(k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_n)}{\rho_{p,eff}} = 328.219 \text{ mm} \quad (7.11)$$

Karakteristisk rissvidde:

$$W_{k1} := S_{r,max.1} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.035 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Krav

XS3

$$k_c := \frac{c}{c_{mindur}} \cdot \text{mm} = 1.2 \text{ mm}$$

$$W_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.36 \text{ mm} > W_{k1} = 0.035 \text{ mm}$$

Riss for fase 1 er OK

## Fase 2 - fullt system

Ser på punktlast - dimensjonerende

Antar kategori G

$$\psi_0 := 0.7$$

$$\psi_1 := 0.5$$

$$\psi_2 := 0.3$$

$$\varphi_{2,egen} = 1.594$$

$$\varphi_{2,nytte} = 1.227$$

$$p_k := 667 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed,felt.2} := 976 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Størst i UK} \quad \text{Karakteristiske verdier}$$

$$M_{Ed,støtte.2} := 536 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Egenlast:} \quad g_{Ed} := g_k \cdot 1.0 = 13.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Nyttelast, langtid:} \quad p_{Ed,l} := p_k \cdot \psi_2 = 200.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Nyttelast, korttid:} \quad p_{Ed,k} := p_k \cdot (\psi_1 - \psi_2) = 133.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Midlere E-modul

$$E_{cl.g} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{2.egen}} = 13878.676 \text{ MPa} \quad \text{Egenlast langtid}$$

$$E_{cl.p} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{2.nytte}} = 16166.641 \text{ MPa} \quad \text{Nyttelast langtid}$$

$$E_{ck.p} := E_{cm} = 36000 \text{ MPa} \quad \text{Nyttelast korttid}$$

$$q_{tot} := g_{Ed} + p_{Ed.l} + p_{Ed.k} = 347.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$E_{mid} := \frac{q_{tot}}{\frac{g_{Ed}}{E_{cl.g}} + \frac{p_{Ed.l}}{E_{cl.p}} + \frac{p_{Ed.k}}{E_{cm}}} = 20338 \text{ MPa}$$

### **Rissvidde i felt**

$$r_2 := \frac{As_{UK}}{b \cdot d_{full}} \cdot \frac{E_s}{E_{mid}} = 0.226$$

$$\alpha_2 := \sqrt{r_2^2 + 2 r_2} - r_2 = 0.483$$

$$\sigma_{s.2.felt} := \frac{M_{Ed.felt.2}}{\left(1 - \frac{\alpha_2}{3}\right) \cdot d_{full} \cdot As_{UK}} = 232.117 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fase2.tot} := \sigma_{s.1} + \sigma_{s.2.felt} = 259.399 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tillatt} := 280 \text{ MPa}$$

Tabell 7.3N

$$\sigma_{tillatt} > \sigma_{fase2.tot} \quad \text{Armeringsspenning OK}$$

### Høyde og areal på effektivt betongareal

[7.3.2(3)]

$$x_2 := \alpha_2 \cdot d_{full} = 225.74 \text{ mm}$$

$$h_{c.ef2} := \min\left(2.5 \cdot (t_{total} - d_{full}), \frac{(t_{total} - x_2)}{3}, \frac{t_{total}}{2}\right) = 108.087 \text{ mm}$$

$$h_{c.eff2} := t_{total} - d_{full} + 1.5 \cdot \varnothing_n = 150.51 \text{ mm} \quad [\text{NA 7.3.4}]$$

$$A_{c.eff2} := h_{c.eff2} \cdot b = 150509.668 \text{ mm}^2 \quad \text{Velger største verdien}$$

### Differansetøyning

$$k_t := 0.4 \quad \text{Langtid}$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\rho_{p.eff2} := \frac{A_{sUK}}{A_{c.eff2}} = 0.071$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm2} := \frac{\left( \sigma_{s.2.felt} - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff2}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff2}) \right)}{E_s} = 0.001$$

$$\text{er større enn} \quad 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s.2.felt}}{E_s} = 0.0007$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm2} = 0.001$$

### Maks rissavstand

$$k_1 := 0.8 \quad (7.12)$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r.max.2} := k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \frac{\varnothing_n}{\rho_{p.eff2}} = 311.985 \text{ mm} \quad (7.11)$$

### Karakteristisk rissvidde:

$$W_{k2} := S_{r.max.2} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm2} = 0.316 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Krav

XS3

$$k_c := \frac{c}{c_{mindur}} \cdot \text{mm} = 1.2 \text{ mm}$$

$$W_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.36 \text{ mm} > W_{k2} = 0.316 \text{ mm}$$

$$\text{Utnyttelse: } \frac{W_{k2}}{W_{max}} = 0.877$$

Riss i felt for fase 2 er OK

**Rissvidde over støtte**

$$r_2 := \frac{As_{OK}}{b \cdot d_{full}} \cdot \frac{E_s}{E_{mid}} = 0.113$$

$$\alpha_2 := \sqrt{r_2^2 + 2 r_2} - r_2 = 0.375$$

$$\sigma_{s.2.st\ddot{o}tte} := \frac{M_{Ed.st\ddot{o}tte.2}}{\left(1 - \frac{\alpha_2}{3}\right) \cdot d_{full} \cdot As_{UK}} = 122.249 \text{ MPa} \quad \text{Spenning i OK armering}$$

$$\sigma_{tillatt} := 160 \text{ MPa} \quad \text{Tabell 7.2N}$$

H\ddot{o}yde og areal p\dd{a} effektivt betongareal

[7.3.2(3)]

$$x_2 := \alpha_2 \cdot d_{full} = 175.455 \text{ mm}$$

$$h_{c.eff2} := \min\left(2.5 \cdot (t_{total} - d_{full}), \frac{(t_{total} - x_2)}{3}, \frac{t_{total}}{2}\right) = 124.848 \text{ mm}$$

$$h_{c.eff2} := t_{total} - d_{full} + 1.5 \cdot \emptyset_{32} = 130.627 \text{ mm} \quad \text{Velger st\dd{o}rste verdien}$$

$$A_{c.eff2} := h_{c.eff2} \cdot b = 130627.417 \text{ mm}^2$$

### Differansetøyning

$$k_t := 0.4 \quad \text{Langtid}$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\rho_{p.eff2} := \frac{A_{sOK}}{A_{c.eff2}} = 0.041$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm2} := \frac{\left( \sigma_{s.2.støtte} - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff2}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff2}) \right)}{E_s} = 0.0004$$

$$\text{er større enn} \quad 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s.2.støtte}}{E_s} = 0.0004$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm2} = 0.0004$$

### Maks rissavstand

$$k_1 := 0.8 \quad (7.12)$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r.max.2} := k_3 \cdot c + \frac{(k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_{32})}{\rho_{p.eff2}} = 336.528 \text{ mm} \quad (7.11)$$

### Karakteristisk rissvidde:

$$W_{k2} := S_{r.max.2} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm2} = 0.129 \text{ mm} \quad (7.8)$$

### Krav

XS3

$$k_c := \frac{c}{c_{mindur}} \cdot \text{mm} = 1.2 \text{ mm}$$

$$W_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.36 \text{ mm} > W_{k2} = 0.129 \text{ mm}$$

Utnyttelse:  $\frac{W_{k2}}{W_{max}} = 0.359$

Riss over støtte for fase 2 er OK

# Vedlegg D.8 - Innledende kontroll av plattendekke ISY Design

Modul	Betongbjelke versjon 2.1.0 Dekke
Standard	Beregnet med EN 1990, EN 1991-1-1 og EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22
Filnavn	C:\Users\lab.S1-7400.001 \Documents\Bacheloroppgave\Hovedoppgave\Utrekninger\Innledende kontroll av plattendekke.idcb

Laget av:

Kontrollert av:

---

Andes Træland

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 15:25)**



## Beregningsinnstillinger

Element per felt	20	Inkluder trykkarmering	Ja
$\cot(\theta)$	1,00	$L/x, x_z$	200
$\delta_{\max,z}$	-	Kont. def. for tilnærmet permanent	Ja
Kont. def. for ofte forekommende	Ja	Kont. def. for karakteristisk	Ja

## Materiale

### Materialdata

Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Tyngdetetthet	$\gamma$	24 kN/m <sup>3</sup>
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja
Sikkerhetsfaktor	$K_{fi}$	1,00

### Rissdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{\max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{\max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	0 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	50 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
Eksponent n i arbeidsdiagrammet	n	2,00

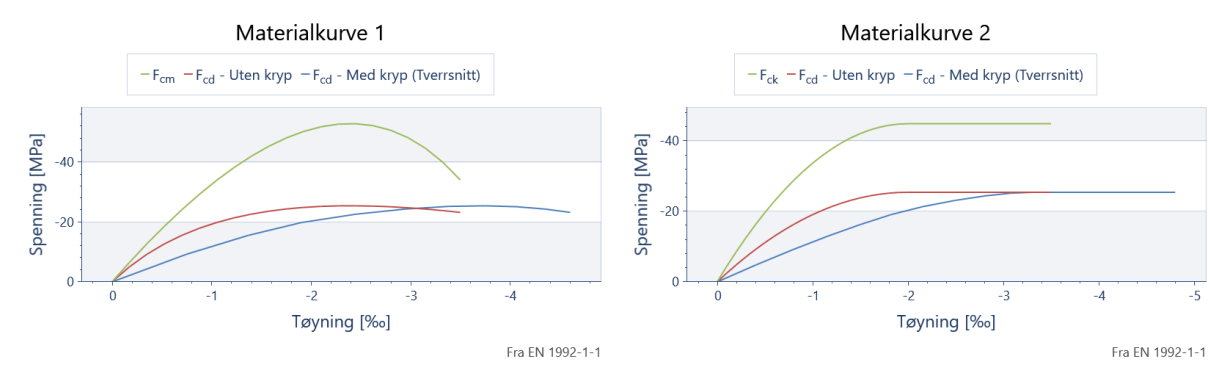
### Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 %
Alder ved pålasting	$t_0$	7 dager

## Tverrsnittsavhengige materialdata

## Tverrsnitt

Kryptallet	$\Phi$	1,63
Langtids E-modul	$E_{cl}$	14,19 GPa
Svintøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,25 ‰



## Geometri

## Staver

ID	Lengde [mm]	Tverrsnitt
----	----------------	------------

1	5 700	Tverrsnitt
---	-------	------------

ID : Staven sin ID.

Lengde : Lengden av staven

Tverrsnitt : Tverrsnittet til staven.

## Knutepunkter

ID	x [mm]	Opplager	b [mm]	$\Delta l$ [mm]
1	0	Fritt opplegg	0	0
2	5 700	Fritt opplegg	0	0

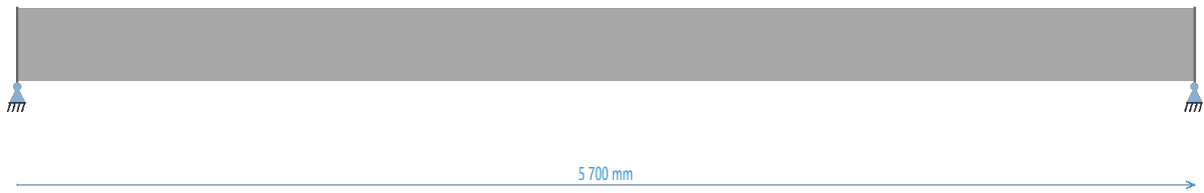
ID : Knutepunktets ID.

x : Knutepunktet sin x-koordinat.

Opplager : Opplageret til dette knutepunktet.

b : Bredden til opplageret.

$\Delta l$  : Forlengelse av stav over opplegg.

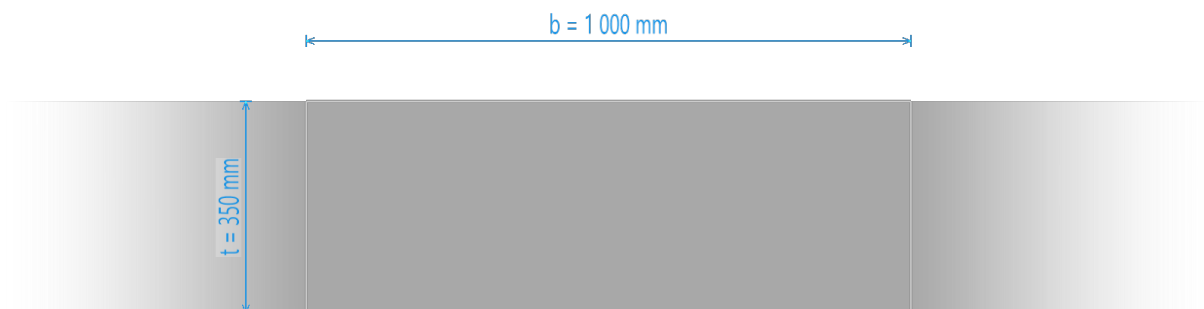


## Tverrsnitt

### Tverrsnitt

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Dekke
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	350 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	1 000 mm
Areal	Areal	350 000 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	2 000 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	15 312 500 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	3 572 916 667 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)
Avstand til akse i y-retning	$\Delta y$	0 mm
Avstand til akse i z-retning	$\Delta z$	0 mm

Bredde	b	1 000 mm
Tykkelse	t	350 mm



## Oppleggstyper

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
(Ingen)		
Innspent	$\infty$	$\infty$
Fritt opplegg	$\infty$	

Vedlegg D.8 - Innledende kontroll av  
plattendecke ISY Design

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
Navn	: Navnet på dette opplegget	
$K_z$	: Fjærkonstant for forskyvning i z-retning. (Uendelig hvis fullt innspent.)	
$K_{\theta,y}$	: Fjærkonstant for rotasjon om y-aksen. (Uendelig hvis fullt innspent.)	

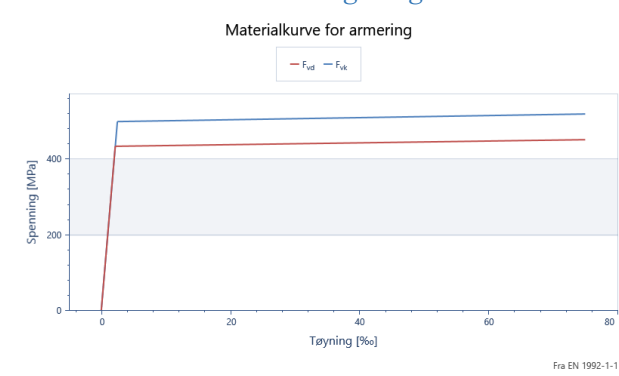
## Armering

### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Massetetthet	$\rho$	7 850 kg/m <sup>3</sup>
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 ‰
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 ‰
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 ‰
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

#### Slakkarmering - Figur



### Armeringslag

Senteravstand $\Phi$ [mm]	# jern / bunt [mm]	Materiale	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$y_1$ [mm]	$y_2$ [mm]	$z$ [mm]	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
150	32	2 Slakkarmering	60	5 640	-500	500	-92	0,00	0,00

Senteravstand : Senteravstanden mellom jernene i dette laget.

$\Phi$  : Diameteren til det enkelte jern.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

$x_1$  : Startposisjonen til lengdearmeringen.

$x_2$  : Sluttposisjonen til lengdearmeringen.

$y_1$  : Horisontal start koordinat for lengdearmeringen.

Vedlegg D.8 - Innledende kontroll av  
plattendecke ISY Design

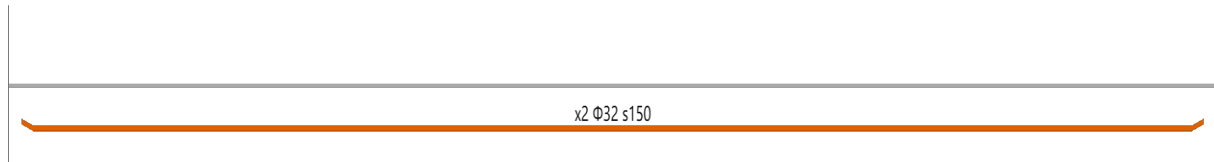
Senteravstand $\Phi$	# jern / Materiale bunt	Materiale	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$z$	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		

$y_2$  : Horizontal slutt koordinat for lengdearmeringen.

$z$  : Lengdearmeringen sin z-koordinat.

$L_{bd,1}$  : Forankringsfaktor i starten av armeringslaget.

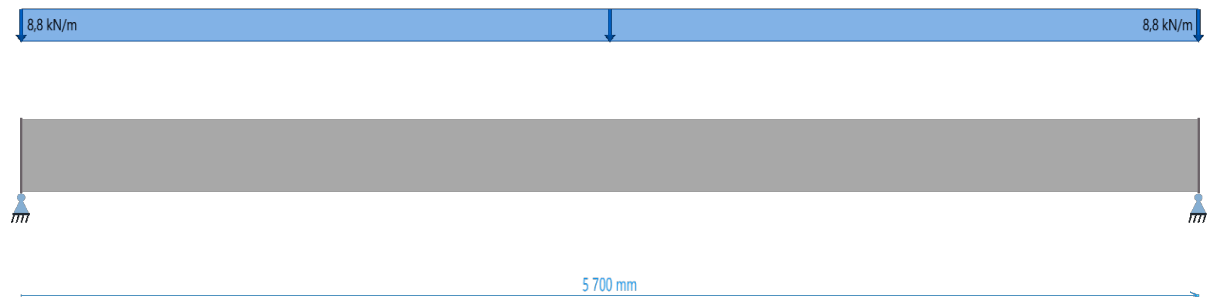
$L_{bd,2}$  : Forankringsfaktor i slutten av armeringslaget.



## Lasttilfeller

### Egenvekt

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$	$x_2$	$q_{z1}$	$q_{z2}$
		[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
1	1	1	0	0	8,8

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

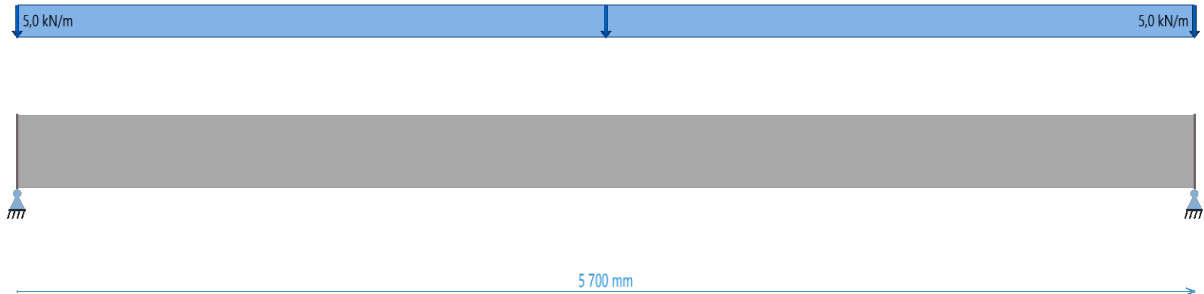
$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

### Vått påstøp

Kategori	Kategori	Brukerdefinert
----------	----------	----------------

Vedlegg D.8 - Innledende kontroll av  
plattendecke ISY Design

Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja

*Linjelaster*

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	1	1	0	0	5,0

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

 $x_1$  : Avstand fra start staven. $x_2$  : Avstand fra slutt staven. $q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning $q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

## Lastkombinasjoner

### Ingen dominerende lasttilfeller (STR 6.10a)

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,35	1,00	1,00	100
Vått påstøp	Variabel totalt	1,50	0,00	1,00	100

### Vått påstøp er dominerende (STR 6.10b)

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Vått påstøp	Variabel totalt	1,50	0,00	1,00	100

### Ingen dominerende (Tilnærmet permanent 6.16)

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Tilnærmet permanent)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Vått påstøp	Variabel totalt	1,00	0,00	1,00	100

### Vått påstøp er dominerende (Karakteristisk 6.14)

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Karakteristisk)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Vått påstøp	Variabel totalt	1,00	0,00	1,00	100

### Vått påstøp er dominerende (Ofte forekommende 6.15)

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Vått påstøp	Variabel totalt	1,00	0,00	1,00	100

Lasttilfelle : Lasttilfelle

Lasttype : Kombinasjonskriterium for lasttilfellet.

$\gamma_{sup}$  : Største lastfaktor.

$\gamma_{inf}$  : Minste lastfaktor.

$\psi$  : Faktor for lastpåvirking.

Langtidsandel : Andel langtidslast  $\psi_2/\psi$ .

## Sammendragsresultater

Id	Bruddgrense				Bruksgrense					
	$x$ [mm]	$U_{tn_{M,max}}$ [mm]	$x$ [mm]	$U_{tn_{M,min}}$ [mm]	Skjærutn	Rissutn	$U_{tn} - \sigma$	$U_{tn_{\delta,z}}$	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]
1	285	0,18	285	?	0,31	0,09	0,16	0,32	9,2	0,0

Id : Staven sin id.

$x$  : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.

$U_{tn_{M,max}}$  : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

$x$  : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.

$U_{tn_{M,min}}$  : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

Skjærutn : Skjærutnyttelse ved største momentutnyttelse for positive moment.

Rissutn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

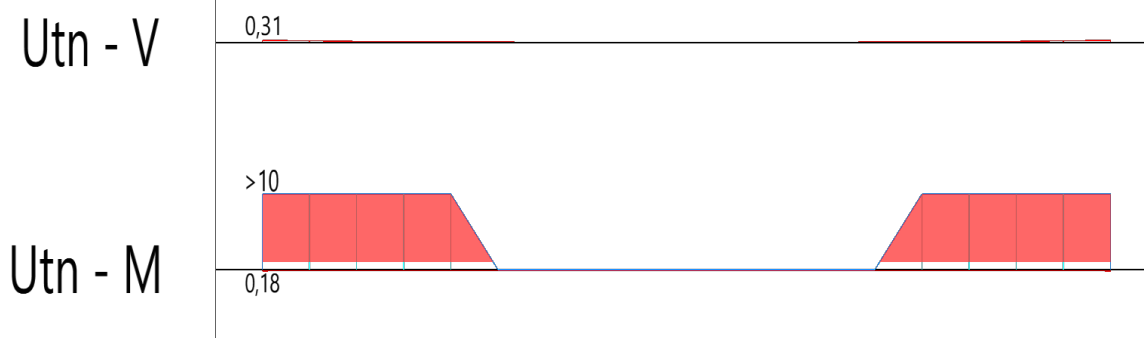
$U_{tn} - \sigma$  : Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

$U_{tn_{\delta,z}}$  : Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav.

$\delta_{z,max}$  : Største forskyvning nedover fra laster i z-retning.

$\delta_{z,min}$  : Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.

## Bruddgrense



### Sammendrag

x [mm]	Maks moment		Min moment		Skjærkapasitet				
	Utn <sub>M,max</sub>	M <sub>kapasitet</sub>	x	Utn <sub>M,min</sub>	M <sub>kapasitet</sub>	x	Skjærutn	V <sub>Rd,trykk</sub>	V <sub>Rd,strekk</sub>
	[kNm]	[kNm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[mm]		[kN]	[kN]
285	0,18	162	285	?	-	285	0,31	1 595	160

- x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.
- Utn<sub>M,max</sub> : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- M<sub>kapasitet</sub> : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.
- x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.
- Utn<sub>M,min</sub> : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- M<sub>kapasitet</sub> : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.
- x : X-koordinaten til noden med maks skjærutnyttelse.
- Skjærutn : Maks skjærutnyttelse for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- V<sub>Rd,trykk</sub> : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.
- V<sub>Rd,strekk</sub> : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.

### Maks moment

Id	x [mm]	M <sub>Ed,G</sub> [kNm]	M <sub>Ed,Q</sub> [kNm]	M <sub>dim</sub> [kNm]	Utn	M <sub>kapasitet</sub> [kNm]	ε <sub>c</sub> [%]	ε <sub>s</sub> [%]	ε <sub>cc</sub> [%]
1	285	15	0	29	0,18	162	-0,52	0,42	-0,14

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.
- M<sub>Ed,G</sub> : Langtidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.
- M<sub>Ed,Q</sub> : Korttidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.
- M<sub>dim</sub> : Dimensjonerende moment ved største momentutnyttelse for positive moment.
- Utn : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- M<sub>kapasitet</sub> : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.
- ε<sub>c</sub> : Maks betongtøyning ved største momentutnyttelse for positive moment.
- ε<sub>s</sub> : Maks armeringstøyning ved største momentutnyttelse for positive moment.
- ε<sub>cc</sub> : Største kryptøyning i betongen ved største momentutnyttelse for positive moment.



## Min moment

Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	$M_{dim}$ [kNm]	Utn	$M_{kapasitet}$ [kNm]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	$\epsilon_{cc}$ [‰]
1	285	-12	0	0	0	?	-	-	-

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.
- $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.
- $M_{Ed,Q}$  : Korttidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.
- $M_{dim}$  : Dimensjonerende moment ved største momentutnyttelse for negative moment.
- Utn : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.
- $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved største momentutnyttelse for negative moment.
- $\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved største momentutnyttelse for negative moment.
- $\epsilon_{cc}$  : Største kryptøyning i betongen ved største momentutnyttelse for negative moment.

## Skjærkapasitet

Id	x [mm]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Ed,Red}$ [kN]	Utn	Behov?	$U_{tn,trykk,wo}$	$U_{tn,strekk,wo}$	$A_{sw,statisk}$ [mm <sup>2</sup> /m]
1	285	50	49	0,31	Nei	0,03	0,31	0

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med maks skjærutnyttelse.
- $V_{Ed}$  : Skjærkraft ved maks skjærutnyttelse.
- $V_{Ed,Red}$  : Redusert skjærkraft ved maks skjærutnyttelse.
- Utn : Maks skjærutnyttelse for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- Behov? : En sjekk på om det er beregningsmessig behov for skjærarmering ved maks skjærutnyttelse.
- $U_{tn,trykk,wo}$  : Skjærtrykkutnyttelse i z-retning uten armering ved maks skjærutnyttelse.
- $U_{tn,strekk,wo}$  : Skjærstrekkutnyttelse i z-retning uten armering ved maks skjærutnyttelse.
- $A_{sw,statisk}$  : Statisk nødvendig skjærarmering i z-retning ved maks skjærutnyttelse.

## Stavdata

### Minimumsarmering

Id	x [mm]	$A_{s,min,topp}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,bunn}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,b}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,t}$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{ms,p}$ [mm]	$S_{ms,p,avtrappe}$ [mm]	Fri avstand	$A_{sw,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sw,bøy,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,tmin}$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{ms,s}$ [mm]	$S_{ms,s,avtrappet}$ [mm]
1		-	528	14 000	<b>1 608</b>	<b>1 608</b>	<b>250</b>	400	Godkjent	1 342	1 342	2 145	400	450

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden.

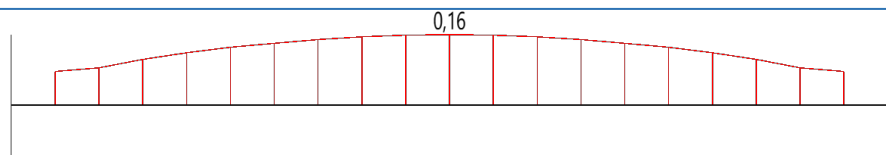
Id	x [mm]	$A_{s,min,topp}$	$A_{s,min,bunn}$	$A_{s,max}$	$A_{s,min,b}$	$A_{s,min,t}$	$S_{ms,p}$	$S_{ms,p,avtrappet}$	Fri avstand	$A_{sw,min}$	$A_{sw,bøy,min}$	$A_{s,tmin}$	$S_{ms,s}$	$S_{ms,s,avtrappet}$
		[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]		[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]
$A_{s,min,topp}$		: Minste tillatte strekkarmeringsareal i overkant. Kun relevant ved strekk i overkant. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(1).												
$A_{s,min,bunn}$		: Minste tillatte strekkarmeringsareal i underkant. Kun relevant ved strekk i underkant. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(1).												
$A_{s,max}$		: Største tillatte armeringsareal i lengderetning. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(1).												
$A_{s,min,b}$		: Halvparten av den beregnede (nødvendige) underkantarmingen i feltet skal fortsette frem til opplegg. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.2(1).												
$A_{s,min,t}$		: Halvparten av den beregnede (nødvendige) overkantarmingen i feltet skal fortsette frem til opplegg. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.2(1).												
$S_{ms,p}$		: Største senteravstand for strekkarmering. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3): Største tillatte senteravstand mellom hovedarmingen under maksimal last.												
$S_{ms,p,avtrappet}$		: Største senteravstand for trykkarmering i underkant. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3): Største tillatte senteravstand mellom avtrappet hovedarmering.												
Fri avstand		: Fri avstand mellom lengdearmingsjern. Se EN 1992-1-1: 8.2 (slakkarmering) og 8.10.1 (spennarmering).												
$A_{sw,min}$		: Minste tillatte skjærarmingsareal per bjelkelengde. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(5).												
$A_{sw,bøy,min}$		: Minste tillatte bøyleareal per bjelkelengde. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(5).												
$A_{s,tmin}$		: Minste tillatte fordelingsarmeringsareal. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(2)												
$S_{ms,s}$		: Største tillatte senteravstand mellom fordelingsarmingen under maksimal last. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3).												
$S_{ms,s,avtrappet}$		: Største tillatte senteravstand mellom avtrappet fordelingsarmering. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3).												

## Minimumsarmering

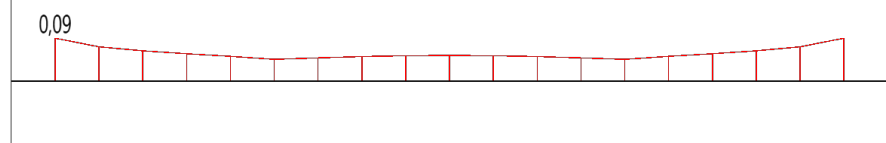


## Bruksgrense

### Utn - Spenning



### Utn - Rissvidde



## Sammendrag

x	Rissvidde		Spenning			Forskyvninger					
	Rissutn [mm]	$W_k$ [mm]	x [mm]	Utn - $\sigma$ [mm]	Utn $_{\delta,z}$ [mm]	$\delta_{max,z}$ [mm]	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,G,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]	$\delta_{z,G,min}$ [mm]	
	285	0,09	0,03	2 850	0,16	0,32	28,5	9,2	9,2	0,0	0,0

- x : X-koordinaten til noden med maks rissutnyttelse.
- Rissutn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
- $W_k$  : Rissvidde ved maks rissutnyttelse.
- x : X-koordinaten til noden med maks spenningsutnyttelse.
- Utn -  $\sigma$  : Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
- Utn $_{\delta,z}$  : Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav.
- $\delta_{max,z}$  : Kritisk krav til forskyvninger i z-retning.
- $\delta_{z,max}$  : Største forskyvning nedover fra laster i z-retning.
- $\delta_{z,G,max}$  : Største forskyvning nedover fra langtid alene i z-retning.
- $\delta_{z,min}$  : Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.
- $\delta_{z,G,min}$  : Største forskyvning oppover fra langtid alene i z-retning.

## Rissviddebegrensning

Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	Lasttype	Utn	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	$w_{max}$ [mm]	$W_k$ [mm]	$S_{r,max}$ [mm]	$A_{s,min}$ [mm <sup>2</sup> ]
1	285	11	0	Tilnærmet permanent	0,09	-0,36	0,15	0,36	0,03	384	508

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med maks rissutnyttelse.
- $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved maks rissutnyttelse.
- $M_{Ed,Q}$  : Kortidsmoment om y-aksen ved maks rissutnyttelse.
- Lasttype : Typen last som er påført ved maks rissutnyttelse.
- Utn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
- $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved maks rissutnyttelse.
- $\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved maks rissutnyttelse.
- $w_{max}$  : Grenseverdi for karakteristisk rissvidde.
- $W_k$  : Rissvidde ved maks rissutnyttelse.
- $S_{r,max}$  : Største rissavstand ved maks rissutnyttelse.
- $A_{s,min}$  : Tverrsnittsarealet av minimumsarmeringen i strekksone.

## Spenningsbegrensning

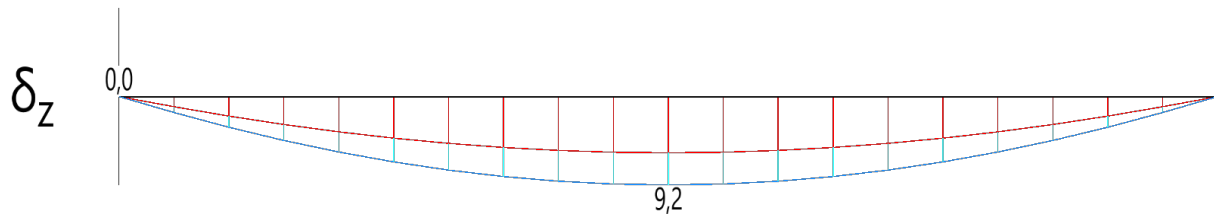
Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	Lasttype	Utn - $\sigma_c$	Utn - $\sigma_s$	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_{c,limit}$ [MPa]	$\sigma_{s,limit}$ [MPa]
1	2 850	56	0	Tilnærmet permanent	0,16	0,06	-4	23	-27	400

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med maks spenningsutnyttelse.

Vedlegg D.8 - Innledende kontroll av  
plattendecke ISY Design

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	Lasttype	$U_{tn} - \sigma_c$	$U_{tn} - \sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_{c,limit}$	$\sigma_{s,limit}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]				[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
$M_{Ed,G}$		: Langtidsmoment om y-aksen ved maks spenningsutnyttelse.								
$M_{Ed,Q}$		: Kortidsmoment om y-aksen ved maks spenningsutnyttelse.								
Lasttype		: Typen last som er påført ved maks spenningsutnyttelse.								
$U_{tn} - \sigma_c$		: Spenningsutnyttelse i betongen ved maks spenningsutnyttelse.								
$U_{tn} - \sigma_s$		: Spenningsutnyttelse i armeringen ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_c$		: Maks betongspenning ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_s$		: Maks armeringsspenning ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_{c,limit}$		: Største tillatte betongspenning i bruksgrense for karakteristiske laster ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_{s,limit}$		: Største tillatte slakkarmeringsspenning i bruksgrense for karakteristiske laster ved maks spenningsutnyttelse.								

## Forskyvninger



## Mengder

Volum av betongdekker	$V_{c,flens}$	1,94 m <sup>3</sup>
Betongmasse	$m_c$	4 644 kg
Armeringsmasse	$m_s$	470 kg
Lengste armeringsjern (ekskl. bøyer)	$L_{s,max}$	5 580 mm

## Armeringsmengde

$\Phi$	$L_s$	$m_s$
[mm]	[mm]	[kg]
32	74 400	470

 $\Phi$  : Diameter. $L_s$  : Løpemeteter. $m_s$  : Masse.

## Feilmeldinger

✘	Momentkapasiteten kunne ikke beregnes fordi det mangler armering på strekksiden.
✘	Største senteravstand for strekkarmering er ikke tilfredsstillt (10 feil)
✘	Momentutnyttelse er overskredet. (10 feil)
✘	Kravet til armeringsmengde som skal fortsette ut til opplegg er ikke tilfredsstillt (3 feil)
✘	Kravet til armeringsmengde som skal fortsette ut til opplegg er ikke tilfredsstillt (11 feil)

# Vedlegg D.9 - Jevnt fordelt last ISY Design

Modul	Betongbjelke versjon 2.1.0 Dekke
Standard	Beregnet med EN 1990, EN 1991-1-1 og EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Anders Træland

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 15:28)**

## Beregningsinnstillinger

Element per felt	20	Inkluder trykkarmering	Ja
$\cot(\theta)$	1,00	$L/x, x_z$	200
$\delta_{\max,z}$	-	Kont. def. for tilnærmet permanent	Ja
Kont. def. for ofte forekommende	Ja	Kont. def. for karakteristisk	Ja

## Materiale

### Materialdata

Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Tyngdetetthet	$\gamma$	24 kN/m <sup>3</sup>
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja
Sikkerhetsfaktor	$K_{fi}$	1,00

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{\max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{\max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	0 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	50 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
EkspONENT n i arbeidsdiagrammet	n	2,00

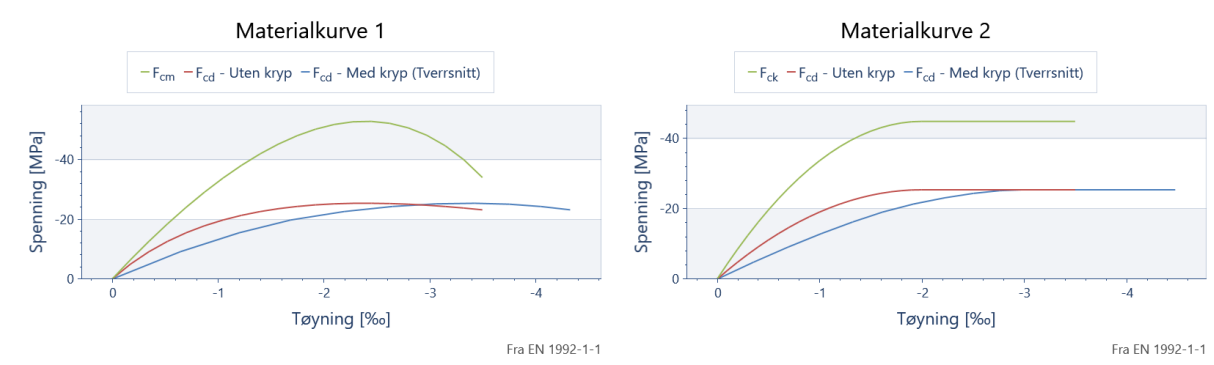
### Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 ‰
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittshengige materialdata

### Tverrsnitt

Kryptallet	$\Phi$	1,23
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,73 GPa
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,24 ‰



## Geometri

### Staver

**ID**   **Lengde**   **Tverrsnitt**  
**[mm]**

1	1 500	Tverrsnitt
2	7 000	Tverrsnitt
3	7 000	Tverrsnitt
4	7 000	Tverrsnitt
5	7 000	Tverrsnitt
6	7 000	Tverrsnitt
7	7 000	Tverrsnitt
8	1 500	Tverrsnitt

ID : Staven sin ID.

Lengde : Lengden av staven

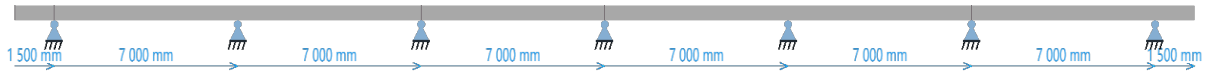
Tverrsnitt : Tverrsnittet til staven.

### Knutepunkter

ID	x [mm]	Opplager	b [mm]	$\Delta l$ [mm]
1		0 (Ingen)		0
2	1 500	Fritt opplegg	1 600	0
3	8 500	Fritt opplegg	1 600	0
4	15 500	Fritt opplegg	1 600	0
5	22 500	Fritt opplegg	1 600	0
6	29 500	Fritt opplegg	1 600	0
7	36 500	Fritt opplegg	1 600	0
8	43 500	Fritt opplegg	1 600	0
9	45 000	(Ingen)		0

ID : Knutepunktets ID.

ID	x [mm]	Opplager	b [mm]	$\Delta l$ [mm]
x		: Knutepunktet sin x-koordinat.		
Opplager		: Opplageret til dette knutepunktet.		
b		: Bredden til opplageret.		
$\Delta l$		: Forlengelse av stav over opplegg.		



## Tverrsnitt

### Tverrsnitt

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Dekke
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	550 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	1 000 mm
Areal	Areal	550 000 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	2 000 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	37 812 500 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	13 864 583 333 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)
Avstand til akse i y-retning	$\Delta y$	0 mm
Avstand til akse i z-retning	$\Delta z$	0 mm

Bredde	b	1 000 mm
Tykkelse	t	550 mm





## Oppleggstyper

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
(Ingen)		
Innspent	$\infty$	$\infty$
Fritt opplegg	$\infty$	

Navn : Navnet på dette opplegget

$K_z$  : Fjærkonstant for forskyvning i z-retning. (Uendelig hvis fullt innspent.)

$K_{\theta,y}$  : Fjærkonstant for rotasjon om y-aksen. (Uendelig hvis fullt innspent.)

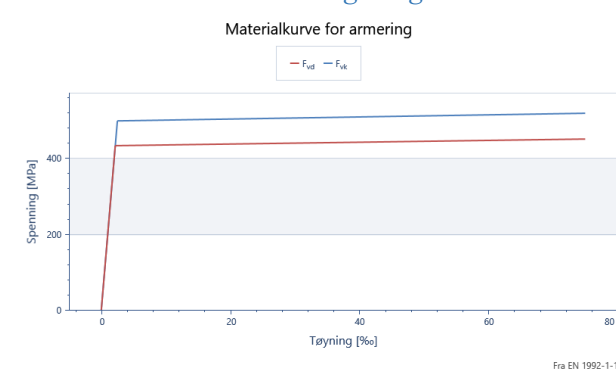
## Armering

### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Massetetthet	$\rho$	7 850 kg/m <sup>3</sup>
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 ‰
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 ‰
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 ‰
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

#### Slakkarmering - Figur



### Armeringslag

Senteravstand $\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$y_1$ [mm]	$y_2$ [mm]	$z$ [mm]	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$	
150	32	2 Slakkarmering	60	44	940	-500	500	-192	0,00	0,00
150	32	1 Slakkarmering	60	44	940	-500	500	199	0,00	0,00

Senteravstand : Senteravstanden mellom jernene i dette laget.

$\Phi$  : Diameteren til det enkelte jern.

## Vedlegg D.9 - Jevnt fordelt last ISY Design

Senteravstand $\Phi$	# jern / Materiale bunt	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$z$	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

$x_1$  : Startposisjonen til lengdearmeringen.

$x_2$  : Sluttposisjonen til lengdearmeringen.

$y_1$  : Horisontal start koordinat for lengdearmeringen.

$y_2$  : Horisontal slutt koordinat for lengdearmeringen.

$z$  : Lengdearmeringen sin z-koordinat.

$L_{bd,1}$  : Forankringsfaktor i starten av armeringslaget.

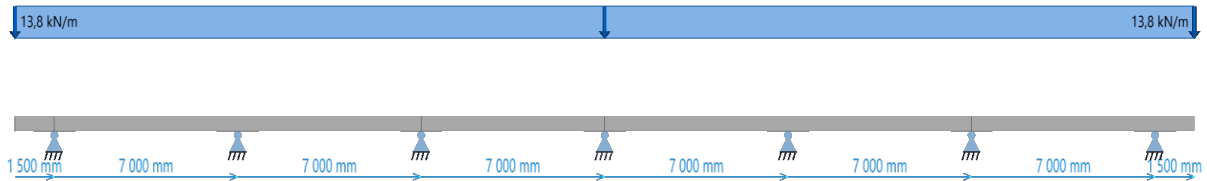
$L_{bd,2}$  : Forankringsfaktor i slutten av armeringslaget.



## Lasttilfeller

### Egenvekt

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	8	0	0	13,8	13,8

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

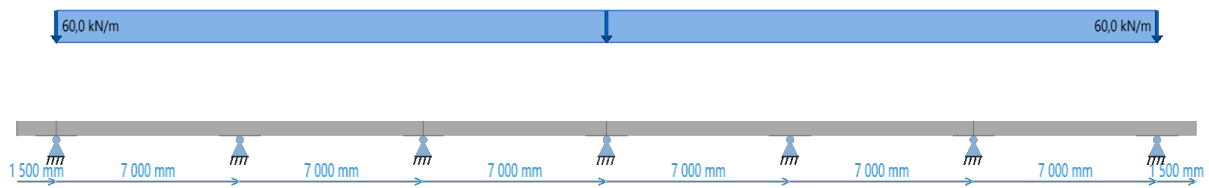
$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

### Jevnt fordelt

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
2	7	7	0	0	60,0

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

## Lastkombinasjoner

### Ingen dominerende lasttilfeller (STR 6.10a)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype		Bruddgrense (STR)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,35	1,00	1,00	100
Jevnt fordelt	Variabel feltvis	1,50	0,00	0,70	43

### Jevnt fordelt er dominerende (STR 6.10b)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype		Bruddgrense (STR)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Jevnt fordelt	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30

### Ingen dominerende (Tilnærmet permanent 6.16)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype		Bruksgrense (Tilnærmet permanent)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Jevnt fordelt	Variabel totalt	1,00	0,00	0,30	100

### Jevnt fordelt er dominerende (Karakteristisk 6.14)

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Karakteristisk)
----------------	----------------	------------------------------

# Vedlegg D.10 - Punktlast last ISY Design

Modul	Betongbjelke versjon 2.1.0 Dekke
Standard	Beregnet med EN 1990, EN 1991-1-1 og EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Anders Træland

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 15:34)**

## Beregningsinnstillinger

Element per felt	20	Inkluder trykkarmering	Ja
$\cot(\theta)$	1,00	$L/x, x_z$	200
$\delta_{\max,z}$	-	Kont. def. for tilnærmet permanent	Ja
Kont. def. for ofte forekommende	Ja	Kont. def. for karakteristisk	Ja

## Materiale

### Materialdata

Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Tyngdetetthet	$\gamma$	24 kN/m <sup>3</sup>
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja
Sikkerhetsfaktor	$K_{fi}$	1,00

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{\max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{\max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	0 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	50 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
EkspONENT n i arbeidsdiagrammet	n	2,00

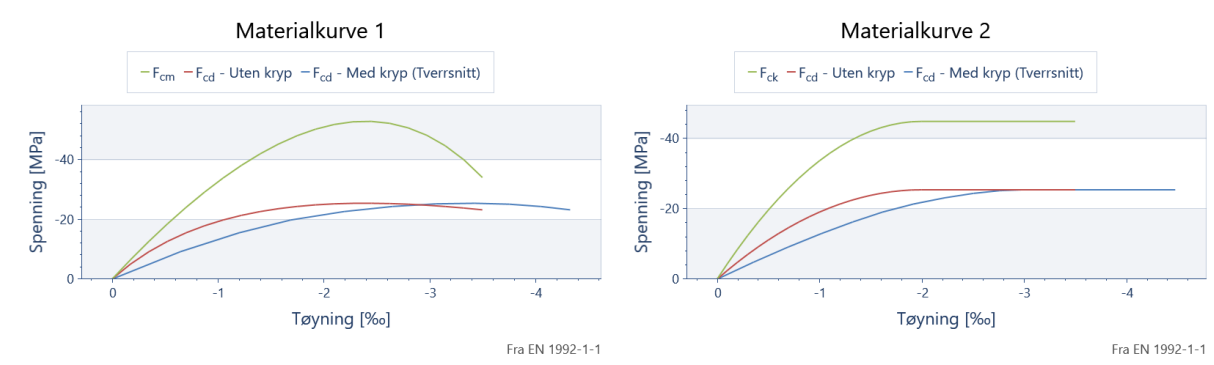
### Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 ‰
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittshengige materialdata

## Tverrsnitt

Kryptallet	$\Phi$	1,23
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,73 GPa
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,24 ‰



## Geometri

## Staver

**ID**   **Lengde**   **Tverrsnitt**  
[mm]

1	1 500	Tverrsnitt
2	7 000	Tverrsnitt
3	7 000	Tverrsnitt
4	7 000	Tverrsnitt
5	7 000	Tverrsnitt
6	7 000	Tverrsnitt
7	7 000	Tverrsnitt
8	1 500	Tverrsnitt

ID : Staven sin ID.

Lengde : Lengden av staven

Tverrsnitt : Tverrsnittet til staven.

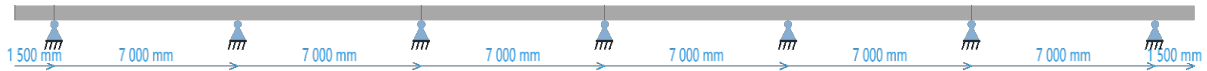
## Knutepunkter

ID	x	Opplager	b	$\Delta l$
	[mm]		[mm]	[mm]
1		0 (Ingen)		0
2	1 500	Fritt opplegg	1 600	0
3	8 500	Fritt opplegg	1 600	0
4	15 500	Fritt opplegg	1 600	0
5	22 500	Fritt opplegg	1 600	0
6	29 500	Fritt opplegg	1 600	0
7	36 500	Fritt opplegg	1 600	0
8	43 500	Fritt opplegg	1 600	0
9	45 000	(Ingen)		0

ID : Knutepunktets ID.

ID	x	Opplager	b	$\Delta l$
	[mm]		[mm]	[mm]

- x : Knutepunktet sin x-koordinat.  
 Opplager : Opplageret til dette knutepunktet.  
 b : Bredden til opplageret.  
 $\Delta l$  : Forlengelse av stav over opplegg.



## Tverrsnitt

### Tverrsnitt

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Dekke
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	550 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	1 000 mm
Areal	Areal	550 000 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	2 000 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	37 812 500 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	13 864 583 333 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)
Avstand til akse i y-retning	$\Delta y$	0 mm
Avstand til akse i z-retning	$\Delta z$	0 mm

Bredde	b	1 000 mm
Tykkelse	t	550 mm





## Oppleggstyper

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
(Ingen)		
Innspent	$\infty$	$\infty$
Fritt opplegg	$\infty$	

Navn : Navnet på dette opplegget

$K_z$  : Fjærkonstant for forskyvning i z-retning. (Uendelig hvis fullt innspent.)

$K_{\theta,y}$  : Fjærkonstant for rotasjon om y-aksen. (Uendelig hvis fullt innspent.)

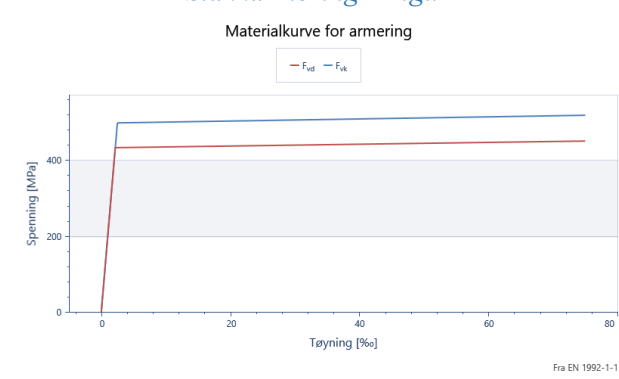
## Armering

### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Massetetthet	$\rho$	7 850 kg/m <sup>3</sup>
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 ‰
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 ‰
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 ‰
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

#### Slakkarmering - Figur



### Armeringslag

Senteravstand $\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$y_1$ [mm]	$y_2$ [mm]	$z$ [mm]	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$	
150	32	2 Slakkarmering	60	44	940	-500	500	-192	0,00	0,00
150	32	1 Slakkarmering	60	44	940	-500	500	199	0,00	0,00

Senteravstand : Senteravstanden mellom jernene i dette laget.

$\Phi$  : Diameteren til det enkelte jern.

## Vedlegg D.10 - Punktlast last ISY Design

Senteravstand $\Phi$	# jern / bunt	Materiale	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$z$	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

$x_1$  : Startposisjonen til lengdearmeringen.

$x_2$  : Sluttposisjonen til lengdearmeringen.

$y_1$  : Horisontal start koordinat for lengdearmeringen.

$y_2$  : Horisontal slutt koordinat for lengdearmeringen.

$z$  : Lengdearmeringen sin z-koordinat.

$L_{bd,1}$  : Forankringsfaktor i starten av armeringslaget.

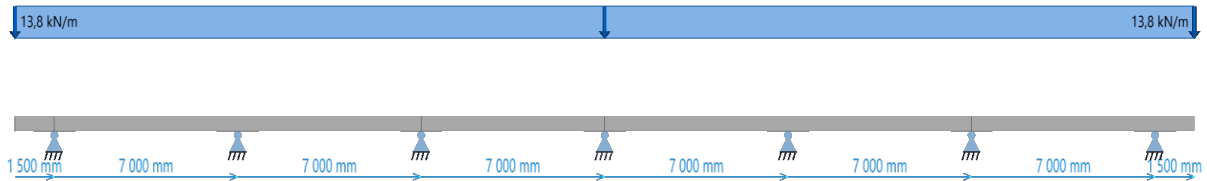
$L_{bd,2}$  : Forankringsfaktor i slutten av armeringslaget.



## Lasttilfeller

### Egenvekt

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	8	0	0	13,8	13,8

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

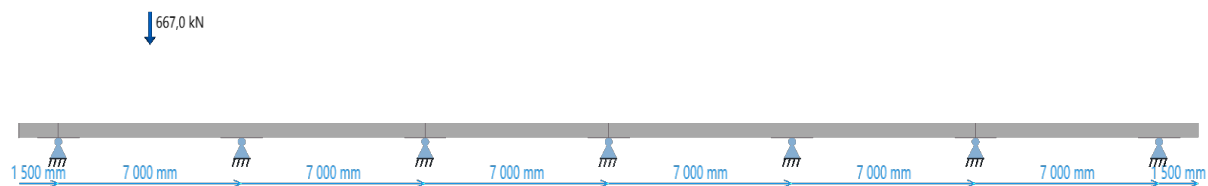
$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

### Punktlast

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja



### Punktlaster

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
2	3 500	667,0	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

## Lastkombinasjoner

### Ingen dominerende lasttilfeller (STR 6.10a)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype			Bruddgrense (STR)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel	
Egenvekt	Permanent	1,35	1,00	1,00	100	
Punktlast	Variabel totalt	1,50	0,00	0,70	43	

### Punktlast er dominerende (STR 6.10b)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype			Bruddgrense (STR)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel	
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100	
Punktlast	Variabel totalt	1,50	0,00	1,00	30	

### Ingen dominerende (Tilnærmet permanent 6.16)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype			Bruksgrense (Tilnærmet permanent)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel	
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100	
Punktlast	Variabel totalt	1,00	0,00	0,30	100	

### Punktlast er dominerende (Karakteristisk 6.14)

Lasttilfelle	Lasttype	Beregningstype			Bruksgrense (Karakteristisk)	
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel	
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100	
Punktlast	Variabel totalt	1,00	0,00	1,00	30	

## Punktlast er dominerende (Ofte forekommende 6.15)

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Punktlast	Variabel totalt	1,00	0,00	0,50	60

Lasttilfelle : Lasttilfelle

Lasttype : Kombinasjonskriterium for lasttilfellet.

$\gamma_{sup}$  : Største lastfaktor.

$\gamma_{inf}$  : Minste lastfaktor.

$\psi$  : Faktor for lastpåvirking.

Langtidsandel : Andel langtidslast  $\psi_2/\psi$ .

## Sammendragresultater

Id	x [mm]	Bruddgrense				Bruksgrense					
		$U_{tn_{M,max}}$ [mm]	x [mm]	$U_{tn_{M,min}}$	Skjærutn	Rissutn	$U_{tn} - \sigma$	$U_{tn_{\delta,z}}$	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]	
1	350	0,00	70	0,06	0,02	0,02	0,01	<b>1,68</b>	0,0	-12,6	
2	5 000	0,77	7 700	0,36	<b>1,87</b>	0,37	0,77	0,53	18,6	0,0	
3	9 300	0,08	9 300	0,64	0,49	0,33	0,48	0,19	0,7	-6,5	
4	16 300	0,08	21 700	0,05	0,22	0,06	0,06	0,08	2,7	0,0	
5	25 663	0,02	23 300	0,07	0,15	0,07	0,06	0,02	0,8	-0,2	
6	32 325	0,02	35 363	0,04	0,14	0,06	0,04	0,02	0,7	0,0	
7	41 013	0,03	37 638	0,04	0,16	0,06	0,03	0,05	1,6	0,0	
8	44 650	0,00	44 930	0,06	0,02	0,02	0,01	0,13	0,0	-1,0	

Id : Staven sin id.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.

$U_{tn_{M,max}}$  : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.

$U_{tn_{M,min}}$  : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

Skjærutn : Skjærutnyttelse ved største momentutnyttelse for positive moment.

Rissutn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

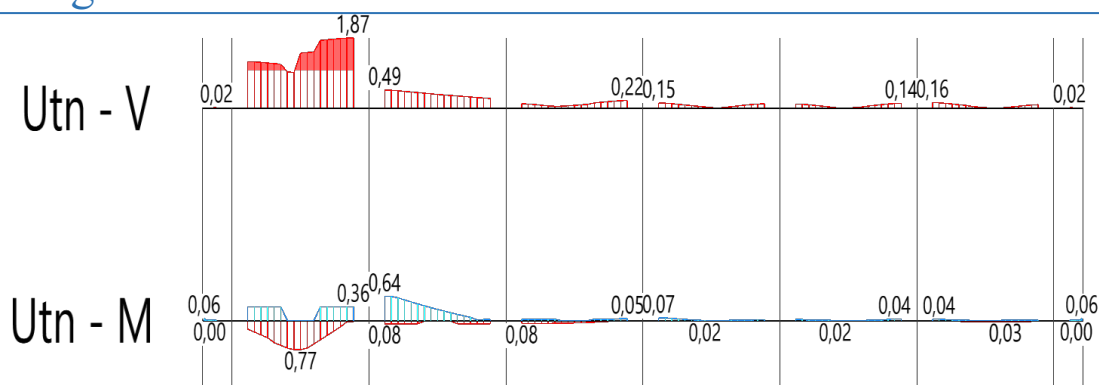
$U_{tn} - \sigma$  : Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

$U_{tn_{\delta,z}}$  : Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav.

$\delta_{z,max}$  : Største forskyvning nedover fra laster i z-retning.

$\delta_{z,min}$  : Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.

## Bruddgrense



### Sammendrag

x [mm]	Maks moment		x [mm]	Min moment		x [mm]	Skjærkapasitet		
	$U_{tn,M,max}$	$M_{kapasitet}$		$U_{tn,M,min}$	$M_{kapasitet}$		Skjærutn	$V_{Rd,trykk}$	$V_{Rd,strekk}$
	[kNm]	[kNm]		[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	
350	0,00	379	70	0,06	-11	700	0,02	2 716	233
5 000	0,77	1 888	7 700	0,36	-1 002	7 700	<b>1,87</b>	2 739	348
9 300	0,08	1 888	9 300	0,64	-1 002	9 300	0,49	2 739	348
16 300	0,08	1 886	21 700	0,05	-1 001	21 700	0,22	2 739	348
25 663	0,02	1 894	23 300	0,07	-1 001	23 300	0,15	2 739	348
32 325	0,02	1 895	35 363	0,04	-1 002	35 700	0,14	2 739	348
41 013	0,03	1 894	37 638	0,04	-1 001	37 300	0,16	2 739	348
44 650	0,00	379	44 930	0,06	-11	44 300	0,02	2 716	233

- x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.
- $U_{tn,M,max}$  : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.
- x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.
- $U_{tn,M,min}$  : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.
- x : X-koordinaten til noden med maks skjærutnyttelse.
- Skjærutn : Maks skjærutnyttelse for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- $V_{Rd,trykk}$  : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.
- $V_{Rd,strekk}$  : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.

### Maks moment

Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	$M_{dim}$ [kNm]	Utn	$M_{kapasitet}$ [kNm]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	$\epsilon_{cc}$ [‰]
1	350	1	0	1	0,00	379	-0,02	0,01	0,00
2	5 000	471	979	1 451	0,77	1 888	-1,71	1,72	-0,22
3	9 300	55	105	160	0,08	1 888	-0,35	0,18	0,00
4	16 300	29	113	142	0,08	1 886	-0,33	0,16	0,00
5	25 663	38	0	39	0,02	1 894	-0,12	0,05	0,00
6	32 325	32	3	37	0,02	1 895	-0,11	0,04	0,00
7	41 013	59	0	61	0,03	1 894	-0,19	0,07	0,00

## Vedlegg D.10 - Punktlast last ISY Design

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	$M_{dim}$	Utn	$M_{kapasitet}$	$\epsilon_c$	$\epsilon_s$	$\epsilon_{cc}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kNm]	[%]	[%]	[%]
8	44 650	1	0	1	0,00	379	-0,02	0,01	0,00

- Id : Staven sin id.  
x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.  
 $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $M_{Ed,Q}$  : Kortidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $M_{dim}$  : Dimensjonerende moment ved største momentutnyttelse for positive moment.  
Utn : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.  
 $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $\epsilon_{cc}$  : Største kryptøyning i betongen ved største momentutnyttelse for positive moment.

## Min moment

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	$M_{dim}$	Utn	$M_{kapasitet}$	$\epsilon_c$	$\epsilon_s$	$\epsilon_{cc}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kNm]	[%]	[%]	[%]
1	70	0	0	-1	0,06	-11	-0,20	0,20	0,00
2	7 700	-118	-245	-363	0,36	-1 002	-0,51	0,83	0,00
3	9 300	-218	-421	-639	0,64	-1 002	-0,81	1,45	-0,06
4	21 700	-38	-9	-51	0,05	-1 001	-0,10	0,12	0,00
5	23 300	-44	-17	-71	0,07	-1 001	-0,14	0,17	0,00
6	35 363	-26	0	-43	0,04	-1 002	-0,08	0,10	0,00
7	37 638	-18	-1	-38	0,04	-1 001	-0,07	0,09	0,00
8	44 930	0	0	-1	0,06	-11	-0,20	0,20	0,00

- Id : Staven sin id.  
x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.  
 $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $M_{Ed,Q}$  : Kortidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $M_{dim}$  : Dimensjonerende moment ved største momentutnyttelse for negative moment.  
Utn : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.  
 $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $\epsilon_{cc}$  : Største kryptøyning i betongen ved største momentutnyttelse for negative moment.

## Skjærkapasitet

Id	x	$V_{Ed}$	$V_{Ed,Red}$	Utn	Behov?	$Utn_{trykk,wo}$	$Utn_{strek,wc}$	$A_{sw,statisk}$
	[mm]	[kN]	[kN]					[mm <sup>2</sup> /m]
1	700	-13	-6	0,02	Nei	0,00	0,02	0
2	7 700	-654	-649	<b>1,87</b>	Ja	0,24	1,87	3 420

Id	x [mm]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Ed,Red}$ [kN]	U <sub>tn</sub>	Behov?	U <sub>tn,trykk,wo</sub>	U <sub>tn,strekk,wo</sub>	$A_{sw,statisk}$ [mm <sup>2</sup> /m]
3	9 300	174	170	0,49	Nei	0,06	0,49	0
4	21 700	-80	-75	0,22	Nei	0,03	0,22	0
5	23 300	57	52	0,15	Nei	0,02	0,15	0
6	35 700	-55	-49	0,14	Nei	0,02	0,14	0
7	37 300	60	55	0,16	Nei	0,02	0,16	0
8	44 300	13	6	0,02	Nei	0,00	0,02	0

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med maks skjærutnyttelse.
- $V_{Ed}$  : Skjærkraft ved maks skjærutnyttelse.
- $V_{Ed,Red}$  : Redusert skjærkraft ved maks skjærutnyttelse.
- U<sub>tn</sub> : Maks skjærutnyttelse for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.
- Behov? : En sjekk på om det er beregningsmessig behov for skjærarmering ved maks skjærutnyttelse.
- U<sub>tn,trykk,wo</sub> : Skjærtrykkutnyttelse i z-retning uten armering ved maks skjærutnyttelse.
- U<sub>tn,strekk,wo</sub> : Skjærstrekkutnyttelse i z-retning uten armering ved maks skjærutnyttelse.
- $A_{sw,statisk}$  : Statisk nødvendig skjærarmering i z-retning ved maks skjærutnyttelse.

## Stavdata

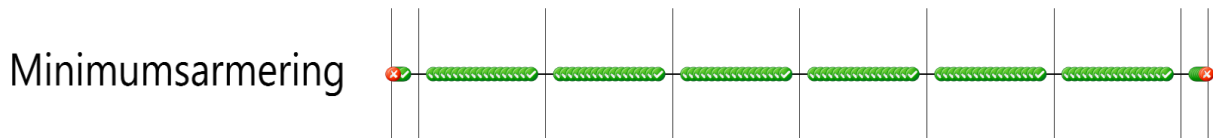
### Minimumsarmering

Id	x [mm]	$A_{s,min,topp}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,bunn}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,b}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,t}$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{ms,p}$ [mm]	$S_{ms,p,avtrappet}$ [mm]	Fri avstand	$A_{sw,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sw,bøy,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{s,tmin}$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{ms,s}$ [mm]	$S_{ms,s,avtrappet}$ [mm]
1		936	922	22 000	503	479	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
2		936	922	22 000	4 356	914	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
3		936	922	22 000	503	1 676	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
4		936	922	22 000	503	479	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
5		936	922	22 000	503	479	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
6		936	922	22 000	503	479	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
7		936	922	22 000	503	479	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450
8		936	922	22 000	503	479	250	400	Godkjent	1 342	1 342	3 217	400	450

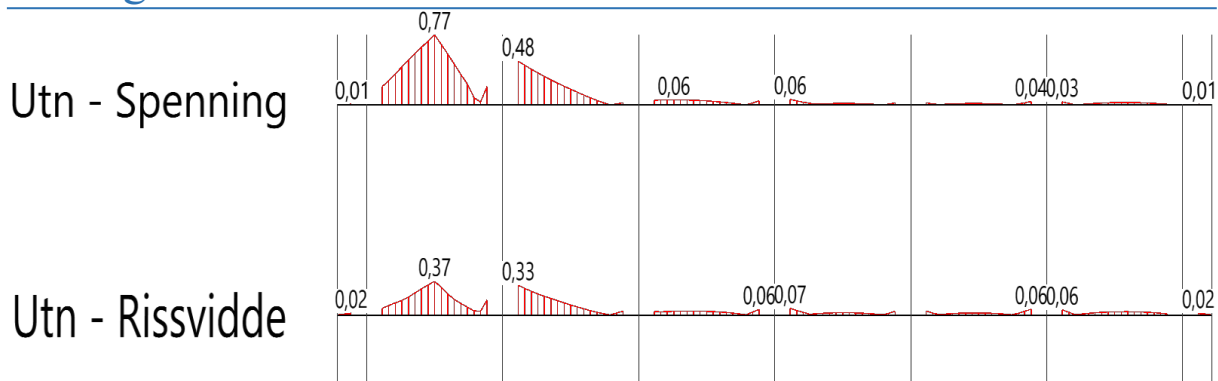
- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden.
- $A_{s,min,topp}$  : Minste tillatte strekkarmeringsareal i overkant. Kun relevant ved strekk i overkant. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(1).
- $A_{s,min,bunn}$  : Minste tillatte strekkarmeringsareal i underkant. Kun relevant ved strekk i underkant. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(1).



Id	x [mm]	$A_{s,min,topp}$	$A_{s,min,bunn}$	$A_{s,max}$	$A_{s,min,b}$	$A_{s,min,t}$	$S_{ms,p}$	$S_{ms,p,avtrappe}$	Fri avstand	$A_{sw,min}$	$A_{sw,bøy,min}$	$A_{s,tmin}$	$S_{ms,s}$	$S_{ms,s,avtrappet}$
		[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]		[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]
$A_{s,max}$		: Største tillatte armeringsareal i lengderetning. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(1).												
$A_{s,min,b}$		: Halvparten av den beregnede (nødvendige) underkantarmeringen i feltet skal fortsette frem til opplegg. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.2(1).												
$A_{s,min,t}$		: Halvparten av den beregnede (nødvendige) overkantarmeringen i feltet skal fortsette frem til opplegg. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.2(1).												
$S_{ms,p}$		: Største senteravstand for strekkarmering. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3): Største tillatte senteravstand mellom hovedarmeringen under maksimal last.												
$S_{ms,p,avtrappet}$		: Største senteravstand for trykkarmering i underkant. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3): Største tillatte senteravstand mellom avtrappet hovedarmering.												
Fri avstand		: Fri avstand mellom lengdearmersjerner. Se EN 1992-1-1: 8.2 (slakkarmering) og 8.10.1 (spennarmering).												
$A_{sw,min}$		: Minste tillatte skjærarmersingsareal per bjelkelengde. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(5).												
$A_{sw,bøy,min}$		: Minste tillatte bøyleareal per bjelkelengde. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(5).												
$A_{s,tmin}$		: Minste tillatte fordelingsarmersingsareal. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(2)												
$S_{ms,s}$		: Største tillatte senteravstand mellom fordelingsarmeringen under maksimal last. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3).												
$S_{ms,s,avtrappet}$		: Største tillatte senteravstand mellom avtrappet fordelingsarmering. Se EN 1992-1-1: 9.3.1.1(3).												



## Bruksgrense



## Sammendrag

x [mm]	Rissvidde		Spenning			Forskyvninger				
	Rissutn [mm]	$W_k$ [mm]	x [mm]	Utn - $\sigma$	Utn <sub><math>\delta,z</math></sub>	$\delta_{max,z}$ [mm]	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,G,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]	$\delta_{z,G,min}$ [mm]
700	0,02	0,01	700	0,01	<b>1,68</b>	7,5	0,0	0,0	-12,6	-5,7
5 000	0,37	0,13	5 000	0,77	0,53	35,0	18,6	8,3	0,0	0,0

## Vedlegg D.10 - Punktlast last ISY Design

x	Rissvidde		Spenning			Forskyvninger				
	Rissutn [mm]	$W_k$ [mm]	x [mm]	Utn - $\sigma$	Utn <sub><math>\delta,z</math></sub>	$\delta_{max,z}$ [mm]	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,G,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]	$\delta_{z,G,min}$ [mm]
9 300	0,33	0,12	9 300	0,48	0,19	35,0	0,7	0,6	-6,5	-2,1
21 700	0,06	0,02	17 313	0,06	0,08	35,0	2,7	1,5	0,0	0,0
23 300	0,07	0,03	23 300	0,06	0,02	35,0	0,8	0,8	-0,2	0,0
35 700	0,06	0,02	35 700	0,04	0,02	35,0	0,7	0,6	0,0	0,0
37 300	0,06	0,02	37 300	0,03	0,05	35,0	1,6	1,6	0,0	0,0
44 300	0,02	0,01	44 300	0,01	0,13	7,5	0,0	0,0	-1,0	-1,0

- x : X-koordinaten til noden med maks rissutnyttelse.
- Rissutn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
- $W_k$  : Rissvidde ved maks rissutnyttelse.
- x : X-koordinaten til noden med maks spenningsutnyttelse.
- Utn -  $\sigma$  : Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
- Utn <sub>$\delta,z$</sub>  : Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav.
- $\delta_{max,z}$  : Kritisk krav til forskyvninger i z-retning.
- $\delta_{z,max}$  : Største forskyvning nedover fra laster i z-retning.
- $\delta_{z,G,max}$  : Største forskyvning nedover fra langtid alene i z-retning.
- $\delta_{z,min}$  : Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.
- $\delta_{z,G,min}$  : Største forskyvning oppover fra langtid alene i z-retning.

## Rissviddebegrensning

Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	Lasttype	Utn	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	$w_{max}$ [mm]	$W_k$ [mm]	$S_{r,max}$ [mm]	$A_{s,min}$ [mm <sup>2</sup> ]
1	700	-3	0	Tilnærmet permanent	0,02	-0,02	0,02	0,36	0,01	715	694
2	5 000	323	187	Ofte forekommende	0,37	-0,65	0,58	0,36	0,13	299	706
3	9 300	-152	-80	Ofte forekommende	0,33	-0,36	0,53	0,36	0,12	370	706
4	21 700	-28	-3	Ofte forekommende	0,06	-0,06	0,07	0,36	0,02	502	706
5	23 300	-32	-6	Ofte forekommende	0,07	-0,07	0,09	0,36	0,03	489	706
6	35 700	-32	0	Ofte forekommende	0,06	-0,06	0,08	0,36	0,02	500	706
7	37 300	-28	0	Ofte forekommende	0,06	-0,05	0,07	0,36	0,02	508	706
8	44 300	-3	0	Tilnærmet permanent	0,02	-0,02	0,02	0,36	0,01	715	694

- Id : Staven sin id.
- x : X-koordinaten til noden med maks rissutnyttelse.
- $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved maks rissutnyttelse.
- $M_{Ed,Q}$  : Kortidsmoment om y-aksen ved maks rissutnyttelse.
- Lasttype : Typen last som er påført ved maks rissutnyttelse.
- Utn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
- $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved maks rissutnyttelse.

## Vedlegg D.10 - Punktlast last ISY Design

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	Lasttype	Utn	$\epsilon_c$	$\epsilon_s$	$w_{max}$	$W_k$	$S_{r,max}$	$A_{s,min}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]			[‰]	[‰]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]

$\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved maks rissutnyttelse.

$w_{max}$  : Grenseverdi for karakteristisk rissvidde.

$W_k$  : Rissvidde ved maks rissutnyttelse.

$S_{r,max}$  : Største rissavstand ved maks rissutnyttelse.

$A_{s,min}$  : Tverrsnittsarealet av minimumsarmeringen i strekksonen.

## Spenningsbegrensning

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	Lasttype	Utn - $\sigma_c$	Utn - $\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_{c,limit}$	$\sigma_{s,limit}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]				[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	700	-3	0	Tilnærmet permanent	0,00	0,01	0	3	-27	400
2	5 000	323	653	Karakteristisk	0,77	0,56	-21	224	-27	400
3	9 300	-152	-281	Karakteristisk	0,38	0,48	-10	194	-27	400
4	17 313	36	59	Karakteristisk	0,04	0,06	-1	22	-27	400
5	23 300	-32	-20	Karakteristisk	0,00	0,06	0	25	-27	400
6	35 700	-32	-1	Karakteristisk	0,00	0,04	0	15	-27	400
7	37 300	-28	-1	Karakteristisk	0,00	0,03	0	14	-27	400
8	44 300	-3	0	Tilnærmet permanent	0,00	0,01	0	3	-27	400

Id : Staven sin id.

x : X-koordinaten til noden med maks spenningsutnyttelse.

$M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved maks spenningsutnyttelse.

$M_{Ed,Q}$  : Kortidsmoment om y-aksen ved maks spenningsutnyttelse.

Lasttype : Typen last som er påført ved maks spenningsutnyttelse.

Utn -  $\sigma_c$  : Spenningsutnyttelse i betongen ved maks spenningsutnyttelse.

Utn -  $\sigma_s$  : Spenningsutnyttelse i armeringen ved maks spenningsutnyttelse.

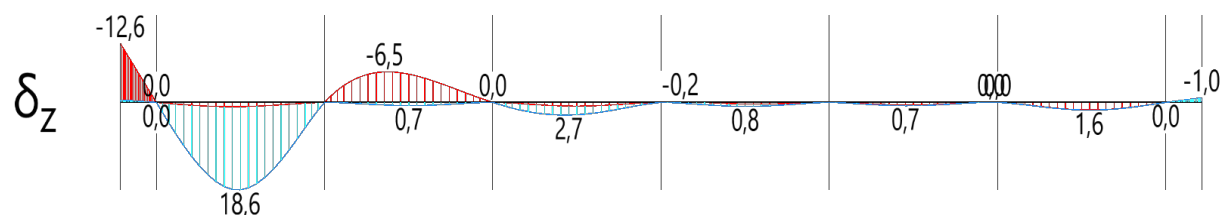
$\sigma_c$  : Maks betongspenning ved maks spenningsutnyttelse.

$\sigma_s$  : Maks armeringsspenning ved maks spenningsutnyttelse.

$\sigma_{c,limit}$  : Største tillatte betongspenning i bruksgrense for karakteristiske laster ved maks spenningsutnyttelse.

$\sigma_{s,limit}$  : Største tillatte slakkarmeringsspenning i bruksgrense for karakteristiske laster ved maks spenningsutnyttelse.

## Forskyvninger



## Mengder

Volum av betongdekker	$V_{c,flens}$	24,03 m <sup>3</sup>
Betongmasse	$m_c$	57 667 kg
Armeringsmasse	$m_s$	5 667 kg
Lengste armeringsjern (ekskl. bøyer)	$L_{s,max}$	44 880 mm

## Armeringsmengde

$\Phi$	$L_s$	$m_s$
[mm]	[mm]	[kg]
32	897 600	5 667

$\Phi$  : Diameter.

$L_s$  : Løpometer.

$m_s$  : Masse.

## Feilmeldinger

- ✘ Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav er overskredet. (4 feil)
- ✘ Skjærutnyttelse er overskredet. (15 feil)
- ✘ Kravet til armeringsmengde som skal fortsette ut til opplegg er ikke tilfredsstilt (4 feil)
- ✘ Kravet til armeringsmengde som skal fortsette ut til opplegg er ikke tilfredsstilt (6 feil)
- ✘ Tverrsnittsarealet av minimumsarmeringen i strekksonen for rissviddebegrensning er ikke tilfredsstilt (4 feil)

## Vedlegg B.1

### Dimensjonering bjelker fase 1

For bjelkene må vi gjøre som for dekket, å beregne i to faser. Grunnen for at dette er tilfellet, er at bjelkene vil ha vidt forskjellige dimensjoner, og da også forskjellige kapasiteter i de to forskjellige fasene. I den første fasen vil bjelkene kun være belastet av egenvekten av bjelken og egenvekten av den våte påstøpen til dekket. I Denne fasen er det kun dimensjonen av bjelken som vil være bærende. I den andre fasen vil den våte påstøpen av dekket herde, og dermed gjøre at bjelketversnittet og dekket virker som en samvirkekonstruksjon med  $b_{eff}$  som bredde og dekke som flenser. I dette første vedlegget vil vi se på den første fasen hvor det kun er bjelketværrsnittet som er bærende. Her vil det da være nødvendig å finne den minste nødvendige armeringen i denne fasen. Deretter vil vi i fase to ta for oss en bruksgrensekontroll for fase en hvor vi finner nedbøyning og rissvidde for denne fasen med valgt armering fra fase to.

### Materialdata og dimensjoner:

Bjelkens dimensjoner:  $h := 800 \text{ mm}$

$$b_w := 1400 \text{ mm}$$

$$b_t := 1800 \text{ mm}$$

Betong B45:

$$\gamma_c := 1.5$$

Tabell 2.1N

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

NA.3.1.6

$$f_{ck} := 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tabell 3.1

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (3.15)$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tabell 3.1

Armering B500NC:

$$\gamma_s := 1.15$$

Tabell 2.1N

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.2.2

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.2.7

Overdekning:

Dimensjonerende levetid: 50år  
Eksponeeringsklasse: XS3

$$C_{min.dur} := 50 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N

$$\Delta C_{dev} := 10 \text{ mm} \quad 4.4.1.3 (1)$$

$$C_{nom} := C_{min.dur} + \Delta C_{dev} = 60 \text{ mm} \quad 4.4.1.1 (2)$$

Laster:

$$g_{k.b} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{BKS 471.031}$$

$$A_{bjelke} := \frac{(b_w + b_t)}{2} \cdot h = 1.28 \text{ m}^2$$

$$g_{k.bjelke} := g_{k.b} \cdot A_{bjelke} = 32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$l_b := 2 \cdot 3500 \text{ mm} = 7000 \text{ mm}$$

$$t_{dekke} := 550 \text{ mm}$$

$$g_{k.dekke} := g_{k.b} \cdot l_b \cdot t_{dekke} = 96.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_{frontbjelke} := (550 \text{ mm} \cdot 3150 \text{ mm}) \cdot 0.8 = 1386000 \text{ mm}^2$$

Kaiens prefabrikerte frontskjørt har en variabel og avansert geometri. For å finne egenvekten til denne er det derfor gjort en konservativ betraktning hvor frontskjørtets bredde og høyde multipliseres med 0.8, for så å bli multiplisert med lastbredde. I tegninger fra sweco kan man se at det faktiske frontskjørtet har et areal som er mindre enn 80% av den formen vi sitter igjen med om vi kun multipliserer bredde, høyde og lastbredde. Det er gjort håndberegninger for å forsikre denne påstanden.

$$g_{k.frontbjelke} := g_{k.b} \cdot A_{frontbjelke} \cdot l_b = 242.6 \text{ kN}$$

$$g_k := g_{k.bjelke} + g_{k.dekke} = 128.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.UK} := 1206.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.OK} := 1541.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 912.6 \text{ kN}$$

## Armering fase 1:

Lengdearmering UK:  $d_{UK} := h - C_{nom} - 20 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - \frac{70 \text{ mm}}{2} = 653 \text{ mm}$

$$M_{Rd.UK} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d_{UK}^2 = 5382.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.UK} > M_{Ed.UK} \text{ --> OK! Trenger ikke trykkarmere}$$

$$A_{s.UK} := \frac{M_{Ed.UK}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.UK}}{M_{Rd.UK}}\right) \cdot d_{UK}} = 4419.416 \text{ mm}^2$$

(8.14)  $A_{\phi 32.bunt} := \pi \cdot \left(\frac{32 \text{ mm} \cdot \sqrt{2}}{2}\right)^2 = 1608.495 \text{ mm}^2$

$$n := \frac{A_{s.UK}}{A_{\phi 32.bunt}} = 2.748$$

$$A_{s.UK.brakt} := 16 \cdot A_{\phi 32.bunt} = 25735.927 \text{ mm}^2$$

Lengdearmering OK:  $d_{OK} := h - C_{nom} - 20 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 704 \text{ mm}$

$$M_{Rd.OK} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d_{OK}^2 = 4186.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.OK} > M_{Ed.OK} \text{ --> OK! Trenger ikke trykkarmere}$$

$$A_{s.OK} := \frac{M_{Ed.OK}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.OK}}{M_{Rd.OK}}\right) \cdot d_{OK}} = 5371.344 \text{ mm}^2$$

$$A_{\phi 32} := \pi \cdot \left(\frac{32 \text{ mm}}{2}\right)^2 = 804.248 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{A_{s.OK}}{A_{\phi 32}} = 6.679$$

Etter at rissviddeberegninger har blitt gjennomført kommer jeg tilbake hit for å øke armering i OK fase 1 over støtte.

$$A_{s.OK.brukt} := A_{\phi 32} \cdot 10 = 8042.477 \text{ mm}^2$$

Minimumsarmering:  $A_{s.min} := \min \left( 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d_{UK}, 0.0013 \cdot b_t \cdot d_{UK} \right) = 1528.02 \text{ mm}^2$

$$A_{s.min} < \min(A_{s.UK}, A_{s.OK}) \rightarrow \text{OK!}$$

Skjærarmering:

$$\alpha_{cw} := 1.0$$

NA.6.2.3

$$z := 0.9 \cdot d_{UK} = 587.7 \text{ mm}$$

$$\nu_1 := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250 \frac{N}{\text{mm}^2}} \right) = 0.492$$

$$\theta := 21.8 \text{ deg}$$

$$V_{Rd.max} := \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 3559.333 \text{ kN} \quad (6.9)$$

$$A_{\phi 20} := \pi \cdot \left( \frac{20 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 314.159 \text{ mm}^2$$

$$A_{sw} := 2 \cdot A_{\phi 20} = 628.319 \text{ mm}^2$$

$$S := \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)}{V_{Ed}} = 439.844 \text{ mm}$$

$$\zeta_{w.min} := 0.1 \cdot \frac{\sqrt{45}}{500} = 0.001$$

(NA.9.5.N)

$$h' := h - 2 \cdot \left( C_{nom} - 12 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} \right) = 736 \text{ mm}$$



$$S_{min} := \frac{A_{sw}}{\zeta_{w,min} \cdot b_w} = 334.515 \text{ mm} \quad (9.4)$$

$$S_{max} := 0.6 \cdot h' = 441.6 \text{ mm} \quad 9.6 \text{ N}$$

Bruker samme skjærarmering som for fase 2, legges også med samme lengder som for fase 2. Med  $\emptyset 20c100$  over støtte +3.1m på hver side. Og  $\emptyset 20c300$  ellers

## Nedbøyning:

Utrekning av kryptall:      Sementklasse: N

$$RF := 80\%$$

(B.10)       $\alpha := 0$

$$f_{cm} := 53$$

(B.8 c)       $\alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.748$

(B.8 c)       $\alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92$

(B.6)       $A_{c, fase1} := \frac{1800 \text{ mm} + 1400 \text{ mm}}{2} \cdot 800 \text{ mm} = 1280000 \text{ mm}^2$

$$u_{fase.1} := 1800 \text{ mm} + 1400 \text{ mm} + 2 \cdot \sqrt{(800 \text{ mm})^2 + (100 \text{ mm})^2} = 4812.452 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_{c, fase1}}{u_{fase.1}} = 531.953 \text{ mm}$$

(B.3 a)       $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.09$$

$$(B.4) \quad \beta f_{cm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.308$$

$$(B.9) \quad t_{0.lang} := 28 \cdot \left( \frac{9}{2 + 28^{0.2}} \right)^0 = 28$$

$$t_{0.lang} > 0.5$$

$$(B.5) \quad \beta t_{o.lang} := \frac{1}{0.1 + t_{0.lang}^{0.2}} = 0.488$$

$$t_{0.kort} := 7 \cdot \left( \frac{9}{2 + 7^{0.2}} \right)^0 = 7$$

$$t_{0.kort} > 0.5$$

$$(B.5) \quad \beta t_{o.kort} := \frac{1}{0.1 + t_{0.kort}^{0.2}} = 0.635$$

$$(B.2) \quad \varphi_{0.kort} := \beta t_{o.kort} \cdot \beta f_{cm} \cdot \varphi_{RH} = 1.597$$

$$\varphi_{0.lang} := \beta t_{o.lang} \cdot \beta f_{cm} \cdot \varphi_{RH} = 1.229$$

Midlere E-Modul:

Egenlast:

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$E_{CL.1} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.kort}} = 13864 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$E_{CL.2} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.lanq}} = 16151.3 \frac{N}{mm^2}$$

$$P_k := 96.25 \frac{kN}{m}$$

$$G_k := 30 \frac{kN}{m}$$

$$P := 242.6 \text{ kN}$$

$$q_{Ed} := G_k + P_k = 126.25 \frac{kN}{m}$$

$$E_{mid.jevn} := \frac{q_{Ed}}{\frac{q_{Ed}}{E_{CL.1}}} = 13864 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{mid.punkt} := \frac{P}{\frac{P}{E_{CL.1}}} = 13864 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{mid} := \frac{E_{mid.jevn} + E_{mid.punkt}}{2} = 13864 \frac{N}{mm^2}$$

$$\delta' := \frac{A_{s.OK.brukt}}{1400 \text{ mm} \cdot d_{OK}} = 0.008$$

$$\delta := \frac{A_{s.UK.brukt}}{1400 \text{ mm} \cdot d_{UK}} = 0.028$$

$$\frac{\delta'}{\delta} = 0.29$$

$$E_s := 200000 \frac{N}{mm^2}$$

$$\eta\rho := \frac{E_s}{E_{mid}} \cdot \delta = 0.406$$

$$\xi := 0.45$$

Avlest verdi tss

Formelhefte BYG106

$$EI_{II} := 200000 \cdot 12867.964 \cdot (661)^2 \cdot \xi = 5.06 \cdot 10^{14}$$

Bruker forenklete nedbøyningsformler for felt og for utkraget bjelke, forenklet tss:

$$\delta_{II.felt} := \frac{5}{384} \cdot \frac{126.25 \cdot (10000)^4}{EI_{II}} = 32.5$$

$$\delta_{krav.felt} := \frac{10000 \text{ mm}}{250} = 40 \text{ mm}$$

$$\delta_{II.felt} < \delta_{krav.felt} \quad \text{Nedbøyning OK, for felt fase 1}$$

$$\delta_{krav.utkrager} := \frac{2500 \text{ mm}}{250} = 10 \text{ mm}$$

$$\delta_{II.utkrager} := \frac{126.25 \cdot (2500)^4}{8 \cdot EI_{II}} + \frac{302.2 \cdot 10^3 \cdot (2500)^3}{3 \cdot EI_{II}} = 4.3$$

$$\delta_{II.utkrager} < \delta_{krav.utkrager} \quad \text{Nedbøyning OK, over støtte fase 1}$$

Nedbøyning OK for fase 1!

### Rissviddeberegning for fase 1:

$$M_{Ed.kar.UK} := 1001.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.kar.OK} := 1282.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Underkant:

Armeringsspenning i Riss:

$$E_s := 200000 \frac{N}{mm^2}$$

$$d_{UK} := 800 \text{ mm} - 60 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 32 \text{ mm} - \frac{70 \text{ mm}}{2} = 653 \text{ mm}$$

$$r_1 := \frac{A_{s,UK,brukt} \cdot E_s}{b_w \cdot d_{UK} \cdot E_{mid}} = 0.406$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.582$$

$$x := \alpha \cdot d_{UK} = 380.304 \text{ mm} \quad \text{Trykksonehøyde}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{Ed,kar,UK}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_{UK} \cdot A_{s,UK,brukt}} = 73.971 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{c,eff} := \min\left(2.5 (h - d_{UK}), \frac{(h - x)}{3}, \frac{h}{2}\right) = 139.899 \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} > h - d_{UK} + 1.5 \cdot 32 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$A_{c,eff} := h_{c,eff} \cdot b_w = 195857.989 \text{ mm}^2$$

$$k_t := 0.4 \quad \text{Langtid}$$

$$\zeta_{p,eff} := \frac{A_{s,UK,brukt}}{A_{c,eff}} = 0.131$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\zeta_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \zeta_{p,eff})}{E_s} = 2.698 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} > 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad \text{--> OK!}$$

$$S := \frac{b_w - 2 C_{nom} - 2 \cdot 12 \text{ mm} - 8 \cdot 2 \cdot 32 \text{ mm}}{7} = 106.286 \text{ mm} \quad \text{Max rissavstand}$$

$$S < 5 \left( C_{nom} + \frac{32 \text{ mm}}{2} \right) \quad \text{--> OK!}$$

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r,max} := k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot 32 \text{ mm}}{\zeta_{p,eff}} = 245.4 \text{ mm}$$

$$W_k := S_{r,max} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.066 \text{ mm} \quad \text{Karakteristisk rissvidde UK}$$

$$k_c := \frac{C_{nom}}{C_{min,dur}} = 1.2$$

$$W_{max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$$

Tab NA.7.1.A

$$W_{max} > W_k \quad \text{--> Rissvidde OK!, for fase 1 UK.}$$

Overkant:

Armeringsspenning i

Riss:

$$d_{OK} := 800 \text{ mm} - 60 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 704 \text{ mm}$$

$$r_1 := \frac{A_{s,OK,brukt} \cdot E_s}{b_t \cdot d_{OK} \cdot E_{mid}} = 0.092$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.346$$

Trykksonehøyde:

$$x := \alpha \cdot d_{OK} = 243.616 \text{ mm}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{Ed.kar.OK}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_{OK} \cdot A_{s.OK.brukt}} = 256.089 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 (h - d_{OK}), \frac{(h - x)}{3}, \frac{h}{2}\right) = 185.461 \text{ mm}$$

$$h_{c.eff} > h - d_{OK} + 1.5 \cdot 20 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$A_{c.eff} := h_{c.eff} \cdot b_w = 259646.035 \text{ mm}^2$$

Langtid

$$k_t := 0.4$$

$$\zeta_{p.eff} := \frac{A_{s.OK.brukt}}{A_{c.eff}} = 0.031$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\zeta_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \zeta_{p.eff})}{E_s} = 9.929 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} > 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \rightarrow \text{OK!}$$

Max rissavstand:

$$S := \frac{b_t - 2 C_{nom} - 2 \cdot 12 \text{ mm} - 13 \cdot 20 \text{ mm}}{12} = 116.333 \text{ mm}$$

$$S < 5 \left( C_{nom} + \frac{20 \text{ mm}}{2} \right) \rightarrow \text{OK!}$$

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r,max} := k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot 32 \text{ mm}}{\zeta_{p,eff}} = 379.627 \text{ mm}$$

$$W_k := S_{r,max} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.377 \text{ mm} \quad \text{Karakteristisk rissvidde OK}$$

$$k_c := \frac{C_{nom}}{C_{min,dur}} = 1.2$$

Tab NA.7.1.A

$$W_{max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$$

$$W_{max} > W_k \rightarrow \text{Rissvidde OK!, for fase 1 OK.}$$

Rissvidde OK! for OK og UK fase 1. Ettersom UK vil være eksponert mot omgivelsene etter begge fasene, må rissvidde UK for fase 1 og fase 2 til sammen være under kravet etter at de er summert (spenninger).

$$\delta_{z,max} := 14.9 \text{ mm}$$

$$L := 10000 \text{ mm}$$

$$\delta_{krav} := \frac{L}{250} = 40 \text{ mm}$$

$$\delta_{z,max} < \delta_{krav}$$



## Vedlegg B.2

### Dimensjonering bjelker fase 2

#### Materialdata og dimensjoner:

##### Bjelkens dimensjoner:

$$t_{dekke} := 550 \text{ mm}$$

$$h_{bjelke} := 800 \text{ mm}$$

$$h := t_{dekke} + h_{bjelke} = 1350 \text{ mm}$$

$$b_w := 1400 \text{ mm}$$

$$b_t := 1800 \text{ mm}$$

##### Betong B45:

Tabell 2.1N

$$\gamma_c := 1.5$$

NA.3.1.6

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

Tabell 3.1

$$f_{ck} := 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(3.15)

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tabell 3.1

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

##### Armering B500NC:

Tabell 2.1N

$$\gamma_s := 1.15$$

3.2.2

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.2.7

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Overdekning: Dimensjonerende levetid: 50år  
Eksponeringsklasse: XS3

Tabell NA.4.4N  $C_{min.dur} := 50 \text{ mm}$

4.4.1.3 (1)  $\Delta C_{dev} := 10 \text{ mm}$

4.4.1.1 (2)  $C_{nom} := C_{min.dur} + \Delta C_{dev} = 60 \text{ mm}$

Laster:  $g_{k.b} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$  BKS 471.031

$$A_{bjelke} := \frac{(b_w + b_t)}{2} \cdot h = 2.16 \text{ m}^2$$

$$g_{k.bjelke} := g_{k.b} \cdot A_{bjelke} = 54 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$l_b := 2 \cdot 3500 \text{ mm} = 7000 \text{ mm}$$

$$g_{k.dekke} := g_{k.b} \cdot l_b \cdot t_{dekke} = 96.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_{frontbjelke} := 550 \text{ mm} \cdot 3150 \text{ mm} = 1732500 \text{ mm}^2$$

$$g_{k.frontbjelke} := g_{k.b} \cdot A_{frontbjelke} \cdot l_b \cdot 0.8 = 242.6 \text{ kN}$$

$$g_k := g_{k.bjelke} + g_{k.dekke} = 150.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{k.jevn} := 60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{k.punkt} := 1000 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.OK} := 8284.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.OK} := 7130.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 4482.5 \text{ kN}$$

Fra ISY-design

## **Bruddgrense:**

## **Lengdearmering:**

Lengdearmering OK: Antar ett lag  $\emptyset 32$  i OK med  $\emptyset 12$  bøyler.

$$\emptyset_{32} := 32 \text{ mm}$$

$$\emptyset_{20} := 20 \text{ mm}$$

$$d_{OK} := h - C_{nom} - \emptyset_{32} - \frac{\emptyset_{32}}{2} = 1242 \text{ mm}$$

Har tverrsnittet tykk eller tynn flens?

$$0.33 \cdot d_{OK} = 409.86 \text{ mm}$$

$t_{dekke} > 0.33 \cdot d$  --> Tykk flens! Kan bruke trykksone's momentkapasitet. Må finne effektiv flensbredde.

$$M_{Rd.OK} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d_{OK}^2 = 15144.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$M_{Rd.OK} > M_{Ed.OK}$  --> OK! Trenger ikke trykkarmering

$$A_{s.OK} := \frac{M_{Ed.OK}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.OK}}{M_{Rd.OK}}\right) \cdot d_{OK}} = 16914.69 \text{ mm}^2$$

9.2.1.1

$$A_{s.min.OK} := \max \left( 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d_{OK}, 0.0013 \cdot b_w \cdot d_{OK} \right) = 3435.869 \text{ mm}^2$$

$$A_{\phi 32} := \pi \cdot \left( \frac{32 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 804.248 \text{ mm}^2$$

$$n_{OK} := \frac{A_{s,OK}}{A_{\phi 32}} = 21.032 \quad \rightarrow 27 \text{ stk } \phi 32 \text{ i OK bjelke}$$

$$A_{s,OK,Brukt} := 27 \cdot A_{\phi 32} = 21714.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,OK,Brukt} > A_{s,min,OK} \quad \rightarrow \text{OK!}$$

Etter at påstøpet herder, vil bjelkene og dekke virke som et samvirketverrsnitt etter NS-EN 1992-1-1 6.2.5. Dette gjør at man kan ta i bruk effektiv flensbredde etter NS-EN 1992-1-1 5.3.2.1. I praksis vil dette da føre til at s&f armeringen til dekke i OK vil virke som lengdearmering i OK bjelker. For å kontrollere om det er plass til 29 stk  $\phi 25$  i OK flens bjelke. Da må man først finne flensens bredde, altså effektiv flensbredde.

### Effektiv flensbredde:

5.3.2.1

$$l_2 := 10000 \text{ mm}$$

$$l_0 := 0.7 \cdot l_2 = 7000 \text{ mm}$$

$$b_1 := \frac{7000 \text{ mm}}{2} - \frac{b_w}{2} = 2800 \text{ mm}$$

$$b := 2 \cdot (b_1 + b_w) = 8400 \text{ mm}$$

5.7a

$$b_{eff,1} := \min(0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 1260 \text{ mm}$$

$$b_{eff,1} < 0.2 \cdot l_0$$

5.7b

$$b_{eff,1} < b_i$$

(5.7)

$$b_{eff} := 2 \cdot b_{eff,1} + b_w = 3920 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < b \quad \rightarrow \text{OK!}$$

### Kontroll av plass OK:

NA 8.2 (2)  $k_1 := 2.0$

NA 8.2 (2)  $k_2 := 5 \text{ mm}$

NA 8.2 (2)  $\phi_{Large} := 32 \text{ mm}$

$$a_{h,min,OK} := \max(k_1 \cdot \phi_{32}, \phi_{Large} + k_2, 20 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$$

$$n_{m,OK} := 26$$

$$a_{h,OK} := \frac{b_{eff} - 2 \cdot C_{nom} - 2 \cdot \phi_{20} - 27 \cdot \phi_{32}}{n_{m,OK}} = 111.4 \text{ mm}$$

$a_{h,OK} > a_{h,min}$   $\rightarrow$  OK! Det er nok plass til 27 stk  $\phi_{32}$  i OK flens. S&F armering i dekke blir da  $\phi_{32}c150$  OK over støtte

### Lengdearmering UK: Antar to lag $\phi_{32}$ med bøyer $\phi_{20}$

NA 8.2 (2)  $a_{v,UK} := \max(k_1 \cdot \phi_{32}, \phi_{Large} + k_2, 20 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$

$$d_{UK} := h - C_{nom} - \phi_{20} - \phi_{32} - \frac{a_{v,UK}}{2} = 1206 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,UK} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d_{UK}^2 = 39981 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

144

$M_{Rd,UK} > M_{Ed,UK}$  OK! Ikke nødvendig med trykkarmering.

$$A_{s,UK} := \frac{M_{Ed,UK}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed,UK}}{M_{Rd,UK}}\right) \cdot d_{UK}} = 14024.803 \text{ mm}^2$$

$$9.2.1.1 \quad A_{s,min.UK} := \max \left( 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{eff} \cdot d_{UK}, 0.0013 \cdot b_{eff} \cdot d_{UK} \right) = 9341.58 \text{ mm}^2$$

$$(8.14) \quad A_{\phi 32.bunt} := \pi \cdot \left( \frac{(32 \text{ mm} \cdot \sqrt{2})}{2} \right)^2 = 1608.5 \text{ mm}^2$$

$$n_{UK} := \frac{A_{s.UK}}{A_{\phi 32}} = 17.438 \quad \rightarrow 32 \text{ stk } \phi 32, \text{ to lag i UK bjelke. Buntas sammen i } 8 + 8 \text{ bunter med } 2 \text{ jern per bunt}$$

$$A_{s.UK.Brukt} := 16 \cdot A_{\phi 32.bunt} = 25735.9 \text{ mm}^2$$

### Kontroll av plass UK:

$$NA 8.2 (2) \quad a_{h,min.UK} := \max (k_1 \cdot \phi_{32}, \phi_{Large} + k_2, 20 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$$

$$n_{m.UK} := 7$$

$$a_{h.UK} := \frac{b_w - 2 \cdot C_{nom} - 2 \cdot \phi_{20} - 8 \cdot 2 \cdot \phi_{32}}{n_{m.UK}} = 104 \text{ mm}$$

$$a_{h.UK} > a_{h,min.UK} \quad \rightarrow \text{OK!}$$

$$a_{v.UK} := 70 \text{ mm}$$

Oppsummering lengdearmring: Det blir brukt 32stk Ø32 i UK, i to lag. Disse legges med en horisontal avstand på 136mm og en vertikal avstand på 70mm. Det blir brukt 27 stk Ø32 i OK, ett lag. Disse legges med varierende horisontale avstander. Se figur... armeringstegning av bjelker Fase 2

### **Skjærarmring:**

$$NA.6.2.3 \quad \alpha_{cw} := 1.0$$

$$z := 0.9 \cdot d_{UK} = 1085.4 \text{ mm}$$

NA.6.6N

$$v_1 := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{45}{250}\right) = 0.492$$

$$\theta := 21.8 \text{ deg}$$

(6.9)

$$V_{Rd,max} := \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 6573.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed} \rightarrow \text{OK!}$$

$$A_{\phi 20} := \pi \cdot \left(\frac{20 \text{ mm}}{2}\right)^2 = 314.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{sw} := 2 \cdot A_{\phi 20} = 628.319 \text{ mm}^2$$

$$S_1 := \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)}{V_{Ed}} = 165.4 \text{ mm}$$

$$S_1 \leq 165.4 \text{ mm}$$

Bruker  $\phi 20$ c100 over støtte, etter å ha korrigert for skjærarmring i støpeskjøt

$$S := 150 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,s.150mm} := \frac{A_{sw}}{S} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 4942.2 \text{ kN}$$

Avtrapping av bøyer:

$$q := \left(420 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \cdot 1.5 + \left(83.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \cdot 1.2 = 730.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

(9.4)

$$V_{Ed,d} := V_{Ed} - q \cdot d_{UK} = 3601.3 \text{ kN}$$

$$S_3 := \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)}{V_{Ed,d}} = 205.9 \text{ mm}$$

$$\zeta_{w,min} := 0.1 \cdot \frac{\sqrt{45}}{500} = 0.001$$

$$h' := h - 2 \cdot C_{nom} - 2 \cdot \emptyset_{20} - \emptyset_{32} - \frac{a_{v,UK}}{2} - \frac{\emptyset_{32}}{2} = 1107 \text{ mm}$$

9.6 N

$$S_{max} := 0.6 \cdot h' = 664.2 \text{ mm}$$

(9.4)

$$S_{min} := \frac{A_{sw}}{\zeta_{w,min} \cdot b_w} = 334.5 \text{ mm}$$

Hvilken skjærkraft gir behov for min.armering?

$$V_{Rd.s.mn} := \frac{A_{sw}}{S_{min}} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 2216.1 \text{ kN}$$

Når er skjærkraften 2216.1 kN?

$$a_0 := \frac{V_{Ed} - V_{Rd.s.mn}}{q} = 3.102 \text{ m}$$

## Bruksgrense:

### Nedbøyning:

Ut ifra simuleringer i programvare som ISY design og FEM design ser vi at det kun er utkrageren som ligger ut mot sjøen, som vil ha en reell sannsynlighet for å ikke overholde krav for nedbøyning. Vi har derfor valgt tss å se på utkrageren i mathcad beregningene.

Svinn ses bort ifra da det er brukt armering både i OK og UK av bjelkene. Vi ser da på deformasjon på grunn av momentan last, samt deformasjon på grunn av langtidslast, altså kryp.

$$E_c := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta\rho := \frac{E_s \cdot A_{s,UK,Brukt}}{E_c \cdot b_{eff} \cdot d_{UK}} = 0.099$$



$$\eta\mu' := \frac{E_s \cdot A_{s.OK.Brukt}}{E_c \cdot b_{eff} \cdot d_{OK}} = 0.081$$

$$f := \frac{t_{dekke} \cdot b_{eff.1}}{b_{eff} \cdot d_{UK}} = 0.147$$

$$A := \eta\rho + \eta\mu' + f = 0.327$$

$$B := \eta\mu' \cdot \left(1 - \frac{d_{OK}}{d_{UK}}\right) + f \cdot \left(1 - \frac{t_{dekke}}{2 \cdot d_{UK}}\right) = 0.111$$

$$\varphi := \sqrt{A^2 + 2 \cdot A - 2 \cdot B} - A = 0.407$$

$$I_b := \frac{b_{eff} \cdot (\varphi \cdot d_{UK})^3}{12} + b_{eff} \cdot \varphi \cdot d_{UK} \cdot \frac{(\varphi \cdot d_{UK})^2}{4} + \frac{b_{eff.1} \cdot t_{dekke}^3}{12} \downarrow = (204.57 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$+ b_{eff.1} \cdot t_{dekke} \cdot \left(\varphi \cdot d_{UK} - \frac{t_{dekke}}{2}\right)^2$$

$$\eta := \frac{E_c}{E_s}$$

$$I_c := I_b + \eta \cdot A_{s.UK.Brukt} \cdot (1 - \varphi)^2 \cdot d_{UK}^2 \downarrow = (205.941 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$+ \eta \cdot A_{s.OK.Brukt} \cdot (1 - \varphi)^2 \cdot d_{OK}^2$$

$$EI := E_c \cdot I_c = (2.265 \cdot 10^{15}) \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \quad \text{EI for t-tverrsnitt med trykk og strekkarmering}$$

Utregning av kryptall:      Sementklasse: N

$$RF := 80\%$$

(B.10)

$$\alpha := 0$$

$$f_{cm} := 53$$

(B.8 c)

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.7} = 0.748$$

$$(B.8 \text{ c}) \quad \alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92$$

$$(B.6) \quad A_{c, \text{fase2}} := \frac{1800 \text{ mm} + 1400 \text{ mm}}{2} \cdot 800 \text{ mm} \downarrow + t_{\text{dekke}} \cdot b_{\text{eff}} = 3436000 \text{ mm}^2$$

$$u_{\text{fase.2}} := 2 \cdot b_{\text{eff}} + 2 \cdot \sqrt{(800 \text{ mm})^2 + (100 \text{ mm})^2} = 9452.452 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_{c, \text{fase2}}}{u_{\text{fase.2}}} = 727.007 \text{ mm}$$

$$(B.3 \text{ a}) \quad f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.073$$

$$(B.4) \quad \beta f_{cm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.308$$

$$(B.9) \quad t_{0, \text{nytte}} := 28 \cdot \left( \frac{9}{2 + 28^{0.2}} \right)^0 = 28$$

$$t_{0, \text{nytte}} > 0.5 \quad \text{--> OK}$$

$$(B.5) \quad \beta t_{0, \text{nytte}} := \frac{1}{0.1 + t_{0, \text{nytte}}^{0.2}} = 0.488$$

$$t_{0, \text{egen}} := 7 \cdot \left( \frac{9}{2 + 7^{0.2}} \right)^0 = 7$$

$$t_{0, \text{egen}} > 0.5$$

$$(B.5) \quad \beta_{t_{o.egen}} := \frac{1}{0.1 + t_{o.egen}^{0.2}} = 0.635$$

$$(B.2) \quad \varphi_{0.egen} := \beta_{t_{o.egen}} \cdot \beta_{f_{cm}} \cdot \varphi_{RH} = 1.572$$

$$\varphi_{0.nytte} := \beta_{t_{o.nytte}} \cdot \beta_{f_{cm}} \cdot \varphi_{RH} = 1.21$$

### Rissviddeberegning for fase 2:

Lastfaktorer: NS-EN 1990 Tab NA.A.1.1

$$\psi_{nytte.1} := 0.7$$

$$\psi_{nytte.lang} := 0.5$$

$$\psi_{nytte.kort} := \psi_{nytte.1} - \psi_{nytte.lang} = 0.2$$

Midlere E-modul:  $Q_{Ed.e.j} := 126.25$

$$Q_{Ed.e.f} := 242.6$$

$$Q_{Ed.n.j} := 420$$

$$Q_{Ed.n.p} := 1000$$

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{CL.1} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.egen}} = 13996.6 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{CL.2} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.nytte}} = 16289.7 \frac{N}{mm^2}$$

$$\Sigma Q_{Ed} := Q_{Ed.n.j} \cdot \psi_{nytte.lang} + Q_{Ed.e.f} + Q_{Ed.e.j} + Q_{Ed.n.j} \cdot \psi_{nytte.kort} = 662.85$$

$$E_{mid} := \frac{\Sigma Q_{Ed}}{\frac{Q_{Ed.e.j}}{E_{CL.1}} + \frac{Q_{Ed.e.f}}{E_{CL.1}} + \frac{Q_{Ed.n.j} \cdot \psi_{nytte.lang}}{E_{CL.2}} + \frac{Q_{Ed.n.j} \cdot \psi_{nytte.kort}}{E_{cm}}} = 15942.4 \frac{N}{mm^2}$$

Tar kun med jevnt fordelt nyttelast her og ikke punktlast for disse ikke kommer til å virke samtidig. Da får man også en lavere  $E_{mid}$

Kontroll av armeringsspenninger:

$$M_{Ed.OK.kar} := 5705.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.UK.kar} := 4876.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Tab 3.1

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{mm^2}$$

(7.20)

$$E_{c.eff} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.egen}} = 13996.6 \frac{N}{mm^2}$$

$$r_1 := \frac{A_{s.OK.Brukt} \cdot E_s}{b_{eff} \cdot d_{OK} \cdot E_{mid}} = 0.056$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.283$$

$$x := \alpha \cdot d_{OK} = 351.756 \text{ mm} \quad \text{Trykksonehøyde}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{Ed.OK.kar}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_{OK} \cdot A_{s.OK.Brukt}} = 233.602 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{c,eff} := \min \left( 2.5 (h - d_{OK}), \frac{(h-x)}{3}, \frac{h}{2} \right) = 270 \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} > h - d_{UK} + 1.5 \cdot 32 \text{ mm} \quad \text{--> OK!}$$

$$A_{c,eff} := h_{c,eff} \cdot b_{eff} = 1058400 \text{ mm}^2$$

$$k_t := 0.4 \text{ Langtid}$$

$$\zeta_{p,eff} := \frac{A_{s,OK,Brukt}}{A_{c,eff}} = 0.021$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\zeta_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \zeta_{p,eff})}{E_s} = 7.554 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} > 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad \text{--> OK!}$$

$$\text{Max rissavstand: } S_{h,OK} := \frac{b_{eff} - 2 \cdot C_{nom} - 2 \cdot \emptyset_{20} - 18 \cdot \emptyset_{32}}{n_{m,OK}} = 122.462 \text{ mm}$$

$$S < 5 \left( C_{nom} + \frac{32 \text{ mm}}{2} \right) \quad \text{--> OK!}$$

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r,max} := k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot 32 \text{ mm}}{\zeta_{p,eff}} = 469.152 \text{ mm}$$

$$W_{k.OK} := S_{r.max} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.354 \text{ mm}$$

Karakteristisk rissvidde UK

$$k_c := \frac{C_{nom}}{C_{min.dur}} = 1.2$$

Tab NA.7.1.A

$$W_{max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$$

$$\frac{W_{k.OK}}{W_{max}} = 0.98 \quad \text{--> Rissvidde OK!, for fase 2 OK.}$$

Underkant:

$$r_1 := \frac{A_{s.UK.Bruckt} \cdot E_s}{b_w \cdot d_{UK} \cdot E_{mid}} = 0.191$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.456$$

$$x := \alpha \cdot d_{UK} = 550.043 \text{ mm} \quad \text{Trykksonehøyde}$$

$$\sigma_{s.UK.2} := \frac{M_{Ed.UK.kar}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_{UK} \cdot A_{s.UK.Bruckt}} = 185.27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 (h - d_{UK}), \frac{(h - x)}{3}, \frac{h}{2}\right) = 266.652 \text{ mm}$$

$$h_{c.eff} > h - d_{OK} + 1.5 \cdot 20 \text{ mm} \text{ --> OK!}$$

$$A_{c.eff} := h_{c.eff} \cdot b_w = 373313.356 \text{ mm}^2$$

Langtid

$$k_t := 0.4$$

$$\zeta_{p.eff} := \frac{A_{s.UK.Bruckt}}{A_{c.eff}} = 0.069$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\zeta_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \zeta_{p,eff})}{E_s} = 0.001$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} > 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad \text{--> OK!}$$

Max rissavstand:  $S_{h,UK} := \frac{b_w - 2 C_{nom} - 2 \cdot 20 \text{ mm} - 8 \cdot 2 \cdot 32 \text{ mm}}{7} = 104 \text{ mm}$

$$S < 5 \left( C_{nom} + \frac{32 \text{ mm}}{2} \right) \quad \text{--> OK!}$$

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r,max} := k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot 32 \text{ mm}}{\zeta_{p,eff}} = 282.91 \text{ mm}$$

$$W_{k,UK} := S_{r,max} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.287 \text{ mm} \quad \text{Karakteristisk rissvidde OK}$$

$$k_c := \frac{C_{nom}}{C_{min,dur}} = 1.2$$

Tab NA.7.1.A  $W_{max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$

$$\frac{W_{k,UK}}{W_{max}} = 0.798 \quad \text{--> Rissvidde UK, for fase 2 OK!}$$

Summerer armeringsspenninger fra fase 1 og fase 2 UK (Som avklart med veileder):

$$\sigma_{s.UK.1} := 73.971 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{s.UK} := \sigma_{s.UK.1} + \sigma_{s.UK.2} = 259.2 \frac{N}{mm^2}$$

Tabell 7.3 N

$$\sigma_{s.Tillatt} := 320 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{s.UK}}{\sigma_{s.Tillatt}} = 0.81$$

-->OK! For armeringsspenninger i riss UK

### Dimensjonering av støpeskjøt:

$$\beta := 1.0$$

$$V_{Ed} = 4482.5 \text{ kN}$$

$$b_t = 1800 \text{ mm}$$

Figur 6.8

$$b_i := b_t - 200 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$$

$$L := 1000 \text{ mm}$$

$$d_{UK} = 1206 \text{ mm}$$

$$z := d_{UK} \cdot 0.9 = 1085.4 \text{ mm}$$

(6.24)

$$V_{Ed.i} := \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{(z \cdot b_i)} = 2.581 \frac{N}{mm^2}$$



$$\mu := 0.7$$

$$c := 0.4$$

$$\sigma_n := 0$$

$$f_{ctk.005} := 2.7 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_i := b_i \cdot L = 1.6 \text{ m}^2$$

$$(3.16) \quad f_{ctd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ctk.005}}{\gamma_c} = 1.53 \frac{N}{mm^2}$$

$$\alpha_1 := 21.8 \text{ deg}$$

$$A_{s.min} := \frac{A_i \cdot (V_{Ed.i} - c \cdot f_{ctd})}{f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_1) + \cos(\alpha_1))} = 6097.398 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s.min}}{A_i} = 0.004$$

$$(6.25) \quad V_{Rd.i} := c \cdot f_{ctd} + (\mu \cdot \sigma_n) \text{ MPa} \downarrow + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha) + \cos(\alpha)) = 2.61 \frac{N}{mm^2}$$

$$V_{Rd.i.max} := 0.5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} = 6.273 \frac{N}{mm^2}$$

$$n := \frac{L}{150 \text{ mm}} = 6.667$$

$$A_{sw.1} := n \cdot 4 \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{20 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right) = 8377.58 \text{ mm}^2$$

Ser på avtrapping på samme måte som for vanlig beregning av skjærarmering.

$$a_0 = 3.1 \text{ m}$$

$$V_{Ed.3.102} := 2216.1 \text{ kN}$$

$$(6.24) \quad V_{Ed.i.3.102} := \frac{\beta \cdot V_{Ed.3.102}}{(z \cdot b_i)} = 1.276 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{s.min} := \frac{A_i \cdot (V_{Ed.i.3.102} - c \cdot f_{ctd})}{f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_1) + \cos(\alpha_1))} = 2056.331 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s.min}}{A_i} = 0.001$$

$$V_{Rd.i} := c \cdot f_{ctd} + (\mu \cdot \sigma_n) \text{ MPa} \downarrow + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha) + \cos(\alpha)) = 1.286 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{Rd.i.max} := 0.5 \cdot v_1 \cdot f_{cd} = 6.273 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n_2 := \frac{L}{300 \text{ mm}} = 3.333$$

$$A_{sw.1} := n_2 \cdot 4 \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{16 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right) = 2680.826 \text{ mm}^2$$

Dermed legges det 2ø20c/c150 over støtte +3.1m og 2ø16c/c300 ellers som skjærarmoring i bjelkens støpeskjøt.

### Kontroll av forankring lengdearmoring:

$$\text{Underkant mot land: } \sigma_s := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot f_{ctd} = 3.443 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\varnothing_{32} = 32 \text{ mm}$$

$$(8.3) \quad l_{b.rqd.UK.L} := \frac{\sigma_s \cdot \varnothing_{32}}{4 \cdot f_{bd}} = 1010.893 \text{ mm}$$

Overkant mot land:  $\eta_{1.OK} := 0.7$

$$l_{b.rqd.OK.L} := \frac{l_{b.rqd.UK.L}}{\eta_{1.OK}} = 1444.133 \text{ mm}$$

$$(8.6) \text{ Stekksone} \quad l_{b.min.t} := \max(0.3 \cdot l_{b.rqd.UK.L}, 10 \cdot \varnothing_{32}, 100 \text{ mm}) = 320 \text{ mm}$$

$$(8.7) \text{ Trykksone} \quad l_{b.min.s} := \max(0.6 \cdot l_{b.rqd.OK.L}, 10 \cdot \varnothing_{32}, 100 \text{ mm}) = 866.48 \text{ mm}$$

$$l_{b.rqd.UK.L} > l_{b.min.t} \quad \text{--> OK!}$$

$$l_{b.rqd.OK.L} > l_{b.min.s} \quad \text{--> OK!}$$

Lengdearmeringen mot land forankres  
1.5m inn i endefuntamentet.

Underkant mot sjø: 9.2.1.4

$$\theta := 90 \text{ deg}$$

$$\Delta F_{td} := 0.5 \cdot V_{Ed} \cdot \theta = 3520.547 \text{ kN}$$

$$L_b := 2500 \text{ mm} - C_{nom} = 2440 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd.UK} := \frac{4 \cdot f_{bd} \cdot L_b}{\varnothing_{32}} = 1049.963 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{rd.UK} := \sigma_{sd.UK} \cdot A_{s.UK.Brukt} = 27021.758 \text{ kN}$$

$$\sigma_{sd.OK} := \frac{4 \cdot (f_{bd} \cdot 0.7) \cdot L_b}{\emptyset_{32}} = 734.974 \frac{N}{mm^2}$$

$$S_{rd.UK} := \sigma_{sd.OK} \cdot A_{s.OK.Brukt} = 15959.726 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{td} < S_{rd.UK} \text{ --> OK!}$$

$$\Delta F_{td} < S_{rd.OK} \text{ --> OK!}$$

Mer enn god nok forankringskapasitet ved fritt opplegg dersom man legger lengdearmeringen helt ut til kant mot sjø.

### Vedlegg B.3

#### Nødvendig armering ihht. rissvidde, kun for Fase 2

$$A_{\phi 32} := \pi \cdot \left( \frac{32 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 804.248 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.UK.Brøkt} := 23 \cdot A_{\phi 32} = 18497.698 \text{ mm}^2$$

$$M_{Ed.UK.kar} := 4876.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varphi_{0.egen} := 1.572$$

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b_w := 1400 \text{ mm}$$

$$d_{UK} := 1206 \text{ mm}$$

$$E_{mid} := 15942 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tab 3.1

$$E_{cm} := 36000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(7.20)

$$E_{c.eff} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{0.egen}} = 13996.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h := 1350 \text{ mm}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$C_{nom} := 60 \text{ mm}$$

$$C_{min.dur} := 50 \text{ mm}$$

$$r_1 := \frac{A_{s.UK.Bruckt} \cdot E_s}{b_w \cdot d_{UK} \cdot E_{mid}} = 0.137$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.405$$

$$x := \alpha \cdot d_{UK} = 487.913 \text{ mm}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{Ed.UK.kar}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_{UK} \cdot A_{s.UK.Bruckt}} = 252.65 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{c,eff} := \min\left(2.5 (h - d_{UK}), \frac{(h - x)}{3}, \frac{h}{2}\right) = 287.362 \text{ mm}$$

$$h_{c,eff} > h - d_{OK} + 1.5 \cdot 20 \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} := h_{c,eff} \cdot b_w = 402307.441 \text{ mm}^2$$

Langtid

$$k_t := 0.4$$

$$\zeta_{p,eff} := \frac{A_{s.UK.Bruckt}}{A_{c,eff}} = 0.046$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\zeta_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \zeta_{p,eff})}{E_s} = 0.001$$

$$\varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} > 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Max rissavstand:

$$S_{h.UK} := \frac{b_w - 2 C_{nom} - 2 \cdot 20 \text{ mm} - 8 \cdot 2 \cdot 32 \text{ mm}}{7} = 104 \text{ mm}$$

$$S < 5 \left( C_{nom} + \frac{32 \text{ mm}}{7} \right)$$

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$S_{r,max} := k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot 32 \text{ mm}}{\zeta_{p,eff}} = 322.315 \text{ mm}$$

$$W_{k,UK} := S_{r,max} \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.34 \text{ mm}$$

$$k_c := \frac{C_{nom}}{C_{min,dur}} = 1.2$$

Tab NA.7.1.A

$$W_{max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$$

$$\frac{W_{k,UK}}{W_{max}} = 0.945$$

Da vil altså mengden armering i UK reduseres med følgende mengde mellom de to metodene.

$$\text{Reduksjon} := (32 - 23) \cdot A_{\phi 32} = 7238.229 \text{ mm}^2$$

# Vedlegg B.4 - Boliden kai bjelke fase 1

Modul	Betongbjelke versjon 2.0.1 Bjelke
Standard	Beregnet med EN 1990, EN 1991-1-1 og EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

simon

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (29. april 2022, 14:16)**



## Beregningsinnstillinger

Element per felt	20	Inkluder trykkarmering	Ja
$\cot(\theta)$	1,00	L/x, $x_z$	200
$\delta_{\max,z}$	-	Kont. def. for tilnærmet permanent	Ja
Kont. def. for ofte forekommende	Ja	Kont. def. for karakteristisk	Ja

## Materiale

### Materialdata

Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Tyngdetetthet	$\gamma$	24 kN/m <sup>3</sup>
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja
Sikkerhetsfaktor	$K_{fi}$	1,00

### Rissdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{\max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{\max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	0 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	50 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
EkspONENT n i arbeidsdiagrammet	n	2,00

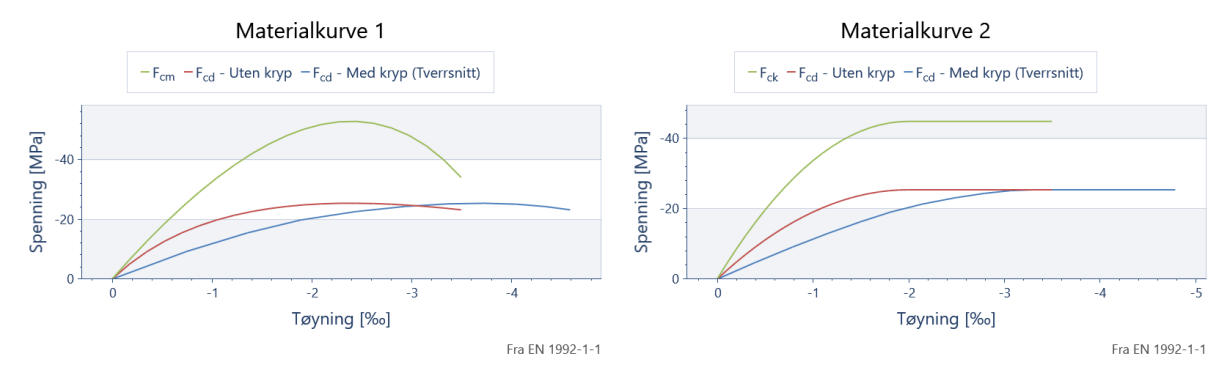
### Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	40 ‰
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsavhengige materialdata

## Tverrsnitt

Kryptallet	$\Phi$	1,62
Langtids E-modul	$E_{cl}$	14,29 GPa
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,39 ‰



## Geometri

## Staver

ID	Lengde [mm]	Tverrsnitt	$L_{0t}$ [mm]
1	2 500	Tverrsnitt	0
2	10 000	Tverrsnitt	0
3	9 600	Tverrsnitt	0
4	10 000	Tverrsnitt	0

ID : Staven sin ID.

Lengde : Lengden av staven

Tverrsnitt : Tverrsnittet til staven.

$L_{0t}$  : Avstanden mellom fastholdningspunkter mot vridning.

## Knutepunkter

ID	x [mm]	Opplager	b [mm]	$\Delta l$ [mm]
1	0	(Ingen)	0	0
2	2 500	Fritt opplegg	300	0
3	12 500	Fritt opplegg	300	0
4	22 100	Fritt opplegg	300	0
5	32 100	Fritt opplegg	300	0

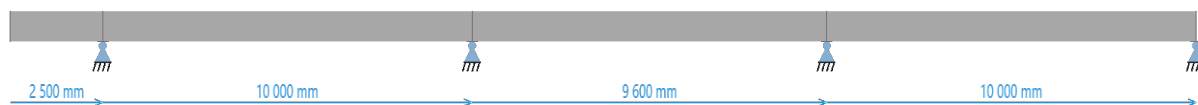
ID : Knutepunktets ID.

x : Knutepunktet sin x-koordinat.

Opplager : Opplageret til dette knutepunktet.

b : Bredden til opplageret.

$\Delta l$  : Forlengelse av stav over opplegg.

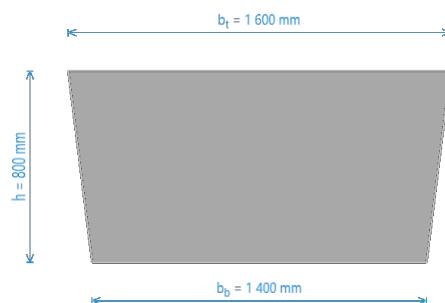


## Tverrsnitt

### Tverrsnitt

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Trapes
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	520 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	1 500 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	800 mm
Areal	Areal	1 200 000 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	4 612 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	119 881 511 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	63 905 185 185 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 9)
Avstand til akse i y-retning	$\Delta y$	0 mm
Avstand til akse i z-retning	$\Delta z$	0 mm

Høyde	$h$	800 mm
Bredde i topp	$b_t$	1 600 mm
Bredde på bunn	$b_b$	1 400 mm



## Oppleggstyper

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
(Ingen)		
Innspent	$\infty$	$\infty$
Fritt opplegg	$\infty$	

Navn : Navnet på dette opplegget

$K_z$  : Fjærkonstant for forskyvning i z-retning. (Uendelig hvis fullt innspent.)

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
------	-----------------	-----------------------------

$K_{\theta,y}$  : Fjærkonstant for rotasjon om y-aksen. (Uendelig hvis fullt innspent.)

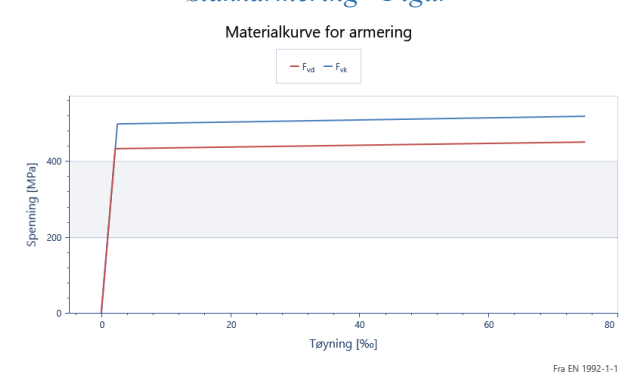
## Armering

### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Massetetthet	$\rho$	7 850 kg/m <sup>3</sup>
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 ‰
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 ‰
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 ‰
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

#### Slakkarmering - Figur



### Armeringslag

# bunter $\Phi$ [mm]	# jern / bunt bunt	Materiale	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$y_1$ [mm]	$y_2$ [mm]	$z$ [mm]	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
10	32	1 Slakkarmering	60	32 040	-712	712	324	1,00	0,88
8	32	2 Slakkarmering	60	32 040	-631	631	-227	1,00	0,82
8	32	2 Slakkarmering	60	32 040	-609	609	-297	0,00	0,00

# bunter : Antallet armeringsbunter i dette laget.

$\Phi$  : Diameteren til det enkelte jern.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

$x_1$  : Startposisjonen til lengdearmeringen.

$x_2$  : Sluttposisjonen til lengdearmeringen.

$y_1$  : Horisontal start koordinat for lengdearmeringen.

$y_2$  : Horisontal slutt koordinat for lengdearmeringen.

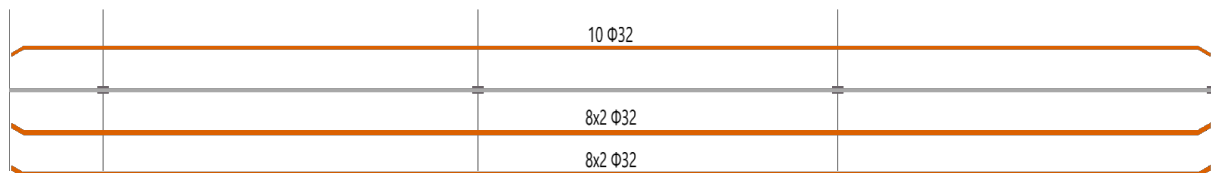
## Vedlegg B.4 - Boliden kai bjelke fase 1

# bunter $\Phi$	# jern / Materiale bunt	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$z$	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		

$z$  : Lengdearmeringen sin z-koordinat.

$L_{bd,1}$  : Forankringsfaktor i starten av armeringslaget.

$L_{bd,2}$  : Forankringsfaktor i slutten av armeringslaget.



## Skjærarmering

$s$	$\Phi$	Materiale	$x_1$	$x_2$	$c$	$c_{nom}$	# bøyleben $\alpha$	
[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$^{\circ}$	
175	20	Slakkarmering	0	6 500	60	60	2	90,00
330	20	Slakkarmering	6 500	8 500	60	60	2	90,00
175	20	Slakkarmering	8 500	16 500	60	60	2	90,00
330	20	Slakkarmering	16 500	17 500	60	60	2	90,00
175	20	Slakkarmering	17 500	25 500	60	60	2	90,00
330	20	Slakkarmering	25 500	27 000	60	60	2	90,00
175	20	Slakkarmering	27 000	32 100	60	60	2	90,00

$s$  : Senteravstanden mellom bøyene.

$\Phi$  : Diameteren til skjærarmeringen.

Materiale : Armeringsmateriale til bøylearmeringen.

$x_1$  : Startposisjon til bøylen (beregnes automatisk).

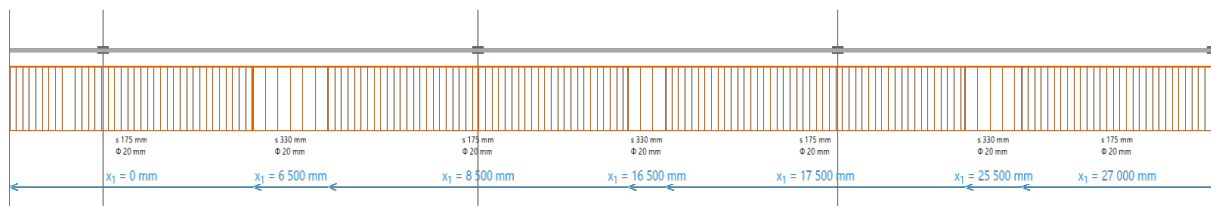
$x_2$  : Sluttposisjon til bøylen (beregnes automatisk).

$c$  : Bøyles overdekning.

$c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.

# bøyleben  $\alpha$  : Antall bøyleben i snittet parallelt med y-aksen. (Må være et partall.)

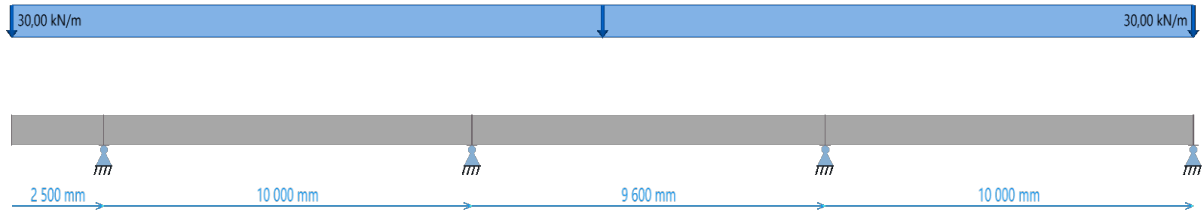
$\alpha$  : Helningsvinkelen på skjærarmeringen. (Rotert om horisontal akse.)



## Lasttilfeller

### Egenvekt

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	4	4	0	0	30,00

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

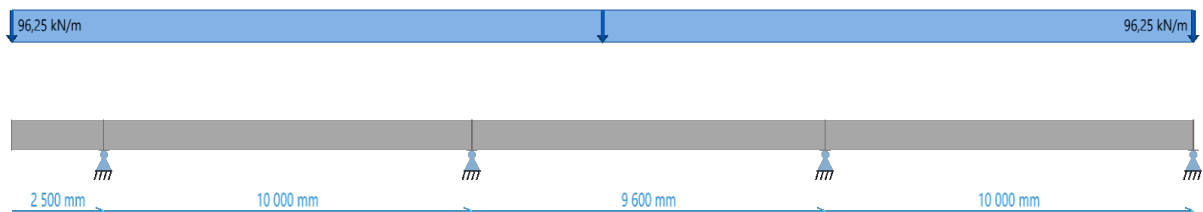
$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

### Egenvekt dekke

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei



## Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	4	4	0	0	96,25

## Egenvekt frontbjelke

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei

↓ 242,6 kN



## Punktlaster

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
1	0	242,6	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

## Lastkombinasjoner

### Lastkombinasjon

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$ $\gamma_{inf}$ $\psi$ Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20   1,00   1,00   100
Egenvekt dekke	Permanent	1,20   1,00   1,00   100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20   1,00   1,00   100

### Lastkombinasjon 2

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Karakteristisk)
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$ $\gamma_{inf}$ $\psi$ Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00   1,00   1,00   100
Egenvekt dekke	Permanent	1,00   1,00   1,00   100

## Vedlegg B.4 - Boliden kai bjelke fase 1

Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100

## Lastkombinasjon 3

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt dekke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100

Lasttilfelle : Lasttilfelle

Lasttype : Kombinasjonskriterium for lasttilfellet.

 $\gamma_{sup}$  : Største lastfaktor. $\gamma_{inf}$  : Minste lastfaktor. $\psi$  : Faktor for lastpåvirking.Langtidsandel : Andel langtidslast  $\psi_2/\psi$ .

## Sammendragresultater

Id	x [mm]	Bruddgrense				Bruksgrense				
		$U_{tn_{M,max}}$ [mm]	x	$U_{tn_{M,min}}$ [mm]	Skjærutn	Rissutn	$U_{tn - \sigma}$	$U_{tn_{\delta,z}}$	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]
1	1 608	0,03	1 732	0,42	0,86	0,70	0,47	0,27	3,3	0,0
2	7 015	0,12	2 650	0,42	0,65	0,69	0,47	0,17	8,4	0,0
3	16 370	0,06	21 950	0,55	0,65	1,00	0,60	0,08	3,7	-0,5
4	27 585	0,19	22 250	0,54	0,79	0,98	0,59	0,30	14,9	0,0

Id : Staven sin id.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.

 $U_{tn_{M,max}}$  : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.

 $U_{tn_{M,min}}$  : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

Skjærutn : Skjærutnyttelse ved største momentutnyttelse for positive moment.

Rissutn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

 $U_{tn - \sigma}$  : Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner. $U_{tn_{\delta,z}}$  : Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav. $\delta_{z,max}$  : Største forskyvning nedover fra laster i z-retning. $\delta_{z,min}$  : Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.



# Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

Modul	Betongbjelke versjon 2.1.0 Bjelke
Standard	Beregnet med EN 1990, EN 1991-1-1 og EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

simon

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (16. mai 2022, 11:21)**

## Beregningsinnstillinger

Element per felt	20	Inkluder trykkarmering	Ja
$\cot(\theta)$	1,00	$L/x, x_z$	200
$\delta_{\max,z}$	-	Kont. def. for tilnærmet permanent	Ja
Kont. def. for ofte forekommende	Ja	Kont. def. for karakteristisk	Ja

## Materiale

### Materialdata

Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Tyngdetetthet	$\gamma$	24 kN/m <sup>3</sup>
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja
Sikkerhetsfaktor	$K_{fi}$	1,00

### Rissdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{\max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{\max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	0 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	50 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
EkspONENT n i arbeidsdiagrammet	n	2,00

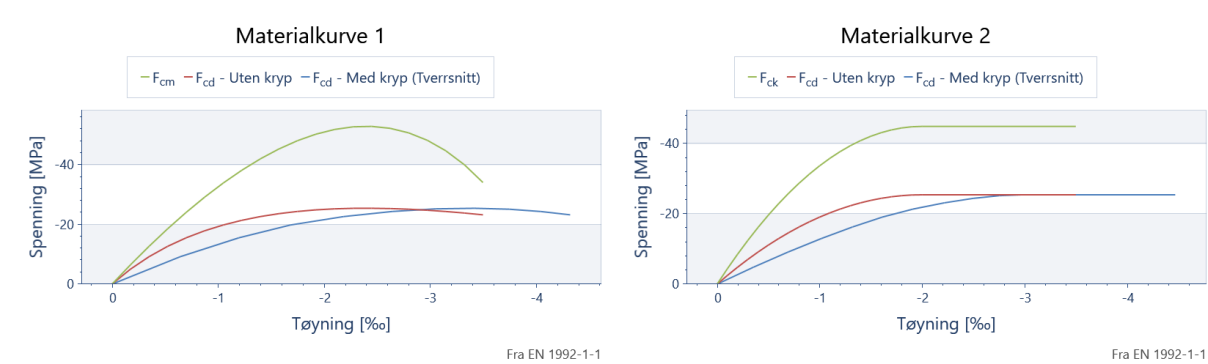
### Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 ‰
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsavhengige materialdata

## Tverrsnitt

Kryptallet	$\Phi$	1,22
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,81 GPa
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,24 ‰



## Geometri

## Staver

ID	Lengde [mm]	Tverrsnitt	$L_{0t}$ [mm]
1	2 500	Tverrsnitt	0
2	10 000	Tverrsnitt	0
3	9 600	Tverrsnitt	0
4	10 000	Tverrsnitt	0

ID : Staven sin ID.

Lengde : Lengden av staven

Tverrsnitt : Tverrsnittet til staven.

$L_{0t}$  : Avstanden mellom fastholdningspunkter mot vridning.

## Knutepunkter

ID	x [mm]	Opplager	b [mm]	$\Delta l$ [mm]
1	0	(Ingen)	0	0
2	2 500	Fritt opplegg	300	0
3	12 500	Fritt opplegg	300	0
4	22 100	Fritt opplegg	300	0
5	32 100	Fritt opplegg	300	0

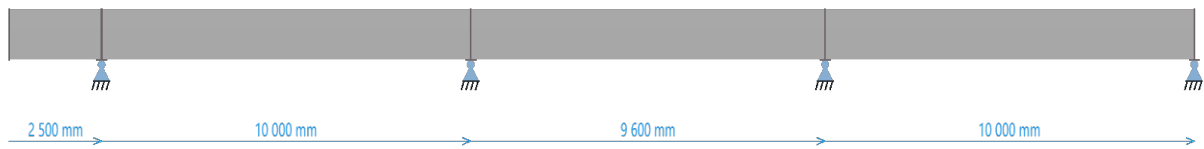
ID : Knutepunktets ID.

x : Knutepunktet sin x-koordinat.

Opplager : Opplageret til dette knutepunktet.

b : Bredden til opplageret.

$\Delta l$  : Forlengelse av stav over opplegg.

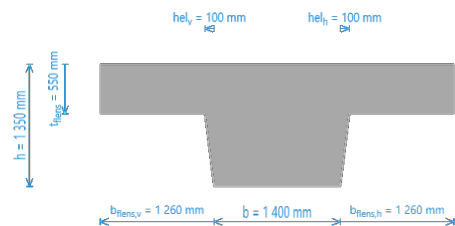


## Tverrsnitt

### Tverrsnitt

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Avansert T
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	648 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	1 500 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	550 mm
Areal	Areal	3 356 000 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	10 352 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	516 174 028 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	460 313 654 814 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 162)
Avstand til akse i y-retning	$\Delta y$	0 mm
Avstand til akse i z-retning	$\Delta z$	0 mm

Høyde	$h$	1 350 mm
stegbredde	$b$	1 400 mm
Flenstykkelse	$t_{flens}$	550 mm
Flensbredde venstre side	$b_{flens,v}$	1 260 mm
Flensbredde høyre side	$b_{flens,h}$	1 260 mm
Helning venstre flens	$hel_v$	100 mm
Helning fra høyre flens	$hel_h$	100 mm



## Oppleggstyper

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
(Ingen)		
Innspent	$\infty$	$\infty$
Fritt opplegg	$\infty$	
Opplegg	229 787	0
Opplegg 2	$\infty$	$\infty$

Navn	$K_z$ [kN/m]	$K_{\theta,y}$ [kNm/rad]
Navn	: Navnet på dette opplegget	
$K_z$	: Fjærkonstant for forskyvning i z-retning. (Uendelig hvis fullt innspent.)	
$K_{\theta,y}$	: Fjærkonstant for rotasjon om y-aksen. (Uendelig hvis fullt innspent.)	

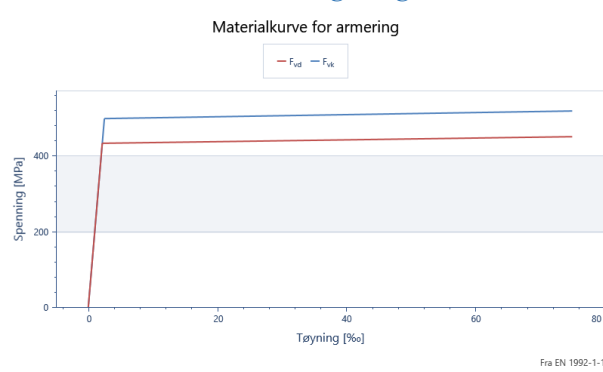
## Armering

### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Massetetthet	$\rho$	7 850 kg/m <sup>3</sup>
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 ‰
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 ‰
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 ‰
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

#### Slakkarmering - Figur



### Armeringslag

# bunter $\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$y_1$ [mm]	$y_2$ [mm]	$z$ [mm]	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
8	32	2 Slakkarmering	60	32 040	-609	609	-572	0,00	0,00
8	32	2 Slakkarmering	60	32 040	-618	618	-502	0,00	0,00
27	32	1 Slakkarmering	60	32 040	-1 864	1 864	560	0,00	0,00
10	32	1 Slakkarmering	60	32 040	-680	680	-60	0,00	0,00

# bunter : Antallet armeringsbunter i dette laget.

$\Phi$  : Diameteren til det enkelte jern.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

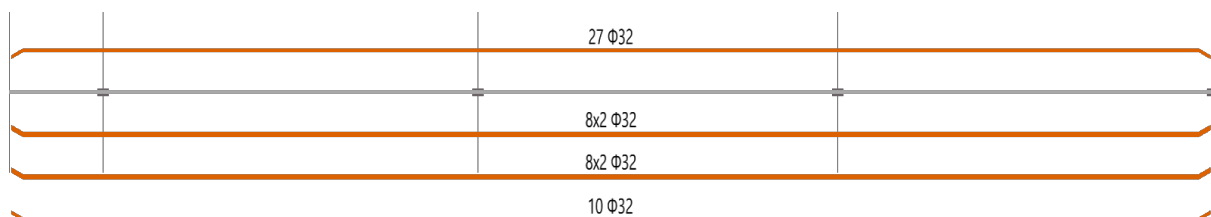
Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

$x_1$  : Startposisjonen til lengdearmeringen.

## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

# bunter $\Phi$	# jern / Materiale bunt	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$z$	$L_{bd,1}$	$L_{bd,2}$
[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		

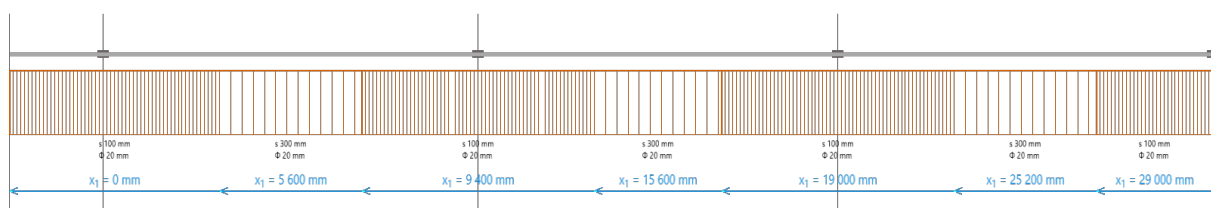
- $x_2$  : Sluttposisjonen til lengdearmeringen.  
 $y_1$  : Horisontal start koordinat for lengdearmeringen.  
 $y_2$  : Horisontal slutt koordinat for lengdearmeringen.  
 $z$  : Lengdearmeringen sin z-koordinat.  
 $L_{bd,1}$  : Forankringsfaktor i starten av armeringslaget.  
 $L_{bd,2}$  : Forankringsfaktor i slutten av armeringslaget.



## Skjærarmering

s	$\Phi$	Materiale	$x_1$	$x_2$	c	$c_{nom}$	# bøyleben	$\alpha$
[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[°]
100	20	Slakkarmering	0	5 600	60	60	2	90,00
300	20	Slakkarmering	5 600	9 400	60	60	2	90,00
100	20	Slakkarmering	9 400	15 600	60	60	2	90,00
300	20	Slakkarmering	15 600	19 000	60	60	2	90,00
100	20	Slakkarmering	19 000	25 200	60	60	2	90,00
300	20	Slakkarmering	25 200	29 000	60	60	2	90,00
100	20	Slakkarmering	29 000	32 100	60	60	2	90,00

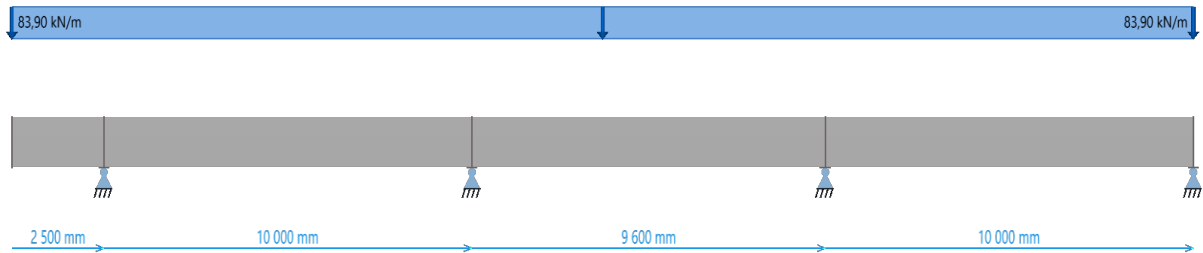
- $s$  : Senteravstanden mellom bøylene.  
 $\Phi$  : Diameteren til skjærarmeringen.  
 Materiale : Armeringsmateriale til bøylearmeringen.  
 $x_1$  : Startposisjon til bøylene (beregnes automatisk).  
 $x_2$  : Sluttposisjon til bøylene (beregnes automatisk).  
 $c$  : Bøylens overdekning.  
 $c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.  
 # bøyleben $_y$  : Antall bøyleben i snittet parallelt med y-aksen. (Må være et partall.)  
 $\alpha$  : Helningsvinkelen på skjærarmeringen. (Rotert om horisontal akse.)



## Lasttilfeller

### Egenvekt

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	4	4	0	0	83,90

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

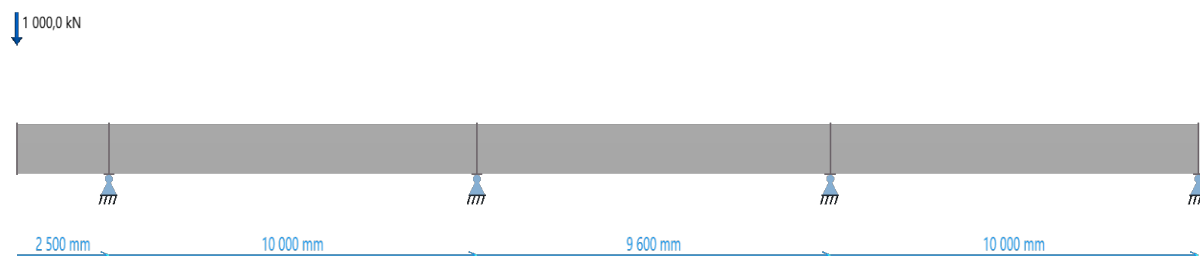
$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

### Punkt 1

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja

## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

*Punktlaster*

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
1	0	1 000,0	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

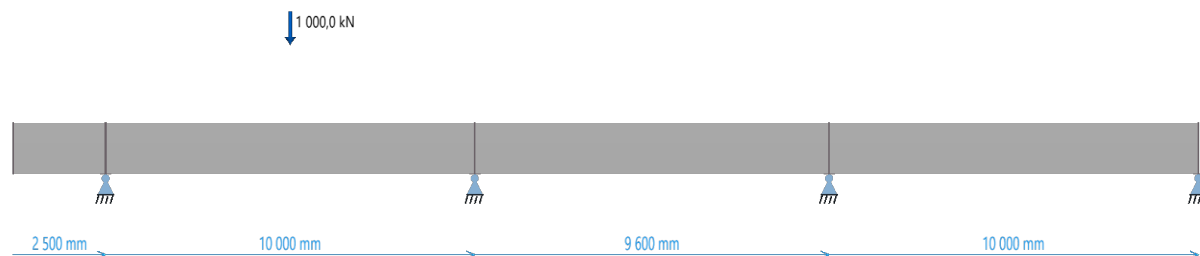
x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

**Punkt 2**

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja

*Punktlaster*

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
2	5 000	1 000,0	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

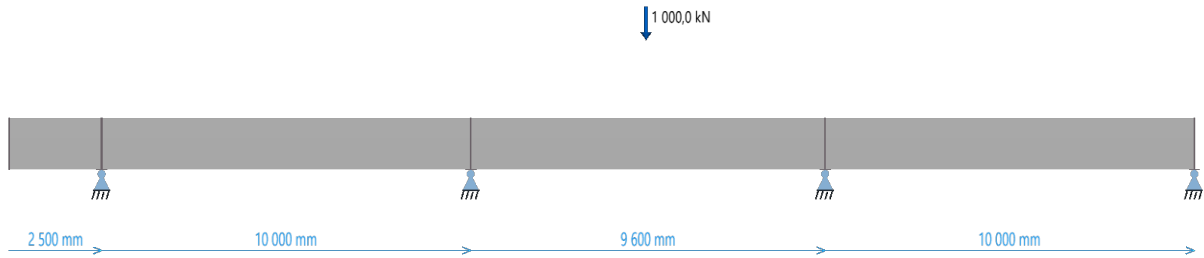
**Punkt 3**

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
----------	----------	-------------------------



## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja

*Punktlast*

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
	3	4 750	1 000,0
			0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

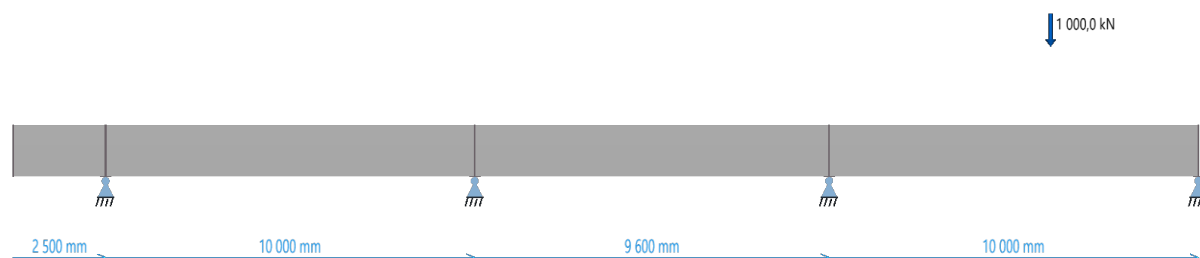
x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

**Punkt 4**

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja



### Punktlaster

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
4	6 000	1 000,0	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

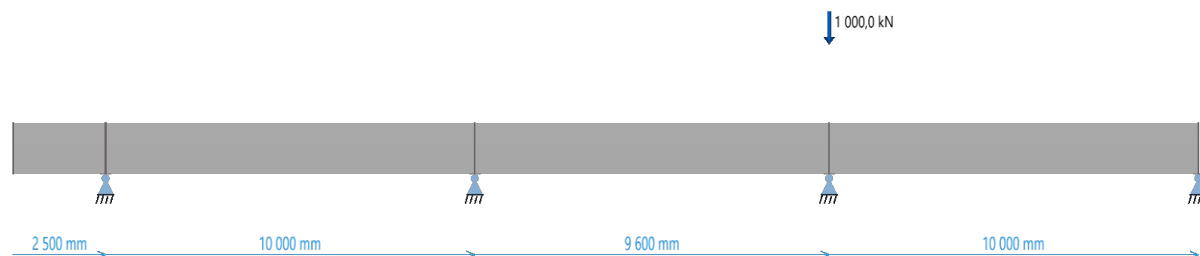
x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

### Punkt 5

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja



### Punktlaster

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
4	0	1 000,0	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

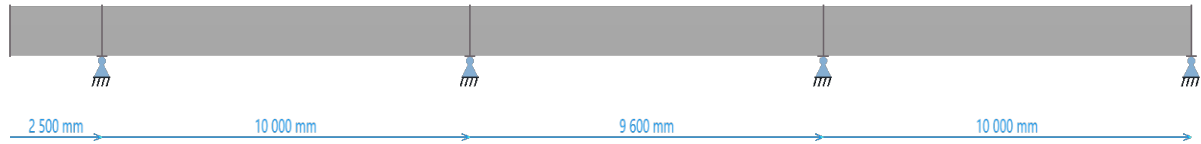
### Egenvekt frontbjelke

Kategori	Kategori	Egenvekt
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	1,00

## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	1,00
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	1,00
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Nei

↓ 242,6 kN

*Punktlaster*

Stav	x [mm]	$P_z$ [kN]	$M_y$ [kNm]
1	0	242,6	0,0

Stav : Staven som denne punktlasten hører til.

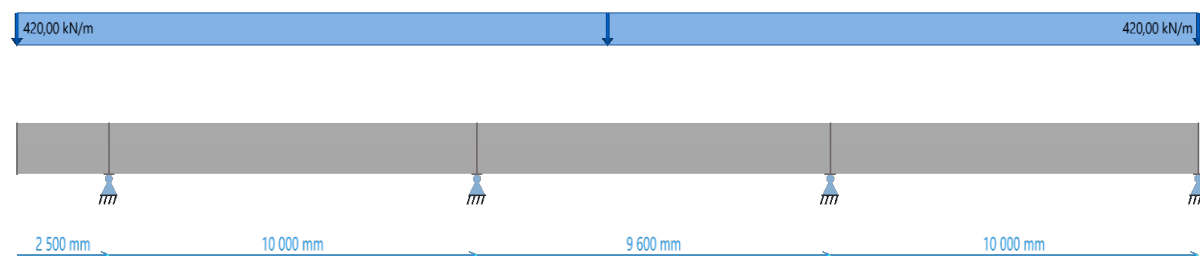
x : Punktlasten sin avstand fra starten av staven.

$P_z$  : Kraft i z-retning.

$M_y$  : Moment om y-aksen.

**Jevnt fordelt 9**

Kategori	Kategori	G: Mellomstore kjøretøy
Faktoren $\psi_0$	$\psi_0$	0,70
Faktoren $\psi_1$	$\psi_1$	0,50
Faktoren $\psi_2$	$\psi_2$	0,30
Dominerende lasttilfelle	Dominerende	Ja



### Linjelaster

Start stav	Slutt stav	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]	$q_{z1}$ [kN/m]	$q_{z2}$ [kN/m]
1	4	4	0	0	420,00

Start stav : Staven linjelasten begynner på.

Slutt stav : Staven linjelasten slutter på.

$x_1$  : Avstand fra start staven.

$x_2$  : Avstand fra slutt staven.

$q_{z1}$  : Last intensitet i starten i z-retning

$q_{z2}$  : Last intensitet i slutten i z-retning

## Lastkombinasjoner

### Lastkombinasjon

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Jevnt fordelt 9	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30

### Lastkombinasjon 2

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Punkt 1	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30

### Lastkombinasjon 3

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Punkt 2	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30

### Lastkombinasjon 4

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Punkt 3	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20	1,00	1,00	100

### Lastkombinasjon 5

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Punkt 4	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20	1,00	1,00	100

### Lastkombinasjon 6

Beregningstype	Beregningstype	Bruddgrense (STR)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,20	1,00	1,00	100
Punkt 5	Variabel feltvis	1,50	0,00	1,00	30
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,20	1,00	1,00	100

### Lastkombinasjon 7

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Jevnt fordelt 9	Variabel feltvis	1,00	0,00	1,00	30

### Lastkombinasjon 8

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Punkt 1	Variabel feltvis	1,00	0,00	1,00	30

### Lastkombinasjon 9

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
Lasttilfelle	Lasttype	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Punkt 2	Variabel feltvis	1,00	0,00	1,00	30
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100

## Lastkombinasjon 10

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Lasttilfelle	Lasttype				
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Punkt 3	Variabel feltvis	1,00	0,00	1,00	30
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100

## Lastkombinasjon 11

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Lasttilfelle	Lasttype				
Punkt 4	Variabel feltvis	1,00	0,00	1,00	30
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100

## Lastkombinasjon 12

Beregningstype	Beregningstype	Bruksgrense (Ofte forekommende)			
		$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\psi$	Langtidsandel
Lasttilfelle	Lasttype				
Egenvekt	Permanent	1,00	1,00	1,00	100
Punkt 5	Variabel feltvis	1,00	0,00	1,00	30
Egenvekt frontbjelke	Permanent	1,00	1,00	1,00	100

Lasttilfelle : Lasttilfelle

Lasttype : Kombinasjonskriterium for lasttilfellet.

$\gamma_{sup}$  : Største lastfaktor.

$\gamma_{inf}$  : Minste lastfaktor.

$\psi$  : Faktor for lastpåvirking.

Langtidsandel : Andel langtidslast  $\psi_2/\psi$ .

## Sammendragsresultater

Id	x	Bruddgrense				Bruksgrense				
		$U_{tn_{M,max}}$	x	$U_{tn_{M,min}}$	Skjærutn	Rissutn	$U_{tn} - \sigma$	$U_{tn_{\delta,z}}$	$\delta_{z,max}$	$\delta_{z,min}$
	[mm]		[mm]					[mm]	[mm]	
1	1 113	0,06	124	<b>1,63</b>	0,60	<b>1,60</b>	0,32	0,69	8,0	-8,7
2	6 045	0,44	11 865	0,57	<b>1,69</b>	0,90	0,49	0,24	11,8	-4,3
3	18 190	0,32	21 950	0,61	<b>1,59</b>	0,97	0,53	0,16	7,5	-6,3
4	31 950	<b>2,15</b>	31 950	<b>1,01</b>	<b>1,81</b>	<b>2,51</b>	0,52	0,25	12,4	-2,3

Id : Staven sin id.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.

$U_{tn_{M,max}}$  : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.

$U_{tn_{M,min}}$  : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

Skjærutn : Skjærutnyttelse ved største momentutnyttelse for positive moment.

Rissutn : Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

Id	x [mm]	Bruddgrense			Bruksgrense				
		Utn <sub>M,max</sub>	x	Utn <sub>M,min</sub>	Skjærutn	Rissutn	Utn - $\sigma$	Utn <sub><math>\delta,z</math></sub>	$\delta_{z,max}$

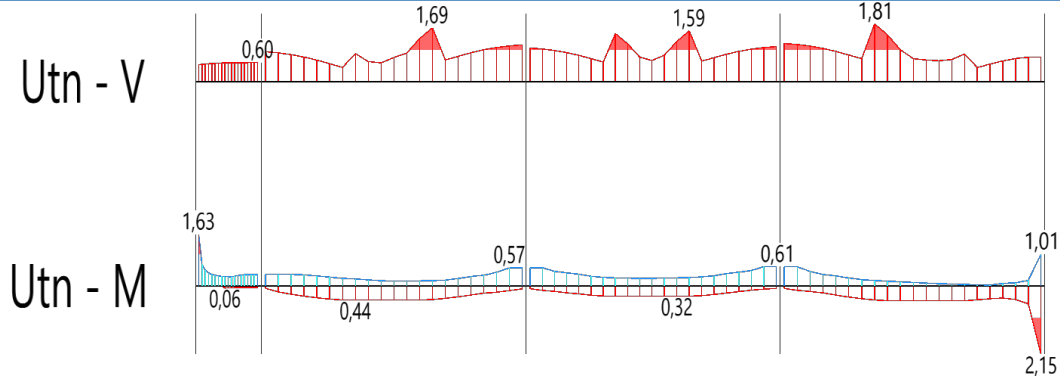
Utn -  $\sigma$  : Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.

Utn <sub>$\delta,z$</sub>  : Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav.

$\delta_{z,max}$  : Største forskyvning nedover fra laster i z-retning.

$\delta_{z,min}$  : Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.

## Bruddgrense



## Sammendrag

x [mm]	Maks moment		Min moment		Skjærkapasitet				
	Utn <sub>M,max</sub>	M <sub>kapasitet</sub>	x	Utn <sub>M,min</sub>	M <sub>kapasitet</sub>	x	Skjærutn	V <sub>Rd,trykk</sub>	V <sub>Rd,strekk</sub>
1 113	0,06	10 634	124	1,63	-758	2 350	0,60	10 740	3 118
6 045	0,44	15 272	11 865	0,57	-12 542	8 955	1,69	10 740	1 039
18 190	0,32	15 272	21 950	0,61	-12 544	18 660	1,59	10 740	1 039
31 950	2,15	1 038	31 950	1,01	-1 062	25 663	1,81	10 740	1 039

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.

Utn<sub>M,max</sub> : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

M<sub>kapasitet</sub> : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.

x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.

Utn<sub>M,min</sub> : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

M<sub>kapasitet</sub> : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.

x : X-koordinaten til noden med maks skjærutnyttelse.

Skjærutn : Maks skjærutnyttelse for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.

V<sub>Rd,trykk</sub> : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.

V<sub>Rd,strekk</sub> : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.

## Maks moment

Id	x [mm]	M <sub>Ed,G</sub> [kNm]	M <sub>Ed,Q</sub> [kNm]	M <sub>dim</sub> [kNm]	Utn	M <sub>kapasitet</sub> [kNm]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	$\epsilon_{cc}$ [‰]
1	1 113	303	370	673	0,06	10 634	-0,22	0,19	0,00
2	6 045	2 123	4 247	6 764	0,44	15 272	-0,64	1,16	-0,06
3	18 190	1 514	3 009	4 912	0,32	15 272	-0,52	0,84	-0,03

## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	$M_{dim}$	Utn	$M_{kapasitet}$	$\epsilon_c$	$\epsilon_s$	$\epsilon_{cc}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kNm]	[%]	[%]	[%]
4	31 950	184	292	2 227	<b>2,15</b>	1 038	-	-	-

- Id : Staven sin id.  
x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for positivt moment.  
 $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $M_{Ed,Q}$  : Korttidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $M_{dim}$  : Dimensjonerende moment ved største momentutnyttelse for positive moment.  
Utn : Største momentutnyttelse for positivt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.  
 $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved største momentutnyttelse for positive moment.  
 $\epsilon_{cc}$  : Største kryptøyning i betongen ved største momentutnyttelse for positive moment.

## Min moment

Id	x	$M_{Ed,G}$	$M_{Ed,Q}$	$M_{dim}$	Utn	$M_{kapasitet}$	$\epsilon_c$	$\epsilon_s$	$\epsilon_{cc}$
	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kNm]	[%]	[%]	[%]
1	124	-92	-130	-1 235	<b>1,63</b>	-758	-	-	-
2	11 865	-1 871	-3 352	-7 191	0,57	-12 542	-0,93	1,46	-0,09
3	21 950	-2 975	-4 693	-7 668	0,61	-12 544	-0,99	1,55	-0,12
4	31 950	-403	-666	-1 070	<b>1,01</b>	-1 062	-	-	-

- Id : Staven sin id.  
x : X-koordinaten til noden med største momentutnyttelse, for negativt moment.  
 $M_{Ed,G}$  : Langtidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $M_{Ed,Q}$  : Korttidsmoment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $M_{dim}$  : Dimensjonerende moment ved største momentutnyttelse for negative moment.  
Utn : Største momentutnyttelse for negativt moment, for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.  
 $M_{kapasitet}$  : Kapasiteten for moment om y-aksen ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $\epsilon_c$  : Maks betongtøyning ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $\epsilon_s$  : Maks armeringstøyning ved største momentutnyttelse for negative moment.  
 $\epsilon_{cc}$  : Største kryptøyning i betongen ved største momentutnyttelse for negative moment.

## Skjærkapasitet

Id	x	$V_{Ed}$	$V_{Ed,Red}$	Utn	Behov?	$U_{tn,trykk,wo}$	$U_{tn,strekk,wc}$	$U_{tn,trykk,w}$	$U_{tn,strekk,w}$	$A_{sw,statisk}$
	[mm]	[kN]	[kN]							[mm <sup>2</sup> /m]
1	2 350	-2 028	-1 859	0,60	Ja	-	1,71	0,19	0,60	3 747
2	8 955	-1 755	-1 755	<b>1,69</b>	Ja	-	1,50	0,16	1,69	3 536
3	18 660	-1 653	-1 653	<b>1,59</b>	Ja	-	1,41	0,15	1,59	3 331
4	25 663	1 879	1 879	<b>1,81</b>	Ja	-	1,61	0,17	1,81	3 786

- Id : Staven sin id.  
x : X-koordinaten til noden med maks skjærutnyttelse.



Id	x [mm]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Ed,Red}$ [kN]	Utn	Behov?	$U_{tn,trykk,wo}$	$U_{tn,strekk,wo}$	$U_{tn,trykk,w}$	$U_{tn,strekk,w}$	$A_{sw,statisk}$ [mm <sup>2</sup> /m]
$V_{Ed}$		: Skjærkraft ved maks skjærutnyttelse.								
$V_{Ed,Red}$		: Redusert skjærkraft ved maks skjærutnyttelse.								
Utn		: Maks skjærutnyttelse for alle bruddgrense-lastkombinasjoner.								
Behov?		: En sjekk på om det er beregningsmessig behov for skjærarmering ved maks skjærutnyttelse.								
$U_{tn,trykk,wo}$		: Skjærtrykkutnyttelse i z-retning uten armering ved maks skjærutnyttelse.								
$U_{tn,strekk,wo}$		: Skjærstrekkutnyttelse i z-retning uten armering ved maks skjærutnyttelse.								
$U_{tn,trykk,w}$		: Skjærtrykkutnyttelse i z-retning med armering ved maks skjærutnyttelse.								
$U_{tn,strekk,w}$		: Skjærstrekkutnyttelse i z-retning med armering ved maks skjærutnyttelse.								
$A_{sw,statisk}$		: Statisk nødvendig skjærarmering i z-retning ved maks skjærutnyttelse.								

## Stavdata

### Vippelengde

Id	$l_{0t,p}$ [mm]	$l_{0t,t}$ [mm]
1	77 681	108 753
2	77 681	108 753
3	77 681	108 753
4	77 681	108 753

Id	: Staven sin id.
$l_{0t,p}$	: Største vippelengde for vedvarende situasjoner.
$l_{0t,t}$	: Største vippelengde for forbigående situasjoner.

## Minimumsarmering

Id	x [mm]	$A_{s,min,topp}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,bunn}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{sdb,min}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,b}$ [mm <sup>2</sup> ]	Fri avstand	$A_{sw,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sw,bøy,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$S_{l,c}$ [mm]	$S_{l,max}$ [mm]	$S_{t,y,max}$ [mm]
1		9 555	3 589	134 240	3 356	8 445	Ikke godkjent	2 012	2 012	480	658	600
2		6 965	3 589	134 240	3 356	8 445	Ikke godkjent	2 012	2 012	480	658	600
3		6 986	3 589	134 240	3 356	8 445	Ikke godkjent	2 012	2 012	480	658	600
4		9 555	3 589	134 240	3 356	8 445	Ikke godkjent	2 012	2 012	480	658	600

Id	: Staven sin id.
x	: X-koordinaten til noden.
$A_{s,min,topp}$	: Minste tillatte strekkarmeringsareal i overkant. Kun relevant ved strekk i overkant. Se EN 1992-1-1: 9.2.1.1(1).
$A_{s,min,bunn}$	: Minste tillatte strekkarmeringsareal i underkant. Kun relevant ved strekk i underkant. Se EN 1992-1-1: 9.2.1.1(1).
$A_{s,max}$	: Største tillatte armeringsareal i lengderetning. Se EN 1992-1-1: 9.2.1.1(3).

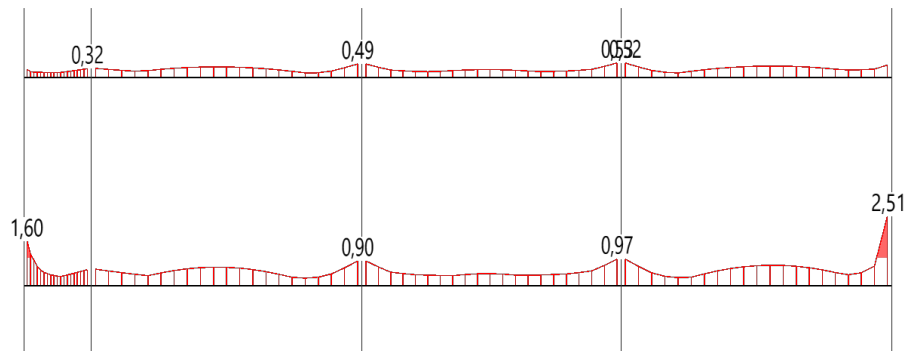
Id	x [mm]	$A_{s,min,topp}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,bunn}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{sdb,min}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,min,b}$ [mm <sup>2</sup> ]	Fri avstand	$A_{sw,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sw,bøy,min}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$S_{l,c}$ [mm]	$S_{l,max}$ [mm]	$S_{t,y,max}$ [mm]
$A_{sdb,min}$		: Minste tillatte armeringsareal i sideflatene. Se EN 1992-1-1: 9.7(1).										
$A_{s,min,b}$		: 25 % av den innlagte underkantarmeringen i feltet skal fortsette frem til opplegg. Se EN 1992-1-1: 9.2.1.4.										
Fri avstand		: Fri avstand mellom lengdearmersjern. Se EN 1992-1-1: 8.2 (slakkarmoring) og 8.10.1 (spennarmoring).										
$A_{sw,min}$		: Minste tillatte skjærarmersareal per bjelkelengde. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(5).										
$A_{sw,bøy,min}$		: Minste tillatte bøyleareal per bjelkelengde. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(5).										
$S_{l,c}$		: Største tillatte bøyleavstand når trykkarmoring er medregnet i momentkapasiteter. Se EN 1992-1-1: 9.2.1.2(3).										
$S_{l,max}$		: Største tillatte bøyleavstand i lengderetning. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(6).										
$S_{t,y,max}$		: Største tillatte avstand mellom bøylebein tvers bjelken, målt langs y-aksen. Se EN 1992-1-1: 9.2.2(8).										

## Minimumsarmering

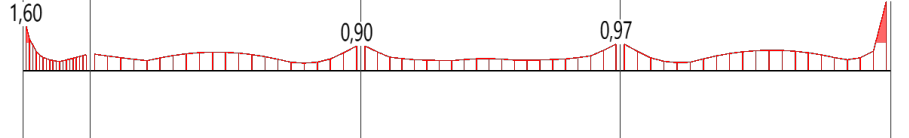


## Bruksgrense

### Utn - Spenning



### Utn - Rissvidde



## Sammendrag

x [mm]	Rissvidde		Spenning			Forskyvninger				
	Rissutn [mm]	$W_k$ [mm]	x [mm]	Utn - $\sigma$	Utn $\delta_z$	$\delta_{max,z}$ [mm]	$\delta_{z,max}$ [mm]	$\delta_{z,G,max}$ [mm]	$\delta_{z,min}$ [mm]	$\delta_{z,G,min}$ [mm]
124	<b>1,60</b>	0,58	2 350	0,32	0,69	12,5	8,0	3,5	-8,7	-2,5
12 350	0,90	0,32	12 350	0,49	0,24	50,0	11,8	4,8	-4,3	-1,2
21 950	0,97	0,35	21 950	0,53	0,16	48,0	7,5	3,1	-6,3	-2,1
31 950	<b>2,51</b>	0,90	22 250	0,52	0,25	50,0	12,4	5,6	-2,3	-0,3

x : X-kordinaten til noden med maks rissutnyttelse.

## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

Rissutn	: Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
$W_k$	: Rissvidde ved maks rissutnyttelse.
x	: X-koordinaten til noden med maks spenningsutnyttelse.
Utn - $\sigma$	: Maks spenningsutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
Utn <sub><math>\delta,z</math></sub>	: Utnyttelsesgrad av forskyvning for aktuell stav.
$\delta_{max,z}$	: Kritisk krav til forskyvninger i z-retning.
$\delta_{z,max}$	: Største forskyvning nedover fra laster i z-retning.
$\delta_{z,G,max}$	: Største forskyvning nedover fra langtid alene i z-retning.
$\delta_{z,min}$	: Største forskyvning oppover fra laster i z-retning.
$\delta_{z,G,min}$	: Største forskyvning oppover fra langtid alene i z-retning.

## Rissviddebegrensning

Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	Lasttype	Utn	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	$w_{max}$ [mm]	$W_k$ [mm]	$S_{r,max}$ [mm]	$A_{s,min}$ [mm <sup>2</sup> ]
1	124	-68	-87	Ofte forekommende	<b>1,60</b>	-0,30	0,58	0,36	0,58	1 655	<b>5 089</b>
2	12 350	-1 823	-3 053	Ofte forekommende	0,90	-0,59	0,97	0,36	0,32	554	5 878
3	21 950	-2 143	-3 129	Ofte forekommende	0,97	-0,64	1,05	0,36	0,35	554	5 089
4	31 950	132	195	Ofte forekommende	<b>2,51</b>	-0,31	0,90	0,36	0,90	1 673	6 136

Id	: Staven sin id.
x	: X-koordinaten til noden med maks rissutnyttelse.
$M_{Ed,G}$	: Langtidsmoment om y-aksen ved maks rissutnyttelse.
$M_{Ed,Q}$	: Kortidsmoment om y-aksen ved maks rissutnyttelse.
Lasttype	: Typen last som er påført ved maks rissutnyttelse.
Utn	: Maks rissutnyttelse for alle bruksgrense-lastkombinasjoner.
$\epsilon_c$	: Maks betongtøyning ved maks rissutnyttelse.
$\epsilon_s$	: Maks armeringstøyning ved maks rissutnyttelse.
$w_{max}$	: Grenseverdi for karakteristisk rissvidde.
$W_k$	: Rissvidde ved maks rissutnyttelse.
$S_{r,max}$	: Største rissavstand ved maks rissutnyttelse.
$A_{s,min}$	: Tverrsnittsarealet av minimumsarmeringen i strekksonen.

## Spenningsbegrensning

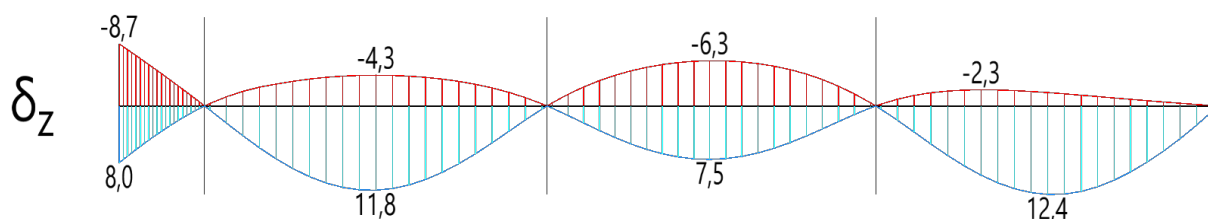
Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	Lasttype	Utn - $\sigma_c$	Utn - $\sigma_s$	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_{c,limit}$ [MPa]	$\sigma_{s,limit}$ [MPa]
1	2 350	-1 507	-1 645	Ofte forekommende	0,26	0,32	-7	126	-27	400
2	12 350	-1 823	-3 053	Ofte forekommende	0,44	0,49	-12	194	-27	400
3	21 950	-2 143	-3 129	Ofte forekommende	0,46	0,53	-12	210	-27	400
4	22 250	-2 125	-3 113	Ofte forekommende	0,46	0,52	-12	209	-27	400

Id	: Staven sin id.
x	: X-koordinaten til noden med maks spenningsutnyttelse.

## Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

Id	x [mm]	$M_{Ed,G}$ [kNm]	$M_{Ed,Q}$ [kNm]	Lasttype	Utn - $\sigma_c$	Utn - $\sigma_s$	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_{c,limit}$ [MPa]	$\sigma_{s,limit}$ [MPa]
$M_{Ed,G}$		: Langtidsmoment om y-aksen ved maks spenningsutnyttelse.								
$M_{Ed,Q}$		: Kortidsmoment om y-aksen ved maks spenningsutnyttelse.								
Lasttype		: Typen last som er påført ved maks spenningsutnyttelse.								
Utn - $\sigma_c$		: Spenningsutnyttelse i betongen ved maks spenningsutnyttelse.								
Utn - $\sigma_s$		: Spenningsutnyttelse i armeringen ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_c$		: Maks betongspenning ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_s$		: Maks armeringsspenning ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_{c,limit}$		: Største tillatte betongspenning i bruksgrense for karakteristiske laster ved maks spenningsutnyttelse.								
$\sigma_{s,limit}$		: Største tillatte slakkarmeringsspenning i bruksgrense for karakteristiske laster ved maks spenningsutnyttelse.								

## Forskyvninger



## Mengder

Volum av betongbjelker	$V_{c,bjelke}$	104,89 m <sup>3</sup>
Betongmasse	$m_c$	251 747 kg
Armeringsmasse	$m_s$	22 239 kg
Lengste armeringsjern (ekskl. bøyer)	$L_{s,max}$	31 980 mm

## Armeringsmengde

$\Phi$ [mm]	$L_s$ [mm]	$m_s$ [kg]
32	2 206 620	13 931
20	3 368 917	8 308

$\Phi$  : Diameter.

$L_s$  : Løpometer.

$m_s$  : Masse.

## Feilmeldinger

✘	Fri avstand mellom lengdearmeringsjern er ikke tilfredsstillt (82 feil)
✘	Kravet til senteravstand mellom bøylebeina i tverretningen i EN 1992-1-1, 9.2.2(8) er overskredet for skjærkrefter i y-retning. (82 feil)
✘	Momentutnyttelse er overskredet. (3 feil)
✘	Skjærutnyttelse er overskredet. (20 feil)
✘	Kravet til armeringsmengde som skal fortsette ut til opplegg er ikke tilfredsstillt (5 feil)

Vedlegg B.5 - Boliden kai bjelke fase 2

- ✘ Rissutnyttelse er overskredet. (3 feil)
- ✘ Tverrsnittsarealet av minimumsarmeringen i strekksonen for rissviddebegrensning er ikke tilfredsstillt (2 feil)

## Vedlegg B.6

### Utgregning av laster på Fase 2 - bjelker, med forenklete formler:

$$q_{gk} := 1.2 \cdot \left( 150.25 \frac{kN}{m} \right) = 180.3 \frac{kN}{m}$$

$$q_{pk} := 1.5 \cdot \left( 60 \frac{kN}{m^2} \cdot 7 m \right) = 630 \frac{kN}{m}$$

$$q_{front} := 1.2 \cdot 242.6 kN = 291.12 kN$$

$$M_{Ed.Støtte} := \left( 0.1 \cdot q_{gk} \cdot (10 m)^2 \right) + \left( 0.117 \cdot q_{pk} \cdot (10 m)^2 \right) - q_{front} \cdot 2.5 m = 8446.2 kN \cdot m$$

$$M_{Ed.Felt} := \left( 0.08 \cdot q_{gk} \cdot (10 m)^2 \right) + \left( 0.094 \cdot q_{pk} \cdot (10 m)^2 \right) = 7364.4 kN \cdot m$$

$$V_{Ed.Støtte} := \frac{(1.1 \cdot q_{gk} \cdot 10 m) + (1.2 \cdot q_{pk} \cdot 10 m)}{2} = 4771.65 kN$$

Avvik fra verdier i ISY design:

$$Moment_1 := \frac{M_{Ed.Støtte}}{8284.5 kN \cdot m} = 1.02$$

$$Moment_2 := \frac{M_{Ed.Felt}}{7130.3 kN \cdot m} = 1.033$$

$$Skjær := \frac{V_{Ed.Støtte}}{4482.5 kN} = 1.065$$

## Vedlegg P.01 - Armering, ytterste pele

Antas følgende armering og overdekning:

$$\phi_h := 25 \text{ mm}$$

$$c := 60 \text{ mm}$$

$$\phi_b := 12 \text{ mm}$$

$$A_{\phi 25} := 491 \text{ mm}^2$$

### Tverrsnittsdata:

Diameter:

$$d := 800 \text{ mm}$$

Lengde:

$$L := 20000 \text{ mm} \quad l_0 := L \cdot 0.7 = 14000 \text{ mm}$$

**5.8.3.2 (2)**

### Material-og lastfaktor: 2.4.2.4

Tab. 2.1N:

$$\gamma_c := 1.5$$

$$\gamma_s := 1.15$$

NS-EN 1990:

$$\gamma_g := 1.2$$

$$\gamma_n := 1.5$$

### Materialdata:

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.8 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

### Laster:

Vet fra før:

$$N_{Ed} := 5832.4 \text{ kN}$$

$$e_i := \frac{l_0}{400} = 35 \text{ mm}$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_i = 204.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Hovedarmering:

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 631 \text{ mm}$$

$$\frac{d'}{d} = 0.79$$

Bruker 0.7, TSS.

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.455$$

**Bruker tab:**

$$w := 0$$

$$m := \frac{M_{0Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d} = 0.02$$

MN-diagram gir  $w=0$ . Minimumsarmering blir dimensjonerende.

$$A_{s.min} = \min\left[0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}\right] > 0.01 \cdot A_c \quad (9.12N)$$

$$A_{s.max} := 0.08 \cdot A_c \quad \text{NA.9.5.2(3)}$$

$$A_{smin1} := 0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 5896.1 \text{ mm}^2 \quad A_{smin2} := 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 6707.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin3} := 0.01 \cdot A_c = 5026.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin1} > A_{smin3}$$

$$A_{smax} := 0.08 \cdot A_c = 40212.386 \text{ mm}^2 \quad OK \quad A_{smin} := A_{smin1} = 5896.14 \text{ mm}^2$$

### Skjærarmering (bøyler):

Bøyler: Bruker  $\phi 12$ -bøyler

$$\text{Senteravstand} = \min[15 \cdot \phi_{25}, \text{bredde}=800, 400] \quad \text{NA.9.5.3}$$

$$c_b := 15 \cdot \phi_h = 375 \text{ mm} \quad \text{Bruker } \phi 12c300.$$

### Oppsummert:

$$\frac{A_{smin}}{A_{\phi 25}} = 12.01 \quad \text{Hovedarmering: } 13 \phi 25 \quad A_h := 13 \cdot A_{\phi 25} = 6383 \text{ mm}^2$$

$$\text{Skjærarmering: } \phi 12c300$$



## Vedlegg P.02 - Relativ slankhet, ytterste pel (+kontroll armering)

Sjekker om søylen er slank. Hvis den er slank må det tas hensyn til 2. ordens momenter.  
Hvis  $\lambda_n \leq \lambda_{n.lim}$ : Trenger ikke å ta hensyn til 2. ordens lastvirkning. **[NA. 5.8.3.1]**

### 1. ordens moment:

<b>Peledata:</b>	<b>5.8.3.2 (2)</b>	<b>Armering:</b>	
Lengde:	$L := 20000 \text{ mm}$	$\phi_h := 25 \text{ mm}$	$A_h := 491 \text{ mm}^2$
Knekk lengde:	$l_0 := 0.7 \cdot L = 14000 \text{ mm}$	$\phi_b := 12 \text{ mm}$	
Diameter:	$d := 800 \text{ mm}$		
Radius:	$r := 400 \text{ mm}$		
Overdekning:	$c := 60 \text{ mm}$		
Hovedarmering:	$A_{smin} := 13 \cdot A_h = 6383 \text{ mm}^2$		

### Material-og lastfaktor: 2.4.2.4

Tab. 2.1N:	$\gamma_c := 1.5$	$\gamma_s := 1.15$
NS-EN 1990:	$\gamma_g := 1.2$	$\gamma_n := 1.5$

### Materialdata:

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.82 \text{ mm}^2$$
$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa} \quad f_{cm} := 53$$

### Laster:

Vet fra før:  $N_{Ed} := 5832.4 \text{ kN}$   $N_{Eq} := 4003.7 \text{ kN}$

## 1. ordens moment

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad [6.1(4)]$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 26.67 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 35 \text{ mm} \quad [5.2(7)]$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_i = 204.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Normalisert slankhet:

$$k_a := 1.0 \quad \text{Til sikker side.}$$

$$i := \frac{r}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i} = 70 \quad (5.14)$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.46 \quad w := \frac{f_{yd} \cdot A_{smin}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.22 \quad \lambda_n := \lambda \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot w}} = 39.44$$

### Slankhetsgrense:

Uforskyvelig søyle, uten tverrlast. **NA.5.13aN** blir gjeldene.

Vi får en dobbelkrumming i momentdiagrammet:

$$M_{01} := -102.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Punkt i standard: Hvis  $M_{02} < N_d \cdot h/20$ , vil  $r_m$  settes lik 1.0.

$$M_{02} := 204.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed} \cdot \frac{d}{20} = 233.3 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{02} = 204.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad r_m := 1$$

Uforskyvelig konstruksjon:

$$\lambda_{nlm} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi \quad A_\varphi < 1.0$$

$\varphi_{ef}$ : Kryptallet bestemmes ved hjælp av tillegg B og [5.8.4]

$$\alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.75 \quad \alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92 \quad (\text{B.8c})$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.31 \quad (\text{B.4})$$

$$t_0 := 28$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.49 \quad (\text{B.5})$$

$$u := \pi \cdot d = 2513.27 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 400 \text{ mm} \quad h_0 := 400$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.11 \quad (\text{B.3b})$$

$$M_{0Eqp} := N_{Eq} \cdot e_i = 140.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 1.25 \quad (\text{B.2})$$

$$\varphi_{ef} := \varphi_0 \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 0.86 \quad (\text{5.19})$$

$$A_\varphi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = 1.067 \quad A_\varphi := 1.0$$

$$\lambda_{nlim} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi = 13$$

$\lambda_n > \lambda_{nlim}$  Pelen er slank, må ta hensyn til 2. ordens moment.

## Beregning av e2:

Beregning av 2. ordens effekter etter [5.8.8.2 og 5.8.8.3].

$$1/r=r_1 \quad 1/r_0=r_0$$

$$\mathbf{K_r:} \quad (5.36)$$

$$n_u := 1 + w = 1.22 \quad n_{bal} := 0.4 \quad K_r := \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = 0.93$$

$$\mathbf{K_\varphi:} \quad (5.37)$$

$$\beta := 0.35 + \frac{45}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0.11$$

$$K_\varphi := 1.0 + \beta \cdot \varphi_{ef} = 1.09$$

$$\mathbf{r_0:} \quad \varepsilon_{yd} := 2.17 \cdot 10^{-3}$$

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 0.63 \text{ m} \quad d' := d' \cdot \frac{1}{mm} = 631 \quad d' := 600 \quad \text{Antas TSS.}$$

$$r_0 := \frac{\varepsilon_{yd}}{0.45 \cdot d'} = (8.04 \cdot 10^{-6}) \text{ mm} \cdot \frac{1}{mm}$$

$$r_1 := K_r \cdot K_\varphi \cdot r_0 = 8.19 \cdot 10^{-6} \quad (5.34)$$

$$e_2 := \frac{r_1 \cdot (l_0)^2}{10} = 160.54 \text{ mm}^2 \quad e_2 := e_2 \cdot \frac{1}{mm} = 160.54 \text{ mm}$$

$$0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01} = 81.62 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (5.32)$$

$$0.4 \cdot M_{02} = 81.64 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.4 \cdot M_{02} = 0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}$$

$$M_{oe} := 0.4 \cdot M_{02} \quad M_{2orden} := N_{Ed} \cdot e_2 = 936.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := M_{oe} + N_{Ed} \cdot (e_2 + e_i) = 1222.13 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (5.32)$$

### Sjekker at armering holder:

$$m := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d'} = 0.16 \text{ mm}$$

$$n = 0.46$$

$$d' := d' \cdot \text{mm} = 0.6 \text{ m} \quad \frac{d'}{d} = 0.75 \quad \text{Bruker 0.7 i NM-diagram}$$

$$\text{NM-diagram gir: } w := 0.18$$

$$A_{sny} := \frac{w \cdot f_{cd} \cdot A_c}{f_{yd}} = 5306.53 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} := \frac{A_{smin}}{2} = 3191.5 \text{ mm}^2$$

$A_{sny} > A_{smin}$ , må legge inn mer armering.

### Armering må økes:

$$A_{ant} := \frac{A_{sny}}{A_h} = 10.81 \quad \text{Bruker 11 stk/side.}$$

$$A_{sny} := 11 \cdot A_h \cdot 2 + 2 \cdot A_h = 11784 \text{ mm}^2 \quad \text{Legger på 2, da armeringen i midten ikke vil bidra.}$$

$$A_{ant} := \frac{A_{sny}}{A_h} = 24$$

Bruker 24  $\phi_{25}$ -jern og  $\phi_{12}$ -skjærarmering.

### **P.03 - Kapasitet, ytterste pel:**

**Peledata: 5.8.3.2 (2)**

**Armering:**

Lengde:  $L := 20000 \text{ mm}$

$\phi_h := 25 \text{ mm}$

$A_h := 491 \text{ mm}^2$

Knekk lengde:  $l_0 := 0.7 \cdot L = 14000 \text{ mm}$

$\phi_b := 12 \text{ mm}$

$A_s := 11784 \text{ mm}^2$

Diameter:  $d := 800 \text{ mm}$

Radius:  $r := 400 \text{ mm}$

Overdekning:  $c := 60 \text{ mm}$

### **Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:  $\gamma_c := 1.5$   $\gamma_s := 1.15$

NS-EN 1990:  $\gamma_g := 1.2$   $\gamma_n := 1.5$

### **Materialdata:**

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.82 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa} \quad f_{cm} := 53$$

### **Laster:**

Vet fra før:  $N_{Ed} := 5832.4 \text{ kN}$

$M_{Ed} := 1222.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$

### **Kapasitet:**

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 17941.2 \text{ kN}$$

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 0.63 \text{ m} \quad d' := d' \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 631 \quad d' := 600 \text{ mm} \text{ Antas TSS.}$$

$$w := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.4$$

$$\frac{d'}{d} = 0.75$$

Bruker 0.7 (NM-diagram)

$$m := 0.23$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.46$$

$$M_{Rd} := m \cdot f_{cd} \cdot A_c \cdot d = 2358.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.33 \quad \text{Forenklet kapasitetskontroll OK.}$$

Må interpolere for å finne  $a$ :  $x := 0.33$   $x_1 := 0.1$   $x_2 := 0.7$

$$y_1 := 1.0 \quad y_2 := 1.5$$

$$y := y_1 + (x - x_1) \cdot \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} = 1.2 \quad a := y = 1.2 \quad a := 1.0 \quad \text{Til sikker side.}$$

$$\left( \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^a = 0.52 \quad 52\% \text{ utnyttelse.} \quad \mathbf{(5.39)}$$

## **P.04 - Avstandskrav mellom jern (8.2)**

(2) Fri avstand (horisontalt og vertikalt) mellom parallelle enkeltstenger eller horisontale lag av parallelle stenger bør ikke være mindre enn den største verdien av,  $k_1$  -stangdiameter, ( $d_g + k_2$  mm) eller 20 mm, der  $d_g$  er den største tilslagsstørrelsen.

MERKNAD Verdien av  $k_1$  og  $k_2$  som skal brukes i det enkelte land, finnes i det nasjonale tillegget. De anbefalte verdiene er henholdsvis 1 og 5 mm.

$k_1=2.0$  [Til sikker side, vi har stenger i forskjellige lag],  $k_2=5$  **[NA.8.2]**

$$k_1 := 2.0 \quad k_2 := 5 \text{ mm} \quad \phi_{25} := 25 \text{ mm} \quad d_g := 32 \text{ mm}$$

$$a_{v1} := k_1 \cdot \phi_{25} = 50 \text{ mm}$$

$$a_{v2} := d_g + k_2 = 37 \text{ mm}$$

$$a_{v3} := 20 \text{ mm}$$

$$a_{dim} := a_{v1} = 50 \text{ mm} < 60 \text{ mm} \quad OK.$$



# Vedlegg P.05 - ISY, Ytterste pel

Modul	Betongverrsnitt versjon 2.0.1 Søyle - Sirkulær tverrsnitt
Standard	Beregnet med EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Henrik Norland Vistnes

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 14:58)**

## Beregningsinnstillinger

Inkluder trykkarmering Ja Ignorerer moment fra eksentrisitet Nei

## Materiale

### Materialdata

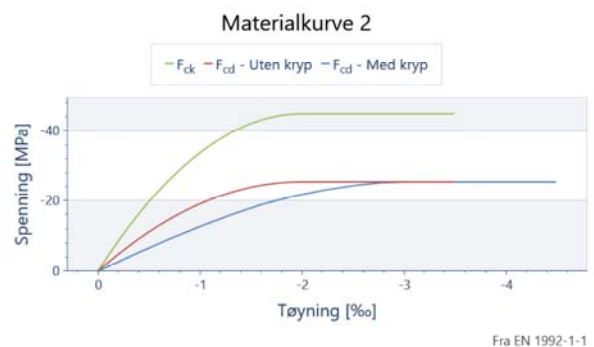
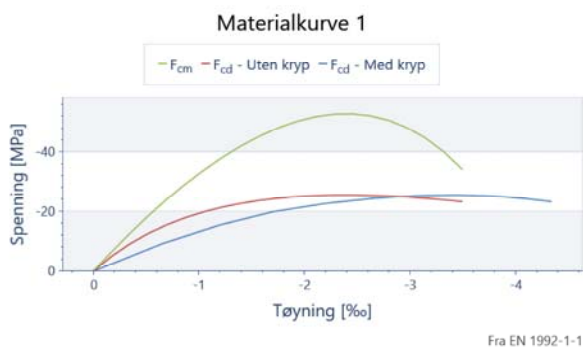
Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	10 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	60 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		Ingen

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
Eksponent n i arbeidsdiagrammet	n	2,00



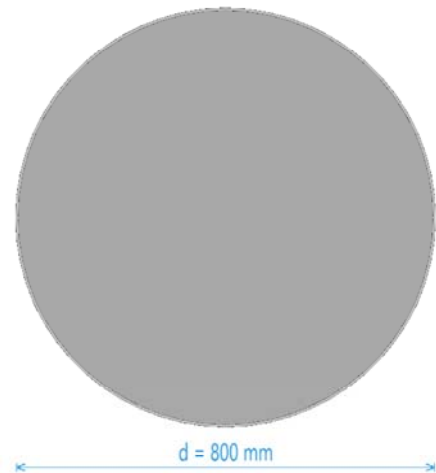
## Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 %
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,25 ‰
Kryptallet	$\Phi$	1,25
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,58 GPa
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsdata

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Sirkulær
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	399 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	628 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	800 mm
Areal	Areal	501 737 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	2 512 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	42 549 800 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	20 032 817 404 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)

Diameter	$d$	800 mm
Knekk lengde om y-aksen	$L_{cr,y}$	14,0 m
Faktisk lengde på søylen	$L$	20,0 m

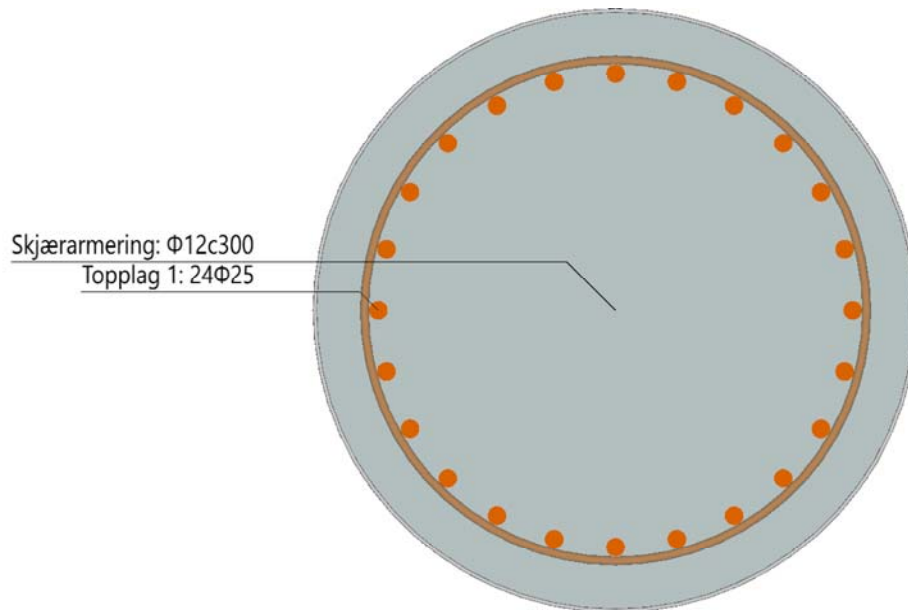


## Armering

Inkluder trykkarmering

Inkluder trykkarmering

Ja



### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 %
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 %
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 %
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

### Lengdearmering

#### Topplag 1

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]	
25	1	Slakkarmering		316	0	72,0	72
25	1	Slakkarmering		305	-82	72,0	72
25	1	Slakkarmering		273	-158	72,0	72
25	1	Slakkarmering		223	-223	72,0	72
25	1	Slakkarmering		158	-273	72,0	72
25	1	Slakkarmering		82	-305	72,0	72
25	1	Slakkarmering		0	-316	72,0	72

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]	
25	1	Slakkarmering		-82	-305	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-158	-273	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-223	-223	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-273	-158	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-305	-82	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-316	0	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-305	82	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-273	158	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-223	223	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-158	273	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-82	305	72,0	72
25	1	Slakkarmering		0	316	72,0	72
25	1	Slakkarmering		82	305	72,0	72
25	1	Slakkarmering		158	273	72,0	72
25	1	Slakkarmering		223	223	72,0	72
25	1	Slakkarmering		273	158	72,0	72
25	1	Slakkarmering		305	82	72,0	72

$\Phi$  : Jernets diameter.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

y : Plassering av jernet i y-retning.

z : Plassering av jernet i z-retning.

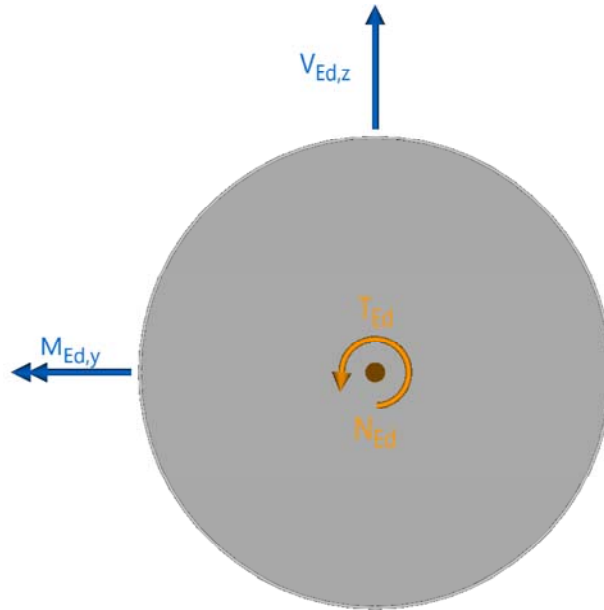
c : Overdekning for dette jernet.

$c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.

## Skjærarmering

Senteravstand	s	300 mm
Diameter	$\Phi$	12 mm
Materiale	Materiale	Slakkarmering
Overdekning	c	<b>60 mm</b>
Antall bøyleben <sub>y</sub>	# bøyleben <sub>y</sub>	2
Helningsvinkel ( $\alpha$ )	$\alpha$	90,00 °

## Snittkrefter



### Bruddgrensekrefter

Krefter i hovedakseretning

Navn	$M_{EdG,y}$ [kNm]	$M_{EdQ,y}$ [kNm]	$M_{EdMax,y}$ [kNm]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{EdMax,z}$ [kN]	$V_{Ed,Redusert,z}$ [kN]	$N_{EdG}$ [kN]	$N_{EdQ}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	$\theta$
Last	0	0	0	0	0	0	-5 832	0	0	1,00

Navn : Navnet på snittkreftene.

$M_{EdG,y}$  : Langtidsmoment om y-aksen.

$M_{EdQ,y}$  : Korttidsmoment om y-aksen.

$M_{EdMax,y}$  : Maksimalt moment om y-aksen på staven som dette elementet er en del av.

$V_{Ed,z}$  : Tilhørende skjærkraft i z-retning, for beregningsmessig moment.

$V_{EdMax,z}$  : Maksimal skjærkraft i z-retning, for trykksbruddkontroll.

$V_{Ed,Redusert,z}$  : Redusert skjærkraft i z-retning, for strekkbruddkontroll.

$N_{EdG}$  : Normalkraft fra langtidslast. (Negativ for trykk.)

$N_{EdQ}$  : Normalkraft fra korttidslast. (Negativ for trykk.)

$T_{Ed}$  : Torsjonsmoment.

$\theta$  : Helningsvinkel for trykkdiagonalen.

### Bruddgrense

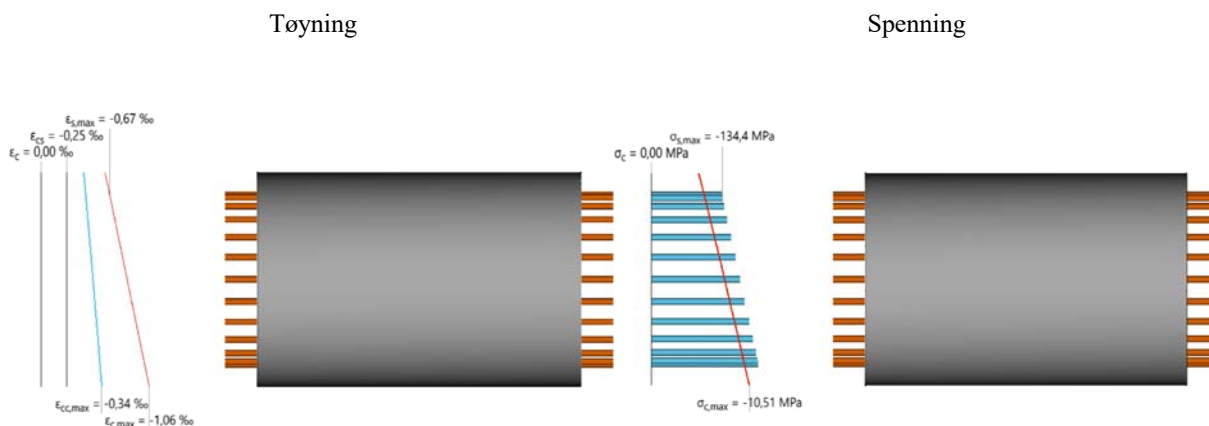
#### Momentkapasitet

Navn	$U_{tn,M+N}$	$M_{y,dim}$ [kNm]	$M_{add,y}$ [kNm]	$\epsilon_{c,max}$ [‰]	$\epsilon_{s,max}$ [‰]	$\epsilon_{cc,max}$ [‰]	Langtid?
Last	0,54	0	-196,4	-1,06	-0,67	-0,34	Ja

Navn : Navnet på snittkreftene.

Navn	$U_{M+N}$	$M_{y,dim}$	$M_{add,y}$	$\epsilon_{c,max}$	$\epsilon_{s,max}$	$\epsilon_{cc,max}$	Langtid?
		[kNm]	[kNm]	[%]	[%]	[%]	
$U_{M+N}$	:	Kapasitetsutnyttelse av moment og normalkraft for tverrsnittet.					
$M_{y,dim}$	:	Totalt dimensjonerende moment om y-aksen.					
$M_{add,y}$	:	Det totale tillegget til momentet om y-aksen som følge av 2. ordens effekter.					
$\epsilon_{c,max}$	:	Største trykk-tøyning i betongen.					
$\epsilon_{s,max}$	:	Største strekk-tøyning i armeringen.					
$\epsilon_{cc,max}$	:	Største kryptøyning i betongen.					
Langtid?	:	Langtidskreftene alene er avgjørende for kapasiteten til tverrsnittet. Dette kan typisk skje hvis langtidsmoment og det totale momentet har motsatt fortegn.					

## Last



## Skjærkapasitet

## Skjærkapasitet i primærretning

Navn	Behov?	$U_{trykk,z}$	$V_{Rd,z,trykk}$	$U_{strek,z}$	$V_{Rd,z,strek}$	$A_{sw,z,statisk}$
			[kN]		[kN]	[mm <sup>2</sup> /m]
Last	Nei	0,00	2 555	0,00	589	0

Navn	:	Navnet på snittkreftene.
Behov?	:	En sjekk av om det er beregningsmessig behov for skjærarmring.
$U_{trykk,z}$	:	Skjærtrykkutnyttelse i z-retning.
$V_{Rd,z,trykk}$	:	Skjærtrykkkapasitet i z-retning.
$U_{strek,z}$	:	Skjærstrekkutnyttelse i z-retning.
$V_{Rd,z,strek}$	:	Skjærstrekkkapasitet i z-retning.
$A_{sw,z,statisk}$	:	Statisk nødvendig skjærarmring i z-retning.

## Minimumsarmering



## Lengdearmering

Minste lengdearmeringsareal	$A_{s,min}$	5 885 mm <sup>2</sup>
Største lengdearmeringsareal	$A_{s,max}$	40 139 mm <sup>2</sup>
Største senteravstand med torsjonsarmering	$S_{lengde,tor,max}$	350 mm
Minste diameter for lengdearmering	$\Phi_{min}$	10 mm
Fri avstand mellom lengdearmeringsjern	Fri avstand	Godkjent

## Tverrarming

Minste diameter for tverrarming	$\Phi_{l,min}$	6 mm
Største senteravstand for tverrarming	$S_{cl,t,max}$	375 mm
Største bøyleavstand med torsjonsarmering	$S_{l,tor,max}$	314 mm

## Feilmeldinger

-  Overdekningen på bøylearmeringen tilfredsstillter ikke kravene til minimum overdekning.
-  Det er for liten overdekning i overkant



## Vedlegg P.11 - Armering, midterste pele

Antas følgende armering og overdekning:

$$\phi_h := 25 \text{ mm}$$

$$c := 60 \text{ mm}$$

$$\phi_b := 12 \text{ mm}$$

$$A_{\phi 25} := 491 \text{ mm}^2$$

**Tverrsnittsdata:**

Diameter:

$$d := 800 \text{ mm}$$

Lengde:

$$L := 13600 \text{ mm} \quad l_0 := L \cdot 0.7 = 9520 \text{ mm} \quad \mathbf{5.8.3.2 (2)}$$

**Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:

$$\gamma_c := 1.5$$

$$\gamma_s := 1.15$$

NS-EN 1990:

$$\gamma_g := 1.2$$

$$\gamma_n := 1.5$$

**Materialdata:**

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.8 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

**Laster:**

Vet fra før:

$$N_{Ed} := 8349.2 \text{ kN}$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 26.67 \text{ mm}$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_{min} = 222.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Hovedarmering:**

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 631 \text{ mm} \quad \frac{d'}{d} = 0.79 \quad \text{Bruker 0.7, TSS.}$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.651$$

$$m := \frac{M_{0Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d} = 0.02$$

**Bruker tab:**

$$w := 0$$

MN-diagram gir  $w=0$ . Minimumsarmering blir dimensjonerende.

$$A_{s.min} = \min\left[0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}\right] > 0.01 \cdot A_c \quad (9.12N)$$

$$A_{s.max} := 0.08 \cdot A_c \quad \text{NA.9.5.2(3)}$$

$$A_{smin1} := 0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 5896.1 \text{ mm}^2 \quad A_{smin2} := 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 9601.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin3} := 0.01 \cdot A_c = 5026.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin1} > A_{smin3}$$

$$A_{smax} := 0.08 \cdot A_c = 40212.386 \text{ mm}^2 \quad OK \quad A_{smin} := A_{smin1} = 5896.14 \text{ mm}^2$$

### Skjærarmering (bøyler):

Bøyler: Bruker  $\phi 12$ -bøyler

$$\text{Senteravstand} = \min[15 \cdot \phi_{25}, \text{bredde}=800, 400] \quad \text{NA.9.5.3}$$

$$c_b := 15 \cdot \phi_h = 375 \text{ mm} \quad \text{Bruker } \phi 12c300.$$

### Oppsummert:

$$\frac{A_{smin}}{A_{\phi 25}} = 12.01 \quad \text{Hovedarmering: } 13 \phi 25 \quad A_h := 13 \cdot A_{\phi 25} = 6383 \text{ mm}^2$$

$$\text{Skjærarmering: } \phi 12c300$$

## Vedlegg P.12 - 2. ordens moment, midterste pel (+kontroll armering)

Sjekker om søylen er slank. Hvis den er slank må det tas hensyn til 2. ordens momenter.  
Hvis  $\lambda_n \leq \lambda_n.lim$ : Trenger ikke å ta hensyn til 2. ordens lastvirkning. **[NA. 5.8.3.1]**

### 1. ordens moment:

Peledata:	5.8.3.2 (2)	Armering:	
Lengde:	$L := 13600 \text{ mm}$	$\phi_h := 25 \text{ mm}$	$A_h := 491 \text{ mm}^2$
Knekk lengde:	$l_0 := 0.7 \cdot L = 9520 \text{ mm}$	$\phi_b := 12 \text{ mm}$	
Diameter:	$d := 800 \text{ mm}$		
Radius:	$r := 400 \text{ mm}$		
Overdekning:	$c := 60 \text{ mm}$		
Hovedarmering:	$A_{smin} := 13 \cdot A_h = 6383 \text{ mm}^2$		

### Material-og lastfaktor: 2.4.2.4

Tab. 2.1N:	$\gamma_c := 1.5$	$\gamma_s := 1.15$
NS-EN 1990:	$\gamma_g := 1.2$	$\gamma_n := 1.5$

### Materialdata:

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.82 \text{ mm}^2$$
$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa} \quad f_{cm} := 53$$

### Laster:

Vet fra før:  $N_{Ed} := 8349.2 \text{ kN}$   $N_{Eq} := 5720.9 \text{ kN}$

## 1. ordens moment

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad [6.1(4)]$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 26.67 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 23.8 \text{ mm} \quad [5.2(7)]$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_{min} = 222.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Normalisert slankhet:

$$k_a := 1.0 \quad \text{Til sikker side.}$$

$$i := \frac{r}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i} = 47.6 \quad (5.14)$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.65 \quad w := \frac{f_{yd} \cdot A_{smin}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.22 \quad \lambda_n := \lambda \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot w}} = 32.09$$

### Slankhetsgrense:

Uforskyvelig søyle, uten tverrlast. **NA.5.13aN** blir gjeldene.

Vi får en dobbelkrumming i momentdiagrammet:

$$M_{01} := -111.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Punkt i standard: Hvis  $M_{02} < N_d \cdot h/20$ , vil  $r_m$  settes lik 1.0.

$$M_{02} := 222.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed} \cdot \frac{d}{20} = 333.97 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{02} = 222.6 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad r_m := 1$$

Uforskyvelig konstruksjon:

$$\lambda_{nlm} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi \quad A_\varphi < 1.0$$

$\varphi_{ef}$ : **Kryptallet bestemmes ved hjælp av tillegg B og [5.8.4]**

$$\alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.75 \quad \alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92 \quad \text{(B.8c)}$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.31 \quad \text{(B.4)}$$

$$t_0 := 7$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.63 \quad \text{(B.5)}$$

$$u := \pi \cdot d = 2513.27 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 400 \text{ mm} \quad h_0 := 400$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.11 \quad \text{(B.3b)}$$

$$M_{0Eqp} := N_{Eq} \cdot e_i = 136.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t_0} = 1.62 \quad \text{(B.2)}$$

$$\varphi_{ef} := \varphi_0 \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 0.99 \quad \text{(5.19)}$$

$$A_\varphi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = 1.043 \quad A_\varphi := 1.0$$

$$\lambda_{nlm} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi = 13$$

$\lambda_n > \lambda_{nlm}$  **Pelen er slank, må ta hensyn til 2. ordens moment.**

## Beregning av e2:

Beregning av 2. ordens effekter etter [5.8.8.2 og 5.8.8.3].

$$1/r=r_1 \quad 1/r_0=r_0$$

**Kr:** (5.36)

$$n_u := 1 + w = 1.22 \quad n_{bal} := 0.4 \quad K_r := \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = 0.69$$

**K $\varphi$ :** (5.37)

$$\beta := 0.35 + \frac{45}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0.26$$

$$K_\varphi := 1.0 + \beta \cdot \varphi_{ef} = 1.26$$

**r0:**  $\varepsilon_{yd} := 2.17 \cdot 10^{-3}$

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 0.63 \text{ m} \quad d' := d' \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 631 \quad d' := 600 \text{ Antas TSS.}$$

$$r_0 := \frac{\varepsilon_{yd}}{0.45 \cdot d'} = (8.04 \cdot 10^{-6}) \text{ mm} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$$

$$r_1 := K_r \cdot K_\varphi \cdot r_0 = 6.98 \cdot 10^{-6} \quad (5.34)$$

$$e_2 := \frac{r_1 \cdot (l_0)^2}{10} = 63.3 \text{ mm}^2 \quad e_2 := e_2 \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 63.3 \text{ mm}$$

$$0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01} = 89.04 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (5.32)$$

$$0.4 \cdot M_{02} = 89.04 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.4 \cdot M_{02} = 0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}$$

$$M_{oe} := 0.4 \cdot M_{02} \quad M_{2orden} := N_{Ed} \cdot e_2 = 528.469 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := M_{oe} + N_{Ed} \cdot (e_2 + e_{min}) = 840.15 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (5.32)$$

### Sjekker at armering holder:

$$m := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d'} = 0.11 \text{ mm}$$

$$n = 0.65 \quad d' := d' \cdot \text{mm} = 0.6 \text{ m} \quad \frac{d'}{d} = 0.75 \quad \text{Bruker 0.7 i NM-diagram}$$

$$\text{NM-diagram gir: } w := 0.1$$

$$A_{sny} := \frac{w \cdot f_{cd} \cdot A_c}{f_{yd}} = 2948.07 \text{ mm}^2 \quad A_{smin} := \frac{A_{smin}}{2} = 3191.5 \text{ mm}^2$$

$A_{sny} < A_{smin}$ , minimumsarmering holder.

$$A_{ant} := \frac{A_{smin}}{A_h} = 7$$

$$A_{sny} := 7 \cdot A_h \cdot 2 + 2 \cdot A_h = 7856 \text{ mm}^2 \quad \text{Legger p\aa 2, da armeringen i midten ikke vil bidra.}$$

$$A_{ant} := \frac{A_{sny}}{A_h} = 16 \quad \text{Bruker 16 } \phi_{25}\text{-jern og } \phi_{12}\text{-jern.}$$

### Vedlegg P.13 - Midterste, kapasitet:

**Peledata: 5.8.3.2 (2)**

**Armering:**

Lengde:  $L := 13600 \text{ mm}$

$\phi_h := 25 \text{ mm}$

$A_h := 491 \text{ mm}^2$

Knekk lengde:  $l_0 := 0.7 \cdot L = 9520 \text{ mm}$

$\phi_b := 12 \text{ mm}$

$A_s := 7856 \text{ mm}^2$

Diameter:  $d := 800 \text{ mm}$

Radius:  $r := 400 \text{ mm}$

Overdekning:  $c := 60 \text{ mm}$

### **Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:  $\gamma_c := 1.5$   $\gamma_s := 1.15$

NS-EN 1990:  $\gamma_g := 1.2$   $\gamma_n := 1.5$

### **Materialdata:**

$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$   $f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$   $A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.82 \text{ mm}^2$

$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$   $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa}$   $f_{cm} := 53$

### **Laster:**

Vet fra før:  $N_{Ed} := 8349.2 \text{ kN}$

$M_{Ed} := 840.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$

### **Kapasitet:**

$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 16233.4 \text{ kN}$

$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 0.63 \text{ m}$   $d' := d' \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 631$   $d' := 600 \text{ mm}$  Antas TSS.

$w := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.3$

$\frac{d'}{d} = 0.75$

Bruker 0.7 (NM-diagram)

$m := 0.185$

$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.65$

$M_{Rd} := m \cdot f_{cd} \cdot A_c \cdot d = 1897 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.51$$

51% utnyttelse.

Forenklet kapasitetskontroll OK.

$$x := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$$

Må interpolere for å finne a:

$$x_1 := 0.1 \quad x_2 := 0.7$$

$$y_1 := 1.0 \quad y_2 := 1.5$$

$$y := y_1 + (x - x_1) \cdot \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} = 1.3$$

$$a := y = 1.3$$

$$a := 1.0$$

Til sikker side.

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^a = 0.44$$

44% utnyttelse.

**(5.39)**

# Vedlegg P.15 - ISY, Midterste pel

Modul	Betongverrsnitt versjon 2.0.1 Søyle - Sirkulær tverrsnitt
Standard	Beregnet med EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Henrik Norland Vistnes

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 15:33)**

## Beregningsinnstillinger

Inkluder trykkarmering Ja Ignorer moment fra eksentrisitet Nei

## Materiale

### Materialdata

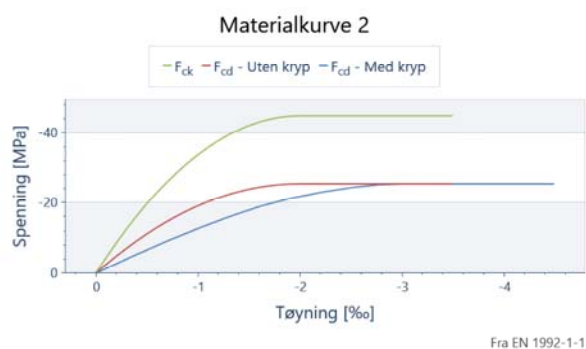
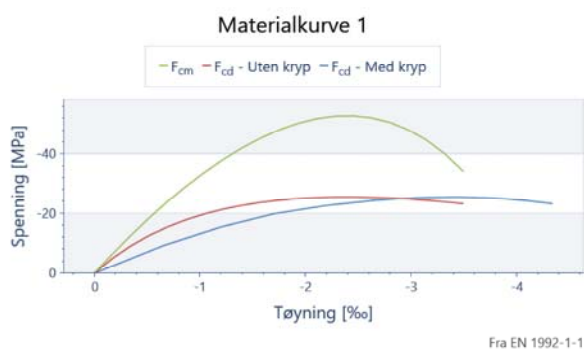
Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	10 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	60 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		Ingen

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
Eksponent n i arbeidsdiagrammet	n	2,00



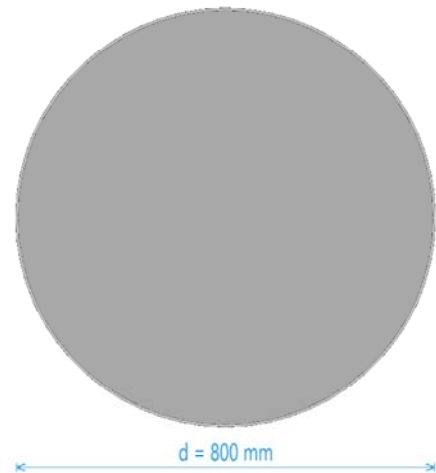
## Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 %
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,25 ‰
Kryptallet	$\Phi$	1,25
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,58 GPa
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsdata

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Sirkulær
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	399 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	628 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	800 mm
Areal	Areal	501 737 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	2 512 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	42 549 800 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	20 032 817 404 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)

Diameter	d	800 mm
Knekk lengde om y-aksen	$L_{cr,y}$	9,5 m
Faktisk lengde på søylen	L	13,6 m

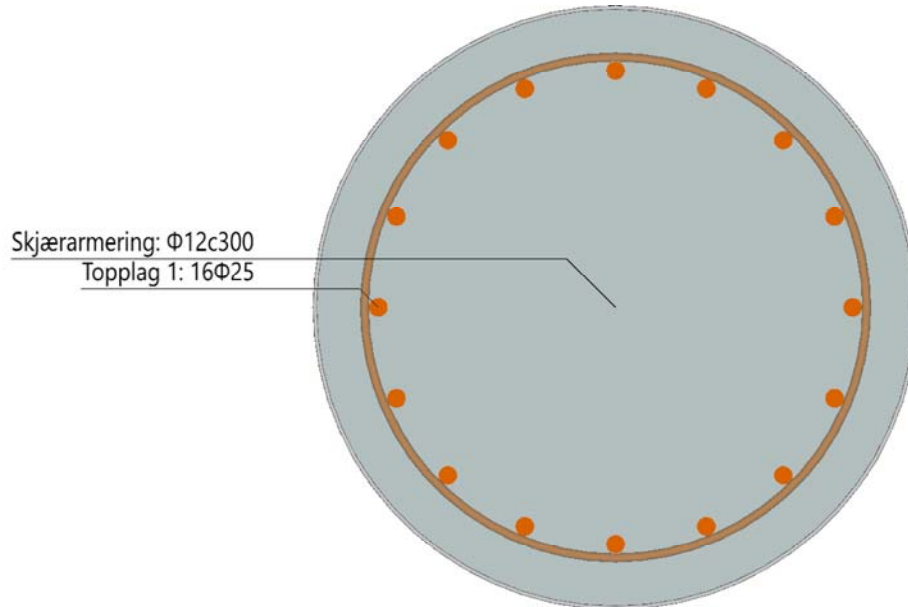


## Armering

Inkluder trykkarmering

Inkluder trykkarmering

Ja



### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 %
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 %
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 %
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

### Lengdearmering

#### Topplag 1

$\Phi$	# jern / bunt	Materiale	y	z	c	$c_{nom}$	
[mm]			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
25	1	Slakkarmering		316	0	72,0	72
25	1	Slakkarmering		291	-121	72,0	72
25	1	Slakkarmering		223	-223	72,0	72
25	1	Slakkarmering		121	-291	72,0	72
25	1	Slakkarmering		0	-316	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-121	-291	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-223	-223	72,0	72

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]
25	1	Slakkarmering	-291	-121	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-316	0	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-291	121	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-223	223	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-121	291	72,0	72
25	1	Slakkarmering	0	316	72,0	72
25	1	Slakkarmering	121	291	72,0	72
25	1	Slakkarmering	223	223	72,0	72
25	1	Slakkarmering	291	121	72,0	72

$\Phi$  : Jernets diameter.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

y : Plassering av jernet i y-retning.

z : Plassering av jernet i z-retning.

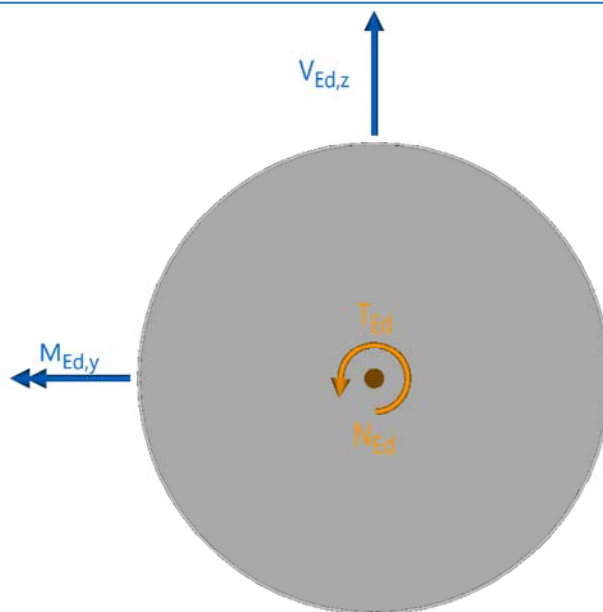
c : Overdekning for dette jernet.

$c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.

## Skjærarmering

Senteravstand	s	300 mm
Diameter	$\Phi$	12 mm
Materiale	Materiale	Slakkarmering
Overdekning	c	<b>60 mm</b>
Antall bøyleben <sub>y</sub>	# bøyleben <sub>y</sub>	2
Helningsvinkel ( $\alpha$ )	$\alpha$	90,00 °

## Snittkrefter



## Bruddgrensekrefter

## Krefter i hovedakseretning

Navn	$M_{EdG,y}$ [kNm]	$M_{EdQ,y}$ [kNm]	$M_{EdMax,y}$ [kNm]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{EdMax,z}$ [kN]	$V_{Ed,Redusert,z}$ [kN]	$N_{EdG}$ [kN]	$N_{EdQ}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	$\theta$
Last	0	0	0	0	0	0	-8 349	0	0	1,00

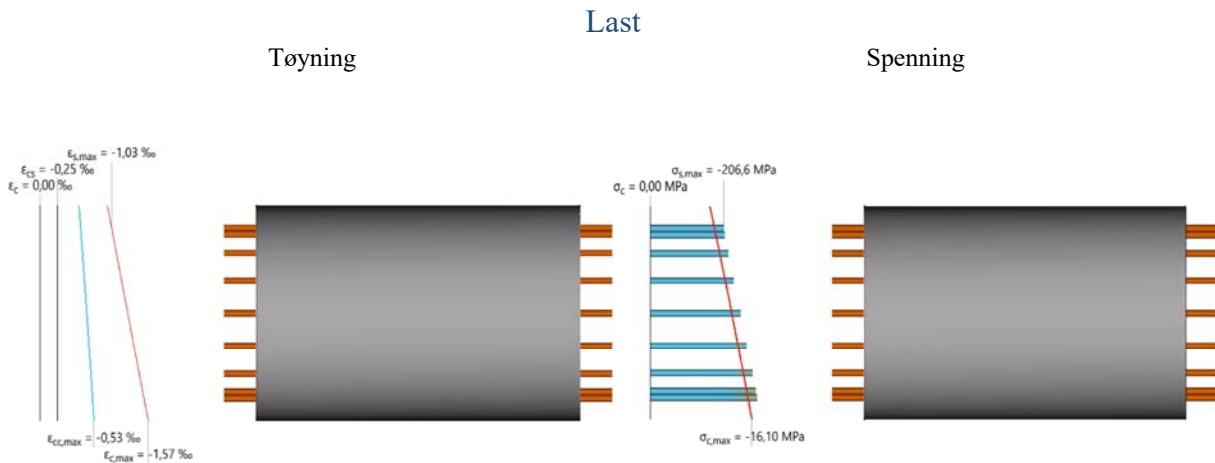
- Navn : Navnet på snittkreftene.
- $M_{EdG,y}$  : Langtidsmoment om y-aksen.
- $M_{EdQ,y}$  : Korttidsmoment om y-aksen.
- $M_{EdMax,y}$  : Maksimalt moment om y-aksen på staven som dette elementet er en del av.
- $V_{Ed,z}$  : Tilhørende skjærkraft i z-retning, for beregningsmessig moment.
- $V_{EdMax,z}$  : Maksimal skjærkraft i z-retning, for trykksbruddkontroll.
- $V_{Ed,Redusert,z}$  : Redusert skjærkraft i z-retning, for strekkbruddkontroll.
- $N_{EdG}$  : Normalkraft fra langtidslast. (Negativ for trykk.)
- $N_{EdQ}$  : Normalkraft fra korttidslast. (Negativ for trykk.)
- $T_{Ed}$  : Torsjonsmoment.
- $\theta$  : Helningsvinkel for trykkdiagonalen.

## Bruddgrense

## Momentkapasitet

Navn	$U_{tn,M+N}$	$M_{y,dim}$ [kNm]	$M_{add,y}$ [kNm]	$\epsilon_{c,max}$ [‰]	$\epsilon_{s,max}$ [‰]	$\epsilon_{cc,max}$ [‰]	Langtid?
Last	0,67	0	-222,6	-1,57	-1,03	-0,53	Ja

- Navn : Navnet på snittkreftene.
- $U_{tn,M+N}$  : Kapasitetsutnyttelse av moment og normalkraft for tverrsnittet.
- $M_{y,dim}$  : Totalt dimensjonerende moment om y-aksen.
- $M_{add,y}$  : Det totale tillegget til momentet om y-aksen som følge av 2. ordens effekter.
- $\epsilon_{c,max}$  : Største trykk-tøyning i betongen.
- $\epsilon_{s,max}$  : Største strekk-tøyning i armeringen.
- $\epsilon_{cc,max}$  : Største kryptøyning i betongen.
- Langtid? : Langtidskreftene alene er avgjørende for kapasiteten til tverrsnittet.  
Dette kan typisk skje hvis langtidsmoment og det totale momentet har motsatt fortegn.



## Skjærkapasitet

### Skjærkapasitet i primærretning

Navn	Behov?	$U_{tn,trykk,z}$	$V_{Rd,z,trykk}$ [kN]	$U_{tn,strekk,z}$	$V_{Rd,z,strekk}$ [kN]	$A_{sw,z,statisk}$ [mm <sup>2</sup> /m]
Last	Nei	0,00	2 470	0,00	552	0

Navn : Navnet på snittkreftene.

Behov? : En sjekk av om det er beregningsmessig behov for skjærarmering.

$U_{tn,trykk,z}$  : Skjærtrykkutnyttelse i z-retning.

$V_{Rd,z,trykk}$  : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.

$U_{tn,strekk,z}$  : Skjærstrekkutnyttelse i z-retning.

$V_{Rd,z,strekk}$  : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.

$A_{sw,z,statisk}$  : Statisk nødvendig skjærarmering i z-retning.

## Minimumsarmering

### Lengdearmering

Minste lengdearmeringsareal	$A_{s,min}$	5 885 mm <sup>2</sup>
Største lengdearmeringsareal	$A_{s,max}$	40 139 mm <sup>2</sup>
Største senteravstand med torsjonsarmering	$S_{lengde,tor,max}$	350 mm
Minste diameter for lengdearmering	$\Phi_{min}$	10 mm
Fri avstand mellom lengdearmeringsjern	Fri avstand	Godkjent

### Tverrarmering

Minste diameter for tverrarmering	$\Phi_{l,min}$	6 mm
Største senteravstand for tverrarmering	$S_{cl,t,max}$	375 mm
Største bøyleavstand med torsjonsarmering	$S_{l,tor,max}$	314 mm

## Feilmeldinger

⚠ Overdekningen på bøylearmeringen tilfredsstillers ikke kravene til minimum overdekning.

⚠ Det er for liten overdekning i overkant



## Vedlegg P.21 - 2. ordens moment, innerste (+kontroll armering)

Sjekker om søylen er slank. Hvis den er slank må det tas hensyn til 2. ordens momenter.  
Hvis  $\lambda_n \leq \lambda_n.lim$ : Trenger ikke å ta hensyn til 2. ordens lastvirkning. **[NA. 5.8.3.1]**

### 1. ordens moment:

<b>Peledata:</b>	<b>5.8.3.2 (2)</b>	<b>Armering:</b>	
Lengde:	$L := 7000 \text{ mm}$	$\phi_h := 25 \text{ mm}$	$A_h := 491 \text{ mm}^2$
Knekk lengde:	$l_0 := 0.7 \cdot L = 4900 \text{ mm}$	$\phi_b := 12 \text{ mm}$	
Diameter:	$d := 800 \text{ mm}$		
Radius:	$r := 400 \text{ mm}$		
Overdekning:	$c := 60 \text{ mm}$		
<u>Hovedarmering:</u>	$A_{smin} := 13 \cdot A_h = 6383 \text{ mm}^2$		

### Material-og lastfaktor: 2.4.2.4

Tab. 2.1N:	$\gamma_c := 1.5$	$\gamma_s := 1.15$
NS-EN 1990:	$\gamma_g := 1.2$	$\gamma_n := 1.5$

### Materialdata:

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.82 \text{ mm}^2$$
$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa} \quad f_{cm} := 53$$

### Laster:

Vet fra før:	$N_{Ed} := 8656.9 \text{ kN}$	$N_{Eq} := 5953.1 \text{ kN}$
--------------	-------------------------------	-------------------------------

## 1. ordens moment

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad [6.1(4)]$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 26.67 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 12.25 \text{ mm} \quad [5.2(7)]$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_{min} = 230.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Normalisert slankhet:

$$k_a := 1.0 \quad \text{Til sikker side.}$$

$$i := \frac{r}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i} = 24.5 \quad (5.14)$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.68 \quad w := \frac{f_{yd} \cdot A_{smin}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.22 \quad \lambda_n := \lambda \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot w}} = 16.82$$

### Slankhetsgrense:

Uforskyvelig søyle, uten tverrlast. **NA.5.13aN** blir gjeldene.

Vi får en dobbelkrumming i momentdiagrammet:

$$M_{01} := -115.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Punkt i standard: Hvis  $M_{02} < N_d \cdot h/20$ , vil  $r_m$  settes lik 1.0.

$$M_{02} := 230.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed} \cdot \frac{d}{20} = 346.28 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{02} = 230.85 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad r_m := 1$$

Uforskyvelig konstruksjon:

$$\lambda_{nlm} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi \quad A_\varphi < 1.0$$

$\varphi_{ef}$  : Kryptallet bestemmes ved hjælp av tillegg B og [5.8.4]

$$\alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.75 \quad \alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92 \quad (\text{B.8c})$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.31 \quad (\text{B.4})$$

$$t_0 := 7$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.63 \quad (\text{B.5})$$

$$u := \pi \cdot d = 2513.27 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 400 \text{ mm} \quad h_0 := 400$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.11 \quad (\text{B.3b})$$

$$M_{0Eqp} := N_{Eq} \cdot e_{min} = 158.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 1.62 \quad (\text{B.2})$$

$$\varphi_{ef} := \varphi_0 \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 1.12 \quad (\text{5.19})$$

$$A_\varphi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = 1.022 \quad A_\varphi := 1.0$$

$$\lambda_{nlim} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi = 13$$

$\lambda_n > \lambda_{nlim}$  Pelen er slank, må ta hensyn til 2. ordens moment.

## Beregning av e2:

Beregning av 2. ordens effekter etter [5.8.8.2 og 5.8.8.3].

$$1/r=r_1 \quad 1/r_0=r_0$$

**Kr:** (5.36)

$$n_u := 1 + w = 1.22 \quad n_{bal} := 0.4 \quad K_r := \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = 0.66$$

**K $\varphi$ :** (5.37)

$$\beta := 0.35 + \frac{45}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0.41$$

$$K_\varphi := 1.0 + \beta \cdot \varphi_{ef} = 1.46$$

**ro:**  $\varepsilon_{yd} := 2.17 \cdot 10^{-3}$

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 0.63 \text{ m} \quad d' := d' \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 631 \quad d' := 600 \quad \text{Antas TSS.}$$

$$r_0 := \frac{\varepsilon_{yd}}{0.45 \cdot d'} = (8.04 \cdot 10^{-6}) \text{ mm} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$$

$$r_1 := K_r \cdot K_\varphi \cdot r_0 = 7.77 \cdot 10^{-6} \quad (5.34)$$

$$e_2 := \frac{r_1 \cdot (l_0)^2}{10} = 18.66 \text{ mm}^2 \quad e_2 := e_2 \cdot \frac{1}{\text{mm}} = 18.66 \text{ mm}$$

$$0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01} = 92.34 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (5.32)$$

$$0.4 \cdot M_{02} = 92.34 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad 0.4 \cdot M_{02} = 0.6 \cdot M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}$$

$$M_{oe} := 0.4 \cdot M_{02} \quad M_{2orden} := N_{Ed} \cdot e_2 = 161.528 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := M_{oe} + N_{Ed} \cdot (e_2 + e_i) = 359.92 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (5.32)$$

### Sjekker at armering holder:

$$m := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d'} = 0.05 \text{ mm}$$

$$n = 0.68$$

$$d' := d' \cdot \text{mm} = 0.6 \text{ m} \quad \frac{d'}{d} = 0.75 \quad \text{Bruker 0.7 i NM-diagram}$$

NM-diagram gir:  $w := 0$

$$A_{sny} := \frac{w \cdot f_{cd} \cdot A_c}{f_{yd}} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} := \frac{A_{smin}}{2} = 3191.5 \text{ mm}^2$$

Asmin blir dimesjonerende. Bruker samme sarmering som i midterste pele.

$$A_{ant} := \frac{A_{smin}}{A_h} = 7$$

$$A_{sny} := 7 \cdot A_h \cdot 2 + 2 \cdot A_h = 7856 \text{ mm}^2 \quad \text{Legger p\aa 2, da armeringen i midten ikke vil bidra.}$$

$$A_{ant} := \frac{A_{sny}}{A_h} = 16 \quad \text{Bruker 16 } \phi_{25}\text{-jern og } \phi_{12}\text{-jern.}$$

## Vedlegg P.22 - Kapasitet, innerste pel

**Peledata: 5.8.3.2 (2)**

**Armering:**

Lengde:	$L := 7000 \text{ mm}$	$\phi_h := 25 \text{ mm}$	$A_h := 491 \text{ mm}^2$
Knekk lengde:	$l_0 := 0.7 \cdot L = 4900 \text{ mm}$	$\phi_b := 12 \text{ mm}$	$A_s := 7856 \text{ mm}^2$
Diameter:	$d := 800 \text{ mm}$		
Radius:	$r := 400 \text{ mm}$		
Overdekning:	$c := 60 \text{ mm}$		

### **Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:	$\gamma_c := 1.5$	$\gamma_s := 1.15$
NS-EN 1990:	$\gamma_g := 1.2$	$\gamma_n := 1.5$

### **Materialdata:**

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 502654.82 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa} \quad f_{cm} := 53$$

### **Laster:**

$$\text{Vet fra før:} \quad N_{Ed} := 8656.9 \text{ kN} \quad M_{Ed} := 359.92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### **Kapasitet:**

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 16233.4 \text{ kN}$$

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 0.63 \text{ m} \quad d' := d' \cdot \frac{1}{m} = 631 \quad d' := 600 \text{ mm} \text{ Antas TSS.}$$

$$w := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.3 \quad \frac{d'}{d} = 0.75 \quad \text{Bruker 0.7 (NM-diagram)} \quad m := 0.18$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.68$$

$$M_{Rd} := m \cdot f_{cd} \cdot A_c \cdot d = 1845.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.53 \quad 53\% \text{ utnyttelse.} \quad \text{Forenklet kapasitetskontroll OK.} \quad x := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$$

Må interpolere for å finne a:

$$x_1 := 0.1 \quad x_2 := 0.7$$

$$y_1 := 1.0 \quad y_2 := 1.5$$

$$y := y_1 + (x - x_1) \cdot \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} = 1.4 \quad a := y = 1.4 \quad a := 1.0$$

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^a = 0.19 \quad 19\% \text{ utnyttelse.} \quad \mathbf{(5.39)}$$

# Vedlegg P.25 - ISY, innerste pel

Modul	Betongverrsnitt versjon 2.0.1 Søyle - Sirkulær tverrsnitt
Standard	Beregnet med EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Henrik Norland Vistnes

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 15:43)**



## Beregningsinnstillinger

Inkluder trykkarmering Ja Ignorerer moment fra eksentrisitet Nei

## Materiale

### Materialdata

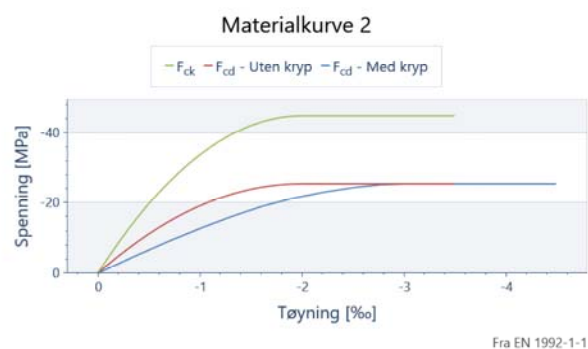
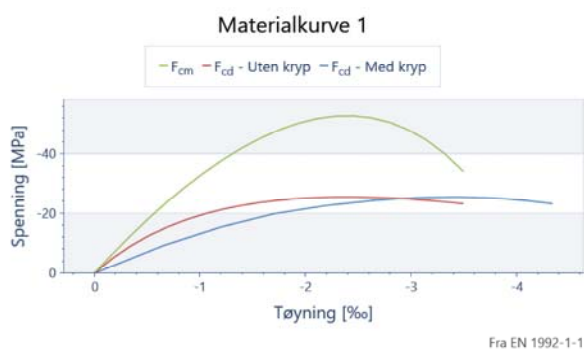
Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	10 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	60 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		Ingen

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
Eksponent n i arbeidsdiagrammet	n	2,00



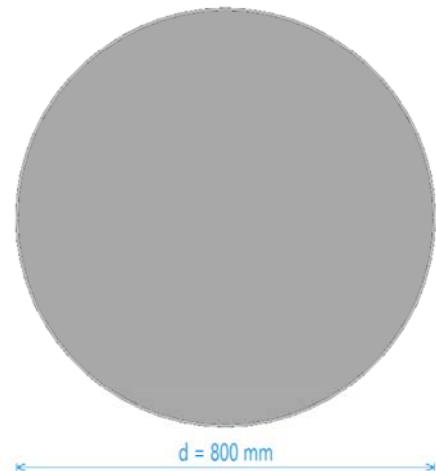
## Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 %
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,25 ‰
Kryptallet	$\Phi$	1,25
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,58 GPa
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsdata

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Sirkulær
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	399 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	628 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	800 mm
Areal	Areal	501 737 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	2 512 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	42 549 800 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	20 032 817 404 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)

Diameter	$d$	800 mm
Knekk lengde om y-aksen	$L_{cr,y}$	4,9 m
Faktisk lengde på søylen	$L$	7,0 m

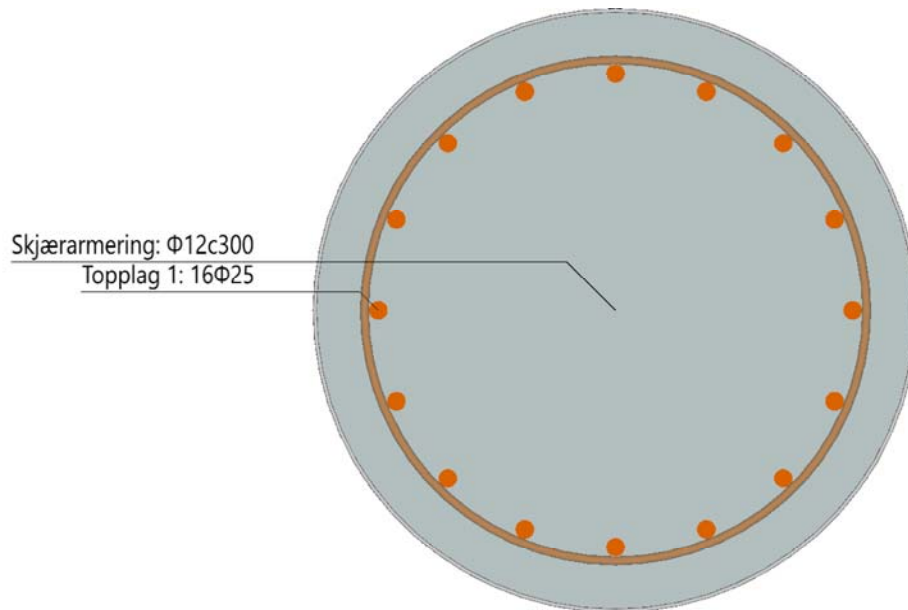


## Armering

Inkluder trykkarmering

Inkluder trykkarmering

Ja



### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 %
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 %
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 %
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

### Lengdearmering

#### Topplag 1

$\Phi$	# jern / bunt	Materiale	y	z	c	$c_{nom}$	
[mm]			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
25	1	Slakkarmering		316	0	72,0	72
25	1	Slakkarmering		291	-121	72,0	72
25	1	Slakkarmering		223	-223	72,0	72
25	1	Slakkarmering		121	-291	72,0	72
25	1	Slakkarmering		0	-316	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-121	-291	72,0	72
25	1	Slakkarmering		-223	-223	72,0	72

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]
25	1	Slakkarmering	-291	-121	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-316	0	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-291	121	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-223	223	72,0	72
25	1	Slakkarmering	-121	291	72,0	72
25	1	Slakkarmering	0	316	72,0	72
25	1	Slakkarmering	121	291	72,0	72
25	1	Slakkarmering	223	223	72,0	72
25	1	Slakkarmering	291	121	72,0	72

$\Phi$  : Jernets diameter.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

y : Plassering av jernet i y-retning.

z : Plassering av jernet i z-retning.

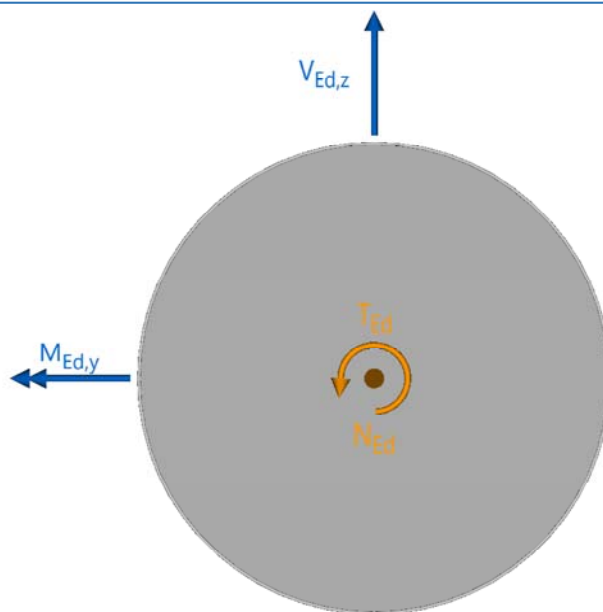
c : Overdekning for dette jernet.

$c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.

## Skjærarmering

Senteravstand	s	300 mm
Diameter	$\Phi$	12 mm
Materiale	Materiale	Slakkarmering
Overdekning	c	<b>60 mm</b>
Antall bøyleben <sub>y</sub>	# bøyleben <sub>y</sub>	2
Helningsvinkel ( $\alpha$ )	$\alpha$	90,00 °

## Snittkrefter



## Bruddgrensekrefter

## Krefter i hovedakseretning

Navn	$M_{EdG,y}$ [kNm]	$M_{EdQ,y}$ [kNm]	$M_{EdMax,y}$ [kNm]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{EdMax,z}$ [kN]	$V_{Ed,Redusert,z}$ [kN]	$N_{EdG}$ [kN]	$N_{EdQ}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	$\theta$
Last	0	0	0	0	0	0	-8 657	0	0	1,00

Navn : Navnet på snittkreftene.

$M_{EdG,y}$  : Langtidsmoment om y-aksen.

$M_{EdQ,y}$  : Korttidsmoment om y-aksen.

$M_{EdMax,y}$  : Maksimalt moment om y-aksen på staven som dette elementet er en del av.

$V_{Ed,z}$  : Tilhørende skjærkraft i z-retning, for beregningsmessig moment.

$V_{EdMax,z}$  : Maksimal skjærkraft i z-retning, for trykksbruddkontroll.

$V_{Ed,Redusert,z}$  : Redusert skjærkraft i z-retning, for strekkbruddkontroll.

$N_{EdG}$  : Normalkraft fra langtidslast. (Negativ for trykk.)

$N_{EdQ}$  : Normalkraft fra korttidslast. (Negativ for trykk.)

$T_{Ed}$  : Torsjonsmoment.

$\theta$  : Helningsvinkel for trykkdiagonalen.

## Bruddgrense

### Momentkapasitet

Navn	$U_{tn,M+N}$	$M_{y,dim}$ [kNm]	$M_{add,y}$ [kNm]	$\epsilon_{c,max}$ [‰]	$\epsilon_{s,max}$ [‰]	$\epsilon_{cc,max}$ [‰]	Langtid?
Last	0,60	0	-230,9	-1,62	-1,07	-0,55	Ja

Navn : Navnet på snittkreftene.

$U_{tn,M+N}$  : Kapasitetsutnyttelse av moment og normalkraft for tverrsnittet.

$M_{y,dim}$  : Totalt dimensjonerende moment om y-aksen.

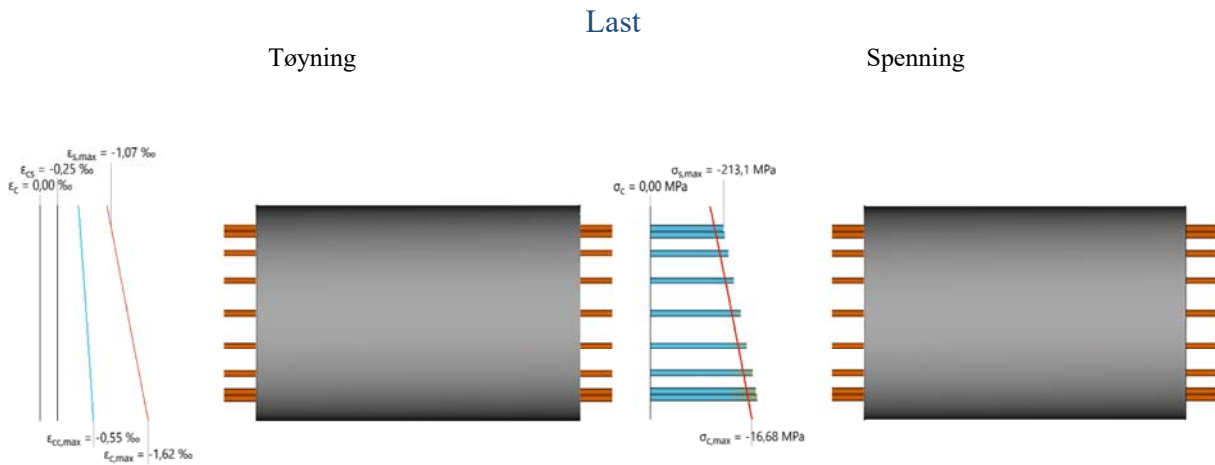
$M_{add,y}$  : Det totale tillegget til momentet om y-aksen som følge av 2. ordens effekter.

$\epsilon_{c,max}$  : Største trykk-tøyning i betongen.

$\epsilon_{s,max}$  : Største strekk-tøyning i armeringen.

$\epsilon_{cc,max}$  : Største kryptøyning i betongen.

Langtid? : Langtidskreftene alene er avgjørende for kapasiteten til tverrsnittet.  
Dette kan typisk skje hvis langtidsmoment og det totale momentet har motsatt fortegn.



## Skjærkapasitet

### Skjærkapasitet i primærretning

Navn	Behov?	Utn <sub>trykk,z</sub>	V <sub>Rd,z,trykk</sub> [kN]	Utn <sub>strekk,z</sub>	V <sub>Rd,z,strekk</sub> [kN]	A <sub>sw,z,statisk</sub> [mm <sup>2</sup> /m]
Last	Nei	0,00	2 470	0,00	552	0

Navn : Navnet på snittkreftene.

Behov? : En sjekk av om det er beregningsmessig behov for skjærarmering.

Utn<sub>trykk,z</sub> : Skjærtrykkutnyttelse i z-retning.

V<sub>Rd,z,trykk</sub> : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.

Utn<sub>strekk,z</sub> : Skjærstrekkutnyttelse i z-retning.

V<sub>Rd,z,strekk</sub> : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.

A<sub>sw,z,statisk</sub> : Statisk nødvendig skjærarmering i z-retning.

## Minimumsarmering

### Lengdearmering

Minste lengdearmeringsareal	A <sub>s,min</sub>	5 885 mm <sup>2</sup>
Største lengdearmeringsareal	A <sub>s,max</sub>	40 139 mm <sup>2</sup>
Største senteravstand med torsjonsarmering	S <sub>lengde,tor,max</sub>	350 mm
Minste diameter for lengdearmering	Φ <sub>min</sub>	10 mm
Fri avstand mellom lengdearmeringsjern	Fri avstand	Godkjent

### Tverrarmering

Minste diameter for tverrarmering	Φ <sub>l,min</sub>	6 mm
Største senteravstand for tverrarmering	S <sub>cl,t,max</sub>	375 mm
Største bøyleavstand med torsjonsarmering	S <sub>l,tor,max</sub>	314 mm

## Feilmeldinger

⚠ Overdekningen på bøylearmeringen tilfredsstillers ikke kravene til minimum overdekning.

⚠ Det er for liten overdekning i overkant

## Vedlegg M.1 - Kontroll av strekk- og trykkrefter i peler

NS-EN 1993-1-1:2005

Stålkvalitet S355J2

Fasthetsklasse

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1.05$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Diameter stålkjerne

$$\varnothing_{180} := 180 \text{ mm}$$

Diameter betongpel

$$\varnothing_{1200} := 1200 \text{ mm}$$

Tverrsnittsareal  
stålkjerne

$$A_{\text{stålkjerne}} := \pi \cdot \left( \frac{\varnothing_{180}}{2} \right)^2 = 25446.9 \text{ mm}^2$$

Tverrsnittsareal betongpel

$$A_{\text{betong}} := \pi \cdot \left( \frac{\varnothing_{1200}}{2} \right)^2$$

Største strekkraft:

$$N_{Ed.strekk} := 3926 \text{ kN}$$

Største trykkraft

$$N_{Ed.trykk} := 2701 \text{ kN}$$

Flytespenning i tverrsnitt

$$\sigma := \frac{N_{Ed.strekk}}{A_{\text{stålkjerne}}} = 154.282 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{tillatt}} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338.095 \text{ MPa}$$

$$\text{Utnyttelse: } \frac{\sigma}{\sigma_{\text{tillatt}}} = 0.456 < 1,0 \text{ OK!}$$

Strekkapasitet

$$(6.10) \quad N_{tRd} := \frac{A_{\text{stålkjerne}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 8603.5 \text{ kN}$$

$$(6.9) \quad \frac{N_{Ed.strekk}}{N_{tRd}} = 0.456 < 1,0 \text{ OK!}$$

$$g_{betong} := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$b_{fundament} := 5 \text{ m} \quad l_{fundament} := 5 \text{ m} \quad t_{fundament} := 5 \text{ m}$$

$$g_{fundament} := (b_{fundament} \cdot l_{fundament} \cdot t_{fundament}) \cdot g_{betong} = 3125 \text{ kN}$$

$$g_{peler} := \pi \cdot \left( \frac{\varnothing_{1200}}{2} \right)^2 \cdot 11.6 \text{ m} \cdot g_{betong} = 327.982 \text{ kN}$$

$$N_{egenvekt} := \left( \frac{g_{fundament}}{4} + g_{peler} \right) \cdot 0.9 = 998 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.forankring} := N_{Ed.strekk} - N_{egenvekt} = 2928 \text{ kN}$$



## Vedlegg M.2 - Armering, lang pel

**Antas følgende armering og overdekning:**

$$\phi_h := 32 \text{ mm} \quad c := 60 \text{ mm} \quad A_{\phi 32} := 804 \text{ mm}^2$$

$$\phi_b := 12 \text{ mm}$$

$$\phi_n := \sqrt{2} \cdot \phi_h = 45.255 \text{ mm}$$

**Tverrsnittsdata:**

$$\begin{aligned} \text{Diameter:} \quad d &:= 1200 \text{ mm} \\ \text{Lengde:} \quad L &:= 14800 \text{ mm} \quad \beta := 0.92 \quad l_0 := L \cdot \beta = 13616 \text{ mm} \quad r := \frac{d}{2} \quad \mathbf{5.8.3.2 (2)} \end{aligned}$$

**Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

$$\begin{aligned} \text{Tab. 2.1N:} \quad \gamma_c &:= 1.5 \quad \gamma_s := 1.15 \\ \text{NS-EN 1990:} \quad \gamma_g &:= 1.2 \quad \gamma_n := 1.5 \end{aligned}$$

**Materialdata:**

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 1130973.4 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

**Laster:**

$$\text{Vet fra før: } N_{Ed} := 700 \text{ kN} \quad M_{0Ed} := \sqrt{(-505)^2 + 4615^2} \text{ kN} \cdot \text{m} = 4642.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**1. ordens moment**

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad \mathbf{[6.1(4)]}$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 40 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 34.04 \text{ mm} \quad \mathbf{[5.2(7)]}$$

$$M_{e0} := N_{Ed} \cdot e_{min} = 28 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed} := M_{0Ed} + M_{e0} = 4670.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Hovedarmering:

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 1024 \text{ mm}$$

$$\frac{d'}{d} = 0.85$$

Bruker 0.8, TSS.

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.02$$

$$m := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d} = 0.13$$

Bruker tab:

$$w := 0.18$$

Runder opp TSS.

MN-diagram gir  $w=0.18$ . Må finne armering.

$$A_{s1} := \frac{w \cdot f_{cd} \cdot A_c}{f_{yd}} = 11939.686 \text{ mm}^2$$

Trengs mye armering, prøver å bruke  $\phi 32$ -jern.  
Prøver å bruke bunter.

$$A_{\phi n} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_n}{2}\right)^2 = 1608.5 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{s1}}{A_{\phi n}} = 7.423$$

Trenger 8 $\phi 32$  jern på hver side av pelen. Legger inn 2 ekstra da de i midt på aksene ikke vil være virksomme.

$$A_h := A_{\phi n}$$

$$A_s := 8 \cdot A_{\phi n} \cdot 2 + 2 \cdot A_{\phi n} = 28953 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_{\phi n}} = 18 \quad \text{stk}$$

$$A_{s,min} = \min\left[0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}\right] > 0.01 \cdot A_c$$

(9.12N)

$$A_{s,max} := 0.08 \cdot A_c$$

NA.9.5.2(3)

$$A_{smin1} := 0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 13266.3 \text{ mm}^2 \quad A_{smin2} := 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 805 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin3} := 0.01 \cdot A_c = 11309.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin1} < A_{smin3}$$

$$A_{s,max} := 0.08 \cdot A_c = 90477.868 \text{ mm}^2$$

OK

$$A_s > A_{smin} := A_{smin3} = 11309.73 \text{ mm}^2$$

### Skjærarmering (bøyler):

Betydelig Torsjonsmoment.

Bøyler: Bruker  $\phi 20$ -bøyler

$$\text{Senteravstand} = \min[20 \cdot \phi_{32}, \text{bredde} = 1200, 400]$$

NA.9.5.3

$$c_b := 15 \cdot \phi_h = 480 \text{ mm}$$

Bruker  $\phi 20$  c125.

Bruker senteravstand 125 mm  
[Fra ISY-Design].

**Oppsummert:**

$$\frac{A_s}{A_{\phi n}} = 18$$

Hovedarmering: 18  $\phi$ 32

$$A_h := 18 \cdot A_{\phi n} = 28953 \text{ mm}^2$$

Skjærarmering:  $\phi$ 20c125

**[Buntet]**

### Vedlegg M.3 - Kontroll, 2. ordens moment, lang pel

Sjekker om pelen er slank. Hvis den er slank må det tas hensyn til 2. ordens momenter.  
Hvis  $\lambda_n \leq \lambda_{n.lim}$ : Trenger ikke å ta hensyn til 2. ordens lastvirkning. **[NA. 5.8.3.1]**

#### **Peledata:**

Lengde:  $L := 14800 \text{ mm}$

Knekk lengde:  $\beta := 0.92$  [Fra Robot]

$$l_0 := L \cdot \beta = 13616 \text{ mm}$$

Diameter:  $d := 1200 \text{ mm}$

Radius:  $r := 600 \text{ mm}$

Overdekning:  $c := 60 \text{ mm}$

Hovedarmering:  $A_{\phi_n} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_n}{2}\right)^2 = 1608.5 \text{ mm}^2$   $A_{sgammel} := 18 \cdot A_{\phi_n} = 28952.9 \text{ mm}^2$

#### **Armering:**

$\phi_h := 32 \text{ mm}$

$$\phi_n := \sqrt{2} \cdot \phi_h = 45.255 \text{ mm}$$

$\phi_b := 20 \text{ mm}$

**5.8.3.2 (2)**

#### **Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:  $\gamma_c := 1.5$   $\gamma_s := 1.15$   
NS-EN 1990:  $\gamma_g := 1.2$   $\gamma_n := 1.5$

#### **Materialdata:**

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 1130973.36 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa} \quad f_{cm} := 53$$

#### **Laster:**

Vet fra før:  $N_{Ed} := 700 \text{ kN}$

$$M_{Ed} := 4642.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## 1. ordens moment

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad [6.1(4)]$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 40 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 34.04 \text{ mm} \quad [5.2(7)]$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_{min} + M_{Ed} = 4670.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Normalisert slankhet:

$$k_a := 1.0 \quad \text{Til sikker side.}$$

$$i := \frac{r}{2} = 300 \text{ mm} \quad [\text{Blåbok}]$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i} = 45.39 \quad (5.14)$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.02 \quad w := \frac{f_{yd} \cdot A_{sgammel}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.44 \quad \lambda_n := \lambda \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot w}} = 5.17$$

### Slankhetsgrense:

Forskyvelig søyle, med tverrlast. **NA.5.13bN** blir gjeldene.

Forskyvelig konstruksjon:

$$\lambda_{nlim} := 13 \cdot A_{\varphi} \quad A_{\varphi} < 1.0$$

$\varphi_{ef}$ : **Kryptallet bestemmes ved hjelp av tillegg B og [5.8.4]**

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.7} = 0.75 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.2} = 0.92 \quad (\text{B.8c})$$

$$\beta_{f_{cm}} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.31 \quad (\text{B.4})$$

$$t_0 := 28$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.49 \quad (\text{B.5})$$

$$u := \pi \cdot d = 3769.91 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 600 \text{ mm} \quad h_0 := 600$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1\right) \cdot \alpha_2 = 1.08 \quad (\text{B.3b})$$

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{f_{cm}} \cdot \beta_{t_0} = 1.22 \quad (\text{B.2})$$

Punkt i standard: **[5.8.4(4)]**

Effektivt kryptall kan settes lik =0, dersom følgende er oppfylt:

$$\varphi_0 < 2.0 \quad \varphi_0 = 1.22 \quad \text{OK}$$

$$\lambda < 75 \quad \lambda = 45.4 \quad \text{OK}$$

$$\frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}} > h_{tverrsnitt} \quad \frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}} = 6672.1 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\varphi_{ef} := 0 \quad A_\varphi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = 1.25 \quad A_\varphi := 1.0$$

$$\lambda_{lim} := 13 \cdot A_\varphi = 13 \quad \lambda_n = 5.2$$

$\lambda_n < \lambda_{lim}$  **Pelen er ikke slank, må ikke ta hensyn til 2. ordens moment.**

# Vedlegg M.4 - ISY, lang pel

Modul	Betongverrsnitt versjon 2.0.1 Søyle - Sirkulær tverrsnitt
Standard	Beregnet med EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Henrik Norland Vistnes

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 16:41)**

## Beregningsinnstillinger

Inkluder trykkarmering Ja Ignorerer moment fra eksentrisitet Nei

## Materiale

### Materialdata

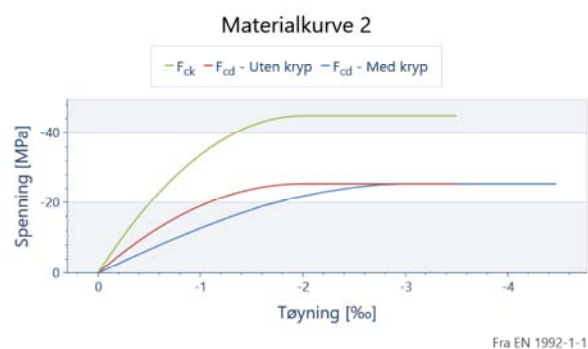
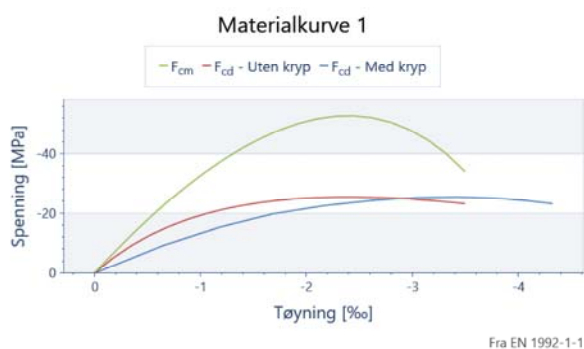
Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	10 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	60 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		Ingen

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
Eksponent n i arbeidsdiagrammet	n	2,00





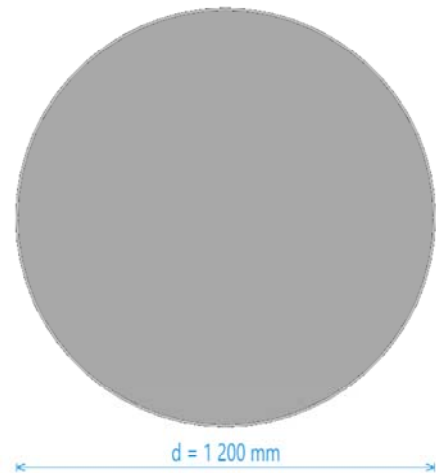
## Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 %
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,24 ‰
Kryptallet	$\Phi$	1,22
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,77 GPa
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsdata

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Sirkulær
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	599 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	942 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	1 200 mm
Areal	Areal	1 128 907 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	3 768 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	143 605 576 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	101 416 138 110 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)

Diameter	$d$	1 200 mm
Knekk lengde om y-aksen	$L_{cr,y}$	13,7 m
Faktisk lengde på søylen	$L$	14,8 m



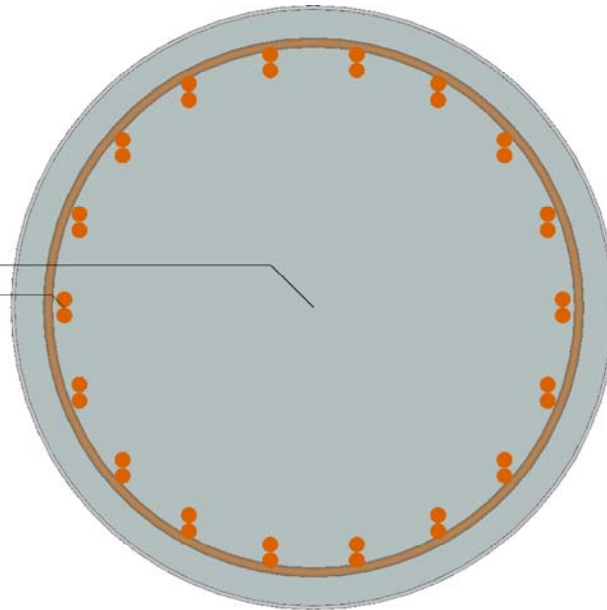
## Armering

Inkluder trykkarmering

Inkluder trykkarmering

Ja

Skjærarmering:  $\Phi 20c125$   
 Topplag 1:  $18 \times 2 \Phi 32$



### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 ‰
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 ‰
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 ‰
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

### Lengdearmering

#### Topplag 1

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]
32	2	Slakkarmering	497	0	80,0	80
32	2	Slakkarmering	467	-170	80,0	80
32	2	Slakkarmering	381	-320	80,0	80
32	2	Slakkarmering	249	-431	80,0	80
32	2	Slakkarmering	86	-490	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-86	-490	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-249	-431	80,0	80

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]
32	2	Slakkarmering	-381	-320	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-467	-170	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-497	0	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-467	170	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-381	320	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-249	431	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-86	490	80,0	80
32	2	Slakkarmering	86	490	80,0	80
32	2	Slakkarmering	249	431	80,0	80
32	2	Slakkarmering	381	320	80,0	80
32	2	Slakkarmering	467	170	80,0	80

$\Phi$  : Jernets diameter.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

y : Plassering av jernet i y-retning.

z : Plassering av jernet i z-retning.

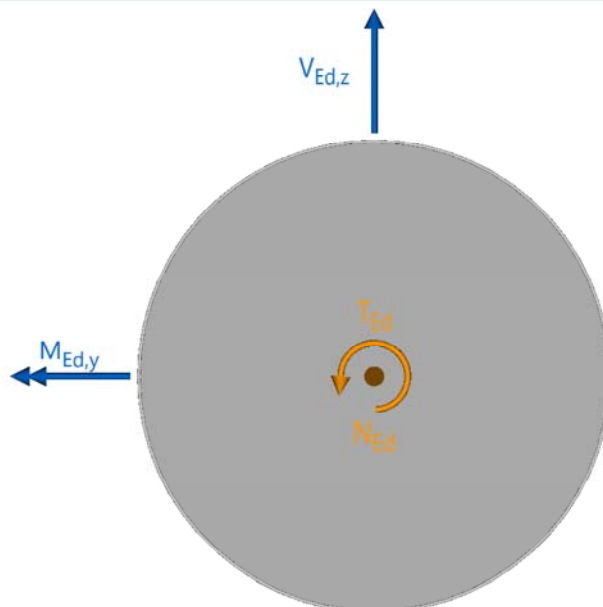
c : Overdekning for dette jernet.

$c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.

## Skjærarmering

Senteravstand	s	125 mm
Diameter	$\Phi$	20 mm
Materiale	Materiale	Slakkarmering
Overdekning	c	<b>60 mm</b>
Antall bøyleben <sub>y</sub>	# bøyleben <sub>y</sub>	2
Helningsvinkel ( $\alpha$ )	$\alpha$	90,00 °

## Snittkrefter



## Bruddgrensekrefter

### Krefter i hovedakseretning

Navn	$M_{EdG,y}$ [kNm]	$M_{EdQ,y}$ [kNm]	$M_{EdMax,y}$ [kNm]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{EdMax,z}$ [kN]	$V_{Ed,Redusert,z}$ [kN]	$N_{EdG}$ [kN]	$N_{EdQ}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	$\theta$
Last	4 671	0	0	0	0	0	-700	0	1 322	1,00

Navn : Navnet på snittkreftene.

$M_{EdG,y}$  : Langtidsmoment om y-aksen.

$M_{EdQ,y}$  : Korttidsmoment om y-aksen.

$M_{EdMax,y}$  : Maksimalt moment om y-aksen på staven som dette elementet er en del av.

$V_{Ed,z}$  : Tilhørende skjærkraft i z-retning, for beregningsmessig moment.

$V_{EdMax,z}$  : Maksimal skjærkraft i z-retning, for trykksbruddkontroll.

$V_{Ed,Redusert,z}$  : Redusert skjærkraft i z-retning, for strekkbruddkontroll.

$N_{EdG}$  : Normalkraft fra langtidslast. (Negativ for trykk.)

$N_{EdQ}$  : Normalkraft fra korttidslast. (Negativ for trykk.)

$T_{Ed}$  : Torsjonsmoment.

$\theta$  : Helningsvinkel for trykkdiagonalen.

## Bruddgrense

### Momentkapasitet

Navn	$U_{tn_{M+N}}$	$M_{y,dim}$ [kNm]	$M_{add,y}$ [kNm]	$\epsilon_{c,max}$ [‰]	$\epsilon_{s,max}$ [‰]	$\epsilon_{cc,max}$ [‰]	Langtid?
Last	0,86	4 671	16,0	-2,46	3,46	-0,81	Ja

Navn : Navnet på snittkreftene.

$U_{tn_{M+N}}$  : Kapasitetsutnyttelse av moment og normalkraft for tverrsnittet.

$M_{y,dim}$  : Totalt dimensjonerende moment om y-aksen.

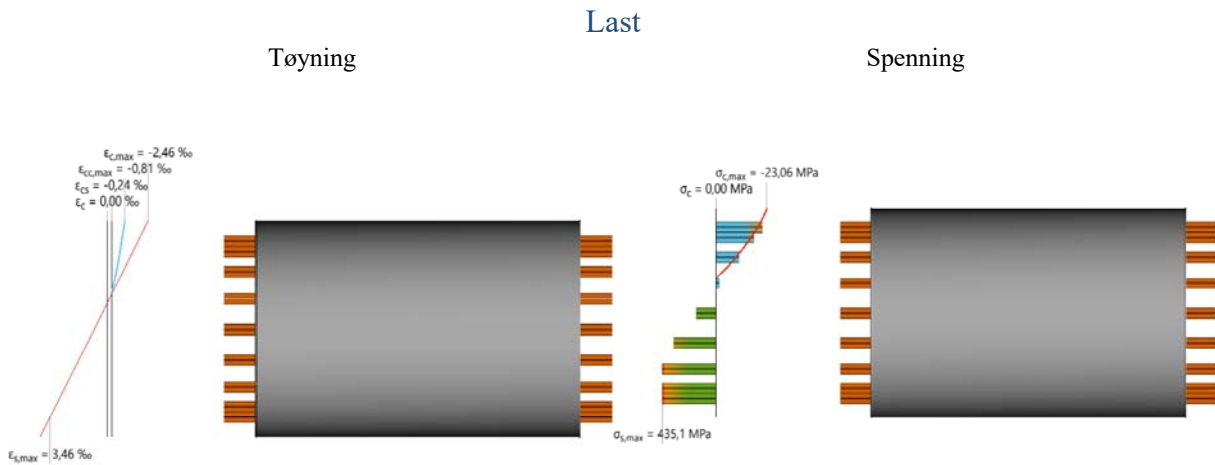
$M_{add,y}$  : Det totale tillegget til momentet om y-aksen som følge av 2. ordens effekter.

$\epsilon_{c,max}$  : Største trykk-tøyning i betongen.

$\epsilon_{s,max}$  : Største strekk-tøyning i armeringen.

$\epsilon_{cc,max}$  : Største kryptøyning i betongen.

Langtid? : Langtidskreftene alene er avgjørende for kapasiteten til tverrsnittet.  
Dette kan typisk skje hvis langtidsmoment og det totale momentet har motsatt fortegn.



## Skjærkapasitet

### Skjærkapasitet i primærretning

Navn	Behov?	Utn <sub>trykk,z</sub>	V <sub>Rd,z,trykk</sub> [kN]	Utn <sub>strekk,z</sub>	V <sub>Rd,z,strekk</sub> [kN]	A <sub>sw,z,statisk</sub> [mm <sup>2</sup> /m]
Last	Nei	0,00	4 637	0,00	714	0

- Navn : Navnet på snittkreftene.
- Behov? : En sjekk av om det er beregningsmessig behov for skjærarmering.
- Utn<sub>trykk,z</sub> : Skjærtrykkutnyttelse i z-retning.
- V<sub>Rd,z,trykk</sub> : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.
- Utn<sub>strekk,z</sub> : Skjærstrekkutnyttelse i z-retning.
- V<sub>Rd,z,strekk</sub> : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.
- A<sub>sw,z,statisk</sub> : Statisk nødvendig skjærarmering i z-retning.

## Torsjonskapasitet

Navn	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Utn <sub>strekk</sub>	T <sub>Rd,c</sub> [kNm]	Utn <sub>trykk</sub>	T <sub>Rd,max</sub> [kNm]	A <sub>sl</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	S <sub>l</sub> [mm]
Last	1 322	0,95	573	0,55	2 387	6 766	2 394	131

- Navn : Navnet på snittkreftene.
- T<sub>Ed</sub> : Torsjonsmoment.
- Utn<sub>strekk</sub> : Torsjonsstrekkutnyttelse.
- T<sub>Rd,c</sub> : Torsjonsstrekkkapasitet.
- Utn<sub>trykk</sub> : Torsjonstrykkutnyttelse.
- T<sub>Rd,max</sub> : Torsjonstrykkkapasitet.
- A<sub>sl</sub> : Nødvendig lengdearmering for torsjon.
- A<sub>sw</sub> : Nødvendig bøylearmering for torsjon.
- S<sub>l</sub> : Statisk nødvendig senteravstand for bøyer for torsjon.

## Minimumsarmering

### Lengdearmering


## Vedlegg M.4 - ISY, lang pel

Minste lengdearmingsareal	$A_{s,min}$	11 289 mm <sup>2</sup>
Største lengdearmingsareal	$A_{s,max}$	90 313 mm <sup>2</sup>
Minste sideareal	$A_{sdb,min}$	1 129 mm <sup>2</sup>
Største senteravstand med torsjonsarmering	$S_{lengde,tor,max}$	350 mm
Minste diameter for lengdearmoring	$\Phi_{min}$	10 mm
Fri avstand mellom lengdearmingsjern	Fri avstand	Godkjent

### Tverrarmering

Minste diameter for tverrarmering	$\Phi_{l,min}$	8 mm
Største senteravstand for tverrarmering	$S_{cl,t,max}$	400 mm
Største bøyleavstand med torsjonsarmering	$S_{l,tor,max}$	471 mm

### Feilmeldinger

 Overdekningen på bøylearmeringen tilfredsstillter ikke kravene til minimum overdekning.

## Vedlegg M.5 - Armering, kort pel

Antas følgende armering og overdekning:

$$\phi_h := 32 \text{ mm} \quad c := 60 \text{ mm} \quad A_{\phi 32} := 804 \text{ mm}^2$$

$$\phi_b := 20 \text{ mm}$$

$$\phi_n := \sqrt{2} \cdot \phi_h = 45.255 \text{ mm} \quad (8.14)$$

**Tverrsnittsdata:**

Diameter:  $d := 1200 \text{ mm}$   
Lengde:  $L := 11600 \text{ mm} \quad \beta := 1.5 \quad l_0 := L \cdot \beta = 17400 \text{ mm} \quad r := \frac{d}{2} \quad 5.8.3.2 (2)$

**Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:  $\gamma_c := 1.5 \quad \gamma_s := 1.15$   
NS-EN 1990:  $\gamma_g := 1.2 \quad \gamma_n := 1.5$

**Materialdata:**

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa} \quad f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa} \quad A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 1130973.4 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

**Laster:**

Vet fra før:  $N_{Ed} := 2701 \text{ kN} \quad M_{0Ed} := \sqrt{1203^2 + 4685^2} \text{ kN} \cdot \text{m} = 4837 \text{ kN} \cdot \text{m}$

1

### **1. ordens moment**

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad [6.1(4)]$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 40 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 43.5 \text{ mm} \quad [5.2(7)]$$

$$M_{e0} := N_{Ed} \cdot e_i = 117.494 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed} := M_{0Ed} + M_{e0} = 4954.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Hovedarmering:

$$d' := d - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_b - \phi_h = 1008 \text{ mm} \quad \frac{d'}{d} = 0.84 \quad \text{Bruker 0.8, TSS.}$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.1$$

$$m := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c \cdot d} = 0.14$$

**Bruker tab:**

$$w := 0.2$$

Runder opp TSS.

MN-diagram gir  $w=0.2$ . Må finne armering.

$$A_{s1} := \frac{w \cdot f_{cd} \cdot A_c}{f_{yd}} = 13266.317 \text{ mm}^2$$

Trengs mye armering, prøver å bruke  $\phi 32$ -jern.  
Prøver å bruke bunter.

$$A_{\phi n} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_n}{2}\right)^2 = 1608.5 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{s1}}{A_{\phi n}} = 8.248$$

Trenger 9 $\phi 32$  jern på hver side av pelen. Legger inn 2 ekstra da de midt på aksene ikke vil være virksomme.

$$A_h := A_{\phi n}$$

$$A_s := 9 \cdot A_{\phi n} \cdot 2 + 2 \cdot A_{\phi n} = 32170 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_{\phi n}} = 20 \text{ stk}$$

$$A_{s,min} = \min\left[0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}\right] > 0.01 \cdot A_c$$

**(9.12N)**

$$A_{s,max} := 0.08 \cdot A_c$$

**NA.9.5.2(3)**

$$A_{smin1} := 0.2 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 13266.3 \text{ mm}^2 \quad A_{smin2} := 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 3106.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin3} := 0.01 \cdot A_c = 11309.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin1} < A_{smin3}$$

$$A_{s,max} := 0.08 \cdot A_c = 90477.868 \text{ mm}^2$$

OK

$$A_s > A_{smin} := A_{smin3} = 11309.73 \text{ mm}^2$$

### Skjærarmering (bøyler):

Betydelig Torsjonsmoment.

Bøyler: Bruker  $\phi 20$ -bøyler

$$\text{Senteravstand} = \min[20 \cdot \phi_{32}, \text{bredde} = 1200, 400]$$

**NA.9.5.3**

$$c_b := 15 \cdot \phi_h = 480 \text{ mm}$$

Bruker  $\phi 20$ c125.



Bruker sentaravstand 125 mm [Fra ISY-Design].

**Oppsummert:**

$$\frac{A_s}{A_{\phi n}} = 20$$

Hovedarmering: 20  $\phi 32$

$$A_h := 20 \cdot A_{\phi n} = 32170 \text{ mm}^2$$

Skjærarmering:  $\phi 20c125$

**[Buntet]**

## Vedlegg M.6 - Kontroll, 2. ordens moment, kort pel

Sjekker om pelen er slank. Hvis den er slank må det tas hensyn til 2. ordens momenter.  
Hvis  $\lambda_n \leq \lambda_n.lim$ : Trenger ikke å ta hensyn til 2. ordens lastvirkning. **[NA. 5.8.3.1]**

### **Peledata:**

Lengde:  $L := 11600 \text{ mm}$

Knekk lengde:  $\beta := 1.485$  [Fra Robot]

$$l_0 := L \cdot \beta = 17226 \text{ mm}$$

Diameter:  $d := 1200 \text{ mm}$

Radius:  $r := 600 \text{ mm}$

Overdekning:  $c := 60 \text{ mm}$

Hovedarmering:  $A_{\phi n} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_n}{2}\right)^2 = 1608.5 \text{ mm}^2$   $A_{sgammel} := 20 \cdot A_{\phi n} = 32169.9 \text{ mm}^2$

### **Armering:**

$\phi_h := 32 \text{ mm}$

$\phi_n := \sqrt{2} \cdot \phi_h = 45.255 \text{ mm}$   
 $\phi_b := 12 \text{ mm}$

**5.8.3.2 (2)**

### **Material-og lastfaktor: 2.4.2.4**

Tab. 2.1N:  $\gamma_c := 1.5$   $\gamma_s := 1.15$   
NS-EN 1990:  $\gamma_g := 1.2$   $\gamma_n := 1.5$

### **Materialdata:**

$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$   $f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$   $A_c := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 1130973.36 \text{ mm}^2$

$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$   $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa}$   $f_{cm} := 53$

### **Laster:**

Vet fra før:  $N_{Ed} := 2701 \text{ kN}$

$$M_{Ed} := 4837 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## 1. ordens moment

Det stilles krav i standard til eksentrisitet for søyler utsatt for aksiallast.

$$e_{min} = \max\left[\frac{d}{30}, 20\text{mm}\right] \quad [6.1(4)]$$

$$e_{min} := \frac{d}{30} = 40 \text{ mm} \quad e_i := \frac{l_0}{400} = 43.07 \text{ mm} \quad [5.2(7)]$$

$$M_{0Ed} := N_{Ed} \cdot e_i + M_{Ed} = 4953.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Normalisert slankhet:

$$k_a := 1.0 \quad \text{Til sikker side.}$$

$$i := \frac{r}{2} = 300 \text{ mm} \quad [\text{Blåbok}]$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i} = 57.42 \quad (5.14)$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.09 \quad w := \frac{f_{yd} \cdot A_{sgammel}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.48 \quad \lambda_n := \lambda \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot w}} = 12.52$$

### Slankhetsgrense:

Forskyvelig søyle, med tverrlast. **NA.5.13bN** blir gjeldene.

Forskyvelig konstruksjon:

$$\lambda_{lim} := 13 \cdot A_{\varphi} \quad A_{\varphi} < 1.0$$

$\varphi_{ef}$ : Kryptallet bestemmes ved hjelp av tillegg B og [5.8.4]

$$\alpha_1 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.75 \quad \alpha_2 := \left( \frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92 \quad (\text{B.8c})$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.31 \quad (\text{B.4})$$

$$t_0 := 28$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.49 \quad (\text{B.5})$$

$$u := \pi \cdot d = 3769.91 \text{ mm}$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 600 \text{ mm} \quad h_0 := 600$$

$$\varphi_{RH} := \left( 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.08 \quad (\text{B.3b})$$

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t_0} = 1.22 \quad (\text{B.2})$$

Punkt i standard: [5.8.4(4)]

Effektivt kryptall kan settes lik =0, dersom følgende er oppfylt:

$$\varphi_0 < 2.0 \quad \varphi_0 = 1.22 \quad OK$$

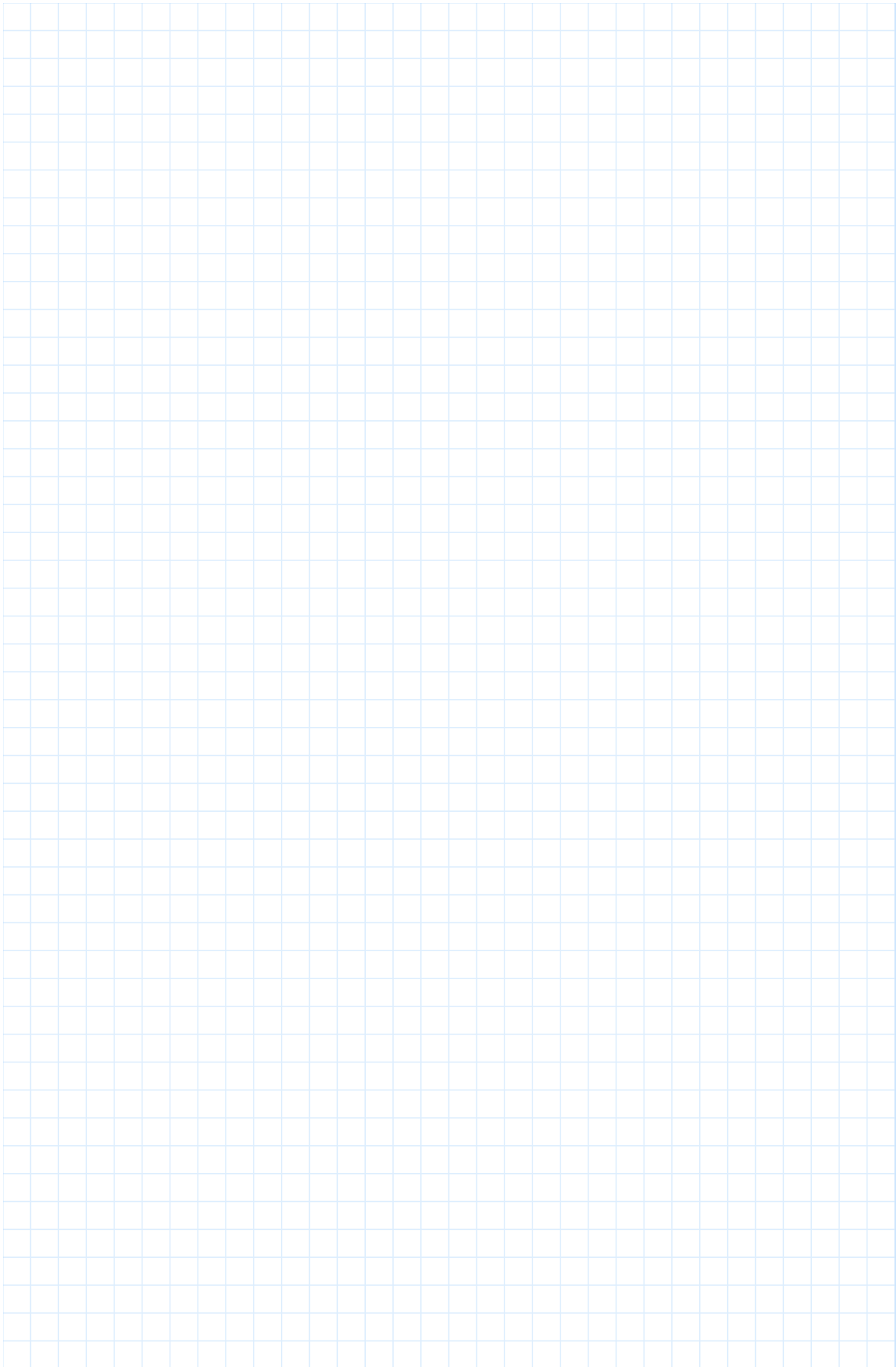
$$\lambda < 75 \quad \lambda = 57.4 \quad OK$$

$$\frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}} > h_{tverrsnitt} \quad \frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}} = 1833.9 \text{ mm} \quad OK$$

$$\varphi_{ef} := 0 \quad A_\varphi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = 1.25 \quad A_\varphi := 1.0$$

$$\lambda_{nlim} := 13 \cdot A_\varphi = 13 \quad \lambda_n = 12.5$$

$\lambda_n < \lambda_{nlim}$  Pelen er ikke slank, må ikke ta hensyn til 2. ordens moment.



# Vedlegg M.7 - ISY, kort pel

Modul	Betongverrsnitt versjon 2.0.1 Søyle - Sirkulær tverrsnitt
Standard	Beregnet med EN 1992-1-1 med norsk nasjonalt tillegg
Lisenseier	Høgskulen På Vestlandet 30.6.22

Laget av:

Kontrollert av:

---

Henrik Norland Vistnes

**Dette dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ingen signatur (25. mai 2022, 16:39)**

## Beregningsinnstillinger

Inkluder trykkarmering Ja Ignorerer moment fra eksentrisitet Nei

## Materiale

### Materialdata

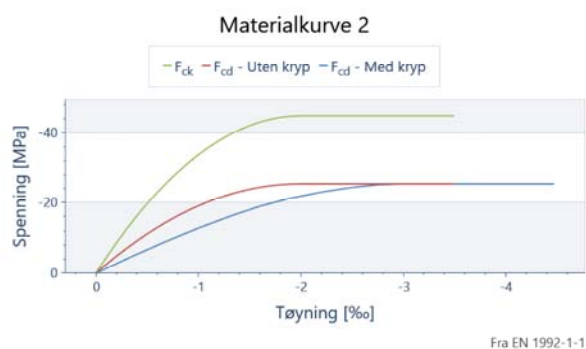
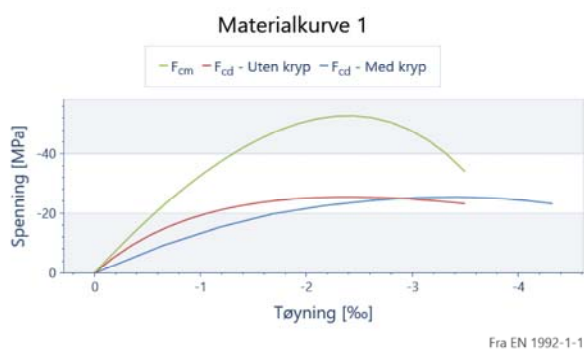
Betong	Betong	B45
Partialfaktor for betong	$\gamma_c$	1,50
Sylindriske trykkfasthet	$f_{ck}$	45,0 MPa
Største tilslag i betongen	$d_g$	20 mm
Midlere E-modul	$E_{cm}$	36,28 GPa
Midlere trykkfasthet	$f_{cm}$	53,0 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	$f_{cd}$	25,5 MPa
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm}$	3,80 MPa
Dimensjonerende strekkfasthet	$f_{ctd}$	1,51 MPa
Hovedsakelig grovt tilslag	Grovt tilslag	Ja

### Risssdata

Eksponeringsklasse	Eksponering	XS3
Dimensjonerende levetid	Levetid	50 år
Nødvendig fasthetsklasse	$C_{ind}$	B40
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for permanente laster	$w_{max,G}$	0,30 kc mm
Grenseverdi for karakteristisk rissvidde for ofte forekommende	$w_{max,Q}$	0,30 kc mm
Tillegg / fradrag i nominell verdi for $C_{dur}$	$\Delta C_{dur}$	10 mm
Minimum overdekning	$C_{dur}$	60 mm
Bestandighetsklasse	Bestandighet	M40
Trykkavlastning		Ingen

### Kurvedata

Trykktøyning ved maks spenning, kurve 1	$\epsilon_{c1}$	-2,40 ‰
Bruddtøyning, kurve 1	$\epsilon_{cu1}$	-3,50 ‰
Trykktøyning ved maks spenning, kurve 2	$\epsilon_{c2}$	-2,00 ‰
Bruddtøyning, kurve 2	$\epsilon_{cu2}$	-3,50 ‰
Eksponent n i arbeidsdiagrammet	n	2,00



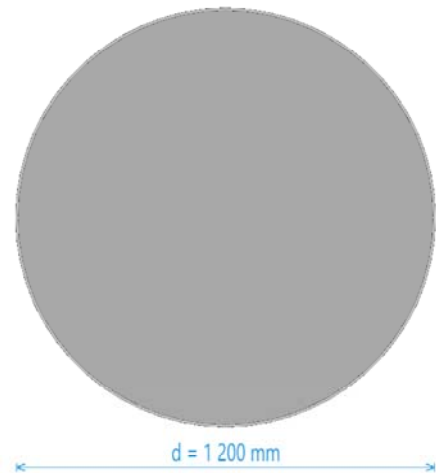
## Kryp- og svinndata

Sementklasse	Sement	N
Relativ fuktighet	RH	80 %
Svinntøyning	$\varepsilon_{cs}$	-0,24 ‰
Kryptallet	$\Phi$	1,22
Langtids E-modul	$E_{cl}$	16,77 GPa
Alder ved pålasting	$t_0$	28 dager

## Tverrsnittsdata

Tverrsnittstype	Tverrsnittstype	Sirkulær
Effektiv tverrsnittstykkelse	$h_0$	599 mm
Stegbredden for skjærkontroll i y-retning	$b_{w,y}$	942 mm
Minste tverrsnittsdimensjon	$t_{min}$	1 200 mm
Areal	Areal	1 128 907 mm <sup>2</sup>
Omkrets	Omkrets	3 768 mm
Første arealmoment om y-akse	$S_y$	143 605 576 mm <sup>3</sup>
Arealtreghetsmoment om y-akse	$I_y$	101 416 138 110 mm <sup>4</sup>
Tyngdepunkt	Tyngdepunkt	(0, 0)

Diameter	$d$	1 200 mm
Knekk lengde om y-aksen	$L_{cr,y}$	17,2 m
Faktisk lengde på søylen	$L$	11,6 m





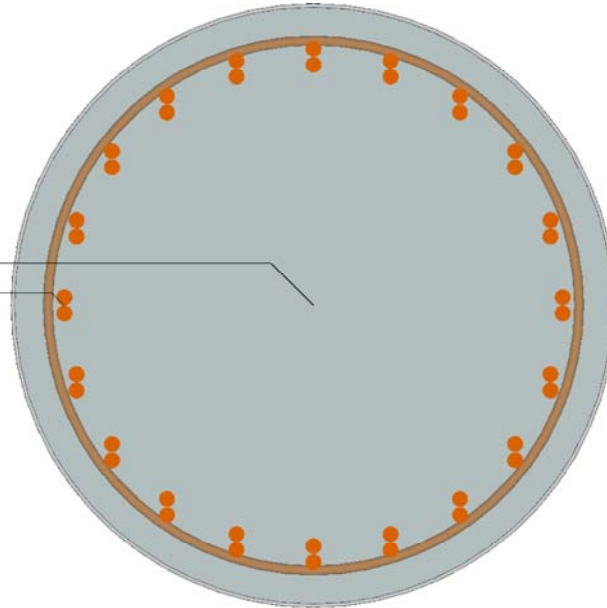
## Armering

Inkluder trykkarmering

Inkluder trykkarmering

Ja

Skjærarmering:  $\Phi 20c125$   
 Topplag 1:  $20 \times 2 \Phi 32$



### Armeringsmaterialer

#### Slakkarmering

Armeringstype	Armeringstype	Slakkarmering
Partialfaktor for stål	$\gamma_s$	1,15
Elastisitetsmodul	E	200,00 GPa
Forholdet $f_{tk} / f_{yk}$	k	1,04
Armeringens bruddtøyning	$\epsilon_{uk}$	75,0 %
Tøyningsgrense	$\epsilon_{lim}$	100,0 %
Største armeringstøyning	$\epsilon_{ud}$	30,0 %
Toleranse	$\Delta C_{dev}$	10,0 mm
Stål	Stål	C
Armeringens karakteristiske flytegrense	$f_{yk}$	500 MPa
Karakteristisk strekkfasthet	$f_{tk}$	520 MPa

### Lengdearmering

#### Topplag 1

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]
32	2	Slakkarmering	497	0	80,0	80
32	2	Slakkarmering	473	-154	80,0	80
32	2	Slakkarmering	402	-292	80,0	80
32	2	Slakkarmering	292	-402	80,0	80
32	2	Slakkarmering	154	-473	80,0	80
32	2	Slakkarmering	0	-497	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-154	-473	80,0	80

$\Phi$ [mm]	# jern / bunt	Materiale	y [mm]	z [mm]	c [mm]	$c_{nom}$ [mm]
32	2	Slakkarmering	-292	-402	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-402	-292	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-473	-154	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-497	0	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-473	154	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-402	292	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-292	402	80,0	80
32	2	Slakkarmering	-154	473	80,0	80
32	2	Slakkarmering	0	497	80,0	80
32	2	Slakkarmering	154	473	80,0	80
32	2	Slakkarmering	292	402	80,0	80
32	2	Slakkarmering	402	292	80,0	80
32	2	Slakkarmering	473	154	80,0	80

$\Phi$  : Jernets diameter.

# jern / bunt : Antall jern per bunt.

Materiale : Valgt materiale for armeringsjernet.

y : Plassering av jernet i y-retning.

z : Plassering av jernet i z-retning.

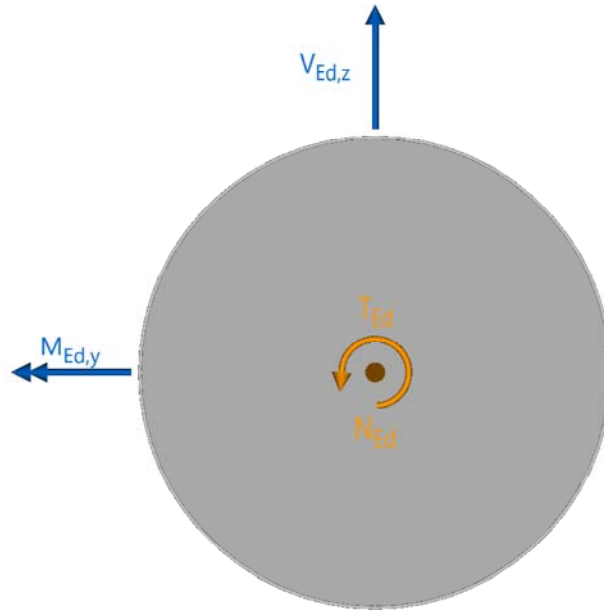
c : Overdekning for dette jernet.

$c_{nom}$  : Nominell overdekning for dette jernet etter EN 1992-1-1.

## Skjærarmering

Senteravstand	s	125 mm
Diameter	$\Phi$	20 mm
Materiale	Materiale	Slakkarmering
Overdekning	c	<b>60 mm</b>
Antall bøyleben <sub>y</sub>	# bøyleben <sub>y</sub>	2
Helningsvinkel ( $\alpha$ )	$\alpha$	90,00 °

## Snittkrefter



### Bruddgrensekrefter

Krefter i hovedakseretning

Navn	$M_{EdG,y}$ [kNm]	$M_{EdQ,y}$ [kNm]	$M_{EdMax,y}$ [kNm]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$V_{EdMax,z}$ [kN]	$V_{Ed,Redusert,z}$ [kN]	$N_{EdG}$ [kN]	$N_{EdQ}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	$\theta$
Last	4 955	0	0	0	0	0	-2 701	0	1 205	1,00

Navn : Navnet på snittkreftene.

$M_{EdG,y}$  : Langtidsmoment om y-aksen.

$M_{EdQ,y}$  : Korttidsmoment om y-aksen.

$M_{EdMax,y}$  : Maksimalt moment om y-aksen på staven som dette elementet er en del av.

$V_{Ed,z}$  : Tilhørende skjærkraft i z-retning, for beregningsmessig moment.

$V_{EdMax,z}$  : Maksimal skjærkraft i z-retning, for trykksbruddkontroll.

$V_{Ed,Redusert,z}$  : Redusert skjærkraft i z-retning, for strekkbruddkontroll.

$N_{EdG}$  : Normalkraft fra langtidslast. (Negativ for trykk.)

$N_{EdQ}$  : Normalkraft fra korttidslast. (Negativ for trykk.)

$T_{Ed}$  : Torsjonsmoment.

$\theta$  : Helningsvinkel for trykkdiagonalen.

### Bruddgrense

#### Momentkapasitet

Navn	$U_{tn,M+N}$	$M_{y,dim}$ [kNm]	$M_{add,y}$ [kNm]	$\epsilon_{c,max}$ [‰]	$\epsilon_{s,max}$ [‰]	$\epsilon_{cc,max}$ [‰]	Langtid?
Last	0,91	4 955	77,6	-2,30	2,41	-0,76	Ja

Navn : Navnet på snittkreftene.

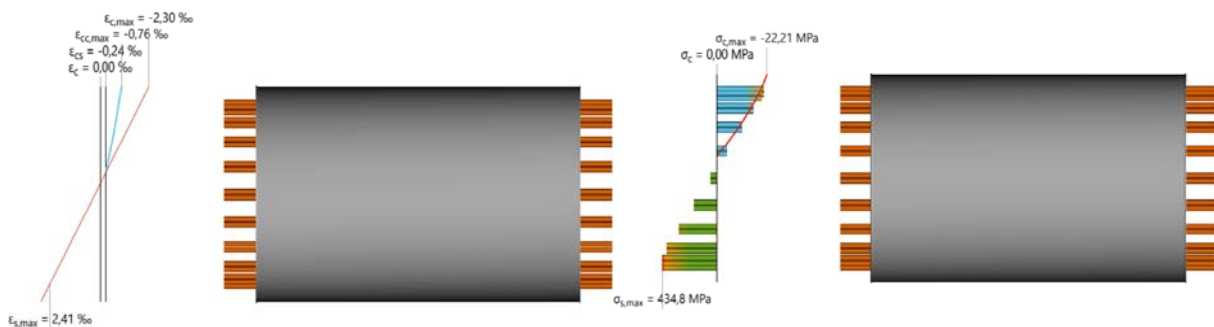
## Vedlegg M.7 - ISY, kort pel

Navn	$U_{M+N}$	$M_{y,dim}$	$M_{add,y}$	$\epsilon_{c,max}$	$\epsilon_{s,max}$	$\epsilon_{cc,max}$	Langtid?
		[kNm]	[kNm]	[%]	[%]	[%]	
$U_{M+N}$	:	Kapasitetsutnyttelse av moment og normalkraft for tverrsnittet.					
$M_{y,dim}$	:	Totalt dimensjonerende moment om y-aksen.					
$M_{add,y}$	:	Det totale tillegget til momentet om y-aksen som følge av 2. ordens effekter.					
$\epsilon_{c,max}$	:	Største trykk-tøyning i betongen.					
$\epsilon_{s,max}$	:	Største strekk-tøyning i armeringen.					
$\epsilon_{cc,max}$	:	Største kryptøyning i betongen.					
Langtid?	:	Langtidskreftene alene er avgjørende for kapasiteten til tverrsnittet. Dette kan typisk skje hvis langtidsmoment og det totale momentet har motsatt fortegn.					

## Last

Tøyning

Spenning



## Skjærkapasitet

## Skjærkapasitet i primærretning

Navn	Behov?	$U_{trykk,z}$	$V_{Rd,z,trykk}$	$U_{strek,z}$	$V_{Rd,z,strek}$	$A_{sw,z,statisk}$
			[kN]		[kN]	[mm <sup>2</sup> /m]
Last	Nei	0,00	5 052	0,00	959	0

- Navn : Navnet på snittkreftene.
- Behov? : En sjekk av om det er beregningsmessig behov for skjærarmring.
- $U_{trykk,z}$  : Skjærtrykkutnyttelse i z-retning.
- $V_{Rd,z,trykk}$  : Skjærtrykkkapasitet i z-retning.
- $U_{strek,z}$  : Skjærstrekkutnyttelse i z-retning.
- $V_{Rd,z,strek}$  : Skjærstrekkkapasitet i z-retning.
- $A_{sw,z,statisk}$  : Statisk nødvendig skjærarmring i z-retning.

## Torsjonskapasitet

Navn	$T_{Ed}$	$U_{strek}$	$T_{Rd,c}$	$U_{trykk}$	$T_{Rd,max}$	$A_{sl}$	$A_{sw}$	$S_l$
	[kNm]		[kNm]		[kNm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> /m]	[mm]
Last	1 205	0,87	573	0,49	2 454	6 167	2 182	144

- Navn : Navnet på snittkreftene.
- $T_{Ed}$  : Torsjonsmoment.
- $U_{strek}$  : Torsjonsstrekkutnyttelse.
- $T_{Rd,c}$  : Torsjonsstrekkkapasitet.

Navn	$T_{Ed}$ [kNm]	$U_{tn,strekk}$	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$U_{tn,trykk}$	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$S_l$ [mm]
$U_{tn,trykk}$	: Torsjonstrykkutnyttelse.							
$T_{Rd,max}$	: Torsjonstrykkkapasitet.							
$A_{sl}$	: Nødvendig lengdearmering for torsjon.							
$A_{sw}$	: Nødvendig bøylearmering for torsjon.							
$S_l$	: Statisk nødvendig senteravstand for bøyler for torsjon.							

## Minimumsarmering


### Lengdearmering

Minste lengdearmeringsareal	$A_{s,min}$	11 289 mm <sup>2</sup>
Største lengdearmeringsareal	$A_{s,max}$	90 313 mm <sup>2</sup>
Minste sideareal	$A_{sdb,min}$	1 129 mm <sup>2</sup>
Største senteravstand med torsjonsarmering	$S_{lengde,tor,max}$	350 mm
Minste diameter for lengdearmering	$\Phi_{min}$	10 mm
Fri avstand mellom lengdearmeringsjern	Fri avstand	Godkjent

### Tverrarmering

Minste diameter for tverrarmering	$\Phi_{l,min}$	8 mm
Største senteravstand for tverrarmering	$S_{cl,t,max}$	400 mm
Største bøyleavstand med torsjonsarmering	$S_{l,tor,max}$	471 mm

## Feilmeldinger

 Overdekningen på bøylearmeringen tilfredsstillter ikke kravene til minimum overdekning.

 Det er for liten overdekning i overkant

## **Vedlegg M.8 - Kontroll av pullertfundament**

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021

### Dimensjoner

$$b := 5 \text{ m}$$

$$l := 5 \text{ m}$$

$$t := 2 \text{ m}$$

### Materialdata

B45 betong, armeringskvalitet B500NC

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{ctk0.05} := 2.7 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 45 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 25.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.53 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$$

### Overdekning

Konstruksjonsklasse XS3 (Tabell 4.1)

50 års levetid, konstruksjonsklasse S4 (4.4.1.2)

Velger Ø32 i UK og OK, S&F Ø12

$$\varnothing_{32} := 32 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{12} := 12 \text{ mm}$$

$$c_{mindur} := 50 \text{ mm} \quad (\text{Tabell NA4.4N}) \quad \Delta C_{dev} := 10 \text{ mm} \quad (\text{NA.4.4.1.3})$$

$$c := \max(c_{mindur}, \varnothing_{32}) + \Delta C_{dev} = 60 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$d := t - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 1924 \text{ mm}$$

$$h' := d - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = 1848 \text{ mm}$$

### Momentkontroll

- Ser på 1 meter platestripe  $b := 1 \text{ m}$   $M_{Ed} := 3177 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 25959 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{s_{n\ddot{o}dv}} := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot (1 - 0.17 \cdot 0.95) \cdot d} = 4529 \text{ mm}^2$$

$$[\text{NA 9.2.1.1}] \quad A_{s_{min}} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 3802 \text{ mm}^2 > 0.0013 \cdot b \cdot d = 2501 \text{ mm}^2$$

### Hovedarmering:

Ø32, cc 150 mm i både UK og OK - rutenett

$$A_{sw} := \pi \cdot \left( \frac{\text{Ø}_{32}}{2} \right)^2 = 804.248 \text{ mm}^2$$

$$A_s := \frac{b}{150 \text{ mm}} \cdot A_{sw} = 5362 \text{ mm}^2 > A_{s_{min}}$$

### Skjærkontroll

Dimensjonerende skjærkraft:  $V_{Ed} := 1501 \text{ kN}$

$$f_{ck} := 45 \quad k_2 := 0.15 \quad \gamma_c := 1.5$$

$$f_{yk} := 500$$

$$C_{Rdc} := \frac{k_2}{\gamma_c} = 0.1 \quad K := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.32$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.003 < 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 \cdot K^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \text{MPa} = 0.357 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} := C_{Rdc} \cdot K \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d \cdot \text{MPa} = 591.1 \text{ kN} \quad (6.2.a)$$

$$< V_{min} \cdot b \cdot d = 686.958 \text{ kN} \quad (6.2.b)$$

$$V_{Rdc} := 686 \text{ kN} < V_{Ed} := 5396 \text{ kN}$$

Ikke OK - må skjærarmere rundt peler.

### Nødvendig skjærarmering i massivfundament

$$\emptyset_{12} \quad \emptyset_{12} := 12 \text{ mm} \quad A_{sw12} := 6 \cdot \pi \cdot \left( \frac{\emptyset_{12}}{2} \right)^2 = 678.584 \text{ mm}^2$$

$$z := 0.9 \cdot d = 1731.6 \text{ mm}$$

$$\theta := 21.8^\circ$$

$$S := \frac{A_{sw12} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)}{V_{Ed}} = 236.713 \text{ mm} \quad (6.8)$$

$$\rho_w := 0.1 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.001$$

$$S_{max} := \frac{A_{sw12}}{\rho_w \cdot b} = 505.787 \text{ mm} \quad [\text{NA 9.2.2(5)}]$$

$$S_{i,max} := 0.6 \cdot h' = 1109 \text{ mm}$$

Velger senteravstand 150mm og kontrollerer mot (6.8)

$$s := 150 \text{ mm}$$

$$V_{Rds} := \frac{A_{sw12}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 8515.362 \text{ kN} > V_{Ed} = 5396 \text{ kN}$$

Kapasitet OK etter innlagt skjærarmering



### Gjennomlokkingskontroll

$$V_{Ed.maks} := 5396 \text{ kN}$$

$$\varnothing_{1200} := 1.2 \text{ m} \quad \text{Diameter til søyler}$$

### Kontrollsnitt 0 - langs lastens kant

$$\mu_0 := \pi \cdot \varnothing_{1200} = 3.77 \text{ m} \quad \text{Lengden av lastens omkrets}$$

$$d_x := t - c - \frac{\varnothing_{32}}{2} = (1.924 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad d_y := t - c - \varnothing_{32} - \frac{\varnothing_{32}}{2} = (1.892 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$d_{eff} := \frac{d_x + d_y}{2} = 1908 \text{ mm}$$

$$\beta_0 := 1.15 \quad \text{Figur 6.21N}$$

$$\nu_{Ed.0} := \beta_0 \cdot \frac{V_{Ed.maks}}{\mu_0 \cdot d_{eff}} = 0.863 \text{ MPa} \quad (6.38)$$

$$\text{Kontrollerer mot kapasitet:} \quad f_{ck} := 45$$

$$\nu := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.492$$

$$\nu_{Rd.max} := 0.4 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 5.018 \text{ MPa} \quad \text{God kapasitet}$$

### Kontrollsnitt 1

$$\mu_1 := \pi \cdot (\varnothing_{1200} + 4 \cdot d_{eff}) = 27.747 \text{ m}$$

$$\text{Forenklet verdi:} \quad \beta_1 := 1.15 \quad (6.39)$$

$$\nu_{Ed1} := \beta_1 \cdot \frac{V_{Ed.maks}}{\mu_1 \cdot d_{eff}} = 0.117 \text{ MPa} \quad (6.38)$$

Kontrollerer mot kapasitet:

$$K := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{eff}}} = 1.324 < 2.0$$

$$\gamma_2 := 1.5$$

$$C_{Rdc} := \frac{k_2}{\gamma_2} = 0.1$$

$$\rho_{lx} := \frac{A_s}{b \cdot d_{eff}} = 0.003$$

$$\rho_{ly} := \frac{A_s}{b \cdot d_{eff}} = 0.003$$

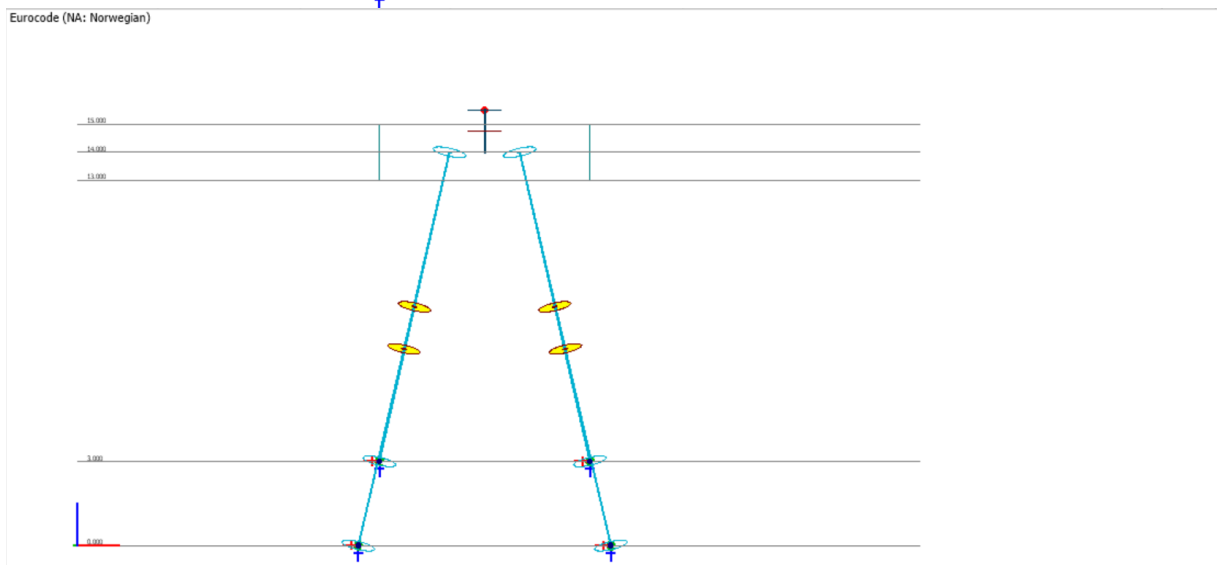
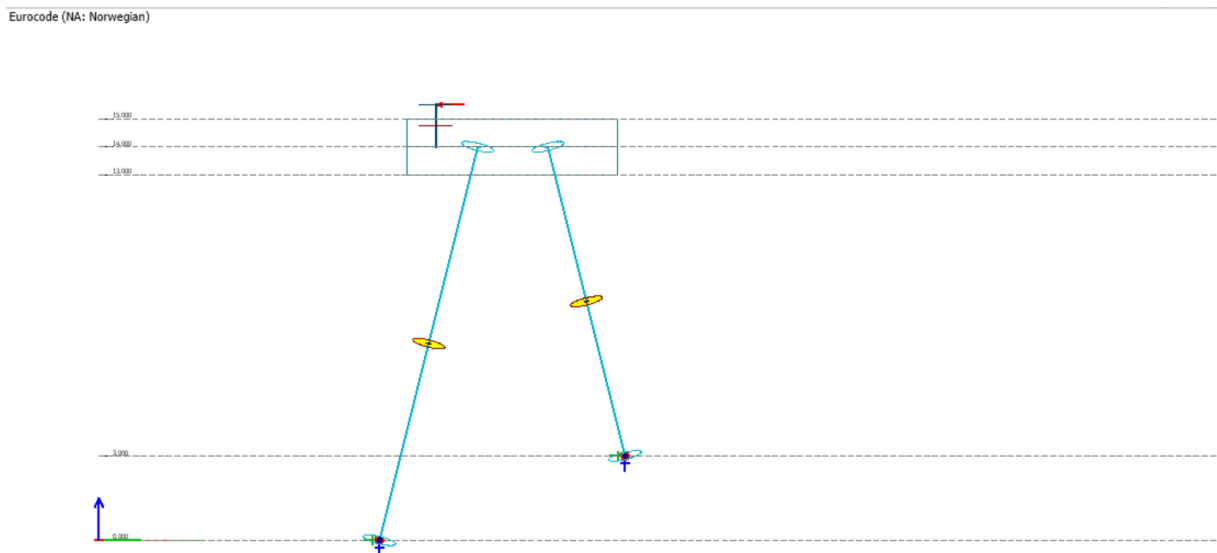
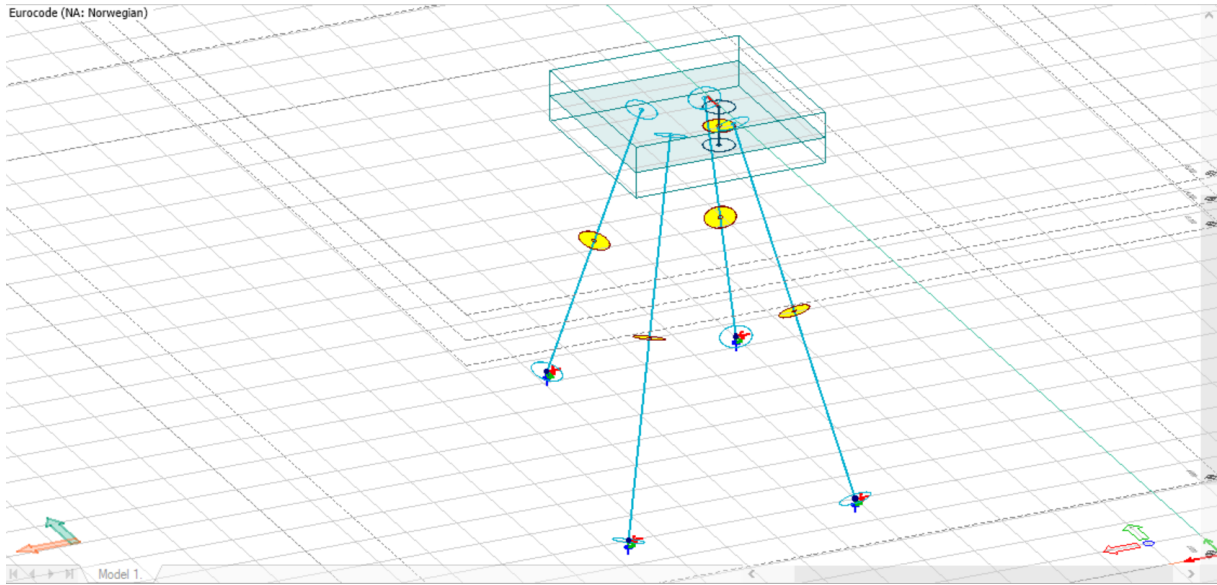
$$\rho_1 := \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} = 0.003 < 0.02$$

$$v_{Rdc} := C_{Rdc} \cdot K \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{MPa} = 0.308 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.0035 \cdot K^2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \text{MPa} = 0.036 \text{ MPa}$$

God kapasitet for gjennomlokking

## Vedlegg M.9 – Global modell av «mooring dolphin» FEM -Design



Dekomponerte krefter og lastsituasjoner:

$$P := 1250 \text{ kN}$$

$$SWF := 1.5$$

$$P_{Ed} := P \cdot SWF = 1875 \text{ kN}$$

$$P_{Ed.60.1} := P_{Ed} \cdot \sin(60 \cdot \text{deg}) = 1623.798 \text{ kN}$$

$$P_{Ed.60.2} := P_{Ed} \cdot \cos(60 \cdot \text{deg}) = 937.5 \text{ kN}$$

$$P_{Ed.65.1} := P_{Ed} \cdot \sin(65 \cdot \text{deg}) = 1699.327 \text{ kN}$$

$$P_{Ed.65.2} := P_{Ed} \cdot \cos(65 \cdot \text{deg}) = 792.409 \text{ kN}$$

Load cases



No.	Name	Type	Duration class (EN 1995 1-1)
1	0 Rett	Ordinary	Permanent
2	60 Opp	Ordinary	Permanent
3	60 Ned	Ordinary	Permanent
4	65 Høyre	Ordinary	Permanent
5	65 Venstre	Ordinary	Permanent

OK

Cancel

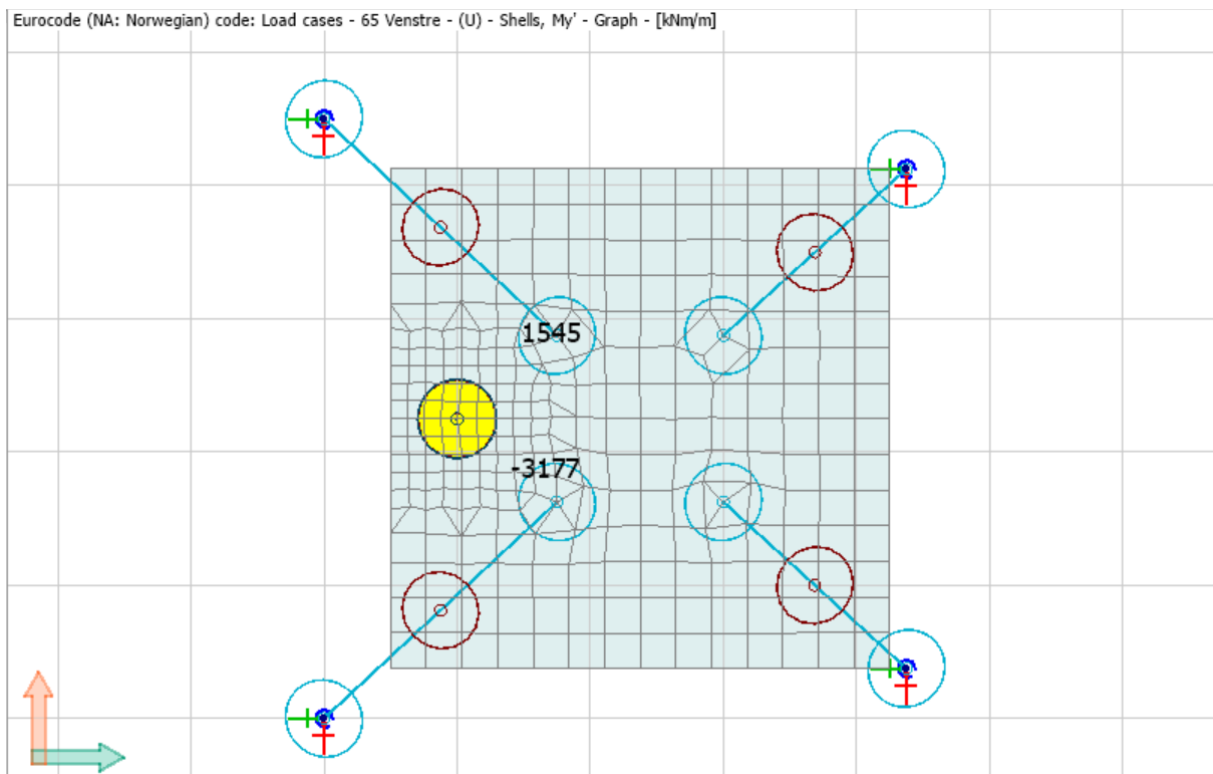
Import / Export >

Insert

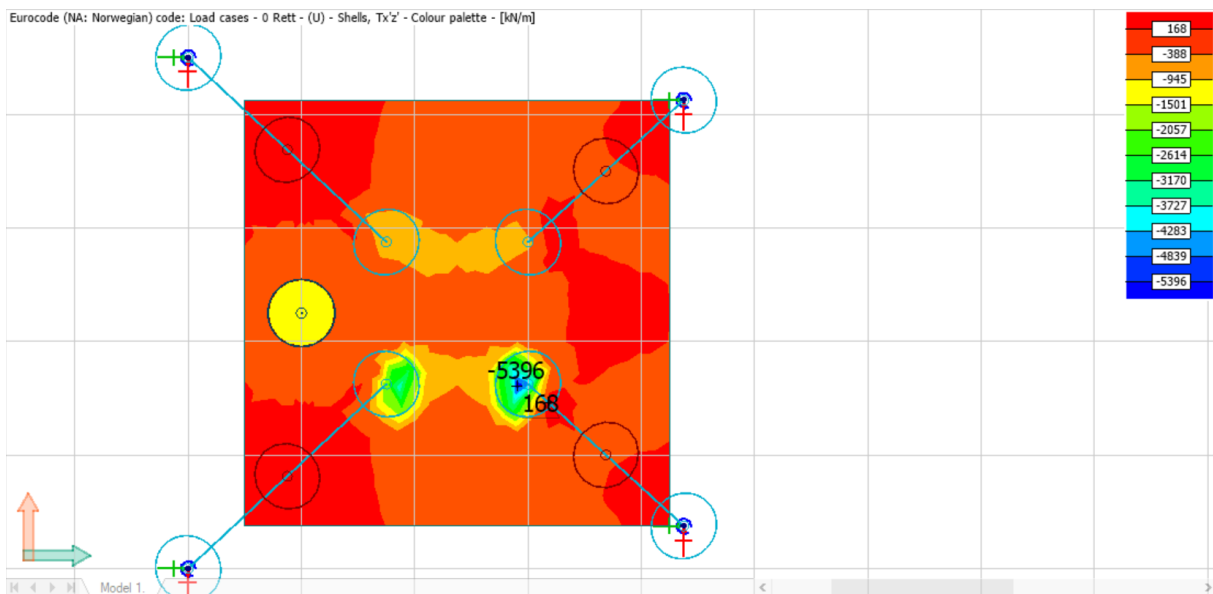
Delete

Delete all

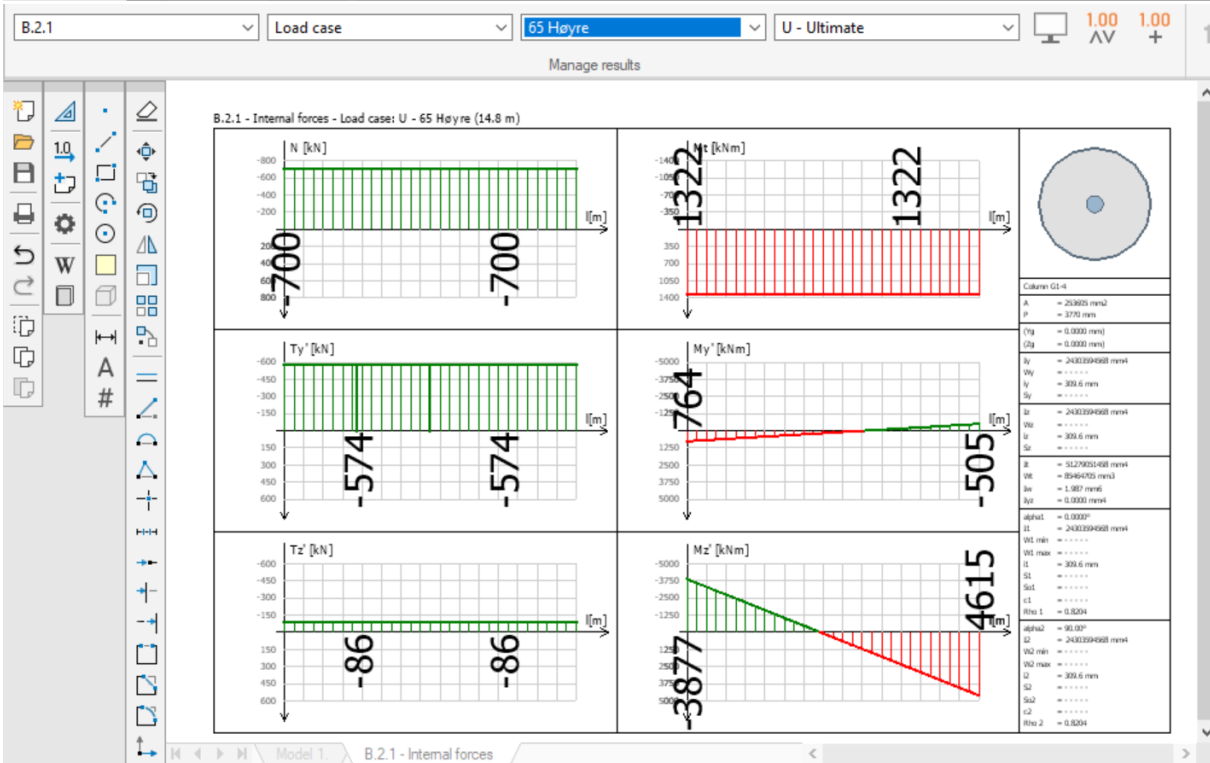
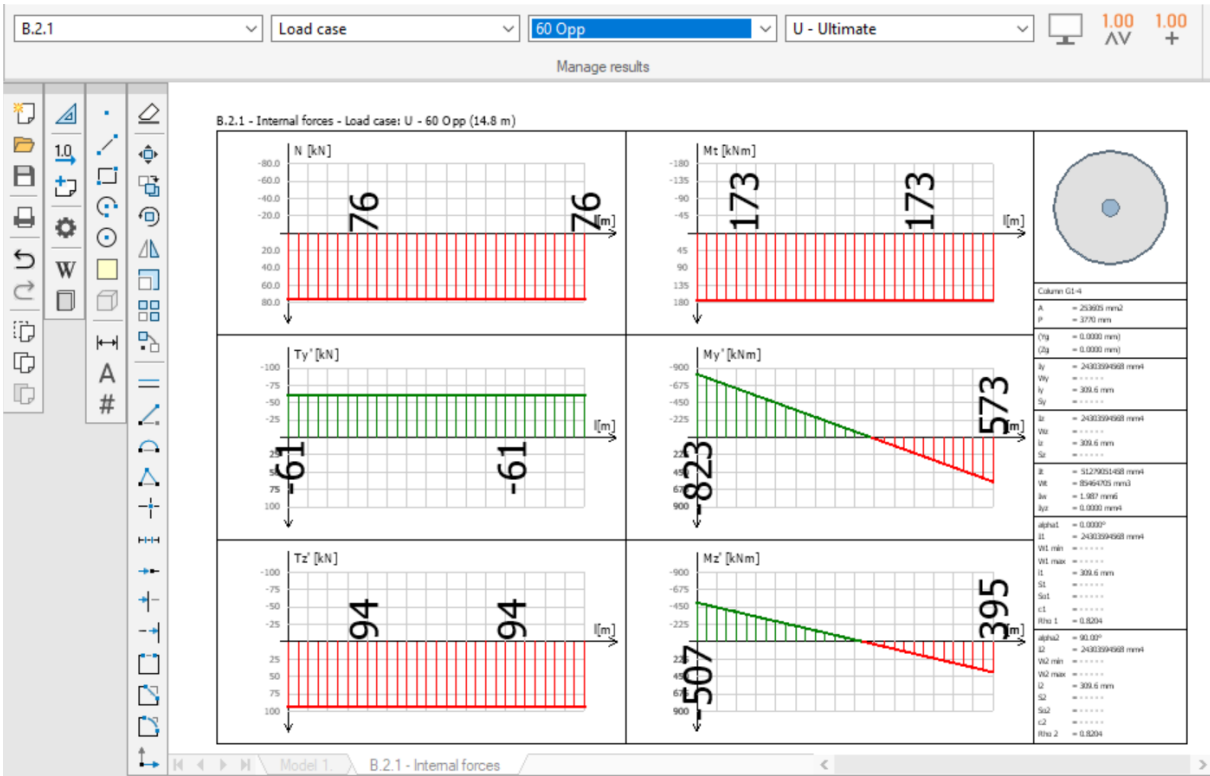
## Momentkrefter i massiv pullertfundament:

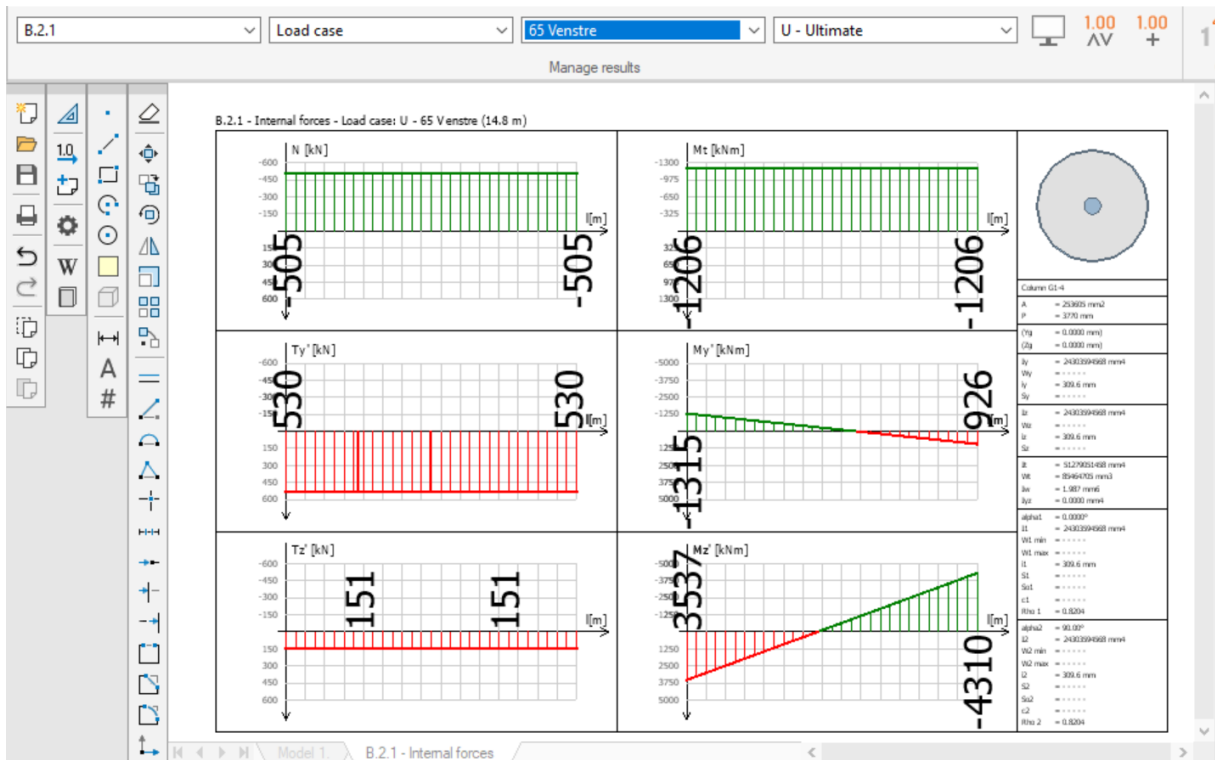


## Skjærkrefter i massiv pullertfundament:



## Krefter i Nord-Østlig pel:

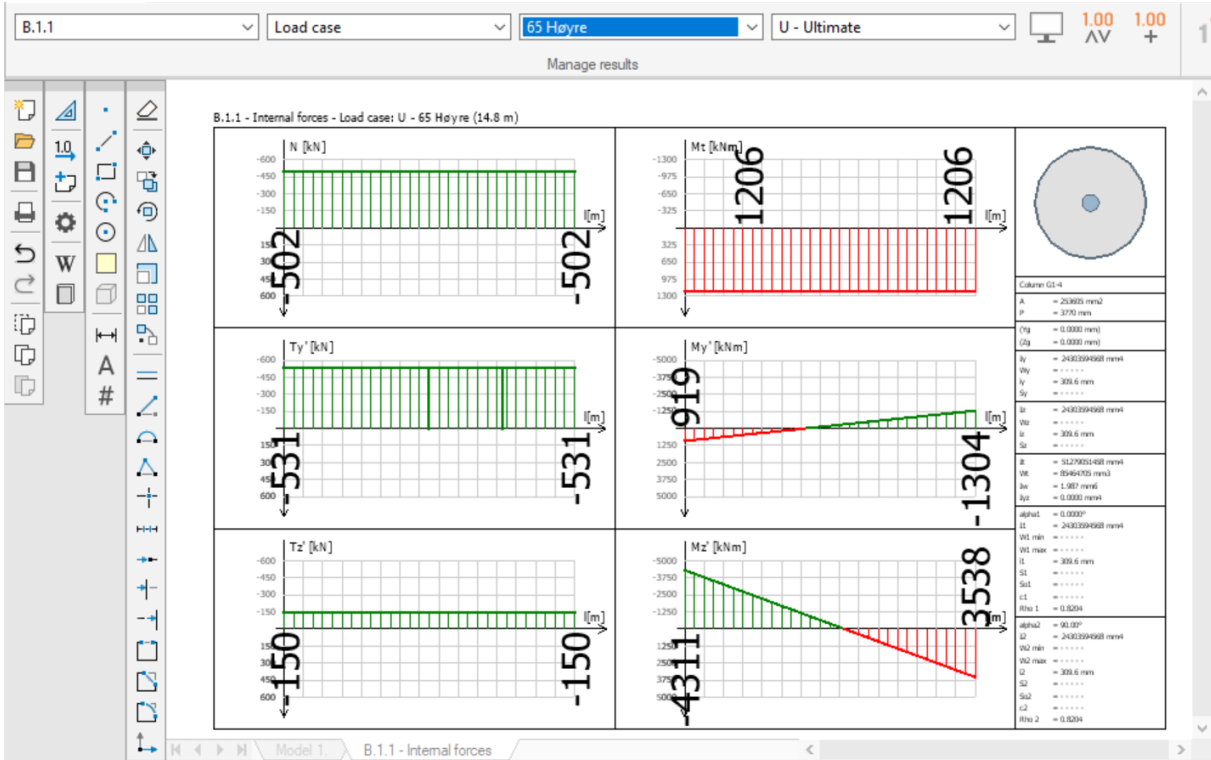
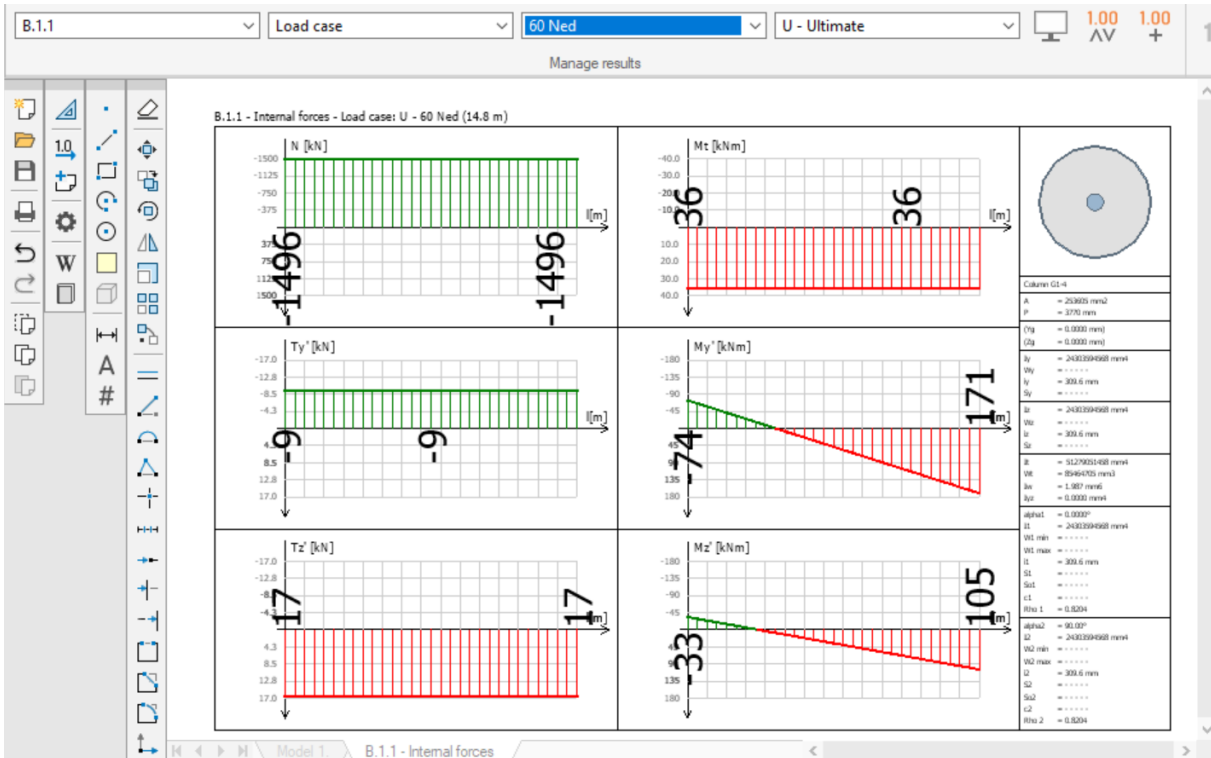


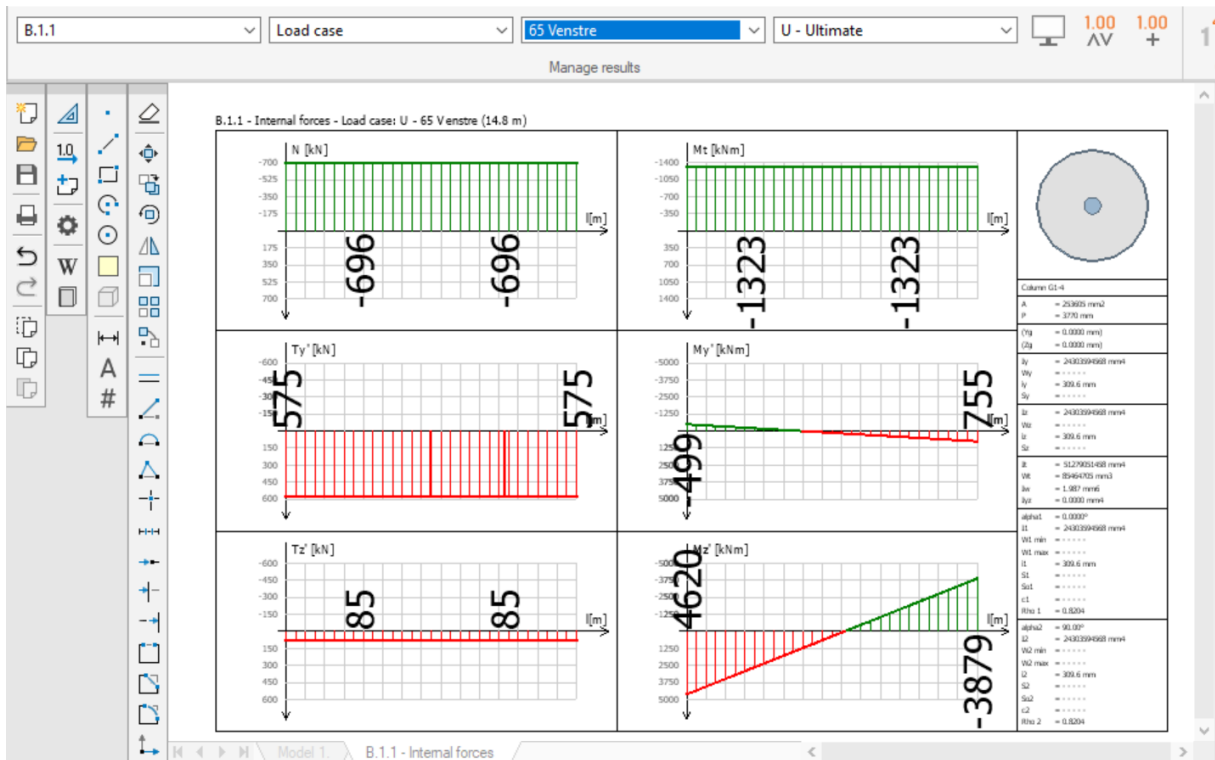


Krefter i Nord-Vestlig pel:

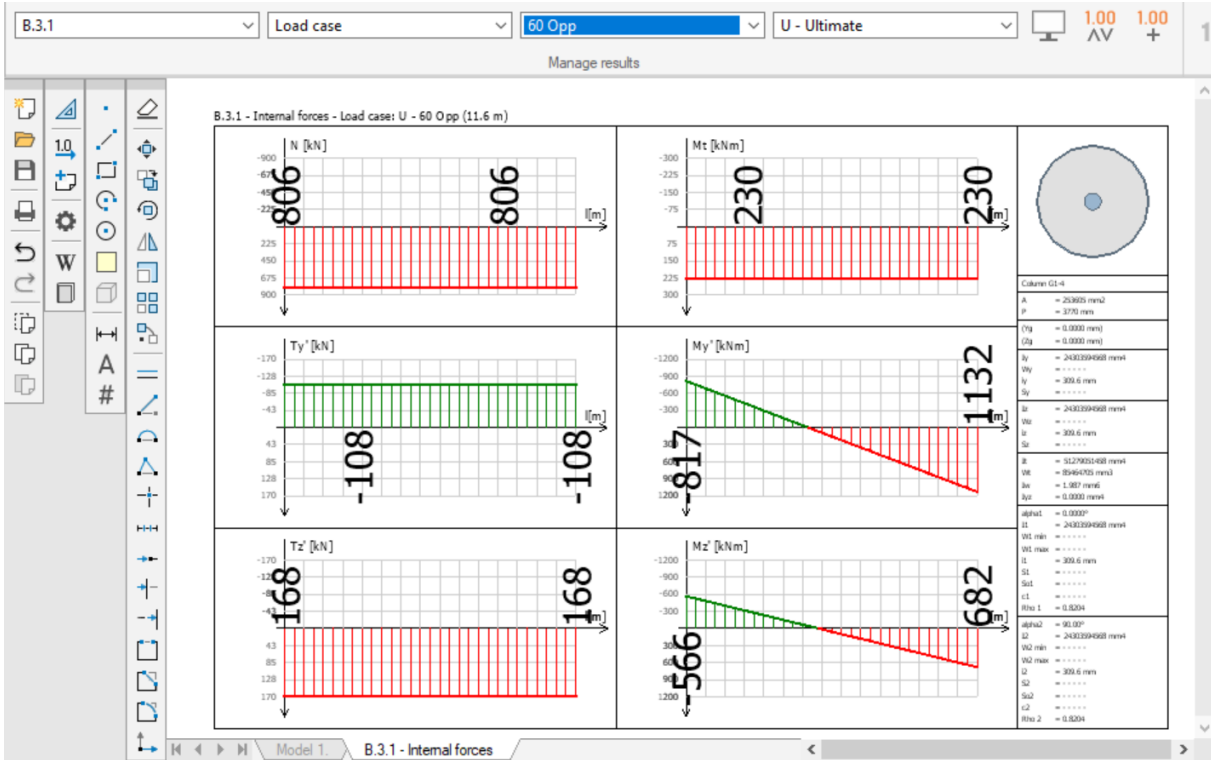
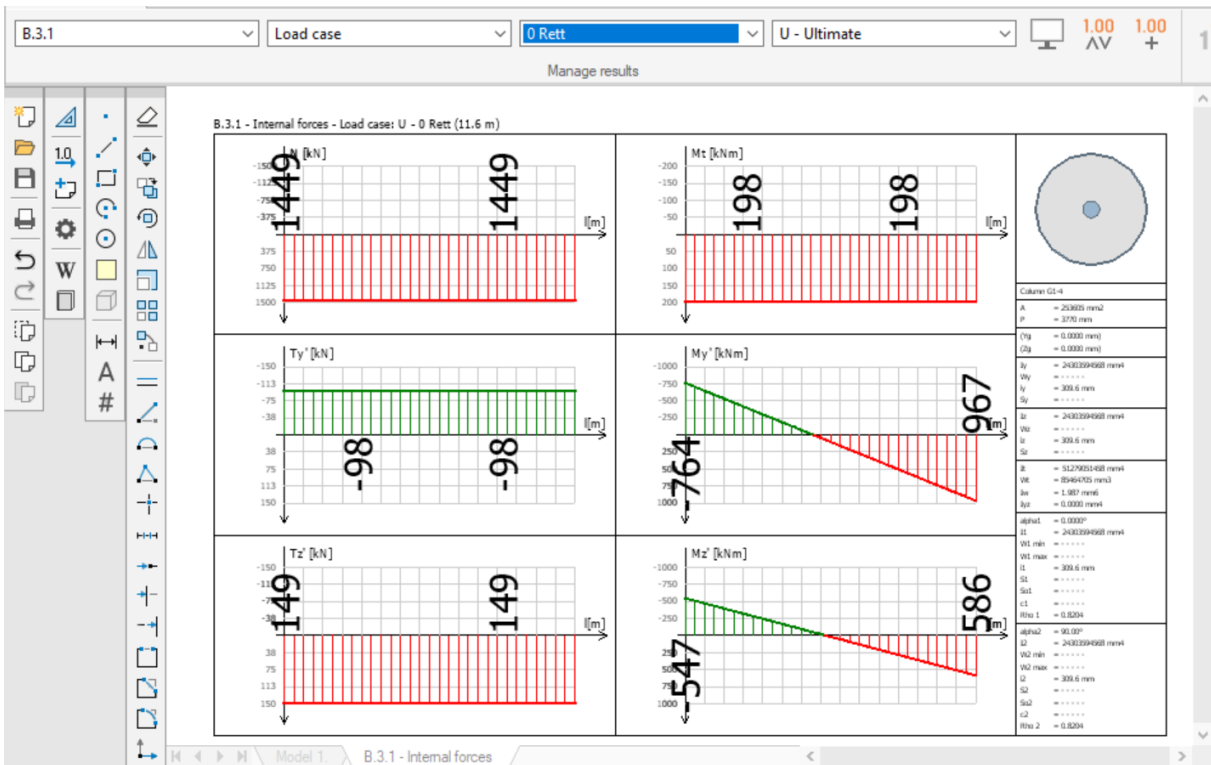


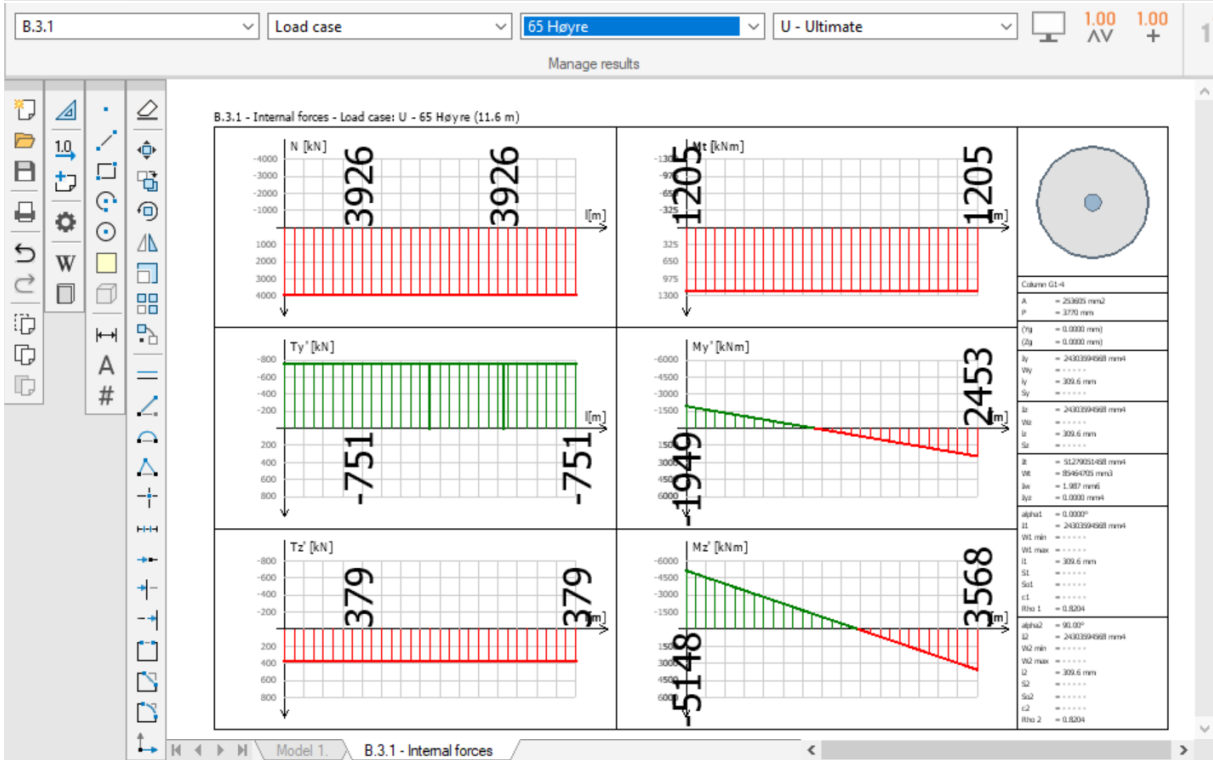
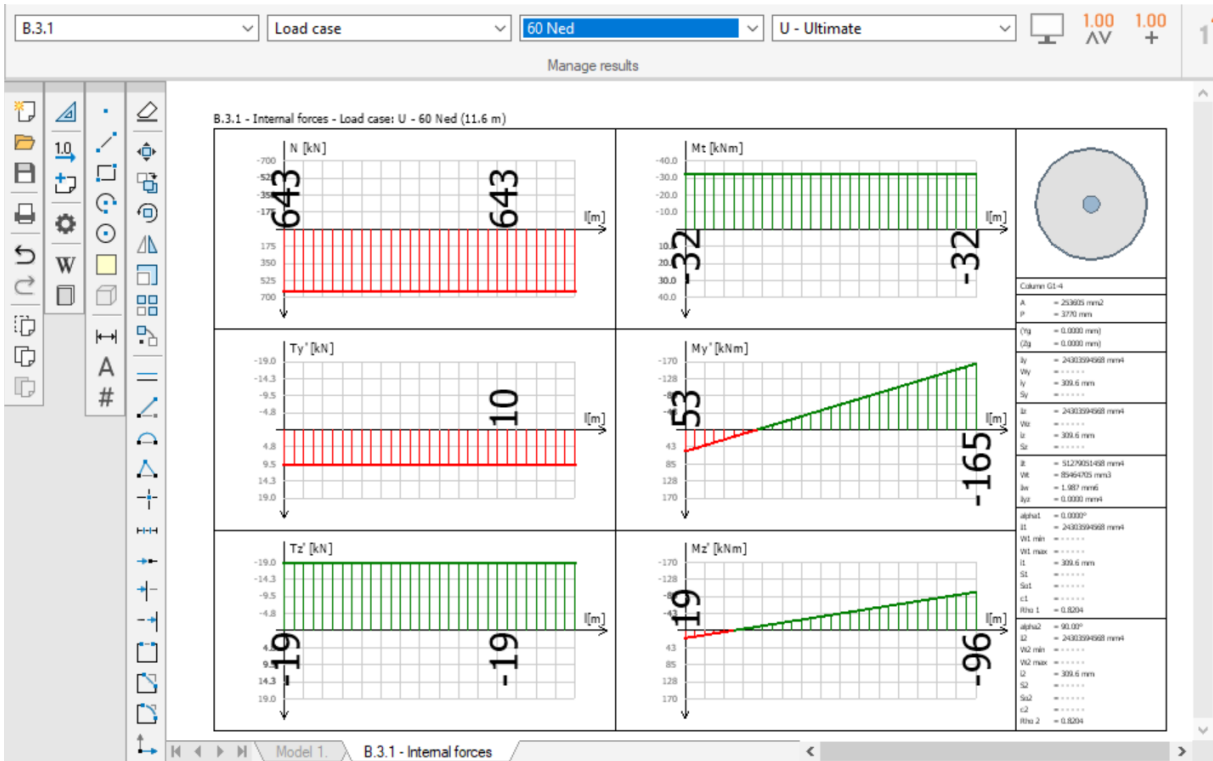


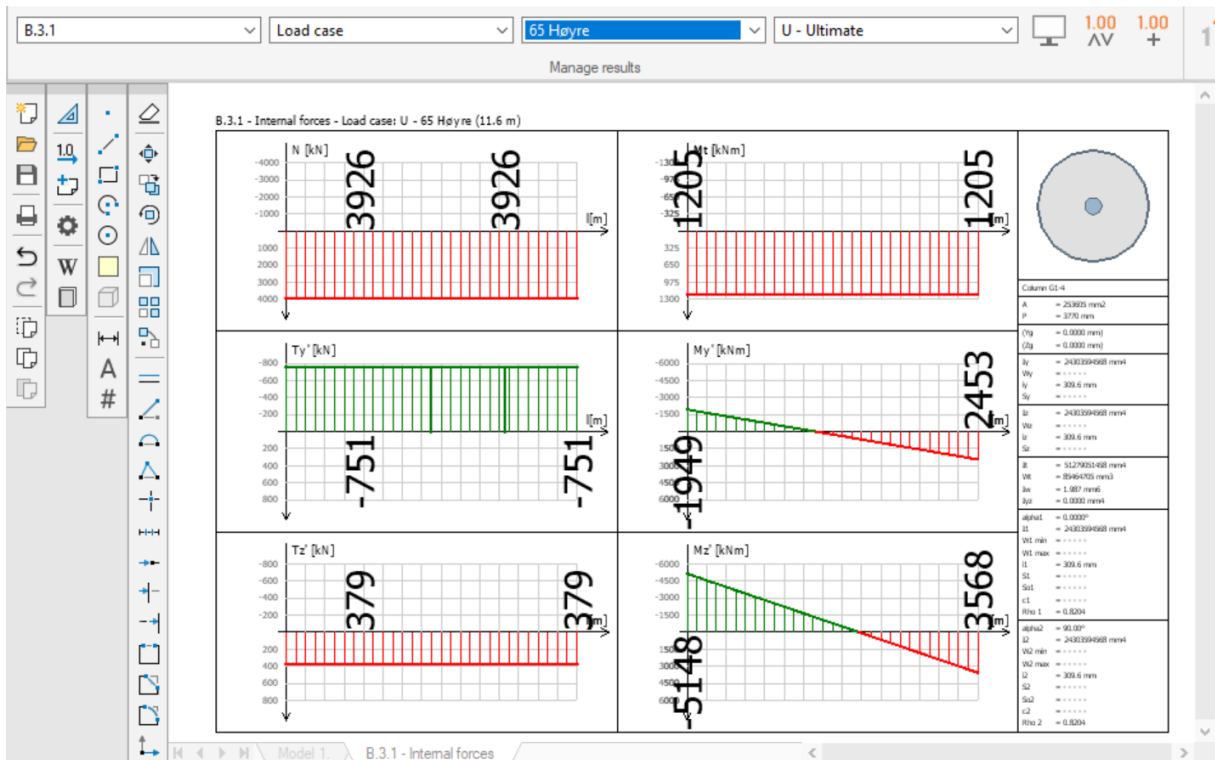




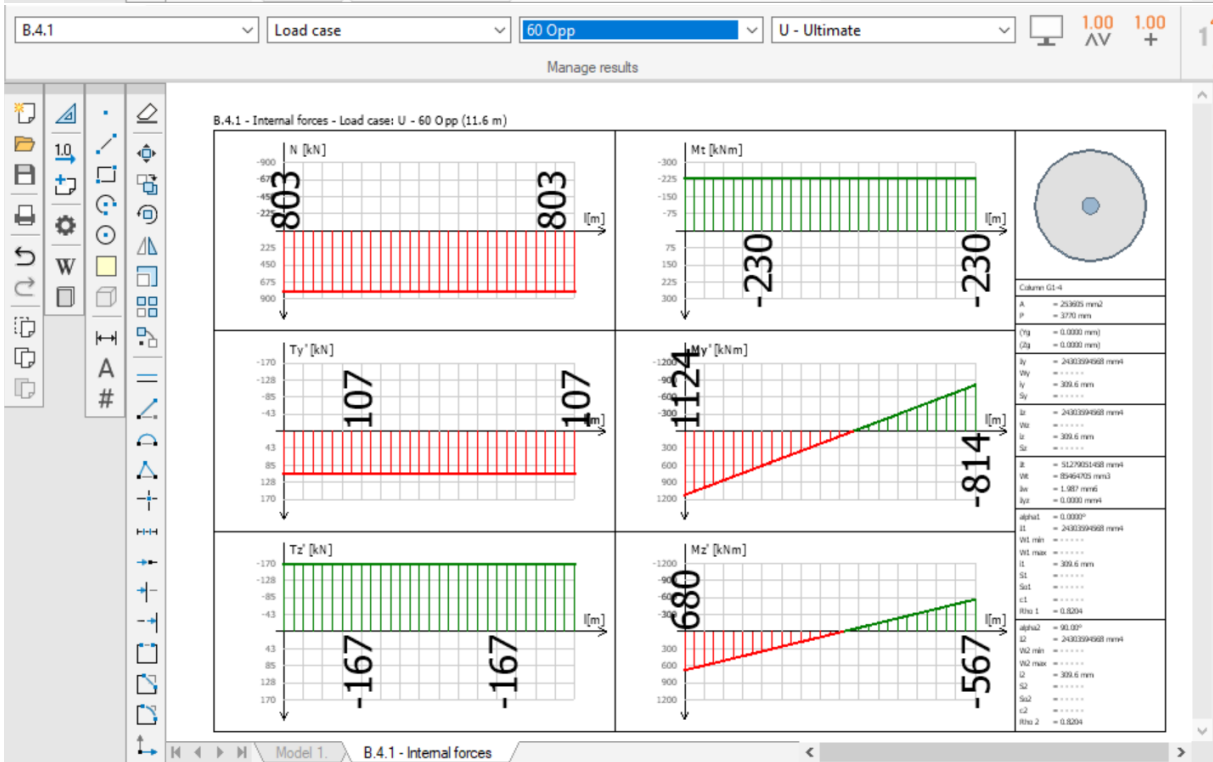
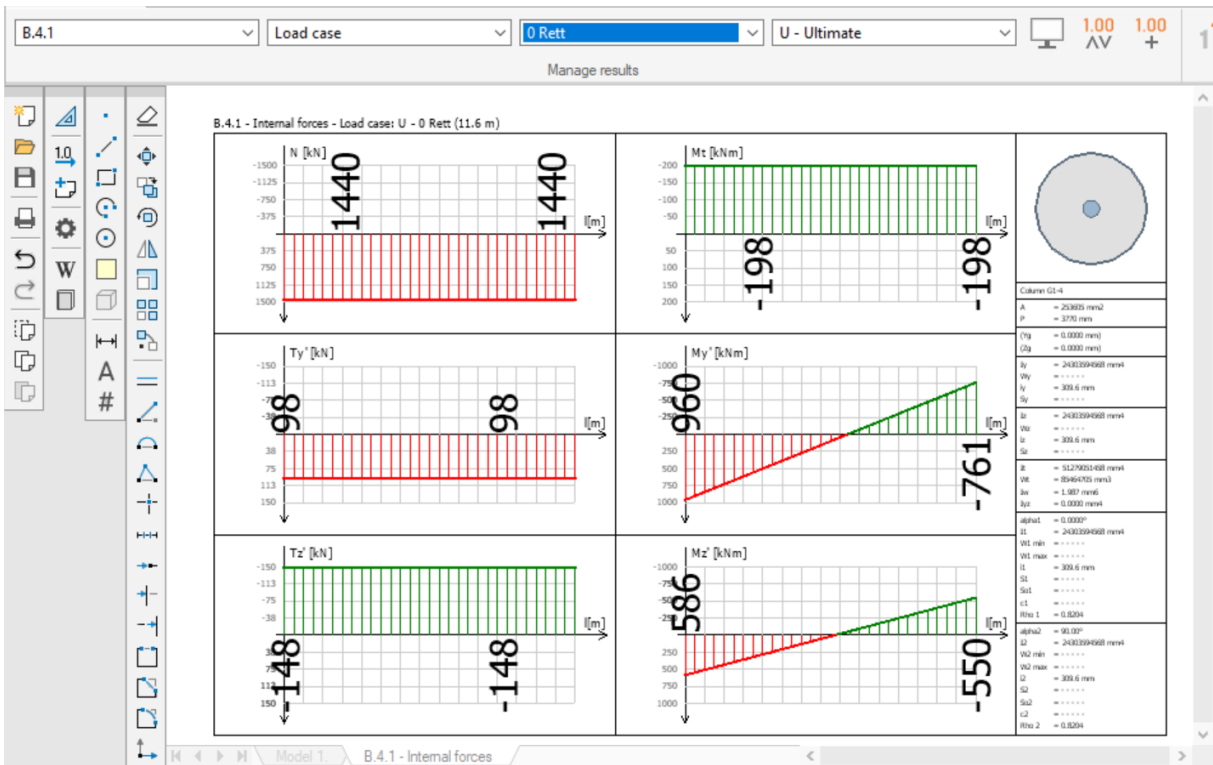
Krefter i Sør-Østlig pel:

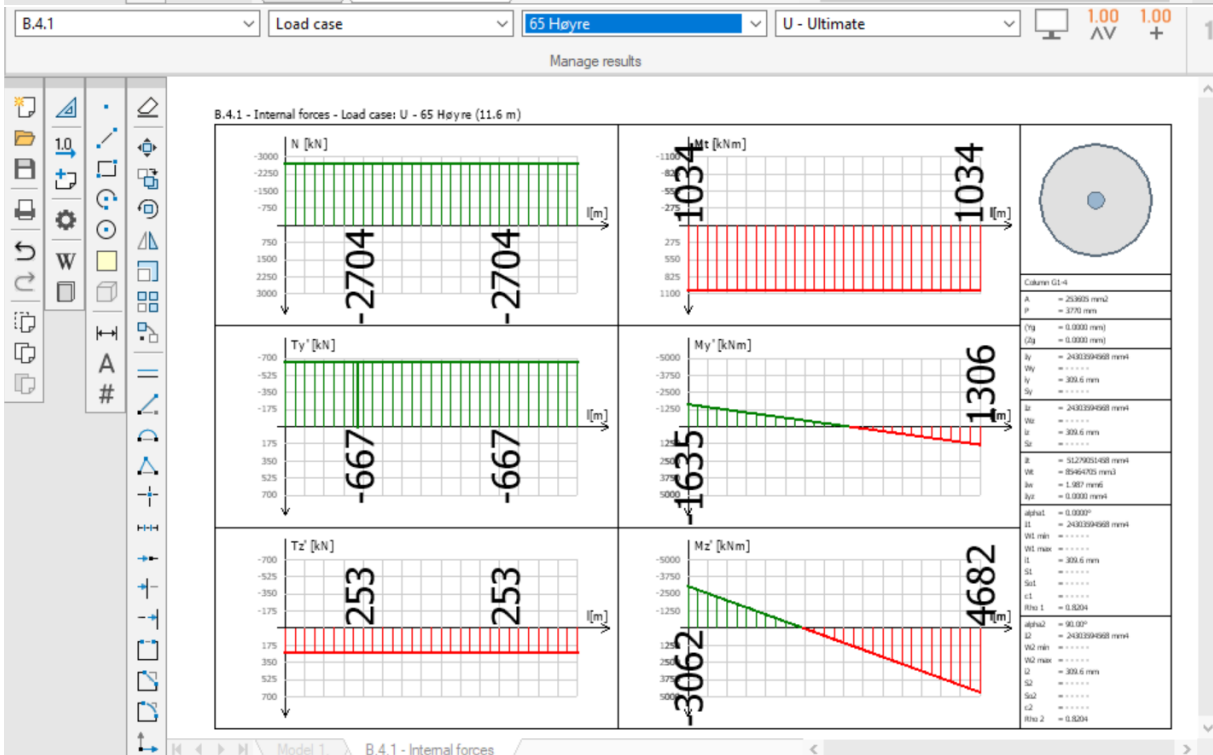
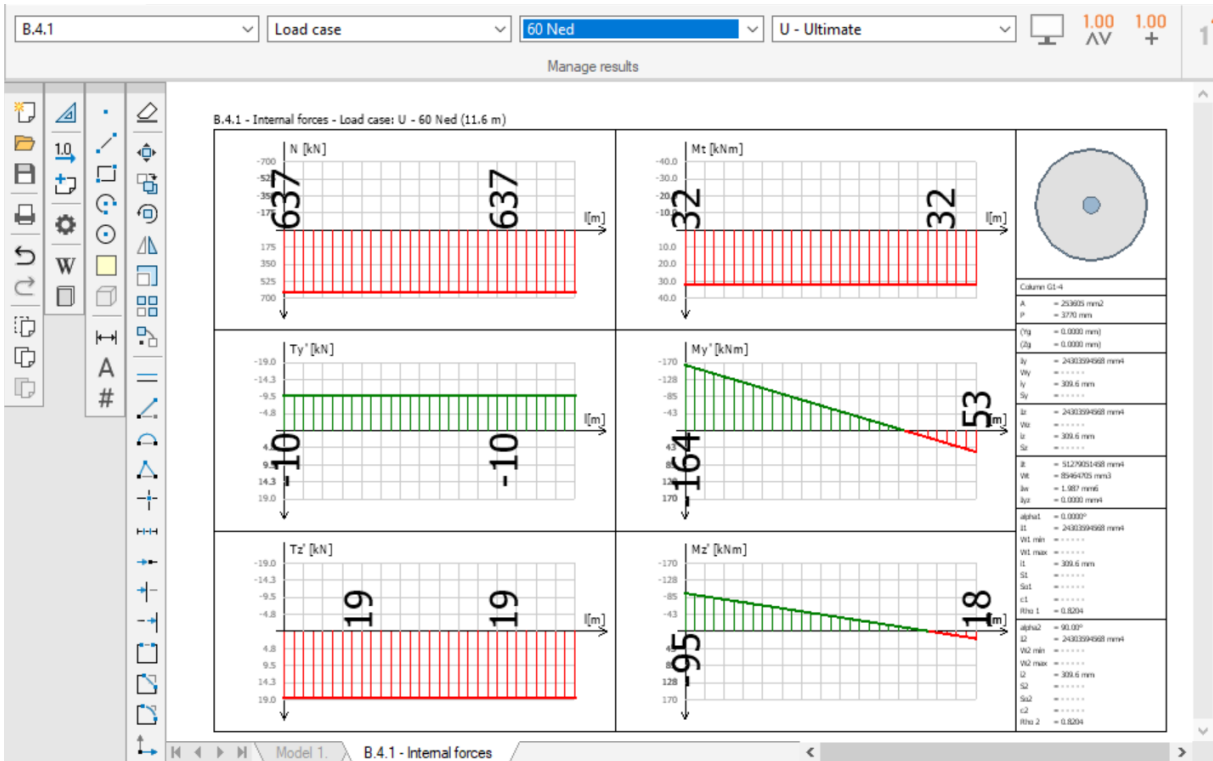




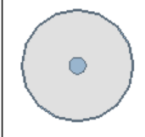
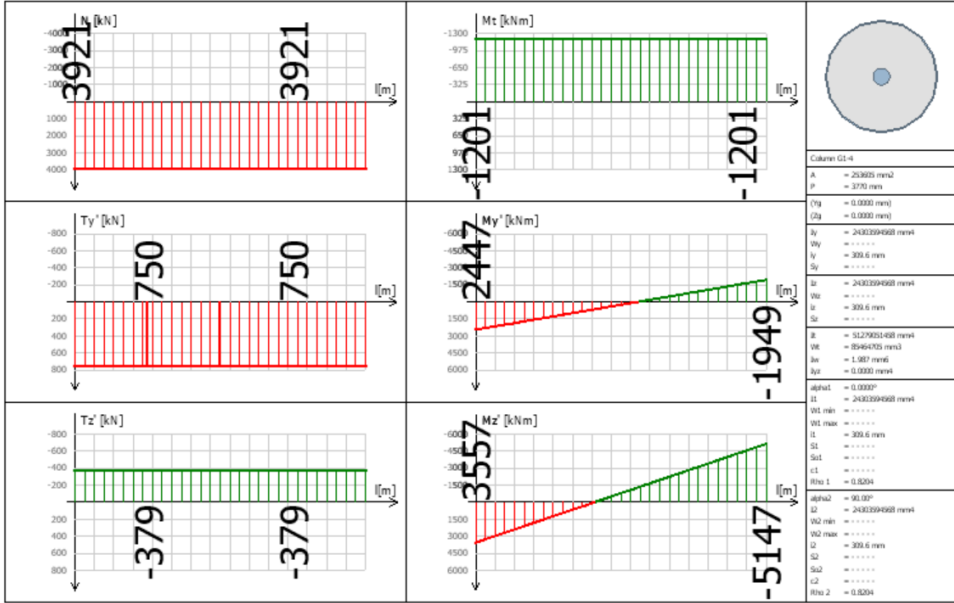


Krefter i Sør-Vestlig pel:





B.4.1 - Internal forces - Load case: U - 65 Venstre (11.6 m)



Column C1-4	
A	= 253025 mm <sup>2</sup>
I	= 3770 mm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	= 2432394980 mm <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	= 308.6 mm
I <sub>xy</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>yz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>yz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xy</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>yz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xy</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>yz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xy</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>xz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
I <sub>yz</sub>	= 0.0000 mm <sup>4</sup>



### **Vedlegg M.10 - Nødvendig forankringsarmering rundt pullerthodets bolter:**

$$SWF := 1.5$$

$$P_{Ed} := 1250 \text{ kN} \cdot SWF = 1875 \text{ kN}$$

$$f_{yd} := 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{s.nødv} := \frac{P_{Ed}}{f_{yd}} = 4687.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{\emptyset 20} := \left( \pi \cdot \left( \frac{20 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right) = 314.159 \text{ mm}^2$$

$$n_{nødvendig} := \frac{A_{s.nødv}}{A_{\emptyset 20}} = 7.46$$

Bruker 8 $\emptyset$ 20 bøyer rundt boltene til pullerthode. De føres helt til baksiden av det massive fundamentet for å sikre best mulig virkning av denne armeringen.

## Vedlegg M.11 – Knekkanalyse i Robot Structural Analysis

### Lasttilfelle 1 - Punktlast

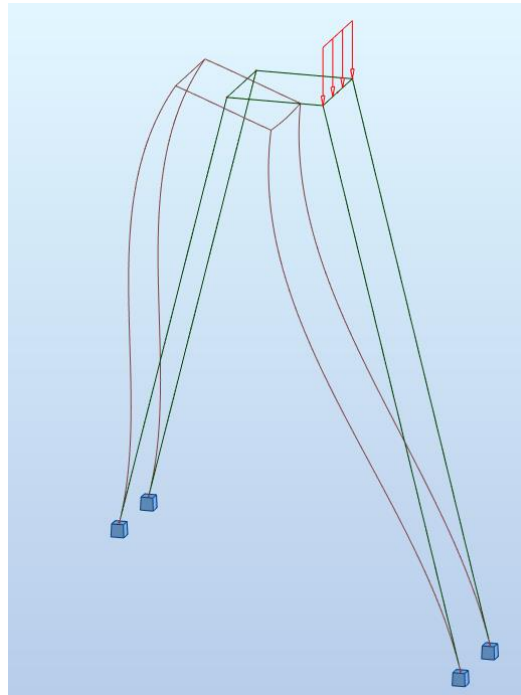


*Punktlast*

Member/Case/Mode	Critical coef.	Precision	Critical force (kN)	Buckling length-Y (m)	Buckling length-Z (m)
1/ 2/ 1	6,27053e+04	2,21537e-09	101572,57	17,23	17,23
1/ 2/ 2	1,70026e+05	2,33291e-07	275415,69	10,46	10,46
1/ 2/ 3	2,04067e+05	5,16554e-07	330556,23	9,55	9,55
1/ 2/ 4	4,80912e+05	1,06760e-04	779001,70	6,22	6,22
2/ 2/ 1	6,27053e+04	2,21537e-09	223421,78	11,61	11,61

*Punktlast: Knekk lengder for korteste (Member 1) og lengste (Member 2) peler*

## Lasttilfelle 2: Jevnt fordelt last



*Jevnt fordelt last*

Member/Case/Mode	Critical coef.	Precision	Critical force (kN)	Buckling length-Y (m)	Buckling length-Z (m)
1/ 2/ 1	2,50837e+04	2,21940e-09	101578,88	17,22	17,22
1/ 2/ 2	6,80105e+04	2,28665e-07	275415,69	10,46	10,46
1/ 2/ 3	8,18241e+04	5,16848e-07	331354,94	9,54	9,54
1/ 2/ 4	1,92617e+05	1,07508e-04	780023,16	6,22	6,22
2/ 2/ 1	2,50837e+04	2,21940e-09	223435,67	11,61	11,61

*Jevnt fordelt last: Knekk lengder for korteste (Member 1) og lengste (Member 2) peler*

### Lasttilfelle 3: Overflatelast



*Overflatelast*

Member/Case/Mode	Critical coef.	Precision	Critical force (kN)	Buckling length-Y (m)	Buckling length-Z (m)
1/ 2/ 1	1,00422e+04	1,45716e-10	162043,70	13,64	13,64
1/ 2/ 2	2,78018e+04	1,24523e-07	448616,99	8,20	8,20
1/ 2/ 3	3,26058e+04	2,86996e-07	526135,62	7,57	7,57
1/ 2/ 4	9,69207e+04	2,30152e-04	1563935,72	4,39	4,39
2/ 2/ 1	1,00422e+04	1,45716e-10	161209,58	13,67	13,67

*Overflatelast: Knekk lengder for korteste (Member 1) og lengste (Member 2) peler*