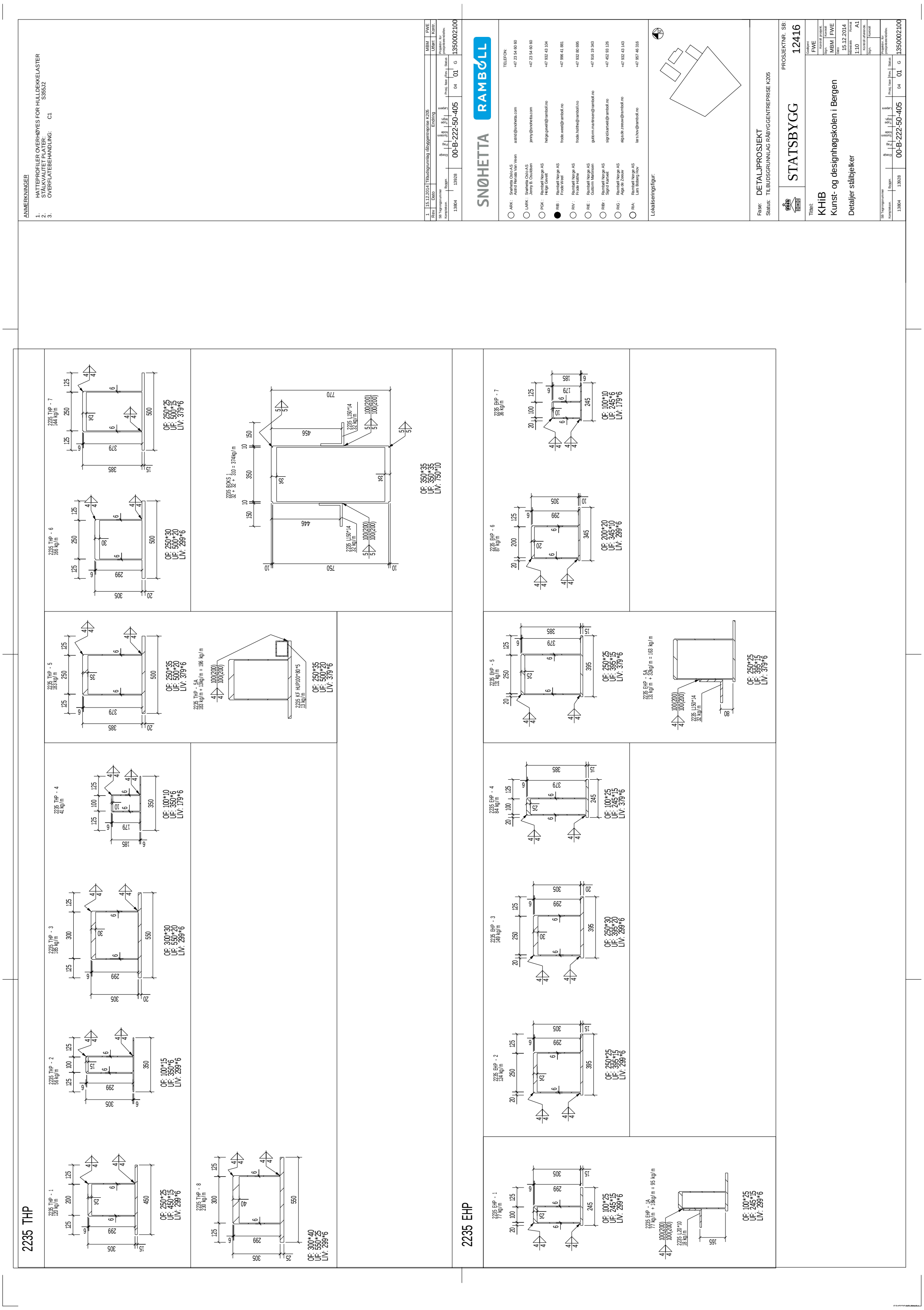
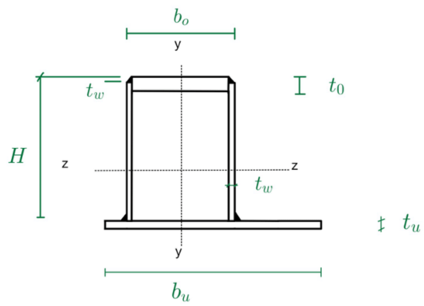
J Stålbjelke

J.1 Stålprofil detaljer



J.2 Utregning av kapasitet

Tversnitt: $EHP-bjelke$



$H:=385\ mm$
$t_w:=6\ mm$

$b_o:=100\ mm$
$t_o:=25\ mm$

$b_u:=245\ mm$
$t_u:=15\ mm$

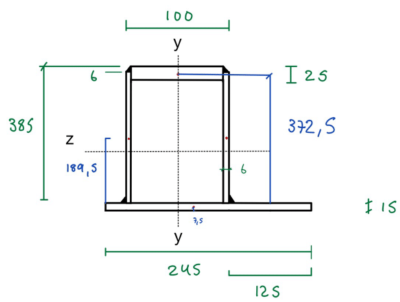
$utstikk:=125\ mm$

Dimensjonerende parameter:

$f_y:=355$ $\gamma_{m0}:=1.05$ $E:=210\cdot10^3\ \dfrac{N}{mm^2}$

$f_d:=\dfrac{f_y}{\gamma_{m0}}=338$ $m_{bjelke}:=84\ \dfrac{kg}{m}$

Areal: $A:=2\cdot t_w\cdot(H-t_w)+b_o\cdot t_o+b_u\cdot t_u=(1.072\cdot10^4)\ mm^2$



Nøytalakse:

$$z_c:=\frac{2\cdot t_w\cdot H\cdot(189.5+15)+b_o\cdot t_o\cdot(372.5+15)+b_u\cdot t_u\cdot7.5}{2\cdot t_w\cdot H+b_o\cdot t_o+b_u\cdot t_u}=180 \qquad mm$$

$z_{max}:=H+t_u-z_c\cdot mm=220\ mm$

2. Arealmoment om y-akse:

$$I_{y.1} := 2 \cdot \frac{\left(t_w \cdot \left(H - t_w\right)^3\right)}{12} + 2 \cdot \left(t_w \cdot \left(H - t_w\right) \cdot \left(204.5\ mm - z_c \cdot mm\right)^2\right) = \left(5.721 \cdot 10^7\right)\ mm^4$$

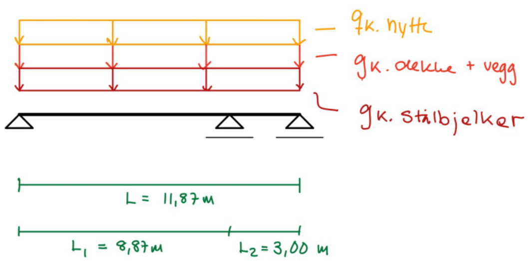
$$I_{y.2} := \frac{b_u \cdot t_u^{\ 3}}{12} + b_u \cdot t_u \cdot \left(z_c \cdot mm - 7.5\ mm\right)^2 = \left(1.092 \cdot 10^8\right)\ mm^4$$

$$I_{y.3} := \frac{b_o \cdot t_o^{\ 3}}{12} + b_o \cdot t_o \cdot \left(387.5 \cdot mm - z_c \cdot mm\right)^2 = \left(1.08 \cdot 10^8\right)\ mm^4$$

$$I_{y.tot} := I_{y.1} + I_{y.2} + I_{y.3} = \left(2.744 \cdot 10^8\right)\ mm^4$$

Motstandsmoment: $W_y := \frac{I_{y.tot}}{z_{max}} = \left(1.246 \cdot 10^6\right)\ mm^3$

Statisk system for bjelken:



$L := 11.87\ m$

$L_1 := 8.87\ m$

$L_2 := 3\ m$

Dimensjonerende laster:

Egenlast:

$$g_{k.bjelke} := m_{bjelke} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 0.824 \frac{kN}{m}$$

$$g_{k.dekke} := 1 \frac{kN}{m^2} \cdot 125\ mm = 0.125 \frac{kN}{m}$$

$$g_{k.vegg} := 0.6 \frac{kN}{m^2}$$ byggforsk 471.031 61

$$g_{bjelker} := 5 \cdot g_{k.bjelke} = 4.12 \frac{kN}{m}$$

$$g_{veggelement} := 2 \cdot g_{k.vegg} \cdot 2.46\ m = 2.952 \frac{kN}{m}$$

$$g_{k.egen} := g_{bjelker} + g_{veggelement} = 7.072 \frac{kN}{m}$$

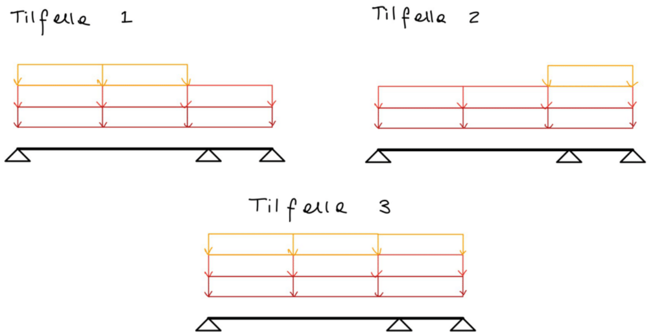
Nyttelast:

$$q_{k.nytte} := 4 \frac{kN}{m^2} \cdot b_o = 0.4 \frac{kN}{m}$$ PDF-fil med laster tilhørende bygget

Dimensjonerende bruddlast:

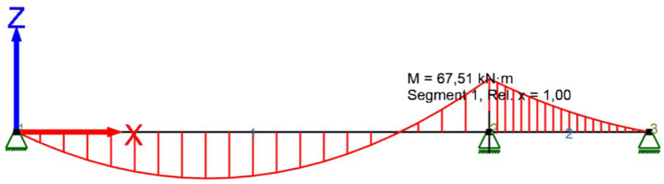
$$q_{ed} := g_{k.egen} \cdot 1.2 + q_{k.nytte} \cdot 1.5 = 9.087 \frac{kN}{m}$$

Bjelken er en 2 felts-bjelke må man velge det tilfellet av kraftfordeling som som gir størst dimensjonerende moment.
Deler opp i tre forskjellige tilfeller for bruddgrensetilstand:



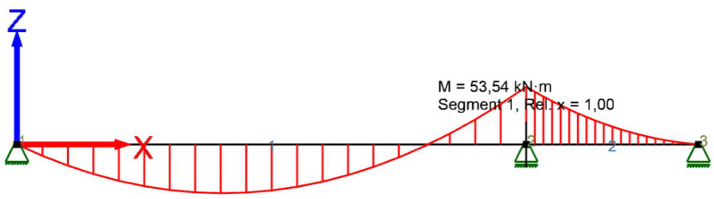
Ved å bruke FEM-design programmet focus-konstruksjon får man disse 3 tilfellene av momentdiagram:

Tilfelle 1



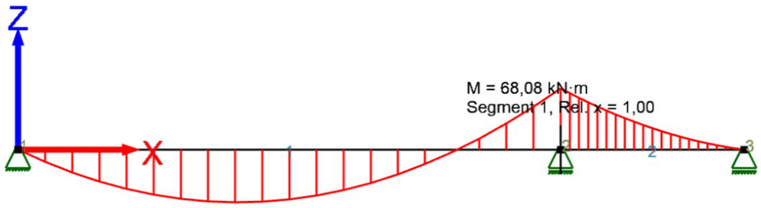
M_{max} = 67.51 kNm

Tilfelle 2



M_{max} = 53,54 kNm

Tilfelle 3

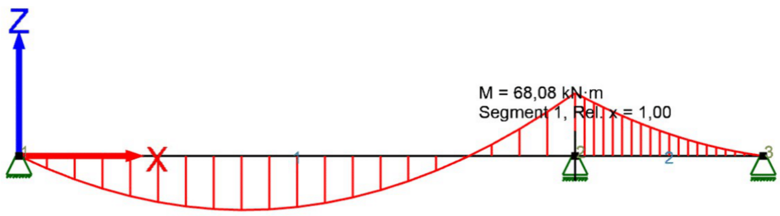


M_{max} = 68.08 kNm

Er ikke store forksjeller mellom tilfelle, men ser at tillfelle 3 har størst dimensjonerende moment. Bruker derfor tilfelle 3 videre i kapasitetsberegningene.

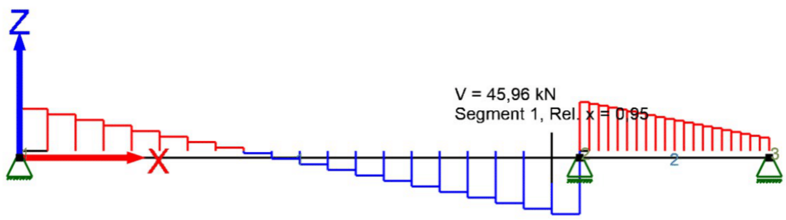
FEM-design programmet focus-konstruksjons gir både M- og V-diagram til bjelken, tillegg til dimensjonerende lastvirkning for moment og skjærkraft:

M-diagram



Moment: $M_{Ed} := 68.08\ kN \cdot m$

V-diagram



Skjærkraft: $V_{Ed} := 45.96\ kN$

Videre kontrolleres moment- og skjærkapasitet i henhold til elastisitetsteorien:

Momentkapasitet:

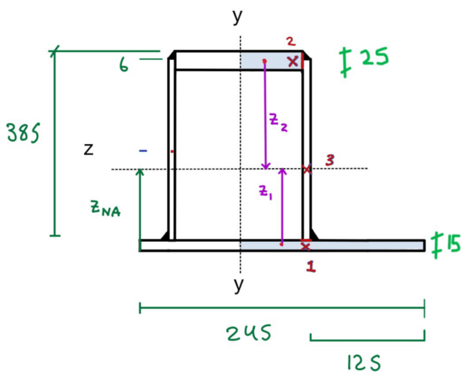
$$M_{El.Rd} := W_y \cdot f_d \cdot \frac{N}{mm^2} = 421.285 \; kN \cdot m$$

$M_{Ed} < M_{El.Rd}$): momentkapasitet ok

Bøyespenning: $$\sigma_{M.topp} := \frac{M_{Ed}}{I_{y.tot}} \cdot z_{max} = 54.636 \; \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{M.bunn} := \frac{M_{Ed}}{I_{y.tot}} \cdot (-z_c \cdot mm) = -44.619 \; \frac{N}{mm^2}$$

Skjærkapasitet:



$$z_1 := z_c \cdot mm - 7.5 \; mm = 172 \; mm$$

$$z_2 := (15 + 385 - 12.5 - z_c) \cdot mm = 208 \; mm$$

$$z_{NA} := z_c \cdot mm = 180 \; mm$$

Skjærspenninger:

Generell Formel: $\tau = \dfrac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t_{min}}$ *der* $t_{min} := t_w = 6 \; mm$

Areal:

$$A_{nedre.flens} := \frac{100 + 2 \cdot 6 + 125}{2} \cdot 15 \cdot mm^2 = \left(1.778 \cdot 10^3\right) \; mm^2$$

$$A_{topp.flens} := \frac{100 \cdot 25}{2} \cdot mm^2 = \left(1.25 \cdot 10^3\right) \; mm^2$$

$$A_{steg.under.NA} := \frac{(z_{NA} - 15 \cdot mm)}{2} \cdot 6 \cdot mm = 494 \; mm^2$$

1.Areal Moment:

Generell Formel: $S_y = \sum A_i \cdot z_i$

$$S_{y.nedre.flens} := A_{nedre.flens} \cdot z_1 = \left(3.063 \cdot 10^5\right)\ mm^3$$

$$S_{y.topp.flens} := A_{topp.flens} \cdot z_2 = \left(2.596 \cdot 10^5\right)\ mm^3$$

$$S_{y.NA} := \left(A_{nedre.flens} \cdot z_1\right) + \left(A_{steg.under.NA} \cdot z_{NA}\right) = \left(3.952 \cdot 10^5\right)\ mm^3$$

Skjærspenninger overgang flens/steg:

$$\tau_{nedre.flens.steg} := \frac{V_{Ed} \cdot S_{y.nedre.flens}}{I_{y.tot} \cdot t_{min}} = 8.551\ \frac{N}{mm^2}$$

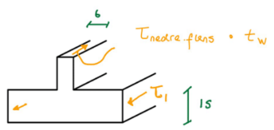
$$\tau_{topp.flens.steg} := \frac{V_{Ed} \cdot S_{y.topp.flens}}{I_{y.tot} \cdot t_{min}} = 7.248\ \frac{N}{mm^2}$$

Skjærspenninger ved nøytralaksen:

$$\tau_{NA} := \frac{V_{Ed} \cdot S_{y.NA}}{I_{y.tot} \cdot t_{min}} = 11.034\ \frac{N}{mm^2}$$

I flensene:

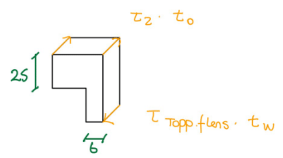
Nedre flens:



$$2 \cdot \tau_1 \cdot t_u = \tau_{nedre.flens.steg} \cdot t_w$$

$$\tau_1 := \frac{\tau_{nedre.flens.steg} \cdot t_w}{2 \cdot t_u} = 1.71\ \frac{N}{mm^2}$$

Topp flens:



$$\tau_2 \cdot t_o = \tau_{topp.flens.steg} \cdot t_w$$

$$\tau_2 := \frac{\tau_{topp.flens.steg} \cdot t_w}{t_o} = 1.74\ \frac{N}{mm^2}$$

Ser at bøyespenningene dominerer, og at topp flens/steg er mest kritisk:

Tversnittskapasitet: EC3 6.2.1 (6.1)

Bøyespenning:

$$\sigma_{M.topp} := \frac{M_{Ed}}{I_{y.tot}} \cdot z_{max} = 54.636 \ \frac{N}{mm^2}$$

Skjærspenning:

$$\tau_{topp.flens.steg} := \frac{V_{Ed} \cdot S_{y.topp.flens}}{I_{y.tot} \cdot t_{min}} = 7.248 \ \frac{N}{mm^2}$$

Von Mises kriteriet:

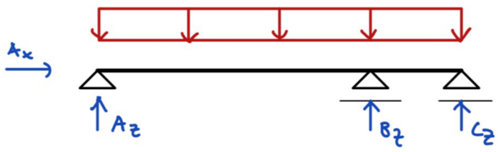
$$\sqrt[2]{\sigma_{M.topp}^{\ 2} + 3 \cdot \tau_{topp.flens.steg}^{\ 2}} \le f_d \qquad , \qquad der \quad f_d = 338$$

$$\sqrt[2]{\sigma_{M.topp}^{\ 2} + 3 \cdot \tau_{topp.flens.steg}^{\ 2}} = 56.06 \ \frac{N}{mm^2}$$

Tversnittskapasitet er ok i henhold til elastisitetsteorien

Kontroll av nedbøyning i bruksgrensetilstand:

Finner nedbøyning ved å bruke superposisjon:



3LVL, ukjente:

A_x, A_z, B_z, C_z

dette systemet er:
1.gang statisk ubestemt

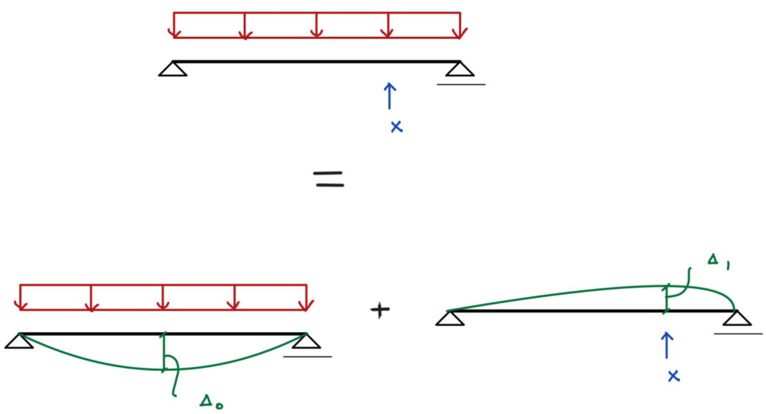
Fordeltlast for lastilfelle 3 i bruksgrensetilstand:

$$q_{ed.bruks} := g_{k.egen} + q_{k.nytte} = 7.47 \ \frac{kN}{m}$$

Fastholdning i B_z

SBG: erstatter fastholdning B_z med kraft x = 69.32kN Hentet fra focus:

Ved å bruke superposisjonsprinsippet får man: $x := 69.32 \ kN$



Innfører krav: $\Delta_0 = \Delta_1$

Total nedbøyning: $\Delta = \Delta_0 - \Delta_1$

$$\Delta_0 := \frac{5}{385} \cdot \frac{q_{ed.bruks} \cdot (L)^4}{E \cdot I_{y.tot}} = 33.436\ mm$$ bjelkeformel 16

$$\Delta_1 := \frac{x \cdot L_2 \cdot L_1}{6 \cdot L \cdot E \cdot I_{y.tot}} \cdot \left(L^2 - {L_2}^2 - {L_1}^2\right) = 23.924\ mm$$ bjelkeformel 12

Total nedbøyning: $\Delta := \Delta_0 - \Delta_1 = 9.5\ mm$

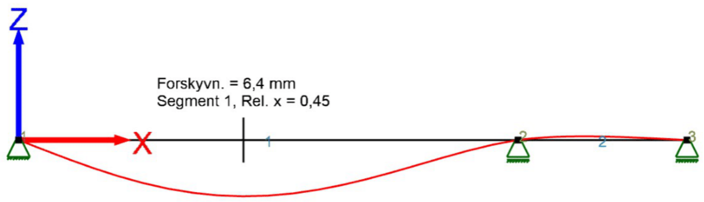
Krav til nedbøyning:

$$\frac{L}{250} = 47.48\ mm$$

$$\Delta \le \frac{L}{250}$$

Beregnet nedbøyning tilfredstiller kravet

Nedbøyning fra Focus-kontruksjon:



Focus gir en annen verdi på nedbøynignen men begge verdiene er under kravet for nedbøyning.