

## Vedleggsliste

Vedlegg A – Fra kapittel 3 .....	3
Vedlegg A1 – Snølastberegning fra MathCad .....	3
Vedlegg A2 – Snølastberegning fra OS-prog .....	4
Vedlegg A3 – Vindlastberegning fra OS-prog .....	5
Vedlegg A4 – Beregning utelatelsekriterier .....	9
Vedlegg B – Fra kapittel 4 .....	11
Plan 1- Autocad .....	11
Plan 2 - Autocad .....	12
Snitt 1 – Autocad .....	13
Snitt 2 – Snitt av fremsiden i AutoCAD .....	14
Snitt 3 – Snitt fra siden i AutoCAD .....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>
Takplan – Takplan av bygget markert i rød i AutoCAD .....	15
Vedlegg B8 – FEM-design modell .....	16
Vedlegg B – Fra kapittel 5 .....	17
Vedlegg B1 – Beregning krefter bjelke 400x500 .....	17
Vedlegg B2 – Beregninger krefter bjelke 450x600 .....	19
Vedlegg B3 – Beregninger krefter bjelke 300x400 .....	21
Vedlegg B4 – Beregninger krefter søyle 240x800 .....	23
Vedlegg B5 – Beregninger krefter søyle 240x450 .....	24
Vedlegg B6 – Beregninger krefter søyle 400x400 .....	26
Vedlegg B7 – Beregninger krefter søyle 200x200 .....	28
Vedlegg B8 – Dimensjonering Bjelke 400x500 .....	29
Vedlegg B9 – Dimensjonering Bjelke 450x600 .....	35
Vedlegg B10 – Dimensjonering Bjelke 300x450 .....	41
Vedlegg B11 – Dimensjonering Søyle 240x800 .....	47
Vedlegg B12 – Dimensjonering Søyle 240x450 .....	54
Vedlegg B13 – Dimensjonering Søyle 400x400 med mn-diagram .....	61
Vedlegg B14 – Dimensjonering Søyle 200x200 .....	69
Vedlegg B15 – Bøyelister søyler .....	75
Vedlegg B16 – Bøyeliste bjelker .....	76
Vedlegg B17 – Sum av armering .....	77
Vedlegg B18 – Armeringstegning Søyle 240x800 .....	78
Vedlegg B19 – Armeringstegning Søyle 400x400 .....	79
Vedlegg B20 – Armeringstegning Søyle 200x200 .....	80

Vedlegg B121 – Armeringstegning Søyler 240x450 .....	81
Vedlegg B22 – Armeringstegning Bjelke 400x500 .....	82
Vedlegg B23 – Armeringstegning Bjelke 450x600 .....	82
Vedlegg B24 – Armeringstegning Bjelke 300x450 .....	83
Vedlegg B22 – Regningsark for dimensjonering av huldekker med hensyn til resonansfrekvenser .	84
Vedlegg C Fra kapittel 6 .....	86
Vedlegg C 1 – Resultat LCA Bæresystem i betong .....	86
Vedlegg D2- Resultat LCA Bæresystem i tre .....	87

## Vedlegg A – Fra kapittel 3

### Vedlegg A1 – Snølastberegning fra MathCad

#### *Snølast (Brannstasjon)*

Formfaktor flatt tak	$\mu_0 := 0.8$	Tabell [5.2]
Eksponeeringskoeffesient - Normalt vindutsatt	$C_e := 1.0$	Tabell [5.1]
Termisk koeffesient - ikke oppvarmet tak	$C_t := 1.0$	Tabell [5.2(8)]
Bergen Kommune	$\Delta S_k := 0.5$	[Tabell NA.5.1(901)]
Grunnverdi Bergen Kommune	$S_{k0} := 2.0$	[Tabell NA.5.1(901)]
Høydegrense	$H_g := 150$	[Tabell NA.5.1(901)]
Høyde over havet	$H := 50$	
$H < H_g \rightarrow S_k = S_{k0}$	$n := 0$	
Karektersistisk snølast	$S_k := S_{k0} + n \cdot \Delta S_k = 2$	+
Snølast	$S := \mu_0 \cdot C_e \cdot S_k$	
Snølast	$S = 1.6$	

## Vedlegg A2 – Snølastberegning fra OS-prog

### Snølast Brannstasjon Flesland

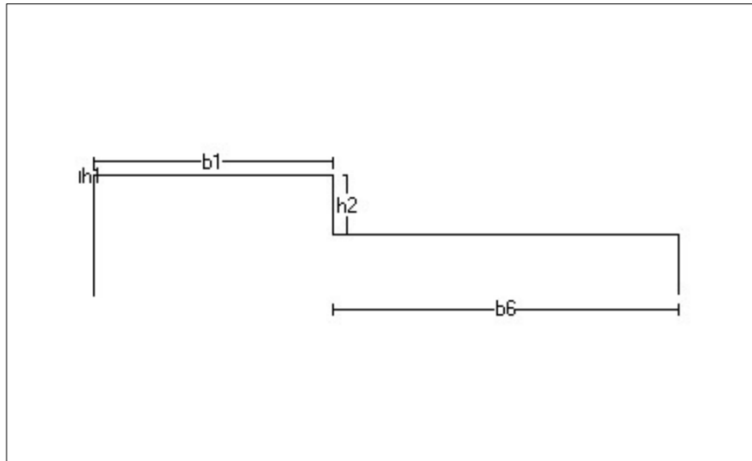
Tittel Snølast Brannstasjon Flesland		Side 1
Prosjekt Bachelor Prosjekt Cowi	Ordre	Sign KHD
		Dato 02-02-2023

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.3.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-3: Snølaster

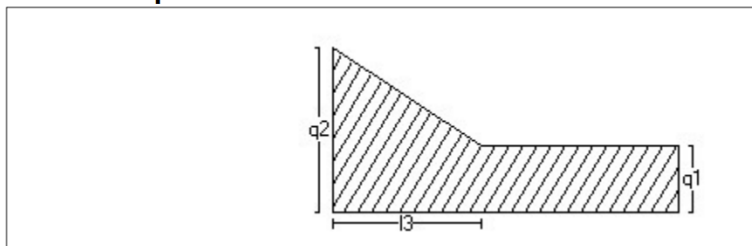
Data er lagret på fil: C:\Users\krist\OneDrive\Documents\Bachelor\Utrenginger\Snølast OS-Prog.sls

### 1. Geometri



$b_1$	7975	mm
$h_1$	0	mm
$h_2$	1980	mm
$b_6$	11600	mm

### 2. Snølast på tak



Last nr.:1		
$q_1$	1,60	kN/m <sup>2</sup>
$q_2$	3,96	kN/m <sup>2</sup>
$l_3$	5000	mm

### 3. Snølastdata

Fylke	Hordaland
Kommune	Bergen
Sted	Flesland
Byggets plassering (moh)	
Eksponeringskoeffisient $C_e$	1
Termisk koeffisient $C_t$	1
Snølast, S:	2 kN/m <sup>2</sup>



## Vedlegg A3 – Vindlastberegning fra OS-prog

### Vindlastberegning

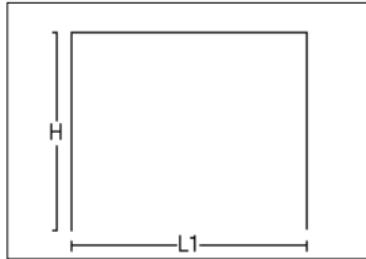
Tittel Vindlast for tak og yttervegg			Side 1
Prosjekt Brannstasjon Bergen Lufthavn	Ordre Vedlegg	Sign VEA	Dato 14-05-2023

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.3.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\vegar\OneDrive\Skrivebord\Bachelor innhold\Vindlast\_siste\_utkast.sls

### 1. Geometri



H 10200 mm

L1 24470 mm

Byggets lengde, L2: 32360 mm

Takvinkel : 0,00 (grader)

Parapet:  $h_p/h=0,025$

Vertikalsnitt

### 2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 50 Calt: 1

Returperiode (år):50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region): Bruker retningsfaktoren C-ret: 1

Basisvindhastighet: 26 m/s

Høyde Z over grunnivået: 10,25 m

#### BYGGSTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori II: Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.

Terrengruhetsfaktoren  $K_t$ : 0,19 Ruhetslengden  $Z_o$  (m): 0,05  $Z_{min}$  (m): 4  $V_m$  (m/s): 26,30  $C_r$ : 1,01

#### OVERGANGSONE

Terrengruhetskategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengruhetsfaktoren  $K_t$ : 0,17 Ruhetslengden  $Z_o$  (m): 0,01  $Z_{min}$  (m): 2  $V_m$  (m/s) : 30,64  $C_r$ : 1,18

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring  $X_b$  (m): 1260

Overgangsfaktor  $C_s(X_b)$ : 1,09  $V_m(z)$  : 28,6(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: Ingen topografisk påvirkning.

Terrengformfaktor  $C_o(z)$ : 1 Turbulensfaktor  $K_i$ : 1

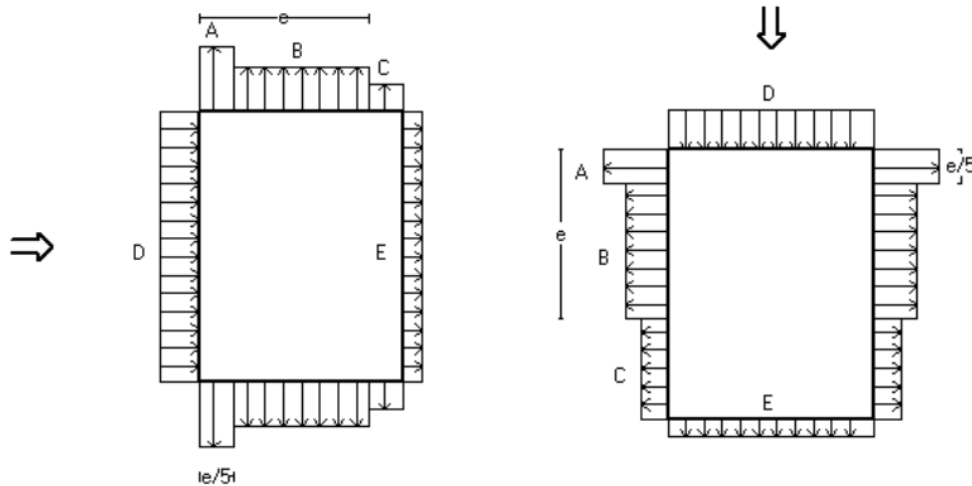
Vkast: 41,39 m/s

Qkast: 1,071 kN/m<sup>2</sup>

Tittel <b>Vindlast for tak og yttervegg</b>		Side <b>2</b>	
Prosjekt <b>Brannstasjon Bergen Lufthavn</b>	Ordre <b>Vedlegg</b>	Sign <b>VEA</b>	Dato <b>14-05-2023</b>

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=20400$  mm

Vindretning 90 grader.  $e=20400$  mm

##### Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,72	-0,34
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,28	-0,86	-0,54	0,77	-0,37
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,34
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,50	-1,18	-0,54	1,07	-0,37
Utstrekning (mm)	4080	16320	4070	32360	32360

##### Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,28	-0,86	-0,54	0,76	-0,34
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,32
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,50	-1,18	-0,54	1,07	-0,34
Utstrekning (mm)	4080	16320	11960	24470	24470

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

#### 3.2 Innvendig vindlast

Bygning uten dominerende vindfasade

Beregn innvendig vindlast for  $u=0.2$  overtrykk og  $u=-0.3$  (undertrykk)

	Undertrykk	Overtrykk
<b>Formfaktor</b>	-0,30	0,20
<b>Innvendig last (kN/m<sup>2</sup>)</b>	-0,32	0,21

Tittel <b>Vindlast for tak og yttervegg</b>		Side <b>3</b>	
Prosjekt <b>Brannstasjon Bergen Lufthavn</b>	Ordre <b>Vedlegg</b>	Sign <b>VEA</b>	Dato <b>14-05-2023</b>

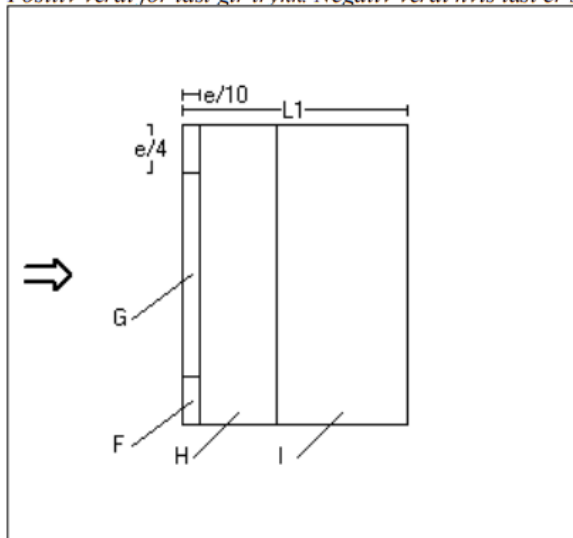
## 4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=24470 mm L2=32360 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. (>=10m2)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



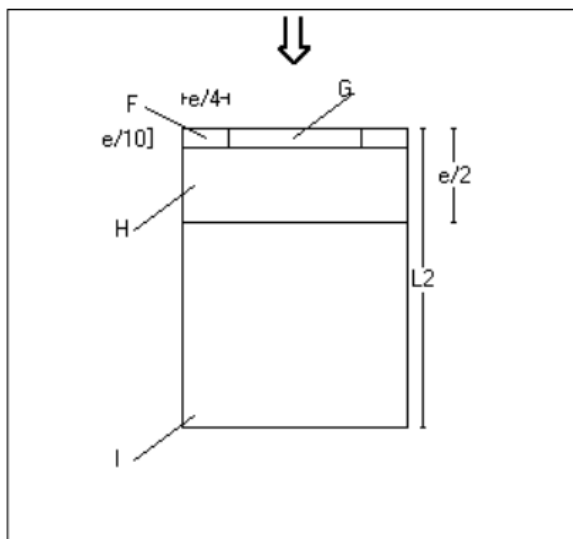
### Utstrekning (mm)

e=20400

e/4=5100

e/10=2040

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,60	-1,71	5100x2040
G	-1,10	-1,18	22160x2040
H	-0,70	-0,75	32360x8160
I	+/-0,20	+/-0,21	32360x14270



### Utstrekning (mm)

e=20400

e/4=5100

e/10=2040

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,60	-1,71	5100x2040
G	-1,10	-1,18	14270x2040
H	-0,70	-0,75	24470x8160
I	+/-0,20	+/-0,21	24470x22160

Tittel <b>Vindlast for tak og yttervegg</b>		Side <b>4</b>	
Prosjekt <b>Brannstasjon Bergen Lufthavn</b>	Ordre <b>Vedlegg</b>	Sign <b>VEA</b>	Date <b>14-05-2023</b>

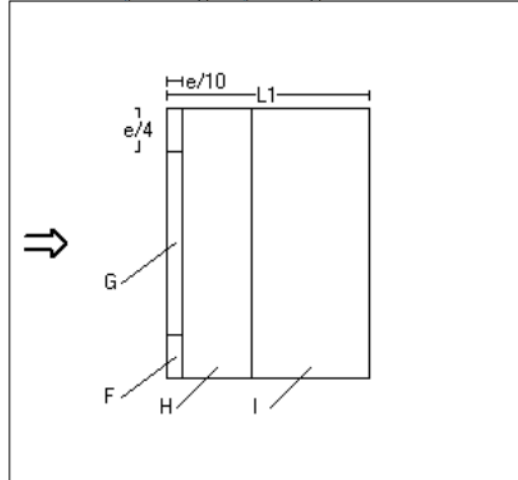
Taktype: Flatt tak

L1=24470 mm L2=32360 mm

*C<sub>pe,1</sub> Gjelder for en lokal flate på 1m<sup>2</sup>. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.*

*Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m<sup>2</sup> :  $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} A$*

*Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.*



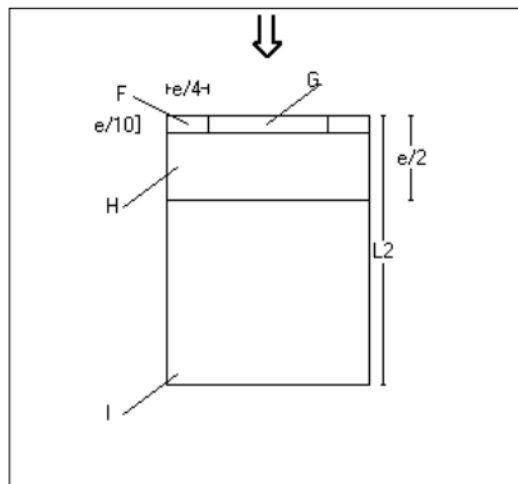
**Utstrekning (mm)**

e=20400

e/4=5100

e/10=2040

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,20	-2,36	5100x2040
G	-1,80	-1,93	22160x2040
H	-1,20	-1,28	32360x8160
I	+/-0,20	+/-0,21	32360x14270



**Utstrekning (mm)**

e=20400

e/4=5100

e/10=2040

	C <sub>pe,1</sub>	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.prosjeksjon(mm)
F	-2,20	-2,36	5100x2040
G	-1,80	-1,93	14270x2040
H	-1,20	-1,28	24470x8160
I	+/-0,20	+/-0,21	24470x22160

## Vedlegg A4 – Beregning utelatelsekriterier

### **Jordskjelv- utelatelses kriterier** [NA.3.2.1(5)]

Tabell 3.1 - Grunntyper --> Grunntype B ( Granitisk Gneis) [NGU.no]

Sjekker de 5 utelatelses kriteriene for dimensjonering for seismisk klasse. Ved minst 1/5 krav oppfylt kan seismisk dimensjonering utelates.

Krav 1: Konstruksjoner er i klasse 1

Tabell NA.4(902) --> Viktig infrastruktur --> Klasse IIIa = Oppfyller ikke krav

Krav 2 : Grunntype A-E og tilfredstiller  $agS \leq 0.5 \cdot \frac{m}{s^2}$

$\gamma_1 := 1.7$  Tabell NA.4(901)

$Agr := 0.55$  Tab NA.3.2(907)

$S := 1.35$  Tab [NA.3.3]

$ag := Agr \cdot \gamma_1 = 0.935$  Dimensjonerende grunnakselerasjon for grunntype A

$AgS := S \cdot ag = 1.262$

$Ags > 0.5 =$  Oppfyller ikke krav

Krav 3: Grunntype A-E og tilfredstiller  $ag \leq 0.3 \cdot \frac{m}{s^2}$

$Ag > 0.3 =$  Oppfyller ikke krav

Krav 4: Dimensjonerende brukstid < 2 år

Dimensjonerende brukstid > 2 år = Oppfyller ikke krav

Krav 5: Dimensjonerende akselerasjon  $Sd \leq 0.50 \cdot \frac{m}{s^2}$

beregnet med :

a)  $q \leq 1.5$

b) ingen reduksjon av stivhetsegenskaper etter 4.3.1.(7)

c) konservativ antagelse av stivet i grunn

$q := 1.5$

$\beta := 0.2$  [3.2.2.5]

$s1 := 1.35$  [Tab 3.3]

$Tc(s) := 0.25$  [Tab 3.3]

$Ct := 0.05$  4.3.3.2.2.(3)

$H := 10.2$  4.3.3.2.2.(3)

$Tt := Ct \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0.285$  4.3.3.2.2.(3)

$Tc \leq Tt \leq Td$  [3.16]

$Sd1 := ag \cdot s1 \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left( \frac{Tc(s)}{Tt} \right) = 1.843$

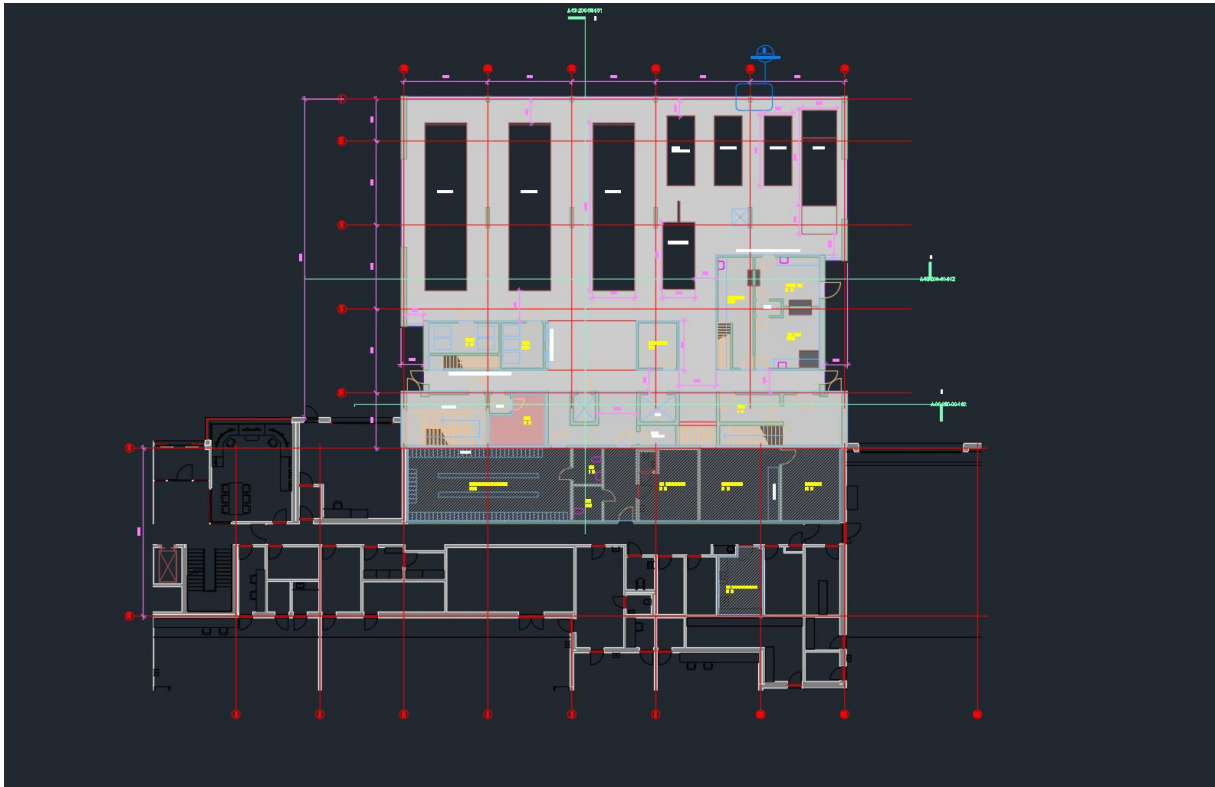
$Sd2 := \beta \cdot ag = 0.187$

$Sdt := \max(Sd1, Sd2) = 1.843$

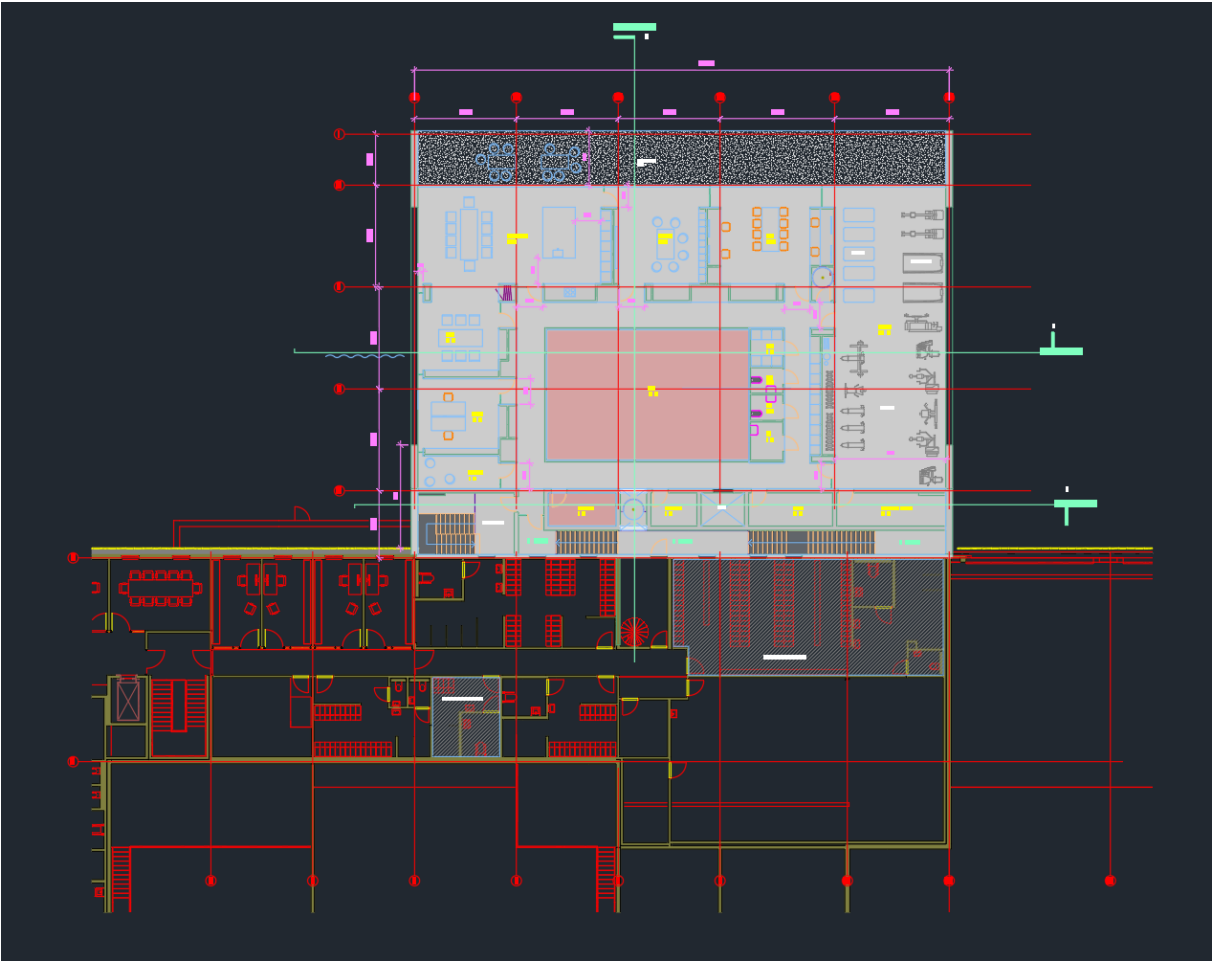
**Sdt > 0.5 Oppfyller ikke krav**

## Vedlegg B – Fra kapittel 4

### Vedlegg B1- Plan 1 i AutoCAD

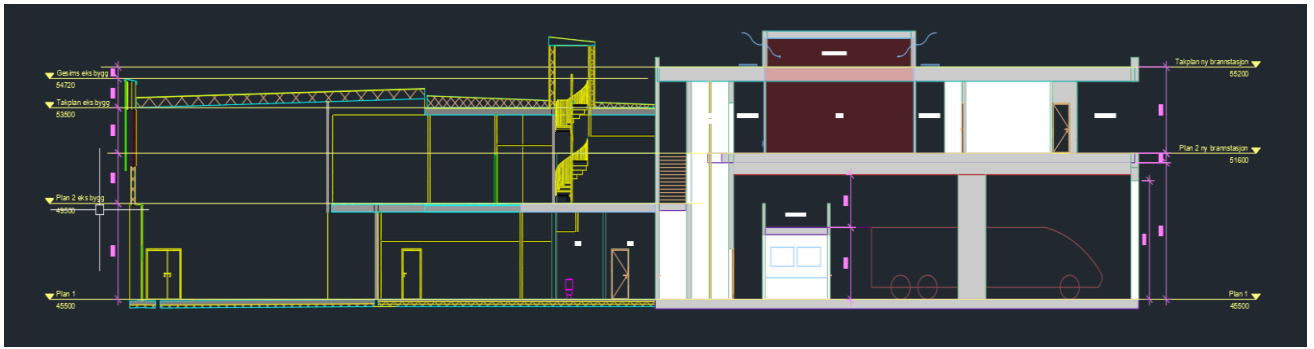


Vedlegg B2- Plan 2 i AutoCAD

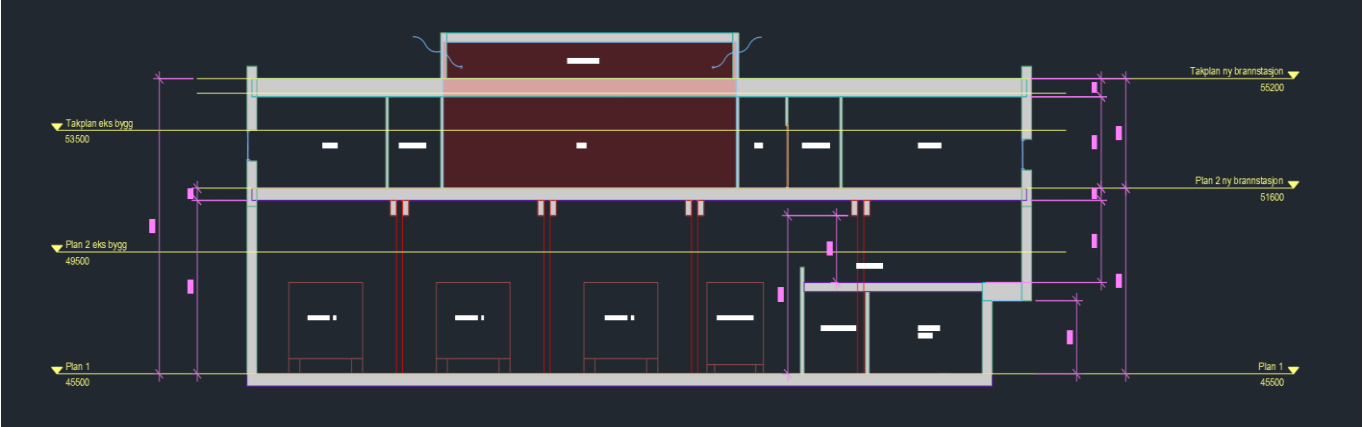




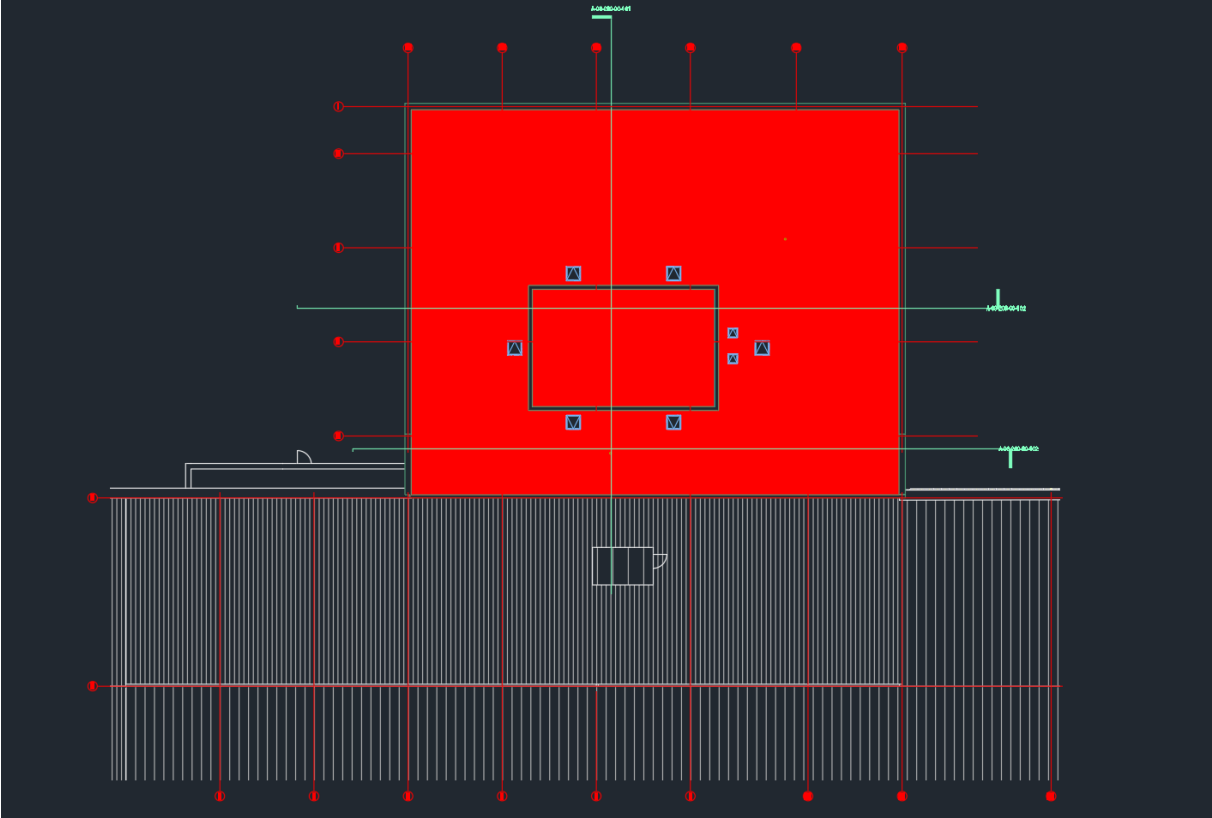
# Vedlegg B3- Snitt fra side i AutoCAD



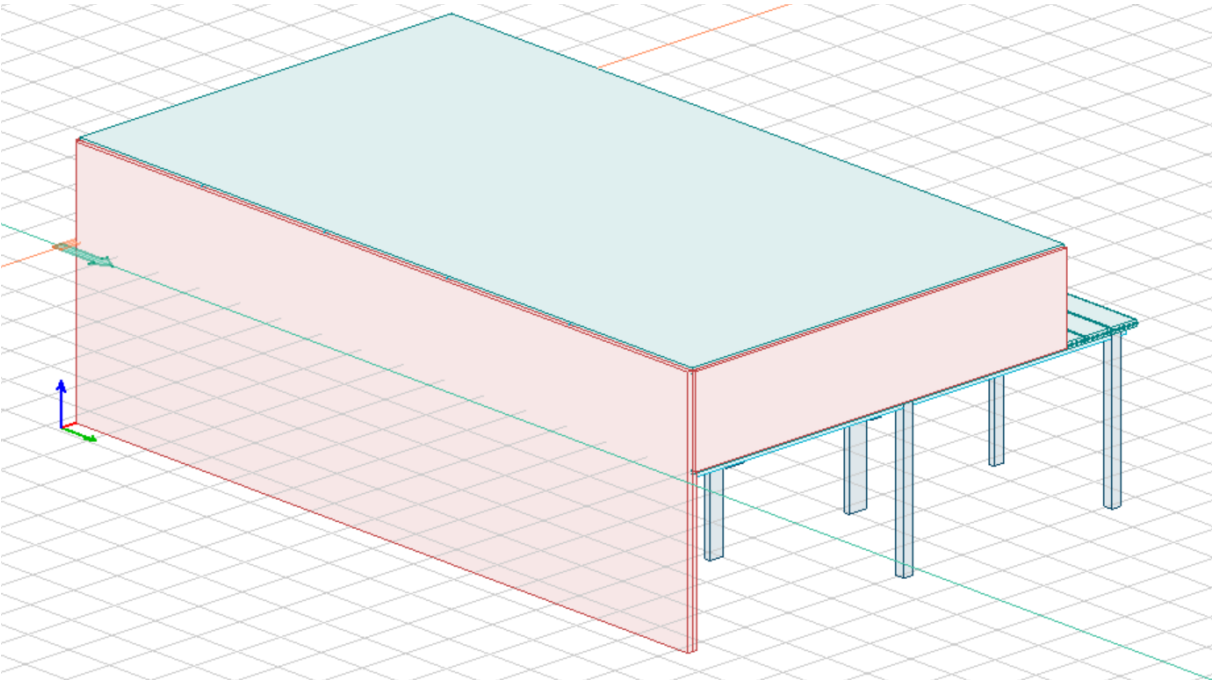
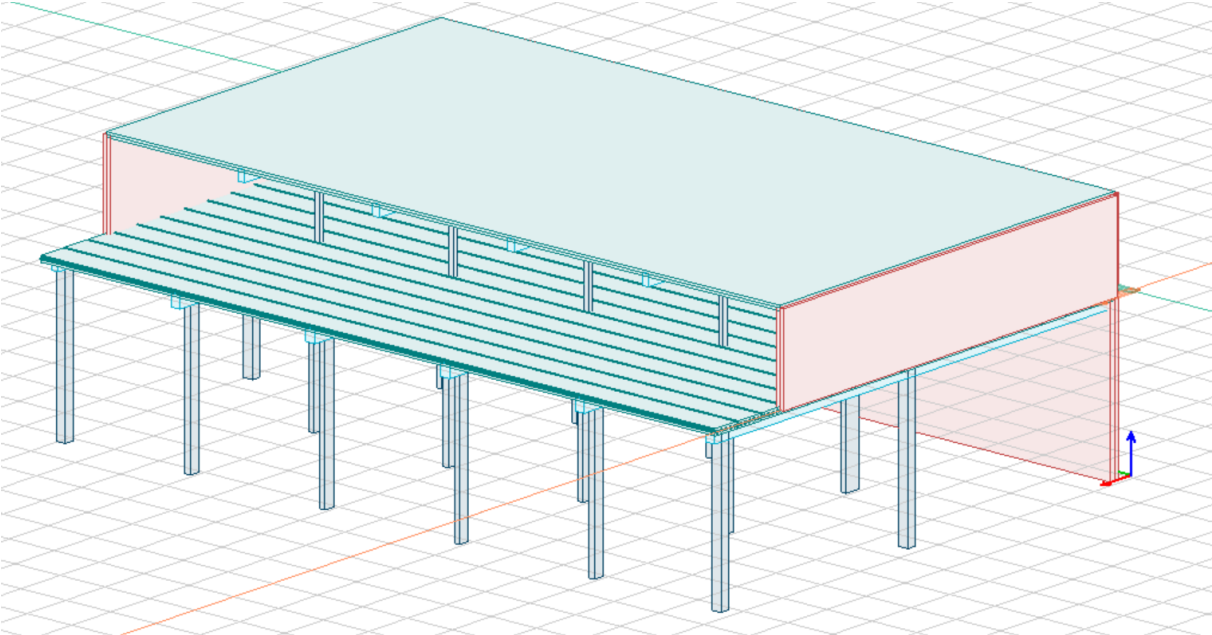
Vedlegg B4 – Snitt fra fremside i AutoCAD



Vedlegg B5 – Takplan av bygget markert i rød i AutoCAD



Vedlegg B6 – FEM-design modell



## Vedlegg C – Fra kapittel 5

### Vedlegg C1 – Beregning krefter bjelke 400x500

#### **Krefter Bjelke 400x500**

Vindlast er ikke inkludert

#### **Input**

##### Konstante verdier

$$Egenvekt\_Dekke := 3.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Egenvekt\_Påført := 0.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nyttelast\_Kontor := 3 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nyttelast\_Trening := 5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$LF\_Egenvekt := 1.2$$

$$LF\_Nyttelast := 1.5$$

$$Med\_OK\_FEMdesign := 204 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$Med\_UK\_FEMdesign := 105 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$Ved\_FEMdesign := 255 \frac{kN}{m}$$

##### Utrengninger

$$Egenvekt\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot Bredde\_Bjelke \cdot Høyde\_Bjelke = 5 \frac{kN}{m}$$

$$Egenvekt\_Total := Egenvekt\_Bjelke + (Egenvekt\_Dekke + Egenvekt\_Påført) \cdot lb$$

$$Egenvekt\_Total = 29.36 \frac{kN}{m}$$

$$Nyttelast\_Kombinert := \left( \frac{Nyttelast\_Trening}{L\_Dekke} \cdot L\_Trening + \frac{Nyttelast\_Kontor}{L\_Dekke} \cdot L\_Kontor \right)$$

$$Nyttelast\_Kombinert = 4.366 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nyttelast := Nyttelast\_Kombinert \cdot \frac{lb}{2} + Nyttelast\_Kontor \cdot \frac{lb}{2} = 21.361 \frac{kN}{m}$$

$$Bruddgrense\_Last := Egenvekt\_Total \cdot LF\_Egenvekt + Nyttelast \cdot LF\_Nyttelast = 67.273 \frac{kN}{m}$$

$$Med\_UK\_Håndberegning := 2 \cdot \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L^2)}{25} = 227.384 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_OK\_Håndberegning := \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L^2)}{10} = 284.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_UK\_Karakteristisk := 9 \cdot \frac{(Egenvekt\_Total + Nyttelast) \cdot L^2}{128} = 150.677 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ved\_Håndberegning := 11 \cdot \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L)}{20} = 240.503 \text{ kN}$$

Regnet som kontinuerlig bjelke med tre like spenn

$$Prosent\_Med\_OK := \frac{(Med\_OK\_FEMdesign)}{Med\_OK\_Håndberegning} = 0.718$$

$$Prosent\_Med\_UK := \frac{(Med\_UK\_FEMdesign)}{Med\_UK\_Håndberegning} = 0.462$$

$$Prosent\_Ved := \frac{Ved\_FEMdesign}{Ved\_Håndberegning} = 1.06$$

## **Krefter Bjelke 450x600**

Vindlast er ikke inkludert

### **Input**

#### **Konstante verdier**

$$Egenvekt\_Dekke := 3.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Egenvekt\_Vegg := 5 \frac{kN}{m}$$

$$Egenvekt\_Påført := 0.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nyttelast\_Kontor := 3 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nyttelast\_Trening := 5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$LF\_Egenvekt := 1.2$$

$$LF\_Nyttelast := 1.5$$

$$Med\_OK\_FEMdesign := 229 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_UK\_FEMdesign := 117 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ved\_FEMdesign := 286 \text{ kN}$$

#### **Variable Verdier**

$$Bredde\_Bjelke := 450 \text{ mm}$$

$$Høyde\_Bjelke := 600 \text{ mm}$$

$$lb := 2800 \text{ mm}$$

$$L := 10250 \text{ mm}$$

$$L\_Dekke := 20500 \text{ mm}$$

$$L\_Trening := 14 \text{ m}$$

$$L\_Kontor := 6.5 \text{ m}$$

#### **Utrenginger**

$$Egenvekt\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot Bredde\_Bjelke \cdot Høyde\_Bjelke = 6.75 \frac{kN}{m}$$

$$vekt\_Total := Egenvekt\_Bjelke + Egenvekt\_Vegg + (Egenvekt\_Dekke + Egenvekt\_Påført)$$

$$Egenvekt\_Total = 23.51 \frac{kN}{m}$$

$$Nyttelast := \left( \frac{Nyttelast\_Trening}{L\_Dekke} \cdot L\_Trening + \frac{Nyttelast\_Kontor}{L\_Dekke} \cdot L\_Kontor \right) \cdot lb$$

$$Nyttelast = 12.224 \frac{kN}{m}$$

$$Bruddgrense\_Last := Egenvekt\_Total \cdot LF\_Egenvekt + Nyttelast \cdot LF\_Nyttelast = 46.549 \frac{kN}{m}$$

$$Med\_UK\_Håndberegning := 9 \cdot \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L^2)}{128} = 343.864 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_OK\_Håndberegning := \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L^2)}{8} = 611.314 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_UK\_Karakteristisk := 9 \cdot \frac{(Egenvekt\_Total + Nyttelast) \cdot L^2}{128} = 263.977 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ved\_Håndberegning := 5 \cdot \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L)}{8} = 298.202 \text{ kN}$$

Regnet som kontinuerlig bjelke med tre like spenn

$$Prosent\_Med\_OK := \frac{(Med\_OK\_FEMdesign)}{Med\_OK\_Håndberegning} = 0.375$$

$$Prosent\_Med\_UK := \frac{(Med\_UK\_FEMdesign)}{Med\_UK\_Håndberegning} = 0.34$$

$$Prosent\_Ved := \frac{Ved\_FEMdesign}{Ved\_Håndberegning} = 0.959$$



## **Krefter Bjelke 300x450**

Vindlast er ikke inkludert

### **Input**

Konstante verdier

$$Egenvekt\_Tak := 5.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Snølast := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$LF\_Egenvekt := 1.2$$

$$LF\_Snølast := 1.5$$

$$Med\_OK\_FEMdesign := 125 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_UK\_FEMdesign := 32.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ved\_FEMdesign := 128 \text{ kN}$$

Variable Verdier

$$Bredde\_Bjelke := 300 \text{ mm}$$

$$Høyde\_Bjelke := 450 \text{ mm}$$

$$lb := 5800 \text{ mm}$$

$$L := 6500 \text{ mm}$$

$$Utkrager := 3000 \text{ mm}$$

Utrekninger

$$Egenvekt\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot Bredde\_Bjelke \cdot Høyde\_Bjelke = 3.375 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Egenvekt\_Total := Egenvekt\_Tak \cdot lb + Egenvekt\_Bjelke = 32.375 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Bruddgrense\_Last := Egenvekt\_Total \cdot LF\_Egenvekt + Snølast \cdot lb \cdot LF\_Snølast = 52.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Med\_UK\_Håndberegning := 9 \cdot \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L^2)}{128} = 156.764 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Regnet som kontinuerlig bjelke med to like spenn

$$Med\_OK\_Håndberegning := \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot Utkrager^2)}{2} = 237.465 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Regnet som fritt opplagt bjelke med utkrager

$$Med\_UK\_Karakteristisk := 9 \cdot \frac{(Egenvekt\_Tak + Snølast) \cdot lb \cdot L^2}{128} = 113.719 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Regnet som kontinuerlig bjelke med to like spenn

$$Ved\_Håndberegning := 5 \frac{(Bruddgrense\_Last \cdot L)}{8} = 214.378 \text{ kN}$$

$$Prosent\_Med\_OK := \frac{(Med\_OK\_FEMdesign)}{Med\_OK\_Håndberegning} = 0.526$$

$$Prosent\_Med\_UK := \frac{(Med\_UK\_FEMdesign)}{Med\_UK\_Håndberegning} = 0.205$$

$$Prosent\_Ved := \frac{Ved\_FEMdesign}{Ved\_Håndberegning} = 0.597$$

## **Krefter Søyle 240x800**

### **Input**

### **Vindlast er ikke med**

#### **Konstante verdier**

$$Egenvekt\_Dekke := 3.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Egenvekt\_Påført := 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Nyttelast\_Kontor := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Nyttelast\_Trening := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$LF\_Egenlast := 1.2$$

$$LF\_Nyttelast := 1.5$$

$$Ned\_FEMdesign := 1042 \text{ kN}$$

$$Ned\_Søyle\_2.Etg := 352 \text{ kN}$$

#### **Variable verdier**

$$B\_Søyle := 240 \text{ mm}$$

$$H\_Søyle := 800 \text{ mm}$$

$$H := 6500 \text{ mm}$$

$$B\_Bjelke := 400 \text{ mm}$$

$$H\_Bjelke := 500 \text{ mm}$$

$$Bjelke\_Spennvidde := 6500 \text{ mm}$$

$$Spennvidde := 5800 \text{ mm}$$

Det tas hensyn til egenvekt av bjelker som er innenfor dette lastaralets og søylens egenvekt.

$$Areal\_Dekke := Bjelke\_Spennvidde \cdot Spennvidde = 37.7 \text{ m}^2$$

$$Nyttelast := \frac{(Nyttelast\_Kontor + Nyttelast\_Trening)}{2} \cdot Areal\_Dekke = 150.8 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Dekke := (Egenvekt\_Dekke + Egenvekt\_Påført) \cdot Areal\_Dekke = 158.34 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot B\_Bjelke \cdot H\_Bjelke \cdot Bjelke\_Spennvidde = 32.5 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_søyle := \rho\_Betong \cdot B\_Søyle \cdot H\_Søyle \cdot H = 31.2 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Total := Egenlast\_Dekke + Egenlast\_Bjelke + Egenlast\_søyle = 222.04 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bruddgrense := (Egenlast\_Total + Ned\_Søyle\_2.Etg) \cdot LF\_Egenlast = 688.848 \text{ kN}$$

$$Nyttelast\_Bruddgrense := Nyttelast \cdot LF\_Nyttelast = 226.2 \text{ kN}$$

$$Ned := Egenlast\_Bruddgrense + Nyttelast\_Bruddgrense = 915.048 \text{ kN}$$

$$Prosent\_Ned := \frac{Ned\_FEMdesign}{Ned} = 1.139$$

## **Krefter Søyle 240x450**

### **Input**

Vindlast er ikke med

#### **Konstante verdier**

$$Egenvekt\_Dekke := 3.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Egenvekt\_Påført := 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Nyttelast\_Kontor := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Vindlast\_X\_A := 1.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Vindlast\_X\_B := 0.86 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$LF\_Egenlast := 1.2$$

$$LF\_Nyttelast := 1.5$$

$$LF\_Vindlast := 0.9$$

$$Ned\_FEMdesign := 290 \text{ kN}$$

#### **Variable verdier**

$$B\_Søyle := 240 \text{ mm}$$

$$H\_Søyle := 450 \text{ mm}$$

$$H := 6500 \text{ mm}$$

$$L\_A := 1600 \text{ mm}$$

$$L\_B := 4000 \text{ mm}$$

$$B\_Bjelke := 400 \text{ mm}$$

$$H\_Bjelke := 500 \text{ mm}$$

$$Bjelke\_Spennvidde := 3250 \text{ mm}$$

$$Spennvidde := 6000 \text{ mm}$$

Det tas hensyn til egenvekt av bjelker som er innenfor dette lastarealet og søylens egenvekt.

$$Areal\_Dekke := Bjelke\_Spennvidde \cdot Spennvidde = 19.5 \text{ m}^2$$

$$Nyttelast := Nyttelast\_Kontor \cdot Areal\_Dekke = 58.5 \text{ kN}$$

$$Vindlast := Vindlast\_X\_A \cdot L\_A + Vindlast\_X\_B \cdot L\_B = 5.504 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Egenlast\_Dekke := (Egenvekt\_Dekke + Egenvekt\_Påført) \cdot Areal\_Dekke = 81.9 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot B\_Bjelke \cdot H\_Bjelke \cdot Bjelke\_Spennvidde = 16.25 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_søyle := \rho\_Betong \cdot B\_Søyle \cdot H\_Søyle \cdot H = 17.55 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Total := Egenlast\_Dekke + Egenlast\_Bjelke + Egenlast\_søyle = 115.7 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bruddgrense := Egenlast\_Total \cdot LF\_Egenlast = 138.84 \text{ kN}$$

$$Nyttelast\_Bruddgrense := Nyttelast \cdot LF\_Nyttelast = 87.75 \text{ kN}$$

$$Vindlast\_Bruddgrense := Vindlast \cdot LF\_Vindlast = 4.954 \text{ m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Ned := Egenlast\_Bruddgrense + Nyttelast\_Bruddgrense = 226.59 \text{ kN}$$

$$Prosent\_Ned := \frac{Ned\_FEMdesign}{Ned} = 1.28$$

$$Med := \frac{(Vindlast\_Bruddgrense \cdot H^2)}{2} = 104.645 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_Karakteristisk := \frac{(Vindlast \cdot H^2)}{2} = 116.272 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## **Krefter Søyle 400x400**

### **Input**

Vindlast er ikke med

#### **Konstante verdier**

$$Egenvekt\_Dekke := 3.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Egenvekt\_Påført := 0.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Egenvekt\_Vegg := 5 \frac{kN}{m}$$

$$Nyttelast\_Trening := 5 \frac{kN}{m^2}$$

$$Snølast := 1.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Vindlast\_Y := 0.86 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$LF\_Egenlast := 1.2$$

$$LF\_Nyttelast := 1.5$$

$$LF\_Øvrige := 1.05$$

$$LF\_Vindlast := 0.9$$

$$Ned\_FEMdesign := 849 \text{ kN}$$

#### **Variable verdier**

$$B\_Søyle := 400 \text{ mm}$$

$$H\_Søyle := 400 \text{ mm}$$

$$H := 6500 \text{ mm}$$

$$B\_Bjelke := 400 \text{ mm}$$

$$H\_Bjelke := 500 \text{ mm}$$

$$Bjelke\_Spennvidde := 10250 \text{ mm}$$

$$Spennvidde := 2800 \text{ mm}$$

$$L\_Tak := 12100 \text{ mm}$$

Det tas hensyn til egenvekt av bjelker som er innenfor dette lastarealet og søylens egenvekt.

$$Areal\_Dekke := Bjelke\_Spennvidde \cdot Spennvidde = 28.7 \text{ m}^2$$

$$Areal\_Tak := L\_Tak \cdot Spennvidde = 33.88 \text{ m}^2$$

$$Nyttelast := Nyttelast\_Trening \cdot Areal\_Dekke = 143.5 \text{ kN}$$

$$Snølast\_P := Snølast \cdot Areal\_Tak = 54.208 \text{ kN}$$

$$Vindlast := Vindlast\_Y \cdot Bjelke\_Spennvidde = 8.815 \frac{kN}{m}$$

$$Egenlast\_Vegg := Egenvekt\_Vegg \cdot L\_Tak = 60.5 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Dekke := (Egenvekt\_Dekke + Egenvekt\_Påført) \cdot Areal\_Dekke = 120.54 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot B\_Bjelke \cdot H\_Bjelke \cdot Bjelke\_Spennvidde = 51.25 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_søyle := \rho\_Betong \cdot B\_Søyle \cdot H\_Søyle \cdot H = 26 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Total := Egenlast\_Vegg + Egenlast\_Dekke + Egenlast\_Bjelke + Egenlast\_søyle$$

$$Egenlast\_Total = 258.29 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bruddgrense := Egenlast\_Total \cdot LF\_Egenlast = 309.948 \text{ kN}$$

$$Nyttelast\_Bruddgrense := Nyttelast \cdot LF\_Nyttelast = 215.25 \text{ kN}$$

$$Øvrige\_Bruddgrense := Snølast\_P \cdot LF\_Øvrige = 56.918 \text{ kN}$$

$$Vindlast\_Bruddgrense := Vindlast \cdot LF\_Vindlast = 7.934 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Ned := Egenlast\_Bruddgrense + Nyttelast\_Bruddgrense + Øvrige\_Bruddgrense = 582.116 \text{ kN}$$

$$Prosent\_Ned := \frac{Ned\_FEMdesign}{Ned} = 1.458$$

$$Med := \frac{(Vindlast\_Bruddgrense \cdot H^2)}{2} = 167.595 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Med\_Karakteristisk := \frac{(Vindlast \cdot H^2)}{2} = 186.217 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## **Krefter Søyle 200x200**

### **Input**

Vindlast er ikke med

#### **Konstante verdier**

$$Egenvekt\_Tak := 3.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$Snølast := 1.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$\rho\_Betong := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$LF\_Egenlast := 1.2$$

$$LF\_Snølast := 1.5$$

$$Ned\_FEMdesign := 424 \text{ kN}$$

#### **Variable verdier**

$$B\_Søyle := 200 \text{ mm}$$

$$H\_Søyle := 200 \text{ mm}$$

$$H := 3600 \text{ mm}$$

$$B\_Bjelke := 250 \text{ mm}$$

$$H\_Bjelke := 400 \text{ mm}$$

$$Lastbredde := 6500 \text{ mm}$$

$$Utkrager := 4000 \text{ mm}$$

Det tas hensyn til egenvekt av bjelker som er innenfor dette lastarealet og søylens egenvekt.

$$Spennvidde := 5800 \text{ mm}$$

$$L\_Bjelke := \left( \frac{Lastbredde}{2} + Utkrager \right) = 7.25 \text{ m}$$

$$Areal\_Tak := \left( \frac{Lastbredde}{2} + Utkrager \right) \cdot Spennvidde = 42.05 \text{ m}^2$$

$$Egenlast\_Tak := Egenvekt\_Tak \cdot Areal\_Tak = 151.38 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bjelke := \rho\_Betong \cdot B\_Bjelke \cdot H\_Bjelke \cdot L\_Bjelke = 18.125 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_søyle := \rho\_Betong \cdot B\_Søyle \cdot H\_Søyle \cdot H = 3.6 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Total := Egenlast\_Tak + Egenlast\_Bjelke + Egenlast\_søyle = 173.105 \text{ kN}$$

$$Egenlast\_Bruddgrense := Egenlast\_Total \cdot LF\_Egenlast = 207.726 \text{ kN}$$

$$Snølast\_Bruddgrense := Snølast \cdot Areal\_Tak \cdot LF\_Snølast = 100.92 \text{ kN}$$

$$Ned := Egenlast\_Bruddgrense + Snølast\_Bruddgrense = 308.646 \text{ kN}$$

$$Prosent\_Ned := \frac{Ned\_FEMdesign}{Ned} = 1.374$$



## Bjelke 400x500

$$MedOK := 284 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$MedUK := 227 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ved := 241 \text{ kN}$$

$$Karakteristisk\_Med := 151 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Bredde\_Bjelke := 400 \text{ mm}$$

$$Høyde\_Bjelke := 500 \text{ mm}$$

$$Spennvidde := 6.5 \text{ m}$$

### Input

$$Bøyle\_Ø := 12 \text{ mm}$$

$$Største\_Ø := 32 \text{ mm}$$

$$c\_min := 25 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N Krav til minste overdekning  
NA.4.4.1.3

$$fck := 35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$fyk := 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tabell 3.1

$$Diameter\_OK := 32 \text{ mm}$$

$$Diameter\_UK := 25 \text{ mm}$$

### Generelt

$$Overdekning := c\_min + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

Tabell NA4.4N  
NA.4.4.1.3

$$fcd := 0.85 \cdot \frac{fck}{1.5} = 19.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$fyd := \frac{fyk}{1.15} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.1.6.(1) Formel 1.15

Figur 3.8

$$Areal\_jernOK := \pi \cdot \left( \frac{Diameter\_OK}{2} \right)^2 = 804.2 \text{ mm}^2$$

$$Areal\_jernUK := \pi \cdot \left( \frac{Diameter\_UK}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

$$d := Høyde\_Bjelke - Overdekning - Bøyle\_Ø - Diameter\_UK - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 412 \text{ mm}$$

$$h' := d - Overdekning - Bøyle\_Ø - \frac{Diameter\_OK}{2} = 349 \text{ mm}$$

$$Mcd := 0.275 \cdot fcd \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d^2 = 370.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$zUK := \left( 1.0 - 0.17 \cdot \frac{MedUK}{Mcd} \right) \cdot d = 369.1 \text{ mm}$$

$$zOK := \left( 1.0 - 0.17 \cdot \frac{MedOK}{Mcd} \right) \cdot d = 358.3 \text{ mm}$$

### Strekkarmering

$$aswOK := \frac{MedOK}{fyd \cdot zOK} = 1823.1 \text{ mm}^2$$

$$aswUK := \frac{MedUK}{fyd \cdot zUK} = 1414.6 \text{ mm}^2$$

$$AntalljernOK := \frac{aswOK}{Areal\_jernOK} = 2.3$$

$$BruktantalljernOK := 3$$

$$BruktantalljernUK := 4$$

$$AntalljernUK := \frac{aswUK}{Areal\_jernUK} = 2.9$$

### Trykkarmering

$$\Delta MedOK := MedOK - Mcd = -86.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta MedUK := MedUK - Mcd = -143.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Skjærarmering

$$\alpha_w := 1 \cdot \frac{1}{\frac{N}{\text{mm}^2}}$$

NA.6.2.3(3)

$$v1 := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{N}{\text{mm}^2} - \frac{fcd}{250} \right) = 0.6 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NA.6.2.2(6)

NA.6.2.3(2)

$$\theta_{grader} := 21.8 \quad \text{Mest konservativt}$$

$$\theta_{radian} := \frac{(\theta_{grader} \cdot \pi)}{180} = 0.4$$

$$z_v := z_{UK} = 369.1 \text{ mm}$$

$$Vrd,max := \alpha_w \cdot Bredde\_Bjelke \cdot z_v \cdot v1 \cdot fcd \cdot \frac{1}{\left( \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} \right) + (\tan(\theta_{radian}))}$$

$$Ved = 241 \text{ kN}$$

$$Vrd,max = 557.7 \text{ kN}$$

$Vrd,max > Ved \Rightarrow$  Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkkrefter i trykkdiagonalen

$$Asw := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{B\oyle\_O}{2} \right)^2 = 226.2 \text{ mm}^2$$

NA.6.2.3.(3)

$$S_{b\oyleavstand} := \frac{\left( Asw \cdot z_v \cdot fyd \cdot \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} \right)}{Ved} = 376.5 \text{ mm}$$

$$S_{b\oyleavstand} := 200 \text{ mm}$$

$$Si,max := 0.6 \cdot h' = 209.4 \text{ mm}$$

## Forankring

Standarden har 3 krav til forankring der krav 1 er Må-krav og krav 2 og 3 er bør krav.

$$Krav_1 := 0.5 \cdot Ved \cdot \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} = 301.3 \text{ kN}$$

Skjærkraft tatt opp i  
lengdearmring.  
9.2.1.4

$$Krav_2 := 0.25 \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal_jernUK \cdot f_{yd} = 213.4 \text{ kN}$$

25% av armering i felt.  
9.2.1.4

$$Krav_3 := \frac{(0.15 \cdot MedUK)}{z_{UK}} = 92.3 \text{ kN}$$

15% av feltmomentet

### Forankrer for krav 1

$$\emptyset_{forankringsjern} := 16 \text{ mm}$$

$$B_{forankring} := \frac{Bredde_{Bjelke}}{2} - Overdekning - 15 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$f_{ctm} := 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \cdot \left( \frac{\text{mm}^{\frac{4}{3}}}{N^{\frac{2}{3}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 3.2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$f_{ctk} := 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$f_{ctd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ctk}}{1.5} = 1.3 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$\eta_{1UK} := 1 \quad \text{Utstøpingsforhold og hydrostatisk poretrykk i UK}$$

8.4.2.(2)

$$\eta_{1OK} := 0.7 \quad \text{Reduksjonsfaktor, lavere hydrostatisk poretrykk i OK}$$

8.4.2.(2)

$$\eta_2 := 1 \quad \emptyset 32 \text{ eller mindre}$$

8.4.2.(2)

$$f_{bdOK} := \eta_2 \cdot \eta_{1OK} \cdot 2.25 \cdot f_{ctd} = 2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

8.4.2.(2)

$$f_{bdUK} := \eta_2 \cdot \eta_{1UK} \cdot 2.25 \cdot f_{ctd} = 2.9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

8.4.2.(2)

$$srd := \frac{(4 \cdot B_{forankring} \cdot f_{bdUK} \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal_jernUK)}{Diameter_{UK}}$$

8.4.3.(2)

$$srd = 135 \text{ kN}$$

$$\Delta ftd := Krav_1 - srd = 166.3 \text{ kN}$$

$$as_{n\emptyset forankringsjern} := \frac{\Delta ftd}{f_{yd}} = 382.4 \text{ mm}^2$$

$$Areal\_forankringsjern := \pi \cdot \left( \frac{\varnothing\_forankringsjern}{2} \right)^2 = 201.1 \text{ mm}^2$$

$$fsdjern := \frac{as\_n\ddot{o}dforankringsjern}{Areal\_forankringsjern} = 1.902$$

Velger 2  $\varnothing$  16 i forankringsbøyler.

$$Forankringslengde := 50 \cdot \varnothing\_forankringsjern = 800 \text{ mm}$$

$$ftb := fyd \cdot Areal\_forankringsjern = 87.4 \text{ kN} \quad 8.3.(3)$$

$$ab := Overdekning + \frac{\varnothing\_forankringsjern}{2} = 43 \text{ mm} \quad 8.3.(3)$$

Regner ut minste dordiameter jernet kan bøyes om for å unngå bøyeriss i stang eller brudd i betongen der jernet bøyes.

$$Dordiameter := \frac{ftb \cdot \left( \frac{1}{ab} + \frac{1}{2 \cdot \varnothing\_forankringsjern} \right)}{fcd} = 240.2 \text{ mm} \quad 8.3.(1)$$

240 > 160 Ok

Tabell 8.1N(c)

Tabell 8.1N(c)

## Rissviddekontroll

Eksponeringsklasse XC3, kontrollerer for tilnærmet permanent

Tab 7.1N

$$c_{mindur} := 25 \text{ mm}$$

$$k_c := \frac{Overdekning}{c_{mindur}} = 1.4 \quad NA.7.3.1.(5)$$

Tab 7.1N

$$W_{max} := (0.3 \cdot \text{mm}) \cdot k_c = 0.4 \text{ mm}$$

Kryptallet vil settes forenklet til 2,4.

Figur 3.1

$$\phi_{\infty to} := 2.4$$

Tab 3.1

$$E_{cm} := 34000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

3.2.7.(4)

$$E_{st\ddot{a}l} := 200000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$E_{effbetong} := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_{\infty to}} = 10000 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad 7.4.3.(5)$$

$$r1 := \frac{Est\ddot{a}l}{E_{effbetong}} \cdot \frac{(BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{Bredde\_Bjelke \cdot d} = 0.2$$

$$\alpha := (r1^2 + 2 \cdot r1)^{\frac{1}{2}} - r1 = 0.5$$

$$\sigma_s := \frac{Karakteristisk\_Med}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK} = 223.3 \frac{N}{mm^2} \quad 7.3.4(2)$$

$$kt := 0.4 \quad \text{Langtidslast} \quad 7.3.4(2)$$

$$f_{ct,eff1} := f_{ctm} = 3.2 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Tab 3.1}$$

$$\alpha_e := \frac{Est\ddot{a}l}{E_{cm}} = 5.9 \quad 7.3.4(2)$$

7.3.4(6)

$$h_{ceff1} := 2.5 \cdot (H\ddot{o}yde\_Bjelke - d) = 220 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h_{ceff2} := H\ddot{o}yde\_Bjelke - \frac{(\alpha \cdot d)}{3} = 432.4 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h_{ceff3} := \frac{H\ddot{o}yde\_Bjelke}{2} = 250 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h_{ceff} := \min(h_{ceff1}, h_{ceff2}, h_{ceff3}) = 220 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$A_{c,eff} := Bredde\_Bjelke \cdot h_{ceff} = 88000 \text{ mm}^2 \quad 7.3.2(3)$$

$$\rho \cdot p_{eff} := \frac{(BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{A_{c,eff}} = 2.2 \cdot 10^{-2} \quad 7.3.2(3)$$

$$\varepsilon_{sm\_ecm} := \frac{\left(\sigma_s - kt \cdot \frac{f_{ct,eff1}}{\rho \cdot p_{eff}} \cdot (1 \cdot \alpha_e \cdot \rho \cdot p_{eff})\right)}{Est\ddot{a}l} = 1.1 \cdot 10^{-3} \quad 7.3.4(2)$$

$$k1 := 0.6 \quad \text{Lengdearmring med god heft} \quad NA.7.2(2)$$

$$k2 := 0.45 \quad \text{B\dd{o}ying} \quad NA.7.2(3)$$

$$k3 := 0.8 \quad \text{Spenningsvariabel} \quad NA.7.2(5)$$

$$k4 := 1 \quad \text{Spenningbegrensing} \quad NA.7.2(5)$$

$$Sr.Max := k3 \cdot Overdekning + k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 \cdot \frac{Diameter\_UK}{\rho \cdot p_{eff}} = 270 \text{ mm} \quad 7.3.4(2)$$

$$Wk := Sr.Max \cdot \epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm} = 0.3 \text{ mm} \quad 7.3.4(2)$$

$$Wmax = 0.4 \text{ mm}$$

Dersom  $Wk < Wmax$  vil  
risskontoll være ok

## Nedbøyning

$$n_f := \frac{E_{stål}}{E_{effbetong}} = 20 \quad 7.4.3.(6)$$

$$I_{tv.sn.risset} := \frac{1}{2} \cdot \alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d^3 = (2.8 \cdot 10^9) \text{ mm}^4 \quad 7.4.3.(6)$$

$$nedbøying := \frac{Karakteristisk\_Med \cdot Spennvidde^2}{E_{effbetong} \cdot I_{tv.sn.risset} \cdot n_f} = 11.3 \text{ mm}$$

$$Krav := \frac{Spennvidde}{250} = 26 \text{ mm} \quad 7.4.1.(4)$$

$$Tilatt\_overhøyde := \frac{Spennvidde}{250} = 26 \text{ mm} \quad 7.4.1.(4)$$

OK, ikke nødvendig med støpning av overhøyde.

## Max og min krav- Armering

$$As.minLengde1 := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d = 275.081 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(1)$$

$$Asminlengde2 := 0.0013 \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d = 214.24 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(1)$$

$$As.maxlengde := 0.04 \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d = 6592 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(3)$$

$$Asbrukt := BruktantalljernOK \cdot Areal\_jernOK + BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK$$

$$Asbrukt = 4376.2 \text{ mm}^2$$

OK

$$Si.max := 0.6 \cdot h' = 209.4 \text{ mm} \quad NA.9.2.2.(6)$$

$$Sbøyleavstand = 200 \text{ mm}$$

OK

## Bjelke 450x600

$$MedOK := 584 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$MedUK := 328 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ved := 285 \text{ kN}$$

$$Karakteristisk\_Med := 251 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Bredde\_Bjelke := 450 \text{ mm}$$

$$Høyde\_Bjelke := 600 \text{ mm}$$

$$Spennvidde := 10.25 \text{ m}$$

### Input

$$Bøyle\_Ø := 12 \text{ mm}$$

$$Største\_Ø := 32 \text{ mm}$$

$$c\_min := 25 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N Krav til minste overdekning  
NA.4.4.1.3

$$f_{ck} := 35 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

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

Tabell 3.1

$$Diameter\_OK := 32 \text{ mm}$$

$$Diameter\_UK := 32 \text{ mm}$$

### Generelt

$$Overdekning := c\_min + 10 \text{ mm}$$

Tabell NA4.4N  
NA.4.4.1.3

$$f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} = 19.8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

3.1.6.(1) Formel 1.15

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 435 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Figur 3.8

$$Areal\_jernOK := \pi \cdot \left( \frac{Diameter\_OK}{2} \right)^2 = 804.2 \text{ mm}^2$$

$$Areal\_jernUK := \pi \cdot \left( \frac{Diameter\_UK}{2} \right)^2 = 804 \text{ mm}^2$$

$$d := Høyde\_Bjelke - Overdekning - Bøyle\_Ø - Diameter\_UK - \frac{32 \text{ mm}}{2} = 505 \text{ mm}$$

$$h' := d - Overdekning - Bøyle\_Ø - \frac{Diameter\_OK}{2} = 442 \text{ mm}$$

$$M_{cd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d^2 = 625.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$z_{UK} := \left( 1.0 - 0.17 \cdot \frac{MedUK}{M_{cd}} \right) \cdot d = 460 \text{ mm}$$

$$z_{OK} := \left( 1.0 - 0.17 \cdot \frac{MedOK}{M_{cd}} \right) \cdot d = 424.9 \text{ mm}$$

### Strekkarmering

$$aswOK := \frac{MedOK}{fyd \cdot zOK} = 3161.2 \text{ mm}^2$$

$$aswUK := \frac{MedUK}{fyd \cdot zUK} = 1640 \text{ mm}^2$$

$$AntalljernOK := \frac{aswOK}{Areal\_jernOK} = 3.9$$

$$BruktantalljernOK := 4$$

$$BruktantalljernUK := 3$$

$$AntalljernUK := \frac{aswUK}{Areal\_jernUK} = 2$$

### Trykkarmering

$$\Delta MedOK := MedOK - Mcd = -41.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta MedUK := MedUK - Mcd = -297.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Skjærarmering

$$\alpha_{cw} := 1 \cdot \frac{1}{N}$$

NA.6.2.3(3)

$$v1 := 0.6 \cdot \left( 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}^2} \frac{N}{\text{mm}^2} - \frac{fcd}{250} \right) = 0.6 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NA.6.2.2(6)

$$\theta_{grader} := 21.8 \quad \text{Mest konservativt}$$

NA.6.2.3(2)

$$\theta_{radian} := \frac{(\theta_{grader} \cdot \pi)}{180} = 0.4$$

$$zv := zUK = 460 \text{ mm}$$

$$Vrd,max := \alpha_{cw} \cdot Bredde\_Bjelke \cdot zv \cdot v1 \cdot fcd \cdot \frac{1}{\left( \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} \right) + (\tan(\theta_{radian}))}$$

$$Ved = 285 \text{ kN}$$

$$Vrd,max = 782 \text{ kN}$$

Vrd,max > Ved => Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkkrefter i trykkdiagonalen

$$Asw := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{B\oyle\_O}{2} \right)^2 = 226.2 \text{ mm}^2$$

NA.6.2.3(3)

$$S_{b\oyleavstand} := \frac{\left( Asw \cdot zv \cdot fyd \cdot \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} \right)}{Ved} = 396.9 \text{ mm}$$

$$S_{b\oyleavstand} := 250 \text{ mm}$$

$$Si,max := 0.6 \cdot h' = 265.2 \text{ mm}$$



## Forankring

Standarden har 3 krav til forankring der krav 1 er Må-krav og krav 2 og 3 er bør krav.

$$Krav_1 := 0.5 \cdot Ved \cdot \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} = 356.3 \text{ kN}$$

Skjærkraft tatt opp i  
lengdearmring.  
9.2.1.4

$$Krav_2 := 0.25 \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal_jernUK \cdot f_{yd} = 262.3 \text{ kN} \quad 25\% \text{ av armering i felt.}$$

9.2.1.4

$$Krav_3 := \frac{(0.15 \cdot MedUK)}{zUK} = 107 \text{ kN}$$

15% av feltmomentet

## Forankrer for krav 1

$$\emptyset_{forankringsjern} := 16 \text{ mm}$$

$$B_{forankring} := \frac{Bredde_{Bjelke}}{2} - Overdekning - 15 \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$f_{ctm} := 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \cdot \left( \frac{\text{mm}^{\frac{4}{3}}}{N^{\frac{2}{3}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 3.2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$f_{ctk} := 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$f_{ctd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ctk}}{1.5} = 1.3 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$\eta_{1UK} := 1 \quad \text{Utstøpingsforhold og hydrostatisk poretrykk i UK}$$

8.4.2.(2)

$$\eta_{1OK} := 0.7 \quad \text{Reduksjonsfaktor, lavere hydrostatisk poretrykk i OK}$$

8.4.2.(2)

$$\eta_2 := 1 \quad \emptyset 32 \text{ eller mindre}$$

8.4.2.(2)

$$f_{bdOK} := \eta_2 \cdot \eta_{1OK} \cdot 2.25 \cdot f_{ctd} = 2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

8.4.2.(2)

$$f_{bdUK} := \eta_2 \cdot \eta_{1UK} \cdot 2.25 \cdot f_{ctd} = 2.9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

8.4.2.(2)

$$srd := \frac{(4 \cdot B_{forankring} \cdot f_{bdUK} \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal_jernUK)}{Diameter_{UK}}$$

8.4.3.(2)

$$srd = 151.2 \text{ kN}$$

$$\Delta f_{td} := Krav_1 - srd = 205.1 \text{ kN}$$

$$as_{n\ddot{o}dforankringsjern} := \frac{\Delta f_{td}}{f_{yd}} = 471.7 \text{ mm}^2$$

$$Areal\_forankringsjern := \pi \cdot \left( \frac{\emptyset\_forankringsjern}{2} \right)^2 = 201.1 \text{ mm}^2$$

$$fsdjern := \frac{as\_n\oedforankringsjern}{Areal\_forankringsjern} = 2.346$$

Velger 3 Ø 16 i forankringsbøyer.

$$Forankringslengde := 50 \cdot \emptyset\_forankringsjern = 800 \text{ mm}$$

$$ftb := fyd \cdot Areal\_forankringsjern = 87.4 \text{ kN} \quad 8.3.(3)$$

$$ab := Overdekning + \frac{\emptyset\_forankringsjern}{2} = 43 \text{ mm} \quad 8.3.(3)$$

Regner ut minste dordiameter jernet kan bøyes om for å unngå bøyeriss i stang eller brudd i betongen der jernet bøyes.

$$Dordiameter := \frac{ftb \cdot \left( \frac{1}{ab} + \frac{1}{2 \cdot \emptyset\_forankringsjern} \right)}{fcd} = 240.2 \text{ mm} \quad 8.3.(1)$$

Tabell 8.1N(c)

241 > 160 Ok

Tabell 8.1N(c)

## Rissviddekontroll

Eksponeringsklasse XC3, kontrollerer for tilnærmet permanent

Tab 7.1N

$$c_{mindur} := 25 \text{ mm}$$

$$kc := \frac{Overdekning}{c_{mindur}} = 1.4 \quad NA.7.3.1.(5)$$

$$W_{max} := (0.3 \cdot \text{mm}) \cdot kc = 0.4 \text{ mm} \quad \text{Tab 7.1N}$$

Kryptallet vil settes forenklet til 2,4.

$$\phi_{ooto} := 2.4 \quad \text{Figur 3.1}$$

$$E_{cm} := 34000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{Tab 3.1}$$

$$E_{st\aal} := 200000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad 3.2.7.(4)$$

$$E_{effbetong} := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_{ooto}} = 10000 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad 7.4.3.(5)$$

$$r1 := \frac{Est\acute{a}l}{Eeffbetong} \cdot \frac{(BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{Bredde\_Bjelke \cdot d} = 0.2$$

$$\alpha := (r1^2 + 2 \cdot r1)^{\frac{1}{2}} - r1 = 0.5$$

$$\sigma_s := \frac{Karakteristisk\_Med}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK} = 244.6 \frac{N}{mm^2} \quad 7.3.4(2)$$

$$kt := 0.4 \quad \text{Langtidslast} \quad 7.3.4(2)$$

$$fct.eff1 := fctm = 3.2 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Tab 3.1}$$

$$\alpha e := \frac{Est\acute{a}l}{Ecm} = 5.9 \quad 7.3.4(2) \quad 7.3.4(6)$$

$$h.ceff1 := 2.5 \cdot (H\ddot{o}yde\_Bjelke - d) = 237.5 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h.ceff2 := H\ddot{o}yde\_Bjelke - \frac{(\alpha \cdot d)}{3} = 520.4 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h.ceff3 := \frac{H\ddot{o}yde\_Bjelke}{2} = 300 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h.ceff := \min(h.ceff1, h.ceff2, h.ceff3) = 237.5 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$Ac.eff := Bredde\_Bjelke \cdot h.ceff = 106875 \text{ mm}^2 \quad 7.3.2(3)$$

$$\rho.p.eff := \frac{(BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{Ac.eff} = 2.3 \cdot 10^{-2} \quad 7.3.2(3)$$

$$\varepsilon_{sm\_ecm} := \frac{\left(\sigma_s - kt \cdot \frac{fct.eff1}{\rho.p.eff} \cdot (1 \cdot \alpha e \cdot \rho.p.eff)\right)}{Est\acute{a}l} = 1.2 \cdot 10^{-3} \quad 7.3.4(2)$$

$$k1 := 0.6 \quad \text{Lengdearmring med god heft} \quad \text{NA.7.2(2)}$$

$$k2 := 0.45 \quad \text{B\dd{o}ying} \quad \text{NA.7.2(3)}$$

$$k3 := 0.8 \quad \text{Spenningsvariabel} \quad \text{NA.7.2(5)}$$

$$k4 := 1 \quad \text{Spenningsbegrensing} \quad \text{NA.7.2(5)}$$

$$Sr.Max := k3 \cdot Overdekning + k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 \cdot \frac{Diameter\_UK}{\rho \cdot p_{eff}} = 334.2 \text{ mm} \quad 7.3.4(2)$$

$$Wk := Sr.Max \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.4 \text{ mm}$$

$$W_{max} = 0.4 \text{ mm}$$

Dersom  $Wk < W_{max}$  vil  
risskontroll være ok

### Nedbøyning

$$n_f := \frac{E_{stål}}{E_{effbetong}} = 20 \quad 7.4.3.(6)$$

$$I_{tv.sn.risset} := \frac{1}{2} \cdot \alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot Brekke\_Bjelke \cdot d^3 = (5.5 \cdot 10^9) \text{ mm}^4 \quad 7.4.3.(6)$$

$$nedbøying := \frac{Karakteristisk\_Med \cdot Spennvidde^2}{E_{effbetong} \cdot I_{tv.sn.risset} \cdot n_f} = 24.1 \text{ mm}$$

$$K_{rav} := \frac{Spennvidde}{250} = 41 \text{ mm} \quad 7.4.1.(4)$$

$$Tilatt\_overhøyde := \frac{Spennvidde}{250} = 41 \text{ mm} \quad 7.4.1.(4)$$

OK, ikke nødvendig med støpning av overhøyde.

### Max og min krav- Armering

$$As_{minLengde1} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot Brekke\_Bjelke \cdot d = 379.321 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(1)$$

$$As_{minlengde2} := 0.0013 \cdot Brekke\_Bjelke \cdot d = 295.425 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(1)$$

$$As_{maxlengde} := 0.04 \cdot Brekke\_Bjelke \cdot d = 9090 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(3)$$

$$As_{brukt} := BruktantalljernOK \cdot Areal\_jernOK + BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK$$

$$As_{brukt} = 5629.7 \text{ mm}^2$$

OK

$$S_{i,max} = 265.2 \text{ mm} \quad NA.9.2.2.(6)$$

$$S_{bøyleavstand} = 250 \text{ mm}$$

OK

## Bjelke 300x450

$$MedOK := 233 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Bredde\_Bjelke := 300 \text{ mm}$$

$$MedUK := 154 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Høyde\_Bjelke := 450 \text{ mm}$$

$$Ved := 210 \text{ kN}$$

$$Karakteristisk\_Med := 114 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Spennvidde := 6.5 \text{ m}$$

### Input

$$Bøyle\_Ø := 12 \text{ mm}$$

$$Største\_Ø := 32 \text{ mm}$$

$$c\_min := 25 \text{ mm}$$

$$fck := 35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$fyk := 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Diameter\_OK := 32 \text{ mm}$$

$$Diameter\_UK := 25 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N Krav til minste overdekning  
NA.4.4.1.3

Tabell 3.1

### Generelt

$$Overdekning := c\_min + 10 \text{ mm}$$

$$fcd := 0.85 \cdot \frac{fck}{1.5} = 19.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$fyd := \frac{fyk}{1.15} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tabell NA4.4N  
NA.4.4.1.3

3.1.6.(1) Formel 1.15

Figur 3.8

$$Areal\_jernOK := \pi \cdot \left( \frac{Diameter\_OK}{2} \right)^2 = 804.2 \text{ mm}^2$$

$$Areal\_jernUK := \pi \cdot \left( \frac{Diameter\_UK}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

$$d := Høyde\_Bjelke - Overdekning - Bøyle\_Ø - \frac{Diameter\_UK}{2} = 390.5 \text{ mm}$$

$$h' := d - Overdekning - Bøyle\_Ø - \frac{Diameter\_OK}{2} = 327.5 \text{ mm}$$

$$Mcd := 0.275 \cdot fcd \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d^2 = 249.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$zUK := \left( 1.0 - 0.17 \cdot \frac{MedUK}{Mcd} \right) \cdot d = 349.5 \text{ mm}$$

$$zOK := \left( 1.0 - 0.17 \cdot \frac{MedOK}{Mcd} \right) \cdot d = 328.5 \text{ mm}$$

## Strekkarmering

$$aswOK := \frac{MedOK}{fyd \cdot zOK} = 1631.3 \text{ mm}^2$$

$$aswUK := \frac{MedUK}{fyd \cdot zUK} = 1013.4 \text{ mm}^2$$

$$AntalljernOK := \frac{aswOK}{Areal\_jernOK} = 2$$

$$BruktantalljernOK := 2$$

$$BruktantalljernUK := 3$$

$$AntalljernUK := \frac{aswUK}{Areal\_jernUK} = 2.1$$

## Trykkarmering

$$\Delta MedOK := MedOK - Mcd = -16.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta MedUK := MedUK - Mcd = -95.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Skjærarmering

$$\alpha_{cw} := 1 \cdot \frac{1}{N}$$

NA.6.2.3(3)

$$v1 := 0.6 \cdot \left( 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}^2} \frac{N}{\text{mm}^2} - \frac{fcd}{250} \right) = 0.6 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NA.6.2.2(6)

$$\theta_{grader} := 21.8 \quad \text{Mest konservativt}$$

NA.6.2.3(2)

$$\theta_{radian} := \frac{(\theta_{grader} \cdot \pi)}{180} = 0.4$$

$$zv := zUK = 349.5 \text{ mm}$$

$$Vrd,max := \alpha_{cw} \cdot Bredde\_Bjelke \cdot zv \cdot v1 \cdot fcd \cdot \frac{1}{\left( \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} \right) + (\tan(\theta_{radian}))}$$

$$Ved = 210 \text{ kN}$$

$$Vrd,max = 396.1 \text{ kN}$$

$Vrd,max > Ved \Rightarrow$  Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkkrefter i trykkdiagonalen

$$Asw := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{B\emptysetyle\_O}{2} \right)^2 = 226.2 \text{ mm}^2$$

NA.6.2.3.(3)

$$S_{b\emptyyleavstand} := \frac{\left( Asw \cdot zv \cdot fyd \cdot \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} \right)}{Ved} = 409.2 \text{ mm}$$

$$S_{b\emptyyleavstand} := 150 \text{ mm}$$

$$Si,max := 0.6 \cdot h' = 196.5 \text{ mm}$$

## Forankring

Standarden har 3 krav til forankring der krav 1 er Må-krav og krav 2 og 3 er bør krav.

$$Krav_1 := 0.5 \cdot Ved \cdot \frac{1}{\tan(\theta_{radian})} = 262.5 \text{ kN}$$

Skjærkraft tatt opp i lengdearmring.

9.2.1.4

$$Krav_2 := 0.25 \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK \cdot fyd = 160.1 \text{ kN} \quad 25\% \text{ av armering i felt.}$$

9.2.1.4

$$Krav_3 := \frac{(0.15 \cdot MedUK)}{zUK} = 66.1 \text{ kN}$$

15% av feltmomentet

## Forankrer for krav 1

$$\emptyset_{forankringsjern} := 16 \text{ mm}$$

$$B_{forankring} := \frac{Bredde\_Bjelke}{2} - Overdekning - 15 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$fctm := 0.3 \cdot fck^{\frac{2}{3}} \cdot \left( \frac{\text{mm}^{\frac{4}{3}}}{N^{\frac{2}{3}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 3.2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$fctk := 0.7 \cdot fctm = 2.2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$fctd := 0.85 \cdot \frac{fctk}{1.5} = 1.3 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

TAB 3.1

$$\eta_{1UK} := 1 \quad \text{Utstøpingsforhold og hydrostatisk poretrykk i UK}$$

8.4.2.(2)

$$\eta_{1OK} := 0.7 \quad \text{Reduksjonsfaktor, lavere hydrostatisk poretrykk i OK}$$

8.4.2.(2)

$$\eta_2 := 1 \quad \emptyset 32 \text{ eller mindre}$$

8.4.2.(2)

$$fbdOK := \eta_2 \cdot \eta_{1OK} \cdot 2.25 \cdot fctd = 2 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

8.4.2.(2)

$$fbdUK := \eta_2 \cdot \eta_{1UK} \cdot 2.25 \cdot fctd = 2.9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

8.4.2.(2)

$$srd := \frac{(4 \cdot B_{forankring} \cdot fbdUK \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{Diameter\_UK}$$

8.4.3.(2)

$$srd = 67.5 \text{ kN}$$

$$\Delta ftd := Krav_1 - srd = 195 \text{ kN}$$

$$as_{\text{nødforankringsjern}} := \frac{\Delta ftd}{f_{yd}} = 448.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{areal\_forankringsjern}} := \pi \cdot \left( \frac{\varnothing_{\text{forankringsjern}}}{2} \right)^2 = 201.1 \text{ mm}^2$$

$$f_{sd\text{jern}} := \frac{as_{\text{nødforankringsjern}}}{A_{\text{areal\_forankringsjern}}} = 2.231$$

Velger 3 Ø16 i forankringsbøyer.

$$F_{\text{forankringslengde}} := 50 \cdot \varnothing_{\text{forankringsjern}} = 800 \text{ mm}$$

$$f_{tb} := f_{yd} \cdot A_{\text{areal\_forankringsjern}} = 87.4 \text{ kN} \quad \text{8.3.(3)}$$

$$ab := \text{Overdekning} + \frac{\varnothing_{\text{forankringsjern}}}{2} = 43 \text{ mm} \quad \text{8.3.(3)}$$

Regner ut minste dordiameter jernet kan bøyes om for å unngå bøyeriss i stang eller brudd i betongen der jernet bøyes.

$$D_{\text{ordiameter}} := \frac{f_{tb} \cdot \left( \frac{1}{ab} + \frac{1}{2 \cdot \varnothing_{\text{forankringsjern}}} \right)}{f_{cd}} = 240.2 \text{ mm} \quad \text{8.3.(1)} \quad \text{Tabell 8.1N(c)}$$

240 > 160 Ok

Tabell 8.1N(c)

## Rissviddekontroll

Eksponeringsklasse XC3, kontrollerer for tilnærmet permanent

Tab 7.1N

$$c_{\text{mindur}} := 25 \text{ mm}$$

$$k_c := \frac{\text{Overdekning}}{c_{\text{mindur}}} = 1.4 \quad \text{NA.7.3.1.(5)}$$

$$W_{\text{max}} := (0.3 \cdot \text{mm}) \cdot k_c = 0.4 \text{ mm} \quad \text{Tab 7.1N}$$

Kryptallet vil settes forenklet til 2,4.

$$\phi_{\text{oto}} := 2.4$$

Figur 3.1

$$E_{cm} := 34000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{Tab 3.1}$$

$$E_{\text{stål}} := 200000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{3.2.7.(4)}$$

$$E_{\text{effbetong}} := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_{\text{oto}}} = 10000 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{7.4.3.(5)}$$



$$r1 := \frac{Est\acute{a}l}{Eeffbetong} \cdot \frac{(BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{Bredde\_Bjelke \cdot d} = 0.3$$

$$\alpha := \left( r1^2 + 2 \cdot r1 \right)^{\frac{1}{2}} - r1 = 0.5$$

$$\sigma_s := \frac{Karakteristisk\_Med}{\left( 1 - \frac{\alpha}{3} \right) \cdot d \cdot BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK} = 238 \frac{N}{mm^2} \quad 7.3.4(2)$$

$$kt := 0.4 \quad \text{Langtidslast} \quad 7.3.4(2)$$

$$fct.eff1 := fctm = 3.2 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Tab 3.1}$$

$$\alpha e := \frac{Est\acute{a}l}{Ecm} = 5.9 \quad 7.3.4(2) \quad 7.3.4(6)$$

$$h.ceff1 := 2.5 \cdot (H\ddot{o}yde\_Bjelke - d) = 148.8 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h.ceff2 := H\ddot{o}yde\_Bjelke - \frac{(\alpha \cdot d)}{3} = 384.8 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h.ceff3 := \frac{H\ddot{o}yde\_Bjelke}{2} = 225 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$h.ceff := \min(h.ceff1, h.ceff2, h.ceff3) = 148.8 \text{ mm} \quad 7.3.2(3)$$

$$Ac.eff := Bredde\_Bjelke \cdot h.ceff = 44625 \text{ mm}^2 \quad 7.3.2(3)$$

$$\rho.p.eff := \frac{(BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK)}{Ac.eff} = 3.3 \cdot 10^{-2} \quad 7.3.2(3)$$

$$\varepsilon_{sm\_ecm} := \frac{\left( \sigma_s - kt \cdot \frac{fct.eff1}{\rho.p.eff} \cdot (1 \cdot \alpha e \cdot \rho.p.eff) \right)}{Est\acute{a}l} = 1.2 \cdot 10^{-3} \quad 7.3.4(2)$$

$$k1 := 0.6 \quad \text{Lengdearmring med god heft} \quad \text{NA.7.2(2)}$$

$$k2 := 0.45 \quad \text{B\dd{o}ying} \quad \text{NA.7.2(3)}$$

$$k3 := 0.8 \quad \text{Spenningsvariabel} \quad \text{NA.7.2(5)}$$

$$k4 := 1 \quad \text{Spenningsbegrensing} \quad \text{NA.7.2(5)}$$

$$Sr.Max := k3 \cdot Overdekning + k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 \cdot \frac{Diameter\_UK}{\rho \cdot p_{eff}} = 191.6 \text{ mm} \quad 7.3.4(2)$$

$$Wk := Sr.Max \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \varepsilon_{cm} = 0.2 \text{ mm} \quad 7.3.4(2)$$

$$W_{max} = 0.4 \text{ mm}$$

Dersom  $Wk < W_{max}$  vil risskontroll være ok

### Nedbøyning

$$n_f := \frac{E_{stål}}{E_{effbetong}} = 20 \quad 7.4.3.(6)$$

$$I_{tv.sn.risset} := \frac{1}{2} \cdot \alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d^3 = (1.9 \cdot 10^9) \text{ mm}^4 \quad 7.4.3.(6)$$

$$nedbøying := \frac{Karakteristisk\_Med \cdot Spennvidde^2}{E_{effbetong} \cdot I_{tv.sn.risset} \cdot n_f} = 12.9 \text{ mm}$$

$$Krav := \frac{Spennvidde}{250} = 26 \text{ mm} \quad 7.4.1.(4)$$

$$Tilatt\_overhøyde := \frac{Spennvidde}{250} = 26 \text{ mm} \quad 7.4.1.(4)$$

OK, ikke nødvendig med støpning av overhøyde.

### Max og min krav- Armering

$$As_{minLengde1} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d = 195.544 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(1)$$

$$As_{minlengde2} := 0.0013 \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d = 152.295 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(1)$$

$$As_{maxlengde} := 0.04 \cdot Bredde\_Bjelke \cdot d = 4686 \text{ mm}^2 \quad NA.9.2.1.1.(3)$$

$$As_{brukt} := BruktantalljernOK \cdot Areal\_jernOK + BruktantalljernUK \cdot Areal\_jernUK$$

$$As_{brukt} = 3081.1 \text{ mm}^2$$

OK

$$Si_{max} := 0.6 \cdot h' = 196.5 \text{ mm} \quad NA.9.2.2.(6)$$

$$Sbøyleavstand = 150 \text{ mm}$$

OK

## **Søyle 240x800**

All beregning i henhold til "NS-EN 1992 Prosjektering av betongkonstruksjoner" og "NS-EN 1993 Prosjektering av stål Konstruksjoner"

Moment om sterk akse vil bli omtalt som Medy  
Moment om svak akse vil bli omtalt som Medz

$$Medy := 63 \cdot \mathbf{kN} \cdot \mathbf{m}$$

$$Medz := 4.2 \cdot \mathbf{kN} \cdot \mathbf{m}$$

$$Ned := 917 \mathbf{kN}$$

$$b := 240 \mathbf{mm}$$

$$by := b$$

$$bz := h$$

$$L := 6.5 \mathbf{m}$$

$$h := 800 \mathbf{mm}$$

$$hy := h$$

$$hz := b$$

## Knekk lengder

$$\beta a := 1$$

$$L0y := L \cdot \beta a = 6.5 \mathbf{m}$$

$$L0z := L \cdot \beta a = 6.5 \mathbf{m}$$

Fig.5.7

Fig.5.7

Fig.5.7

Generelt

$$c := 35 \mathbf{mm}$$

Største  $\emptyset + \Delta dev$

Tabell NA4.4N

NA.4.4.1.3

$$av := 25 \mathbf{mm}$$

8.2.(2)

$$b\emptyset yle := 12 \mathbf{mm}$$

$$fck := 35 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2} \quad fcd := 0.85 \cdot \frac{fck}{1.5} = 19.833 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$fyk := 500 \cdot \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$fyd := \frac{fyk}{1.15} = 434.783 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$diameter := 25 \mathbf{mm}$$

Tab.3.1

3.2.6.(1)

3.2.2.(3)

Figur 3.8

$$Ajern := \pi \cdot \left( \frac{diameter}{2} \right)^2 = 490.874 \mathbf{mm}^2$$

$$dy := hy - c - b\emptyset yle - \frac{diameter}{2} = 740.5 \mathbf{mm}$$

$$dz := hz - c - b\emptyset yle - \frac{diameter}{2} = 180.5 \mathbf{mm}$$

## Forhåndsdimensjonering for videre bergenginger

$$\sigma_c := \frac{N_{ed}}{b \cdot h} = 4.776 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_{s_y} := \frac{M_{edy}}{f_{yd} \cdot d_y} = 195.679 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_z} := \frac{M_{edz}}{f_{yd} \cdot d_z} = 802.77 \text{ mm}^2$$

$$a_{s_{min}} := 0.01 \cdot b \cdot h = 1920 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(2)

Må minst armere for  $a_{s_{min}}$

Prøver med 4 Ø25. Legger ett jern i hvert hjørne og om z-akse

$$Antall.jern.tot := 4$$

$$Antall.jern.om.y := 4$$

$$Antall.jern.om.z := 4$$

$$A_{s.eff.y} := Antall.jern.om.y \cdot A_{jern} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.eff.z} := Antall.jern.om.z \cdot A_{jern} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

$$A_{stot} := Antall.jern.tot \cdot A_{jern} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

## Sjekker om søylen er slank om begge akser

$$k_a := 1.0$$

NA.5.8.3.1.(1)

$$n := \frac{N_{ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.241$$

5.8.3.1.(1)

NA.5.8.3.1

$$\omega_y := \frac{(A_{s.eff.y} \cdot f_{yd})}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.224$$

5.8.3.1.(1)

$$\omega_z := \frac{(A_{s.eff.z} \cdot f_{yd})}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.224$$

5.8.3.1.(1)

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b_y \cdot h_y^3 = 10240000000 \text{ mm}^4$$

5.8.3.2.(1)

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot b_z \cdot h_z^3 = 921600000 \text{ mm}^4$$

5.8.3.2.(1)

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{b_y \cdot h_y}} = 230.94 \text{ mm}$$

5.8.3.2.(1)

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{b_z \cdot h_z}} = 69.282 \text{ mm}$$

5.8.3.2.(1)

$$\lambda_y := \frac{L_{0y}}{i_y} = 28.146$$

5.8.3.2.(1)  
NA.5.8.3.1

$$\lambda_z := \frac{L_{0z}}{i_z} = 93.819$$

5.8.3.2.(1)  
NA.5.8.3.1

$$\phi_{\infty to} := 2.4 \quad \text{Kryptall}$$

Fig 3.1  
5.8.8.3.(4)

$$A_\varphi := \frac{1.25}{(1 + 0.2 \cdot \phi_{\infty to})} = 0.845$$

NA.5.8.3.1

$$\lambda_{ny} := \frac{\lambda_y \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega_y}} \right)}{A_\varphi} = 13.588$$

5.8.3.1.(1)  
NA.5.8.3.1

$$\lambda_{nz} := \frac{\lambda_z \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega_z}} \right)}{A_\varphi} = 45.294$$

5.8.3.1.(1)

Hvis  $\lambda_{ny}$  og  $\lambda_{nz} > 13$  betraktes søylen som slank og det må ta hensyn til 2.ordensmomenter. Dette gjøre om begge akser.

5.8.3.1.(1)  
5.8.3.1.(1)

## Eksentrisitet om begge akser

$$MedSLS_y := 45 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{FEMdesign}$$

$$MedSLS_z := 2.6 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{FEMdesign}$$

$$\varphi_{effy} := \phi_{\infty to} \cdot \frac{MedSLS_y}{Med_y} = 1.714$$

5.8.4.2

$$\varphi_{effz} := \phi_{\infty to} \cdot \frac{MedSLS_z}{Med_z} = 1.486$$

5.8.4.2

$$\beta_y := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}} - \frac{\lambda_y}{150} = 0.337$$

5.8.8.3.(4)

$$\beta_z := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}} - \frac{\lambda_z}{150} = -0.1$$

5.8.8.3.(4)

$$k\varphi_y := \max(1 + \beta_y \cdot \varphi_{effy}, 1) = 1.578 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$k\varphi_z := \max(1 + \beta_z \cdot \varphi_{effz}, 1) = 1 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$n_{uy} := 1 + \omega_y = 1.224 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$n_{uz} := 1 + \omega_z = 1.224 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$n_{bal} := 0.4 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$k_{ry} := \min\left(\frac{(n_{uy} - n)}{n_{uy} - n_{bal}}, 1\right) = 1 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$k_{rz} := \min\left(\frac{(n_{uz} - n)}{n_{uz} - n_{bal}}, 1\right) = 1 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$Est\acute{a}l := 200000 \frac{N}{mm^2} \quad e_{yd} := \frac{f_{yd}}{Est\acute{a}l} = 0.002 \quad 5.8.8.3.(1) \quad 3.2.7.(2)$$

$$r_{0y} := \frac{(0.45 \cdot d_y)}{e_{yd}} = 153283.5 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_{0z} := \frac{(0.45 \cdot d_z)}{e_{yd}} = 37363.5 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_y := \frac{r_{0y}}{k_{ry} \cdot k\varphi_y} = 97117.312 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_z := \frac{r_{0z}}{k_{rz} \cdot k\varphi_z} = 37363.5 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$C := \pi^2 = 9.87 \quad 5.8.8.2.(3)$$

$$e_{2y} := \frac{1}{r_y} \cdot \frac{L_{0y}^2}{C} = 44.079 \text{ mm} \quad 5.8.8.2.(4) \quad 5.8.8.2.(3)$$

$$e_{2z} := \frac{1}{r_z} \cdot \frac{L_{0z}^2}{C} = 114.572 \text{ mm} \quad 5.8.8.2.(3)$$

$$M_{2edy} := e_{2y} \cdot N_{ed} = 40.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2edz} := e_{2z} \cdot N_{ed} = 105.063 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{edtoty} := M_{edy} + M_{2edy} = 103.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{edtotz} := M_{edz} + M_{2edz} = 109.263 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Momentkapasitet om begge akser

Bruker mn-diagrammer videre. Leser av et diagram basert på utregningene over.

$$h^y := dy - c - b\phiyle - \frac{\text{diameter}}{2} = 681 \text{ mm} \quad \text{mn - diagram (0.8)}$$

$$h^z := dz - c - b\phiyle - \frac{\text{diameter}}{2} = 121 \text{ mm} \quad \text{mn - diagram (0.8)}$$

$$h_0 := \frac{h^y}{h_y} = 0.851 \quad \text{mn - diagram (0.8)}$$

$$h_0 := \frac{h^z}{h_z} = 0.504 \quad \text{mn - diagram (0.7)}$$

$h_0$  er under 0.6, regner da moment som som bjelke til konservativ side.

## Utregning momenkapasitet

$$c_{min} := 25 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N

NA.4.4.1.3

$$\text{diameter} = 25 \text{ mm}$$

Tabell 3.1

$$\text{Overdekning} := c_{min} + 10 \text{ mm}$$

$$\text{Areal}_{jern} := \pi \cdot \left( \frac{\text{diameter}}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

$$M_{cdz} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot h \cdot dz^2 = 142.158 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cdy} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot dy^2 = 717.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$z_y := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{edtoty}}{M_{cdy}} \right) \cdot dy = 722.362 \text{ mm}$$

$$z_z := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{edtotoz}}{M_{cdz}} \right) \cdot dz = 156.916 \text{ mm}$$

$$M_{rdy} := A_{s,eff,y} \cdot f_{yd} \cdot z_y = 616.676 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{rdz} := A_{s,eff,z} \cdot f_{yd} \cdot z_z = 133.958 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Kombinert virkning

Kombinertvirkning av  $M_z$ ,  $M_y$  og  $N$

$$Utnyttelse := \frac{N_{ed}}{A_{stot} \cdot f_{yd} + f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.197$$

5.8.9.(4)

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$a := 1 + \frac{1.5 - 1}{0.7 - 0.1} \cdot Utnyttelse = 1.164$$

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$\left( \frac{M_{ed,ty}}{M_{rdy}} \right)^a + \left( \frac{M_{ed,tz}}{M_{rdz}} \right)^a = 0.914$$

5.8.9.(4)

## Skjærarmering

$$\alpha_{cw} := 1 \cdot \frac{1}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \quad \text{ingen forspenning}$$

NA.6.2.3.(3)

$$v_1 := 0.6 \cdot \left( 1 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - \frac{f_{cd}}{250} \right) = 0.552 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NA.6.2.2.(6)

$$\theta_{deg} := 21.8 \quad \text{Fagverksvinkel}$$

NA.6.2.3.(3)

$$\theta_{rad} := \frac{(\theta_{deg} \cdot \pi)}{180} = 0.38$$

NA.6.2.3.(3)

$$f_{cd} = 19.833 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$V_{rd,max,y} := \alpha_{cw} \cdot b_y \cdot z_y \cdot v_1 \cdot f_{cd} \left( \frac{1}{\left( \frac{1}{\tan(\theta_{rad})} \right) + (\tan(\theta_{rad}))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)  
NA.6.2.3.(3)

$$V_{rd,max,z} := \alpha_{cw} \cdot b_z \cdot z_z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \left( \frac{1}{\left( \frac{1}{\tan(\theta_{rad})} \right) + (\tan(\theta_{rad}))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)  
NA.6.2.3.(3)

$$V_{rd,max,y} = 654.93 \text{ kN}$$

$$V_{rd,max,z} = 474.226 \text{ kN}$$

$$V_{ed} := 9.7 \text{ kN}$$

Fra FEM-design

$V_{rd,max} > V_{ed} \Rightarrow$  Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkrefter i trykk diagonalen



$$A_{sw} := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{b_{\text{øyle}}}{2} \right)^2 = 226.195 \text{ mm}^2$$

NA.6.2.3.(3)

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \frac{\left( A_{sw} \cdot z_y \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{(\tan(\theta_{\text{rad}}))} \right)}{V_{\text{ed}}} = 18311 \text{ mm}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max1}} := 15 \cdot \text{diameter} = 375 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max2}} := b = 240 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max3}} := 400 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} := 200$$

Legger inn Ø12c200

## Max og Min krav

### Armering

$$\text{Ø}_{\text{min}} := 10 \cdot \text{mm} \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min1}} := \frac{0.2 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 1751.68 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min2}} := \frac{0.5 \cdot N_{\text{ed}}}{f_{yd}} = 1054.55 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min3}} := 0.01 \cdot b \cdot h = 1920 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.1.(1)}$$

$$A_{\text{min}} := \max(A_{\text{min1}}, A_{\text{min2}}, A_{\text{min3}}) = 1920 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{max}} := 0.08 \cdot b \cdot h = 15360 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(2)}$$

$$A_{\text{tot}} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

OK

$$A_{\text{s.max1}} := 0.04 \cdot b \cdot h = 7680 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(3)}$$

Beregninger med brutto betongtversnitt ok!

## **Søyle 240x450**

All beregning i henhold til "NS-EN 1992 Prosjektering av betongkonstruksjoner" og "NS-EN 1993 Prosjektering av stål Konstruksjoner"

Moment om sterk akse vil bli omtalt som Medy  
Moment om svak akse vil bli omtalt som Medz

$$\begin{aligned} Medy &:= 105 \cdot \mathbf{kN \cdot m} & b &:= 240 \mathbf{mm} & h &:= 450 \mathbf{mm} \\ Medz &:= 2.4 \cdot \mathbf{kN \cdot m} & by &:= b & hy &:= h \\ Ned &:= 223 \mathbf{kN} & bz &:= h & hz &:= b \\ & & L &:= 6.5 \mathbf{m} & & \end{aligned}$$

### Knekk lengder

$$\begin{aligned} \beta a &:= 1 & \text{Fig.5.7} \\ L0y &:= L \cdot \beta a = 6.5 \mathbf{m} & \text{Fig.5.7} \\ L0z &:= L \cdot \beta a = 6.5 \mathbf{m} & \text{Fig.5.7} \end{aligned}$$

Generelt

$$c := 35 \mathbf{mm} \quad \text{Største } \emptyset + \Delta dev \quad \text{Tabell NA4.4N} \\ \text{NA.4.4.1.3}$$

$$av := 25 \mathbf{mm} \quad \text{8.2.(2)}$$

$$b\text{øyle} := 12 \mathbf{mm}$$

$$fck := 35 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2} \quad fcd := 0.85 \cdot \frac{fck}{1.5} = 19.833 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2} \quad \text{Tab.3.1} \\ \text{3.2.6.(1)}$$

$$fyk := 500 \cdot \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2} \quad fyd := \frac{fyk}{1.15} = 434.783 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2} \quad \text{3.2.2.(3)} \\ \text{Figur 3.8}$$

$$diameter := 20 \mathbf{mm}$$

$$Ajern := \pi \cdot \left( \frac{diameter}{2} \right)^2 = 314.159 \mathbf{mm}^2$$

$$dy := hy - c - b\text{øyle} - \frac{diameter}{2} = 393 \mathbf{mm}$$

$$dz := hz - c - b\text{øyle} - \frac{diameter}{2} = 183 \mathbf{mm}$$

## Forhåndsdimensjonering for videre bergenginger

$$\sigma_c := \frac{Ned}{b \cdot h} = 2.065 \frac{N}{mm^2}$$

$$As_y := \frac{Medy}{fyd \cdot dy} = 614.504 \text{ mm}^2$$

$$As_z := \frac{Medz}{fyd \cdot dz} = 1319.672 \text{ mm}^2$$

$$as_{min} := 0.01 \cdot b \cdot h = 1080 \text{ mm}^2$$

Må minst armere for  $as_{min}$

NA.9.5.2.(2)

Prøver med 4 Ø20. Legger ett i hvert hjørne

$$Antall.jern.tot := 4$$

$$Antall.jern.om.y := 4$$

$$Antall.jern.om.z := 4$$

$$As_{eff.y} := Antall.jern.om.y \cdot Ajern = 1256.637 \text{ mm}^2$$

$$As_{eff.z} := Antall.jern.om.z \cdot Ajern = 1256.637 \text{ mm}^2$$

$$Astot := Antall.jern.tot \cdot Ajern = 1256.637 \text{ mm}^2$$

## Sjekker om søylen er slank om begge akser

$$ka := 1.0$$

NA.5.8.3.1.(1)

$$n := \frac{Ned}{fcd \cdot b \cdot h} = 0.104$$

5.8.3.1.(1)

NA.5.8.3.1

$$\omega_y := \frac{(As_{eff.y} \cdot fyd)}{fcd \cdot b \cdot h} = 0.255$$

5.8.3.1.(1)

$$\omega_z := \frac{(As_{eff.z} \cdot fyd)}{fcd \cdot b \cdot h} = 0.255$$

5.8.3.1.(1)

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot by \cdot hy^3 = 1822500000 \text{ mm}^4$$

5.8.3.2.(1)

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot bz \cdot hz^3 = 518400000 \text{ mm}^4$$

5.8.3.2.(1)

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{b_y \cdot h_y}} = 129.904 \text{ mm}$$

5.8.3.2.(1)

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{b_z \cdot h_z}} = 69.282 \text{ mm}$$

5.8.3.2.(1)

$$\lambda_{y0} := \frac{L_{0y}}{i_y} = 50.037$$

5.8.3.2.(1)  
NA.5.8.3.1

$$\lambda_{z0} := \frac{L_{0z}}{i_z} = 93.819$$

5.8.3.2.(1)  
NA.5.8.3.1

$$\phi_{\infty to} := 2.4 \quad \text{Kryptall}$$

Fig 3.1  
5.8.8.3.(4)

$$A\varphi := \frac{1.25}{(1 + 0.2 \cdot \phi_{\infty to})} = 0.845$$

NA.5.8.3.1

$$\lambda_{ny} := \frac{\lambda_y \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega_y}} \right)}{A\varphi} = 15.555$$

5.8.3.1.(1)  
NA.5.8.3.1

$$\lambda_{nz} := \frac{\lambda_z \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega_z}} \right)}{A\varphi} = 29.166$$

5.8.3.1.(1)

Hvis  $\lambda_{ny}$  og  $\lambda_{nz} > 13$  betraktes søylen som slank og det må ta hensyn til 2.ordensmomenter. Dette gjøres om begge akser.

5.8.3.1.(1)  
5.8.3.1.(1)

## Eksentrisitet om begge akser

$$MedSLS_y := 116 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{FEMdesign}$$

$$MedSLS_z := 1.7 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{FEMdesign}$$

$$\varphi_{effy} := \phi_{\infty to} \cdot \frac{MedSLS_y}{Med_y} = 2.651$$

5.8.4.2

$$\varphi_{effz} := \phi_{\infty to} \cdot \frac{MedSLS_z}{Med_z} = 1.7$$

5.8.4.2

$$\beta_y := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}} - \frac{\lambda_y}{150} = 0.191$$

5.8.8.3.(4)

$$\beta_z := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}} - \frac{\lambda_z}{150} = -0.1$$

5.8.8.3.(4)

$$k\varphi_y := \max(1 + \beta y \cdot \varphi_{effy}, 1) = 1.508 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$k\varphi_z := \max(1 + \beta z \cdot \varphi_{effz}, 1) = 1 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$n_{uy} := 1 + \omega_y = 1.255 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$n_{uz} := 1 + \omega_z = 1.255 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$n_{bal} := 0.4 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$k_{ry} := \min\left(\frac{(n_{uy} - n)}{n_{uy} - n_{bal}}, 1\right) = 1 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$k_{rz} := \min\left(\frac{(n_{uz} - n)}{n_{uz} - n_{bal}}, 1\right) = 1 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$E_{st\acute{a}l} := 200000 \frac{N}{mm^2} \quad e_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_{st\acute{a}l}} = 0.002 \quad 5.8.8.3.(1) \\ 3.2.7.(2)$$

$$r_{0y} := \frac{(0.45 \cdot d_y)}{e_{yd}} = 81351 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_{0z} := \frac{(0.45 \cdot d_z)}{e_{yd}} = 37881 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_y := \frac{r_{0y}}{k_{ry} \cdot k\varphi_y} = 53962.889 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_z := \frac{r_{0z}}{k_{rz} \cdot k\varphi_z} = 37881 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$C := \pi^2 = 9.87 \quad 5.8.8.2.(3) \\ 5.8.8.2.(4)$$

$$e_{2y} := \frac{1}{r_y} \cdot \frac{L_{0y}^2}{C} = 79.329 \text{ mm} \quad 5.8.8.2.(3)$$

$$e_{2z} := \frac{1}{r_z} \cdot \frac{L_{0z}^2}{C} = 113.007 \text{ mm} \quad 5.8.8.2.(3)$$

$$M_{2edy} := e_{2y} \cdot N_{ed} = 17.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2edz} := e_{2z} \cdot N_{ed} = 25.201 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{edtoty} := M_{edy} + M_{2edy} = 122.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{edtetz} := M_{edz} + M_{2edz} = 27.601 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Momentkapasitet om begge akser

Bruker mn-diagrammer videre. Leser av et diagram basert på utregningene over.

$$h^y := dy - c - b\phi_{yle} - \frac{\text{diameter}}{2} = 336 \text{ mm}$$

mn - diagram (0.8)

$$h^z := dz - c - b\phi_{yle} - \frac{\text{diameter}}{2} = 126 \text{ mm}$$

mn - diagram (0.8)

$$h_0 := \frac{h^y}{h_y} = 0.747$$

mn - diagram (0.8)

$$h_0 := \frac{h^z}{h_z} = 0.525$$

mn - diagram (0.7)

$h_0$  er under 0.6, regner da moment som som bjelke til konservativ side.

### Utregning momenkapasitet

$$c_{min} := 25 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N  
NA.4.4.1.3

$$\text{diameter} = 20 \text{ mm}$$

Tabell 3.1

$$\text{Overdekning} := c_{min} + 10 \text{ mm}$$

$$\text{Areal}_{jern} := \pi \cdot \left( \frac{\text{diameter}}{2} \right)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

$$M_{cdz} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot h \cdot dz^2 = 82.195 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cdy} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot dy^2 = 202.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$z_y := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{edtoty}}{M_{cdy}} \right) \cdot dy = 352.456 \text{ mm}$$

$$z_z := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{M_{edtotoz}}{M_{cdz}} \right) \cdot dz = 172.553 \text{ mm}$$

$$M_{rdy} := A_s \cdot \text{eff}.y \cdot f_{yd} \cdot z_y = 192.569 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{rdz} := A_s \cdot \text{eff}.z \cdot f_{yd} \cdot z_z = 94.277 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Kombinert virkning

Kombinertvirkning av Mz, My og N

$$Utnyttelse := \frac{Ned}{Astot \cdot f_{yd} + f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.083$$

5.8.9.(4)

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$a := 1 + \frac{1.5 - 1}{0.7 - 0.1} \cdot Utnyttelse = 1.069$$

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$\left(\frac{Medtoty}{Mrdy}\right)^a + \left(\frac{Medtotz}{Mrdz}\right)^a = 0.887$$

5.8.9.(4)

## Skjærarmering

$$\alpha_{cw} := 1 \cdot \frac{1}{\frac{N}{mm^2}} \quad \text{ingen forspenning}$$

NA.6.2.3.(3)

$$v_1 := 0.6 \cdot \left(1 \cdot \frac{N}{mm^2} - \frac{f_{cd}}{250}\right) = 0.552 \frac{N}{mm^2}$$

NA.6.2.2.(6)

$$\theta_{deg} := 21.8$$

Fagverksvinkel

NA.6.2.3.(3)

$$\theta_{rad} := \frac{(\theta_{deg} \cdot \pi)}{180} = 0.38$$

NA.6.2.3.(3)

$$f_{cd} = 19.833 \frac{N}{mm^2}$$

$$Vrd_{max,y} := \alpha_{cw} \cdot b_y \cdot z_y \cdot v_1 \cdot 19.83 \frac{N}{mm^2} \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{\tan(\theta_{rad})}\right) + (\tan(\theta_{rad}))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)  
NA.6.2.3.(3)

$$Vrd_{max,z} := \alpha_{cw} \cdot b_z \cdot z_z \cdot v_1 \cdot 19.83 \frac{N}{mm^2} \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{\tan(\theta_{rad})}\right) + (\tan(\theta_{rad}))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)  
NA.6.2.3.(3)

$$Vrd_{max,y} = 319.501 \text{ kN}$$

$$Vrd_{max,z} = 293.286 \text{ kN}$$

$$Ved := 2.71 \text{ kN}$$

Fra FEM-design

Vrd,max > Ved => Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkrefter i trykk diagonalen

$$A_{sw} := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{b_{\text{øyle}}}{2} \right)^2 = 226.195 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.6.2.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \frac{\left( A_{sw} \cdot z_y \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{(\tan(\theta_{\text{rad}}))} \right)}{V_{\text{ed}}} = 31979 \text{ mm}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max1}} := 15 \cdot \text{diameter} = 300 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max2}} := b = 240 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max3}} := 400 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \min(S_{\text{bøyleavstand.max1}}, S_{\text{bøyleavstand.max2}}, S_{\text{bøyleavstand.max3}})$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} = 240 \text{ mm}$$

OK!

Legger inn Ø12c200

## Max og Min krav Armering

$$\text{Ø}_{\text{min}} := 10 \cdot \text{mm} \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min1}} := \frac{0.2 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 985.32 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min2}} := \frac{0.5 \cdot N_{\text{ed}}}{f_{yd}} = 256.45 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min3}} := 0.01 \cdot b \cdot h = 1080 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.1.(1)}$$

$$A_{\text{min}} := \max(A_{\text{min1}}, A_{\text{min2}}, A_{\text{min3}}) = 1080 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{max}} := 0.08 \cdot b \cdot h = 8640 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(2)}$$

$$A_{\text{tot}} = 1256.637 \text{ mm}^2$$

OK

$$A_{\text{s.max1}} := 0.04 \cdot b \cdot h = 4320 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(3)}$$

Beregninger med brutto betongtversnitt  
ok!



## Søyle 400x400

All beregning i henhold til "NS-EN 1992 Prosjektering av betongkonstruksjoner" og "NS-EN 1993 Prosjektering av stål Konstruksjoner"

Moment om sterk akse vil bli omtalt som Medy  
Moment om svak akse vil bli omtalt som Medz

$$Medy := 168 \cdot \mathbf{kN \cdot m}$$

$$Medz := 2.9 \cdot \mathbf{kN \cdot m}$$

$$Ned := 574 \mathbf{kN}$$

$$b := 400 \mathbf{mm}$$

$$by := b$$

$$bz := h$$

$$L := 6.5 \mathbf{m}$$

$$h := 400 \mathbf{mm}$$

$$hy := h$$

$$hz := b$$

## Knekk lengder

$$\beta a := 1$$

$$L0y := L \cdot \beta a = 6.5 \mathbf{m}$$

$$L0z := L \cdot \beta a = 6.5 \mathbf{m}$$

Fig.5.7

Fig.5.7

Fig.5.7

Generelt

$$c := 35 \mathbf{mm}$$

Største Ø + Δdev

Tabell NA4.4N

NA.4.4.1.3

$$av := 25 \mathbf{mm}$$

8.2.(2)

$$b\oyle := 12 \mathbf{mm}$$

$$fck := 35 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$fyk := 500 \cdot \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

Tab.3.1

3.2.6.(1)

3.2.2.(3)

Figur 3.8

$$fcd := 0.85 \cdot \frac{fck}{1.5} = 19.833 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$fyd := \frac{fyk}{1.15} = 434.783 \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$diameter := 25 \mathbf{mm}$$

$$Ajern := \pi \cdot \left( \frac{diameter}{2} \right)^2 = 490.874 \mathbf{mm}^2$$

$$dy := hy - c - b\oyle - \frac{diameter}{2} = 340.5 \mathbf{mm}$$

$$dz := hz - c - b\oyle - \frac{diameter}{2} = 340.5 \mathbf{mm}$$

## Forhåndsdimensjonering for videre bergenginger

$$\sigma_c := \frac{N_{ed}}{b \cdot h} = 3.588 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_{s_y} := \frac{M_{edy}}{f_{yd} \cdot d_y} = 1134.802 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_z} := \frac{M_{edz}}{f_{yd} \cdot d_z} = 1134.802 \text{ mm}^2$$

$$a_{s_{min}} := 0.01 \cdot b \cdot h = 1600 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(2)

Må minst armere for  $a_{s_{min}}$

Prøver med 4 Ø25. Legger ett i hvert hjørne

$$Antall.jern.tot := 4$$

$$Antall.jern.om.y := 4$$

$$Antall.jern.om.z := 4$$

$$A_{s_{eff.y}} := Antall.jern.om.y \cdot A_{jern} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{eff.z}} := Antall.jern.om.z \cdot A_{jern} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

$$A_{stot} := Antall.jern.tot \cdot A_{jern} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

## Sjekker om søylen er slank om begge akser

$$ka := 1.0 \quad \text{NA.5.8.3.1.(1)}$$

$$n := \frac{Ned}{fcd \cdot b \cdot h} = 0.181 \quad \begin{array}{l} 5.8.3.1.(1) \\ \text{NA.5.8.3.1} \end{array}$$

$$\omega_y := \frac{(As.eff.y \cdot fyd)}{fcd \cdot b \cdot h} = 0.269 \quad 5.8.3.1.(1)$$

$$\omega_z := \frac{(As.eff.z \cdot fyd)}{fcd \cdot b \cdot h} = 0.269 \quad 5.8.3.1.(1)$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot by \cdot hy^3 = 2133333333.333 \text{ mm}^4 \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot bz \cdot hz^3 = 2133333333.333 \text{ mm}^4 \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{by \cdot hy}} = 115.47 \text{ mm} \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{bz \cdot hz}} = 115.47 \text{ mm} \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$\lambda_y := \frac{L0y}{i_y} = 56.292 \quad \begin{array}{l} 5.8.3.2.(1) \\ \text{NA.5.8.3.1} \end{array}$$

$$\lambda_z := \frac{L0z}{i_z} = 56.292 \quad \begin{array}{l} 5.8.3.2.(1) \\ \text{NA.5.8.3.1} \end{array}$$

$$\phi_{\infty to} := 2.4 \quad \text{Kryptall} \quad \begin{array}{l} \text{Fig 3.1} \\ 5.8.8.3.(4) \end{array}$$

$$A\varphi := \frac{1.25}{(1 + 0.2 \cdot \phi_{\infty to})} = 0.845 \quad \text{NA.5.8.3.1}$$

$$\lambda_{ny} := \frac{\lambda_y \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot ka \cdot \omega_y}} \right)}{A\varphi} = 22.856 \quad \begin{array}{l} 5.8.3.1.(1) \\ \text{NA.5.8.3.1} \end{array}$$

$$\lambda_{nz} := \frac{\lambda_z \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot ka \cdot \omega_z}} \right)}{A\varphi} = 22.856 \quad 5.8.3.1.(1)$$

Hvis  $\lambda_{ny}$  og  $\lambda_{nz} > 13$  betraktes søylen som slank og det må ta hensyn til 2.ordensmomenter. Dette gjøres om begge akser. 5.8.3.1.(1)

## Eksentrisitet om begge akser

$MedSLSy := 186 \text{ kN} \cdot \text{m}$       Håndberegninger  
 $MedSLSz := 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$       FEMdesign

$$\varphi_{effy} := \phi_{\infty to} \cdot \frac{MedSLSy}{Medy} = 2.657 \quad 5.8.4.2$$

$$\varphi_{effz} := \phi_{\infty to} \cdot \frac{MedSLSz}{Medz} = 1.655 \quad 5.8.4.2$$

$$\beta_y := 0.35 + \frac{fck}{200 \cdot \frac{N}{mm^2}} - \frac{\lambda_y}{150} = 0.15 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$\beta_z := 0.35 + \frac{fck}{200 \cdot \frac{N}{mm^2}} - \frac{\lambda_z}{150} = 0.15 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$k_{\varphi y} := \max(1 + \beta_y \cdot \varphi_{effy}, 1) = 1.398 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$k_{\varphi z} := \max(1 + \beta_z \cdot \varphi_{effz}, 1) = 1.248 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$n_{uy} := 1 + \omega_y = 1.269 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$n_{uz} := 1 + \omega_z = 1.269 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$n_{bal} := 0.4 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$k_{ry} := \min\left(\frac{(n_{uy} - n)}{n_{uy} - n_{bal}}, 1\right) = 1 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$k_{rz} := \min\left(\frac{(n_{uz} - n)}{n_{uz} - n_{bal}}, 1\right) = 1 \quad 5.8.8.3.(3)$$

$$E_{st\ddot{a}l} := 200000 \frac{N}{mm^2} \quad e_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_{st\ddot{a}l}} = 0.002 \quad \begin{matrix} 5.8.8.3.(1) \\ 3.2.7.(2) \end{matrix}$$

$$r_{0y} := \frac{(0.45 \cdot d_y)}{e_{yd}} = 70483.5 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_{0z} := \frac{(0.45 \cdot d_z)}{e_{yd}} = 70483.5 \text{ mm} \quad 5.8.8.3.(1)$$

$$r_y := \frac{r_{0y}}{k_{ry} \cdot k_{\varphi y}} = 50423.383 \text{ mm} \quad \text{5.8.8.3.(1)}$$

$$r_z := \frac{r_{0z}}{k_{rz} \cdot k_{\varphi z}} = 56485.48 \text{ mm} \quad \text{5.8.8.3.(1)}$$

$$C := \pi^2 = 9.87 \quad \text{5.8.8.2.(3)} \\ \text{5.8.8.2.(4)}$$

$$e_{2y} := \frac{1}{r_y} \cdot \frac{L_{0y}^2}{C} = 84.898 \text{ mm} \quad \text{5.8.8.2.(3)}$$

$$e_{2z} := \frac{1}{r_z} \cdot \frac{L_{0z}^2}{C} = 75.786 \text{ mm} \quad \text{5.8.8.2.(3)}$$

$$M_{2edy} := e_{2y} \cdot N_{ed} = 48.731 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2edz} := e_{2z} \cdot N_{ed} = 43.501 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{edtoty} := M_{edy} + M_{2edy} = 216.731 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{edtetz} := M_{edz} + M_{2edz} = 46.401 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Momentkapasitet om begge akser

Bruker mn-diagrammer videre. Leser av et diagram basert på utregningene over.

$$h^{\prime}y := d_y - c - b_{\text{øyle}} - \frac{\text{diameter}}{2} = 281 \text{ mm} \quad \text{mn - diagram (0.7)}$$

$$h^{\prime}z := d_z - c - b_{\text{øyle}} - \frac{\text{diameter}}{2} = 281 \text{ mm} \quad \text{mn - diagram (0.6)}$$

$$h_0 := \frac{h^{\prime}y}{h_y} = 0.703 \quad \text{mn - diagram (0.7)}$$

$$h_0 := \frac{h^{\prime}z}{h_z} = 0.703 \quad \text{mn - diagram (0.6)}$$

$$W_y := \frac{(A_{s,eff,y} \cdot f_{yd})}{2 \cdot h_y \cdot b_y \cdot f_{cd}} = 0.135 \quad \text{mn - diagram (0.7)}$$

$$W_z := \frac{(A_{s,eff,z} \cdot f_{yd})}{2 \cdot h_z \cdot b_z \cdot f_{cd}} = 0.135 \quad \text{mn - diagram (0.6)}$$

$$m_y := 0.21 \quad \text{mn - diagram (0.7)}$$

$$m_z := 0.21$$

$$M_{cdy} := m_y \cdot f_{cd} \cdot b_z \cdot h_y^2 = 266.56 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{mn - diagram (0.6)}$$

$$M_{cdz} := m_z \cdot f_{cd} \cdot b_z \cdot h_z^2 = 266.56 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{mn - diagram (0.7)}$$

## Kombinert virkning

Kombinertvirkning av  $M_z$ ,  $M_y$  og  $N$

$$Utnyttelse := \frac{N_{ed}}{A_{stot} \cdot f_{yd} + f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.143$$

5.8.9.(4)

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$a := 1 + \frac{1.5 - 1}{0.7 - 0.1} \cdot Utnyttelse = 1.119$$

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$\left(\frac{M_{edtoty}}{M_{cdy}}\right)^a + \left(\frac{M_{edtetz}}{M_{cdz}}\right)^a = 0.935$$

5.8.9.(4)

## Skjærarmering

$$\alpha_{cw} := 1 \cdot \frac{1}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \quad \text{ingen forspenning}$$

NA.6.2.3.(3)

$$v_1 := 0.6 \cdot \left(1 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - \frac{f_{cd}}{250}\right) = 0.552 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NA.6.2.2.(6)

$$\theta_{deg} := 21.8 \quad \text{Fagverksvinkel}$$

NA.6.2.3.(3)

$$\theta_{rad} := \frac{(\theta_{deg} \cdot \pi)}{180} = 0.38$$

NA.6.2.3.(3)

$$z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{edtoty}}{M_{cdy}}\right) \cdot d_y = 293.436 \text{ mm}$$

$$z_z := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{edtetz}}{M_{cdz}}\right) \cdot d_z = 330.424 \text{ mm}$$

$$f_{cd} := 0.85 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{1.5}\right) = 19.833 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$V_{rd,max,y} := \alpha_{cw} \cdot b_y \cdot z_y \cdot v_1 \cdot 19.83 \frac{N}{\text{mm}^2} \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{\tan(\theta_{rad})}\right) + (\tan(\theta_{rad}))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)

NA.6.2.3.(3)

$$V_{rd,max,z} := \alpha_{cw} \cdot b_z \cdot z_z \cdot v_1 \cdot 19.83 \frac{N}{\text{mm}^2} \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{\tan(\theta_{rad})}\right) + (\tan(\theta_{rad}))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)

NA.6.2.3.(3)

$$V_{rd,max,y} = 443.332 \text{ kN}$$

$$V_{rd,max,z} = 499.214 \text{ kN}$$

$$V_{ed} := 14.5 \text{ kN}$$

Fra FEM-design

$V_{rd,max} > V_{ed} \Rightarrow$  Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkrefter i trykk diagonalen

$$A_{sw} := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{b_{\text{øyle}}}{2} \right)^2 = 226.195 \text{ mm}^2$$

NA.6.2.3.(3)

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \frac{\left( A_{sw} \cdot z_y \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{(\tan(\theta_{\text{rad}}))} \right)}{V_{\text{ed}}} = 4976 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{max}1} := 0.04 \cdot b \cdot h = 6400 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(3)

$$S_{\text{bøyleavstand,max}1} := 15 \cdot \text{diameter} = 375 \text{ mm}$$

NA.9.5.3.(3)

$$S_{\text{bøyleavstand,max}2} := b = 400 \text{ mm}$$

NA.9.5.3.(3)

$$S_{\text{bøyleavstand,max}3} := 400 \text{ mm}$$

NA.9.5.3.(3)

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \min(S_{\text{bøyleavstand,max}1}, S_{\text{bøyleavstand,max}2}, S_{\text{bøyleavstand,max}3})$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} = 375 \text{ mm}$$

OK!

Legger uansett inn Ø12c300

## Max og Min krav Armering

$$\emptyset_{\text{min}} := 10 \cdot \text{mm}$$

NA.9.5.2.(1)

$$A_{s\text{min}1} := \frac{0.2 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 1459.733 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(1)

$$A_{s\text{min}2} := \frac{0.5 \cdot N_{\text{ed}}}{f_{yd}} = 660.1 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(1)

$$A_{s\text{min}3} := 0.01 \cdot b \cdot h = 1600 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.1.(1)

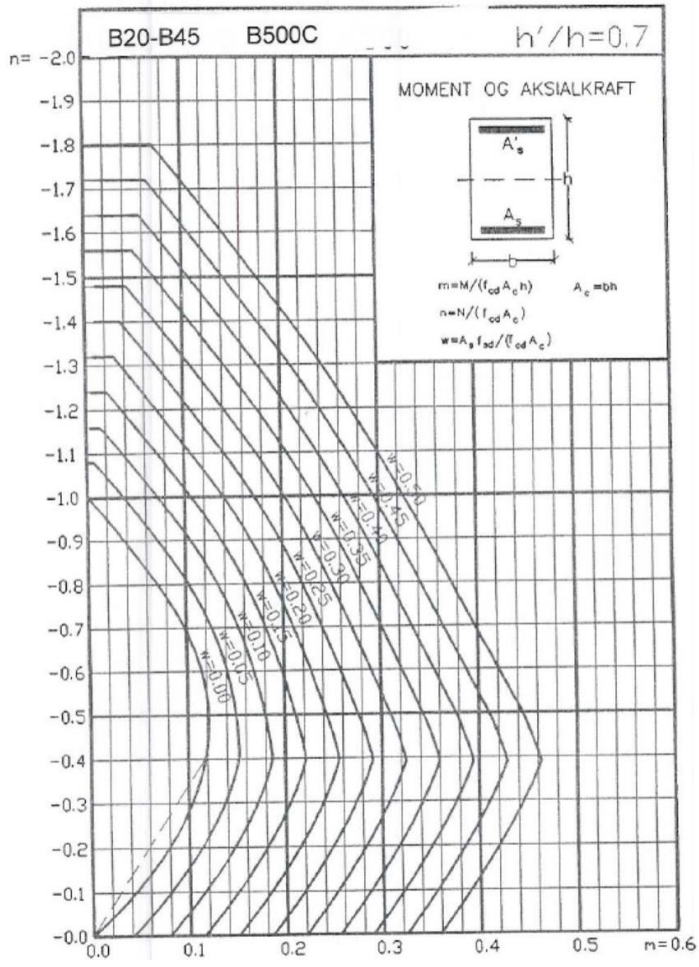
$$A_{s\text{min}} := \max(A_{s\text{min}1}, A_{s\text{min}2}, A_{s\text{min}3}) = 1600 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{max}} := 0.08 \cdot b \cdot h = 12800 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(2)

$$A_{s\text{tot}} = 1963.495 \text{ mm}^2$$

OK





## **Søyle 200x200**

All beregning i henhold til "NS-EN 1992 Prosjektering av betongkonstruksjoner" og "NS-EN 1993 Prosjektering av stål Konstruksjoner"

Moment om sterk akse vil bli omtalt som Medy

Moment om svak akse vil bli omtalt som Medz

$$Medy := 0 \cdot kN \cdot m$$

$$Medz := 0 \cdot kN \cdot m$$

$$Ned := 311 \text{ kN}$$

$$b := 200 \text{ mm} \quad h := 200 \text{ mm}$$

$$by := b \quad hy := h$$

$$bz := h \quad hz := b$$

$$L := 3.6 \text{ m}$$

## **Knekk lengder**

$$\beta a := 2$$

$$L0y := L \cdot \beta a = 7.2 \text{ m}$$

$$L0z := L \cdot \beta a = 7.2 \text{ m}$$

Fig.5.7

Fig.5.7

Fig.5.7

Generelt

$$c := 35 \text{ mm} \quad \text{Største } \emptyset + \Delta dev$$

Tabell NA4.4N

NA.4.4.1.3

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

8.2.(2)

$$b\emptysetyle := 12 \text{ mm}$$

$$fck := 35 \frac{N}{mm^2} \quad fcd := 0.85 \cdot \frac{fck}{1.5} = 19.833 \frac{N}{mm^2}$$

Tab.3.1

3.2.6.(1)

$$fyk := 500 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$fyd := \frac{fyk}{1.15} = 434.783 \frac{N}{mm^2}$$

3.2.2.(3)

Figur 3.8

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

$$Ajern := \pi \cdot \left( \frac{diameter}{2} \right)^2 = 314.159 \text{ mm}^2$$

$$dy := hy - c - b\emptysetyle - \frac{diameter}{2} = 143 \text{ mm}$$

$$dz := hz - c - b\emptysetyle - \frac{diameter}{2} = 143 \text{ mm}$$

## Forhåndsdimensjonering for videre bergenginger

$$\sigma_c := \frac{N_{ed}}{b \cdot h} = 7.775 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_{s_y} := \frac{M_{edy}}{f_{yd} \cdot d_y} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_z} := \frac{M_{edz}}{f_{yd} \cdot d_z} = 0 \text{ mm}^2$$

$$a_{s\_min\_} := 0.01 \cdot b \cdot h = 400 \text{ mm}^2$$

NA.9.5.2.(2)

Må minst armere for  $a_{s\_min}$

Prøver med 4 Ø25. Legger ett i hvert hjørne

$$Antall.jern.tot := 4$$

$$Antall.jern.om.y := 4$$

$$Antall.jern.om.z := 4$$

$$A_{s.eff.y} := Antall.jern.om.y \cdot A_{jern} = 1256.637 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.eff.z} := Antall.jern.om.z \cdot A_{jern} = 1256.637 \text{ mm}^2$$

$$A_{stot} := Antall.jern.tot \cdot A_{jern} = 1256.637 \text{ mm}^2$$

## Sjekker om søylen er slank om begge akser

$$k_a := 1.0$$

NA.5.8.3.1.(1)

$$n := \frac{N_{ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.392$$

5.8.3.1.(1)

NA.5.8.3.1

$$\omega_y := \frac{(A_{s.eff.y} \cdot f_{yd})}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.689$$

5.8.3.1.(1)

$$\omega_z := \frac{(A_{s.eff.z} \cdot f_{yd})}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.689$$

5.8.3.1.(1)

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b_y \cdot h_y^3 = 133333333.333 \text{ mm}^4$$

5.8.3.2.(1)

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot b_z \cdot h_z^3 = 133333333.333 \text{ mm}^4$$

5.8.3.2.(1)

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{b_y \cdot h_y}} = 57.735 \text{ mm} \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{b_z \cdot h_z}} = 57.735 \text{ mm} \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$\lambda_y := \frac{L_{0y}}{i_y} = 124.708 \quad 5.8.3.2.(5.8.3.1.(1))$$

$$\lambda_z := \frac{L_{0z}}{i_z} = 124.708 \quad 5.8.3.2.(1)$$

$$\phi_{\infty to} := 2.4 \quad \text{Krytall} \quad \text{Fig 3.1}$$

$$A_{\varphi} := \frac{1.25}{(1 + 0.2 \cdot \phi_{\infty to})} = 0.845 \quad 5.8.8.3.(4)$$

$$\lambda_{ny} := \frac{\lambda_y \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega_y}} \right)}{A_{\varphi}} = 59.958 \quad \text{NA.5.8.3.1}$$

$$\lambda_{nz} := \frac{\lambda_z \cdot \left( \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega_z}} \right)}{A_{\varphi}} = 59.958 \quad 5.8.3.1.(1)$$

Hvis  $\lambda_{ny}$  og  $\lambda_{nz} > 13$  betraktes søylen som slank og det må ta hensyn til 2.ordensmomenter. Dette gjøres om begge akser.

## Eksentrisitet om begge akser

$$\text{MedSLSy} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{FEMdesign}$$

$$\text{MedSLSz} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{FEMdesign}$$

Moment for søylen er lik 0. Gjør dermed en forenkling av e2 og velger minsteverdi.

$$e_{2y} := \max\left(\frac{b}{30}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm} \quad 6.1.(4)$$

$$e_{2z} := \max\left(\frac{h}{30}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm} \quad 6.1.(4)$$

$$M_{2edy} := e_{2y} \cdot N_{ed} = 6.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2edz} := e_{2z} \cdot N_{ed} = 6.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Medtoty} := \text{Medy} + M_{2edy} = 6.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Medtotz} := \text{Medz} + M_{2edz} = 6.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Momentkapasitet om begge akser

$$h'y := dy - c - b\text{\oyle} - \frac{\text{diameter}}{2} = 86 \text{ mm}$$

mn - diagram (0.7)

$$h'z := dz - c - b\text{\oyle} - \frac{\text{diameter}}{2} = 86 \text{ mm}$$

mn - diagram (0.6)

$$h_0 := \frac{h'y}{hy} = 0.43$$

mn - diagram (0.7)

$$\bar{h}_0 := \frac{h'z}{hz} = 0.43$$

mn - diagram (0.6)

$h_0$  er under 0.6, regner da moment som som bjelke til konservativ side.

## Utregning momenkapasitet

$$c_{min} := 25 \text{ mm}$$

$$\text{diameter} = 20 \text{ mm}$$

Tabell NA.4.4N  
NA.4.4.1.3

$$\text{Overdekning} := c_{min} + 10 \text{ mm}$$

$$\text{Areal\_jern\_} := \pi \cdot \left( \frac{\text{diameter}}{2} \right)^2 = 314.2 \text{ mm}^2$$

$$Mcdz := 0.275 \cdot fcd \cdot h \cdot dz^2 = 22.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mcdy := 0.275 \cdot fcd \cdot b \cdot dy^2 = 22.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$zy := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{Medtoty}{Mcdy} \right) \cdot dy = 136.221 \text{ mm}$$

$$zz := \left( 1 - 0.17 \cdot \frac{Medtotz}{Mcdz} \right) \cdot dz = 136.221 \text{ mm}$$

$$Mrdy := As.eff.y \cdot fy \cdot zy = 74.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mrdz := As.eff.z \cdot fy \cdot zz = 74.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## Kombinert virkning

Kombinertvirkning av Mz, My og N

$$Utnyttelse := \frac{Ned}{Astot \cdot fyd + fcd \cdot b \cdot h} = 0.232$$

5.8.9.(4)

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$a := 1 + \frac{1.5 - 1}{0.7 - 0.1} \cdot Utnyttelse = 1.193$$

Figur fra  
5.8.9.(4)

$$\left(\frac{Medtoty}{Mrdy}\right)^a + \left(\frac{Medtotz}{Mrdz}\right)^a = 0.103$$

5.8.9.(4)

## Skjærarmering

$$\alpha w := 1 \cdot \frac{1}{\frac{N}{mm^2}} \quad \text{ingen forspenning}$$

NA.6.2.3.(3)

$$v1 := 0.6 \cdot \left(1 \cdot \frac{N}{mm^2} - \frac{fcd}{250}\right) = 0.552 \frac{N}{mm^2}$$

NA.6.2.2.(6)

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

NA.6.2.3.(3)

$$\theta rad := \frac{(\theta deg \cdot \pi)}{180} = 0.38$$

NA.6.2.3.(3)

$$fcd = 19.8 \frac{N}{mm^2}$$

$$Vrd.max.y := \alpha w \cdot by \cdot zy \cdot v1 \cdot 19.83 \frac{N}{mm^2} \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{\tan(\theta rad)}\right) + (\tan(\theta rad))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)  
NA.6.2.3.(3)

$$Vrd.max.z := \alpha w \cdot bz \cdot zz \cdot v1 \cdot 19.83 \frac{N}{mm^2} \left( \frac{1}{\left(\frac{1}{\tan(\theta rad)}\right) + (\tan(\theta rad))} \right)$$

NA.6.2.1.(1)  
NA.6.2.3.(3)

$$Vrd.max.y = 102.904 \text{ kN}$$

$$Vrd.max.z = 102.904 \text{ kN}$$

$$Ved := 1.5 \text{ kN}$$

Fra FEM-design

Vrd,max > Ved => Betongen har tilstrekkelig kapasitet til å ta trykkrefter i trykk diagonalen

$$A_{sw} := 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{b_{\text{øyle}}}{2} \right)^2 = 226.195 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.6.2.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \frac{A_{sw} \cdot z_y \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{(\tan(\theta_{\text{rad}}))}}{V_{\text{ed}}} = 22330 \text{ mm}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max1}} := 15 \cdot \text{diameter} = 300 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max2}} := b = 200 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand.max3}} := 400 \text{ mm} \quad \text{NA.9.5.3.(3)}$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} := \min(S_{\text{bøyleavstand.max1}}, S_{\text{bøyleavstand.max2}}, S_{\text{bøyleavstand.max3}})$$

$$S_{\text{bøyleavstand}} = 200 \text{ mm}$$

OK!

Legger inn Ø12c200

## Max og Min krav Armering

$$\emptyset_{\text{min}} := 10 \cdot \text{mm} \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min1}} := \frac{0.2 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 364.933 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min2}} := \frac{0.5 \cdot N_{\text{ed}}}{f_{yd}} = 357.65 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(1)}$$

$$A_{\text{min3}} := 0.01 \cdot b \cdot h = 400 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.1.(1)}$$

$$A_{\text{min}} := \max(A_{\text{min1}}, A_{\text{min2}}, A_{\text{min3}}) = 400 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{max}} := 0.08 \cdot b \cdot h = 3200 \text{ mm}^2 \quad \text{NA.9.5.2.(2)}$$

$$A_{\text{tot}} = 1256.637 \text{ mm}^2$$

OK

## Vedlegg C15 – Bøyelister søyler

<b>Bøyeliste Søyler</b>							
<b>Søyle</b>	<b>Posnr.</b>	<b>Diam (mm)</b>	<b>Antall</b>	<b>Lengde (mm)</b>	<b>Sum lengde per søyle (m)</b>	<b>Dord (mm)</b>	<b>total Vekt (kg)</b>
4 stk 240x800	L02	25	4	6430	25,7		396
	B01	12	32	1800	57,6		205
4 stk 400x400	L02	25	4	6430	25,7		400
	B02	12	21	1320	27,7		98
4 stk 200x200	L03	20	4	3530	14,1		140
	B03	12	18	520	9,2		33
8 stk 240x450	L03	20	4	6430	25,7		507
	B04	12	32	1100	35,2		250

## Vedlegg C16 – Bøyeliste bjelker

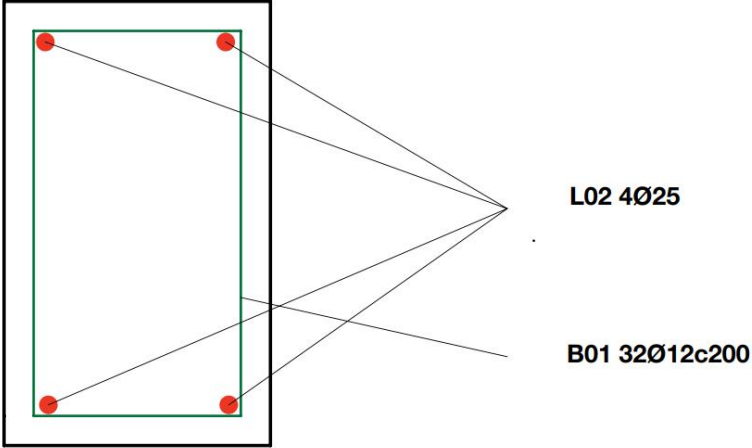
<b>Bøyeliste Bjelker</b>							
<b>Bjelke</b>	<b>Posnr.</b>	<b>Diam (mm)</b>	<b>Antall</b>	<b>Lengde (mm)</b>	<b>Sum Lengde per bjelke (m)</b>	<b>Dord (mm)</b>	<b>Vekt (kg)</b>
4 stk 400x500	L02	25	4	20430	81,7		1258
	L01	32	3	20430	61,3		1547
	B01	12	102	1520	155		550
	F01	16	2	1230	2,5	164	15,8
2 stk 450x600	L01	32	7	20430	143		1805
	B01	12	82	1820	150		266
	F01	16	3	1330	4	240	12,6
4stk 300x450	L01	32	2	17030	34,2		863
	L02	25	3	17100	51,1		787
	B01	12	114	1220	139		494
	F01	16	3	1180	3,5	240	22,1



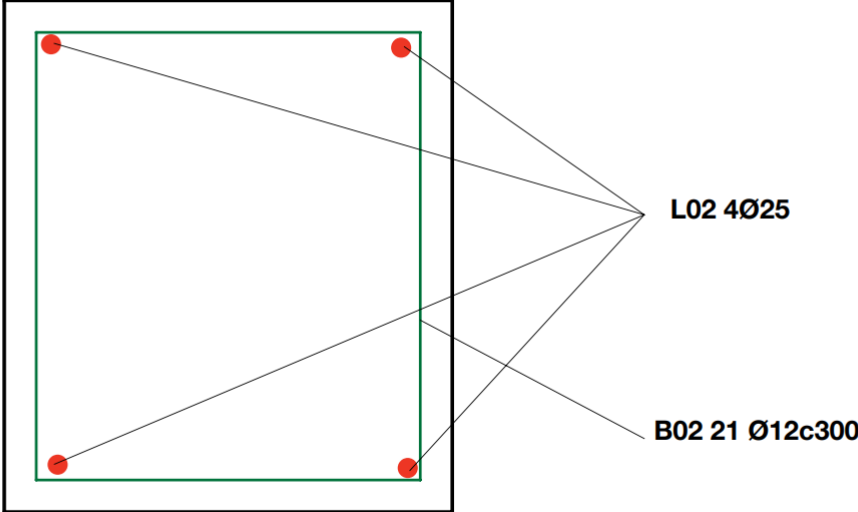
Vedlegg C17 – Sum av armering

<b>Posnr.</b>	<b>Sum Lengde(m)</b>	<b>Vekt(kg)</b>
L0	1667	7703
B0	2135	1896
F0	32	50,5
Total	3834	9649

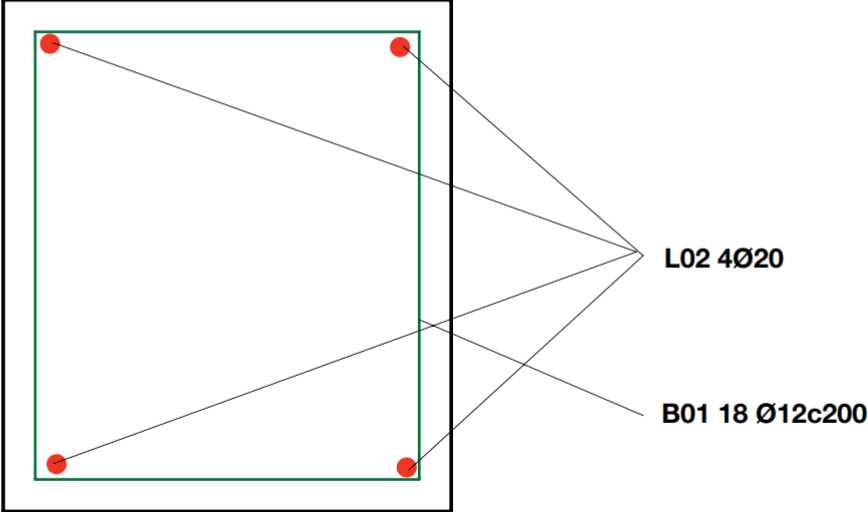
**Armeringstegning søyle 240x800**



**Armeringstegning søyle 400x400**

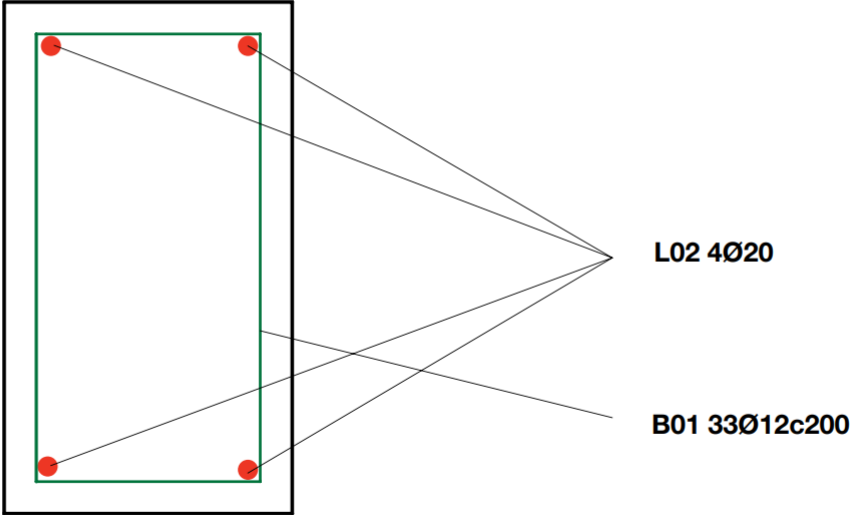


**Armeringstegning søyle 200x200**

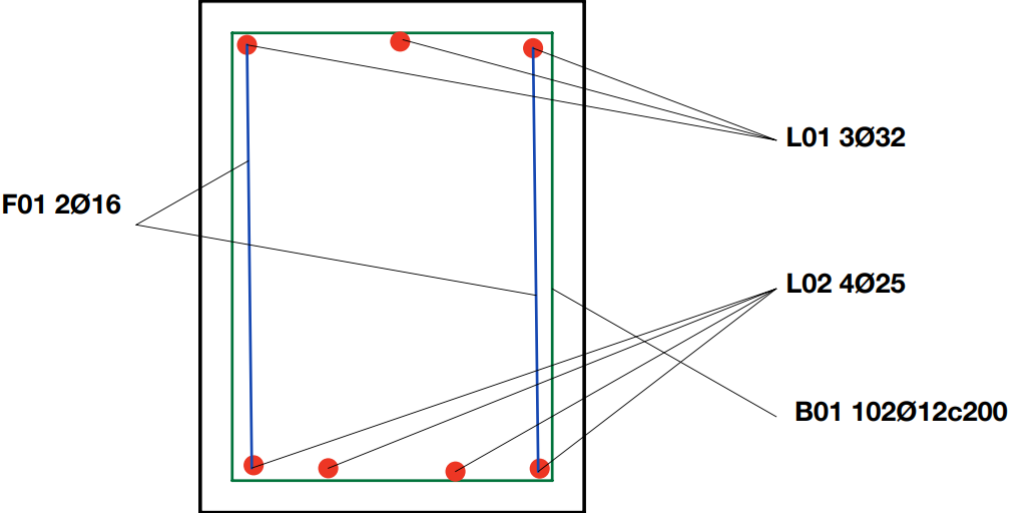


1

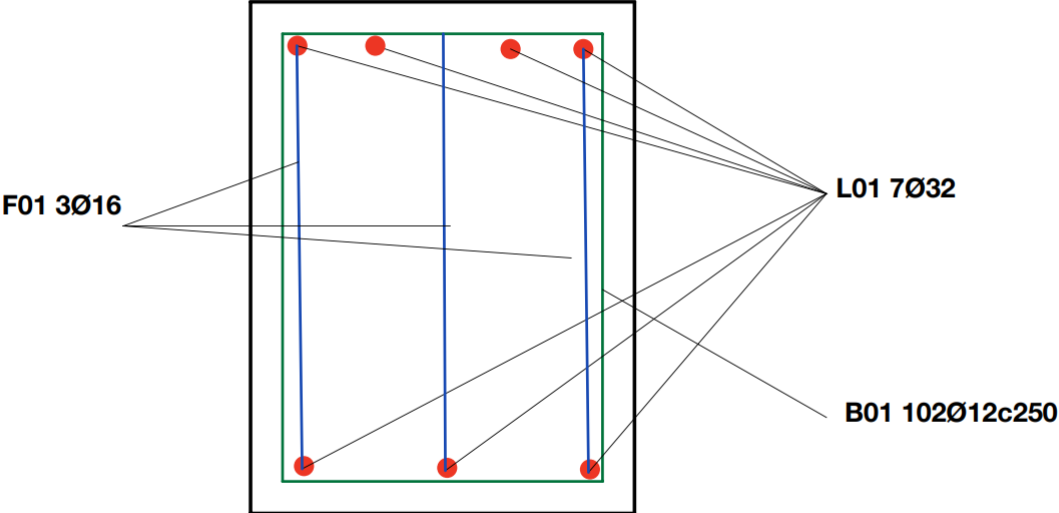
**Armeringstegning søyle 240x450**



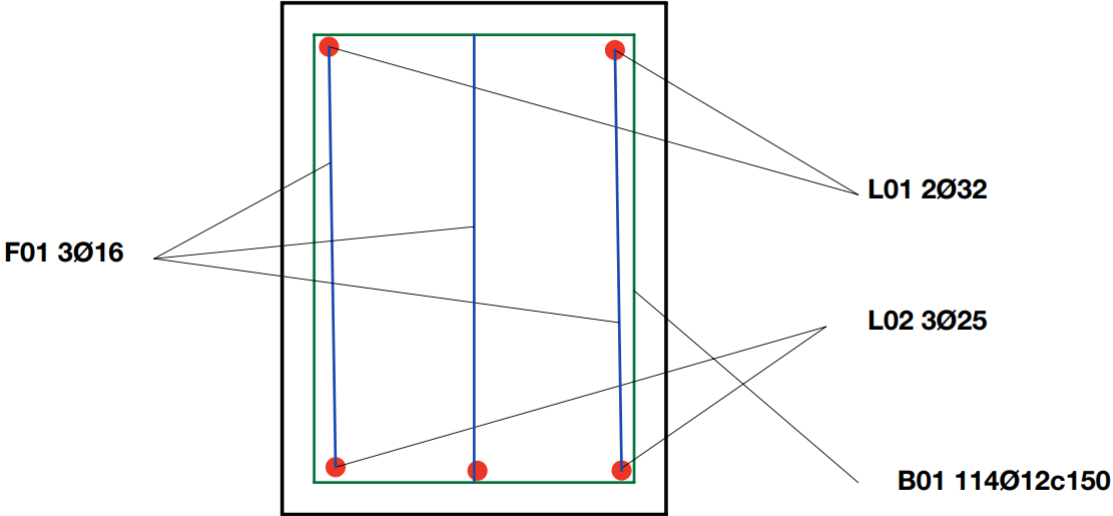
**Armeringstegning bjelke 400x500**



**Armeringstegning bjelke 450x600**



**Armeringstegning Bjelke 300x450**



Vedlegg C22 – Regningsark for dimensjonering av hulldekker med hensyn til resonansfrekvenser

	A	B	C	D	E	F	G		
1									
2	<b>Egenfrekvens enveisplate/bjelke med jevnt fordelt last</b>								
3									
4	$f_{bjelke} := \frac{\pi}{2 \cdot l_{bjelke}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_b}}$								
5					<p>Beregning av egenfrekvens for Hulldekker og DT-elementdekke med jevn fordelt belastning. Regnearket bygger på formler ihht Betongelementboken Del C.1.4; les denne for forutsetninger. E-modul og Tregghetsmoment (2. Arealmoment) hentes fra litteratur; for eksempel fra Betongelementboken eller leverandører. Egenvekt "g" er ferdig fuget dekke; NB: Fuget dekke med kanalutstøpinger gir som oftest mer vekt enn oppgitt fra leverandør. Påført egenvekt "p" er egenvekt av lettvegger, gulvoppbygging (påstøp/ summing), himling og tekniske føringer. Videre egenvekt av fastmontert utstyr (NB: sjekk forutsetning om jevnt fordelt belastning). Nyttelast skal ikke medtas. Det regnes med en lastbredde på 1,2m når Tregghetsmomentet er regnet ut for samme bredde. For elementer kan det sjeldent regnes med annet oppleggsforhold enn "fri". Beregnet egenfrekvens "Svingning" sammenholdes med anbefalinger gitt i for eksempel NS3490 Tabell C.1 eller i Betongelementboken.</p>				
6									
7									
8									
9									
10	E =	e-modul							
11	I =	tregghetsmoment							
12	mb =	q [kg/m] i bruksgrense							
13									
14	Oppleggsforhold								
15		nr.	venstre	høyre	faktor				
16		1	fri	fri	1,00				
17		2	innspent	fri	1,56				
18		3	innspent	innspent	2,27				
19		4	innspent	utkraget	0,36				
20									
21									
22	Inndata:								
23	E-modul	E	40000	[N/mm2]					
24	Tregghetsmom	I	1,52E+09	[mm4]					
25	Påført egenve	p	1,00	[kN/m2]					
26	Egenvekt	g	4,00	[kN/m2]					
27	lastbredde	lb	1,20	[m]					
28	bjelkelengde	l	7,40	[m]					
29	mb		600,00	[kg/m]					
30	Oppleggsforhold (nr.)		1						
31	<i>grå felt fylles ut</i>								
32									
33	<b>Svingning</b>		<b>9,13 [Hz]</b>						
34									



35 Regnearket bygger på formler ihht:

36 <http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp>

37 Del C.1.4

C1

## 39 Tverrsnittsverdier av hulldekker og DT- elementer

### 42 Hulldekker



Nr	Type	Tykkelse [mm]	Bredde [mm]	Tyngde- punkt [mm]	Tverrs- nittsareal [mm <sup>2</sup> ]	Areal- Treggh.mo [mm <sup>4</sup> ]	Vekt [KN/m <sup>2</sup> ]	Masse [kg/m]
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	HD-200	200	1200	-100	120100	6,07E+08	2,68	288
2	HD-205	205	1200	0	126100	Les	2,81	303
3	HD-220	220	1200	-118	143500	8,43E+08	3,19	344
4	HD-265	265	1200	-133	174800	1,52E+09	3,88	420
5	HD-270	270	1200	0	180700	Les	4,00	434
6	HD-285	285	1200	-149	198100	1,94E+09	4,39	475
7	HD-320	320	1200	-160	184400	2,42E+09	4,21	443
8	HD-325	325	1200	0	190100	Les	4,34	456
9	HD-340	340	1200	-187	208000	3,00E+09	4,72	499
10	HD-400	400	1200	-195	212100	4,36E+09	4,86	509
11	HD-405	405	1200	0	217900	Les	4,99	523
12	HD-420	420	1200	-217	235300	5,31E+09	5,38	565
13	HD-500	500	1200	-6	304146	9,25E+09	6,12	730

Egenfrekvenser hulldekker

Tilbake

### 66 DT-elementer



Nr	Type	Tykkelse h [mm]	Bredde b [mm]	Tyngde- punkt [mm]	Tverrs- nitts- areal [mm <sup>2</sup> ]	Areal- treggh.mo. [mm <sup>4</sup> ]	Vekt [KN/m]	Masse [kg/m]
0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	DT-200x50	200	2400	-57	182000	5,16E+08	4,56	437
14	DT-300x50	300	2400	-89	218000	1,66E+09	5,46	523
15	DT-400x50	400	2400	-123	252000	3,70E+09	6,31	605
16	DT-500x50	500	2400	-161	284000	6,71E+09	7,11	682
17	DT-600x50	600	2400	-199	314000	1,08E+10	7,86	754
18	DT-700x50	700	2400	-235	346000	1,61E+10	8,66	830
19	DT-800x50	800	2400	-265	372000	2,30E+10	9,31	893

Egenfrekvenser DT-elementer

Tilbake

83 Elementdata er klippet fra "Regneark" og siden "Data elementer" i:

84 <http://www.betongelement.no/svingninger/default.htm>

85



