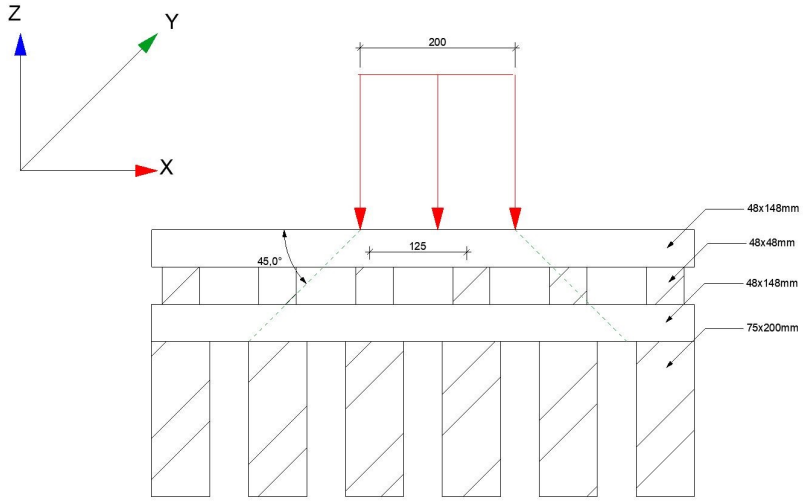
Vedlegg D - Tredekke

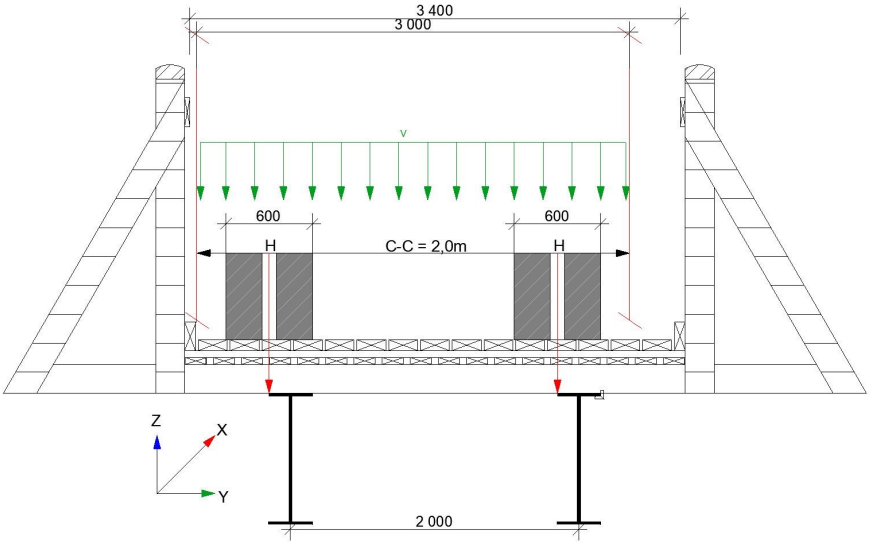
Etter tabell 5.2 i NS-EN 1995-2, er den konsentrerte lastens spredningsvinkel β for slitelag '(i samsvar med NS-EN 1991-2 punkt 4.3.6)' β=45° $\beta := 45\ deg$



Figur 1: Lastspredning.

Dette vil si, det kan antas at lasten utbredes over 4 bjelker
Hjullast er definert i hb R412 med 0,2m i kjøreretning og 0,6m i tverretning.
Figur nedenfor viser dette visuellt.
HB R412 side 16: 'Bruksklassens fysiske bredde regnes å være 2,6m. Dette krever et fritt rom på 0,2m utenfor kjøretøyet i lastfeltet.'

Bruen har bredde på 3,4m som er større enn kravet.



Figur 2: Verste lastplassering

Non-Commercial Use Only

Lastverdier:

$$V_{Vogntog.bk10} := 500\ kN \cdot \frac{1}{16\ m \cdot 3} = 10.417\ \frac{kN}{m}$$

$$A_{vogntog.bk10} := 40\ kN$$

$$H_{vogntog.bk10} := \frac{A_{vogntog.bk10}}{2} = 20\ kN \qquad \frac{H_{vogntog.bk10}}{0.6\ m} = 33.333\ \frac{kN}{m}$$

$$V_{kjøretøy.bk10} := 300\ kN \cdot \frac{1}{7\ m \cdot 3} = 14.286\ \frac{kN}{m}$$

$$A_{kjøretøy.bk10} := 40\ kN$$

$$H_{kjøretøy.bk10} := \frac{A_{kjøretøy.bk10}}{2} = 20\ kN \qquad \frac{H_{kjøretøy.bk10}}{0.6\ m} = 33.333\ \frac{kN}{m}$$

$$H_{Aksellast.bk10} := \frac{160\ kN}{2} = 80\ kN \qquad \frac{H_{Aksellast.bk10}}{0.6\ m} = 133.333\ \frac{kN}{m}$$

$$H_{Aksellast.bk8} := \frac{112\ kN}{2} = 56\ kN \qquad \frac{H_{Aksellast.bk8}}{0.6\ m} = 93.333\ \frac{kN}{m}$$

$$\frac{H_{Aksellast.bk8}}{0.6\ m} \cdot 1.4 = 130.667\ \frac{kN}{m}$$

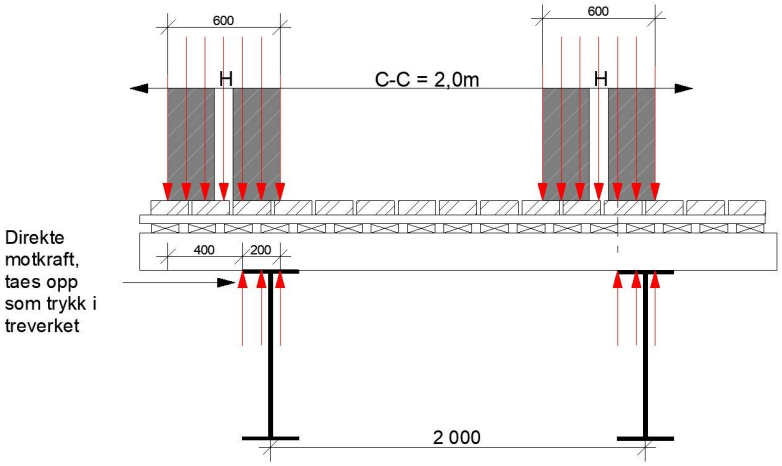
$$V_{tverrbjelker} := 75\ mm \cdot 200\ mm \cdot 3300\ mm \cdot \frac{1000\ mm}{125\ mm} = 0.396\ m^3$$

$$V_{slitelag} := 75\ mm \cdot 200\ mm \cdot 1000\ mm \cdot 15 = 0.225\ m^3$$

$$\rho_{tre} := 420\ \frac{kg}{m^3} \qquad g = 9.807\ \frac{m}{s^2} \qquad \gamma_{tre} := \rho_{tre} \cdot g \qquad \gamma_G := 1.15$$

$$q_{dekke} := \frac{\left(V_{tverrbjelker} + V_{slitelag}\right) \cdot \gamma_{tre} \cdot \gamma_G}{3.3\ m} \cdot 1.15 = 1.025\ \frac{kN}{m}$$

Non-Commercial Use Only



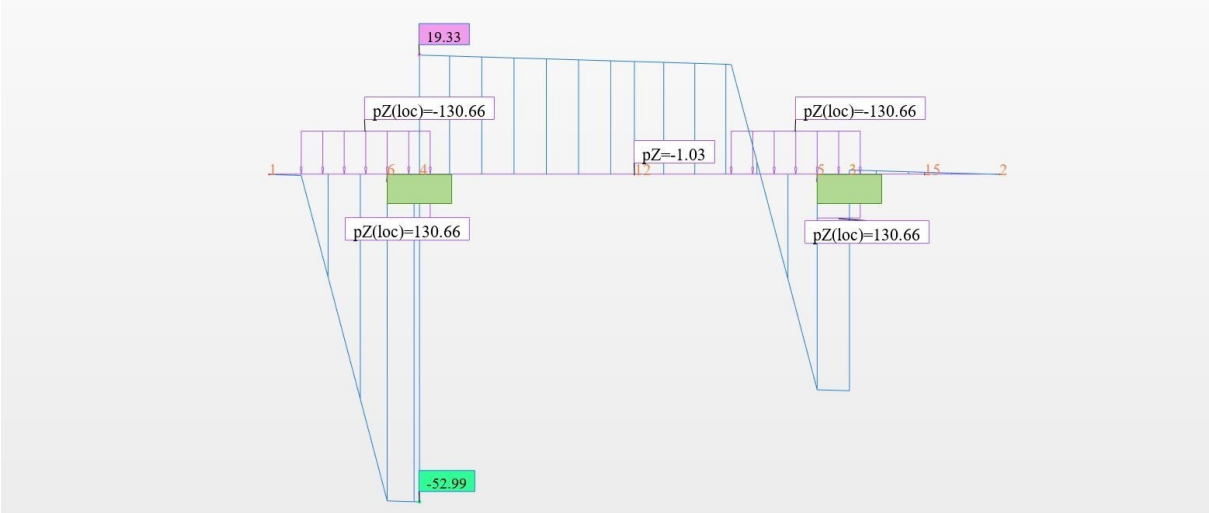
Figur: Lastberegningsmetode

Det beregnes etter en brubredde på 3.4m, kjøretøy på 3m. Når kjøretøyet kjører midtstilt, vil lastene fra hjulet få en direkte motkraft fra stålbjelken. Dersom kjøretøyet svinger 200mm vekk fra sentrum vil kun 200mm av hjullasten bli direkte motvirket, og 400mm vil opptas som skjær og bøyekraft som illustrert i figuren. På side 8 vises en dimensjonering når bredden krympes til 3.3m, da vil kravet til høyde på bjelkene reduseres noe.

Ettersom det ikke er noe samvirke i bjelkene divideres de dimensjonerende lastene på 4 for så å dimensjonere per bjelke.

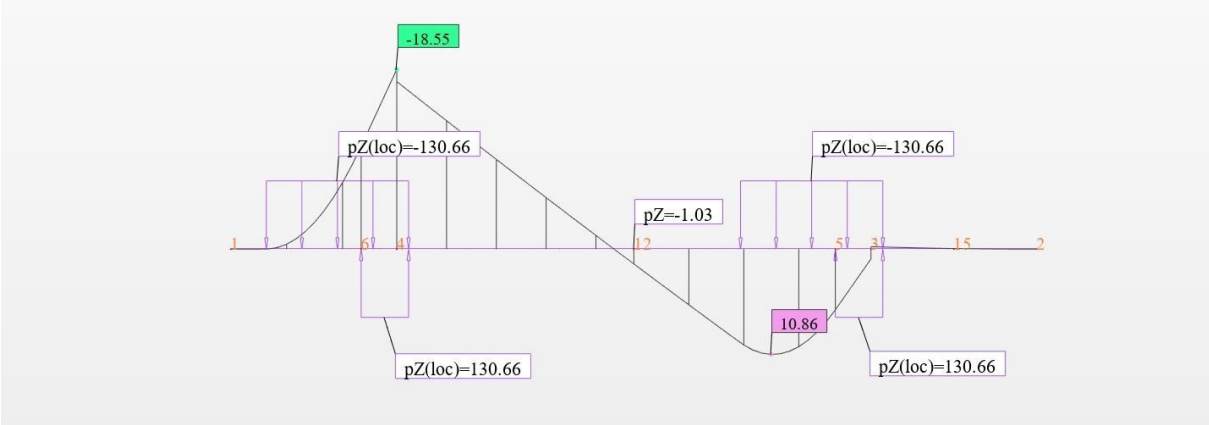
Non-Commercial Use Only

Finner at aksellast blir dimensjonerende i Robot, diagrammet ser som følger ut:



Figur: Skjær ved aksellast, bredde 3.4m

$$V_{Ed} := \frac{52.99\ kN}{4} = 13.248\ kN$$



Figur: Moment aksellast, bredde 3.4m

$$M_{Ed} := \frac{18.55\ kN \cdot m}{4} = 4.638\ kN \cdot m$$

Non-Commercial Use Only

Finner skjær og momentkapasitet:

$k_{cr} := 0.67$ For limtre og konstruksjonstrevirke.
l står for limtre Kvalitet: C24
b står for bartrevirke

Ettersom det er kvikkleire i området og råte på eksisterende bærelag vesentlig har redusert kapasiteten settes klimaklasse som 3. Etter tabell 3.1 NS-EN 1995-1-1 er kmod for permanent last 0.5, Langtids last 0.55, mellom langtids last 0.65, korttid 0.7 og øyeblikk 0.9 for konstruksjonstrevirke og limtre.

Korttid defineres som mindre enn en uke, permanent over 10 år.
Med kmod som 0.65 får vi en utnyttelse på 98.7%

$k_{mod} := 0.7$ $\gamma_{m.b} := 1.25$ $\gamma_{m.l} := 1.15$

NS-EN 338:2016 $b := 73\ mm$ $h := 198\ mm$ $b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$

$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$

$$k_h := \text{if}\left(\left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3,\ \text{return}\left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2},\ \text{else}\ \text{return}\ 1.3\right) = 0.946$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 12.714\ \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = 2.24\ \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = 2.052\ \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.916$$

$$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(9.723 \cdot 10^6\right)\ Pa$$

$$h := \left(\frac{6\ M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.173\ m$$

$$\text{if}\left(\frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1,\ \text{return}\ \text{“OK for”},\ \text{else}\ \text{return}\ \text{“IKKE OK”}\right) = \text{“OK for”}\ h = 198\ mm$$

Non-Commercial Use Only

Ser at skjærspenning fra hjullasten blir dimensjonerende, Robot regner kun med den negative skjærspenningen mens det her blir beregnet summen av positiv og negativ skjærspenning som gir en beregnet høyde på 300mm.

Dette er kun for å oppta maksimal hjulllast for Bkl 8/Bkl T8, vipping av bjelkene må også beregnes for. Det finnes nok bedre metoder for lastdekke enn dette for nyere krav.

Kontroll mot knusing:

$k_{c.90} := 1.25$ (NS-EN 1995-1-1 6.1.5(3))

$A_{eff} := b \cdot 300\ mm$

$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_{m.b}}$

$A_z := \frac{V_{Ed}}{4}$

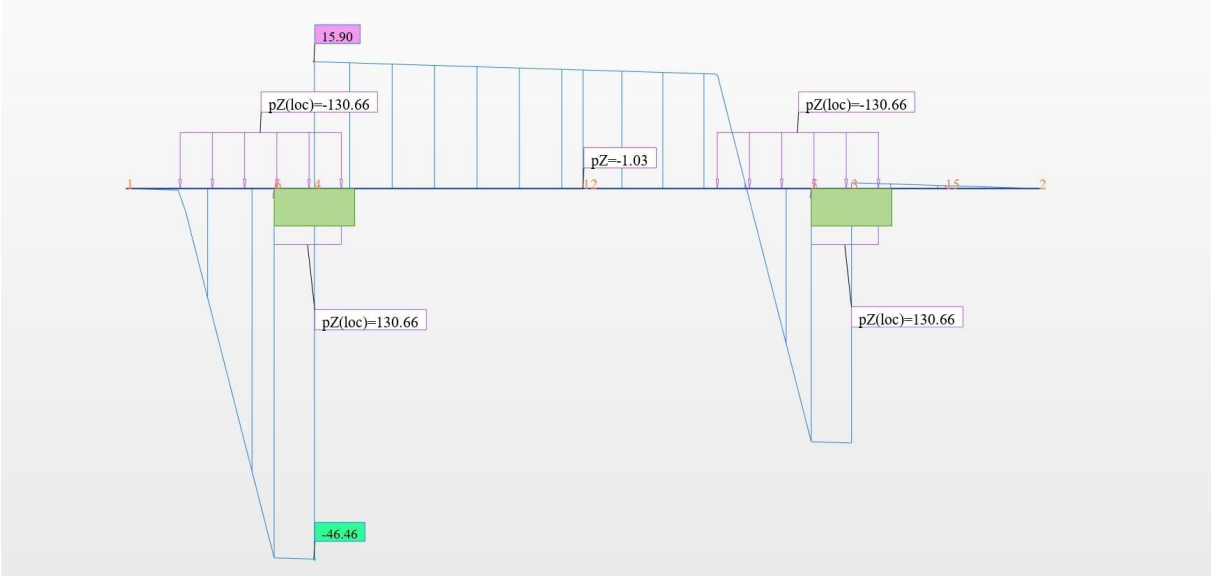
$\sigma_{c.90.d} := \frac{A_z}{A_{eff}} = 0.151\ \frac{N}{mm^2}$

$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.d}} = 0.086$

Mindre enn 1, kravet mot knusing er oppfylt. Utnyttelsen er på 8.6%

Konklusjonen er at med 198x73 c-c 125 Fasthetsklasse C27 med fastholding mot vipping vil dekket være oppfyllt for Bkl 8. Grunen til C27 er ettersom Robot godkjenner kun med denne fasthetsklassen, se siste side i vedlegget. Dersom man sprer lasten ved å bygge opp dekkelaget. Beregninger i bruddgrensetilstand for resterende kombinasjoner beregnes videre.

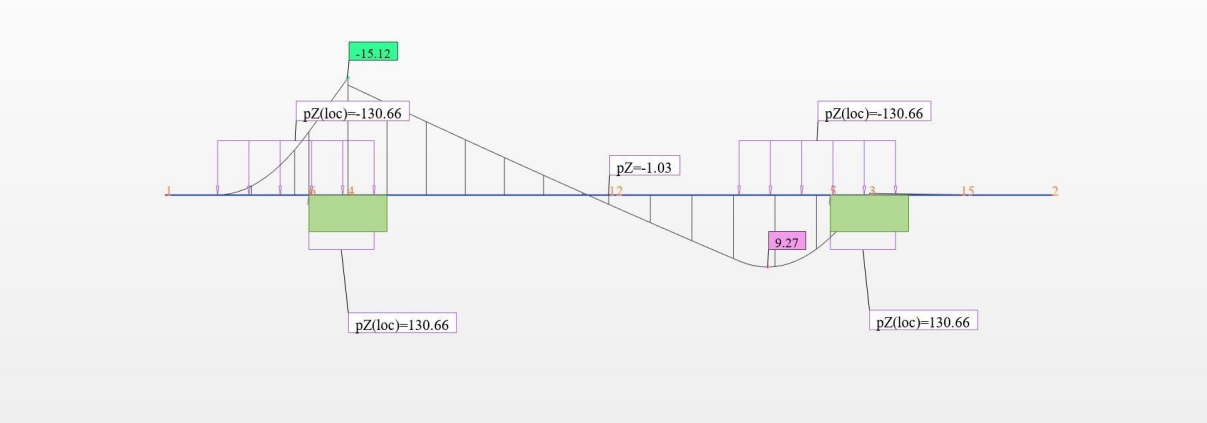
Lastfaktorer benyttet for hjullast: 1.4 egenvekt: 1.15.



Skjær ved 50mm flytting mot høyre pga redusert bredde til 3.3m

Non-Commercial Use Only

$$V_{Ed} := \frac{46.46\ kN}{4}$$



Moment ved 50mm flytting mot høyre pga redusert bredde til 3.3m

$$M_{Ed} := \frac{15.12}{4}\ kN \cdot m$$

NS-EN 338:2016

$k_{mod} := 0.65$ $\gamma_{m.b} := 1.25$ $\gamma_{m.l} := 1.15$

NS-EN 338:2016 $b := 73\ mm$ $h := 198\ mm$ $b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$$

$$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$$

$$k_h := \text{if}\left(\left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3,\ \text{return}\left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2},\ \text{else}\ \text{return}\ 1.3\right) = 0.946$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 11.806\ \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = \left(2.08 \cdot 10^6\right)\ Pa$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \left(1.799 \cdot 10^6\right)\ Pa$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.865$$

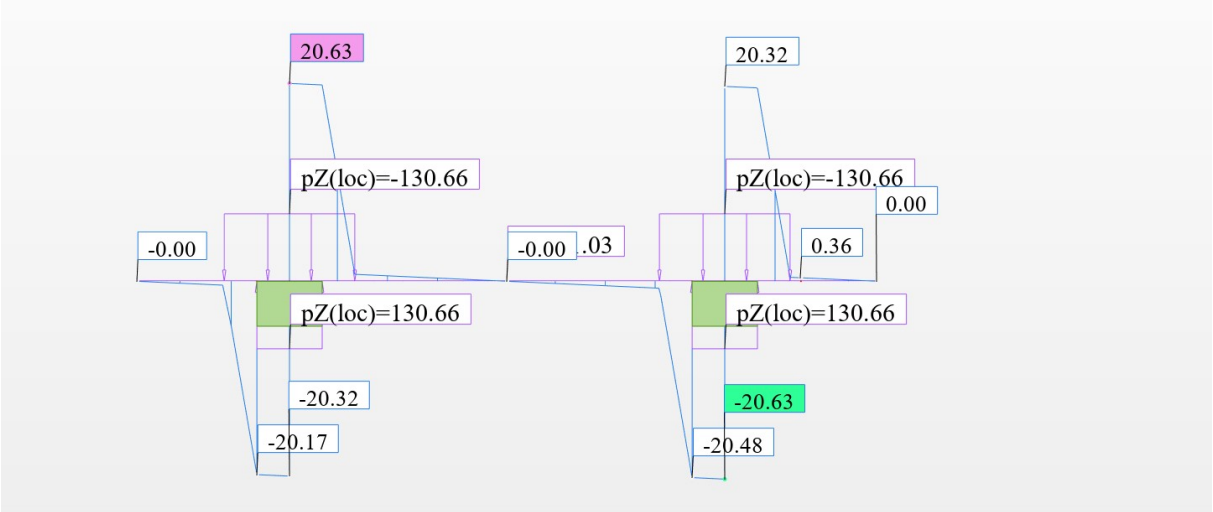
$$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(7.925 \cdot 10^6\right)\ Pa$$

$$h := \left(\frac{6\ M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.162\ m$$

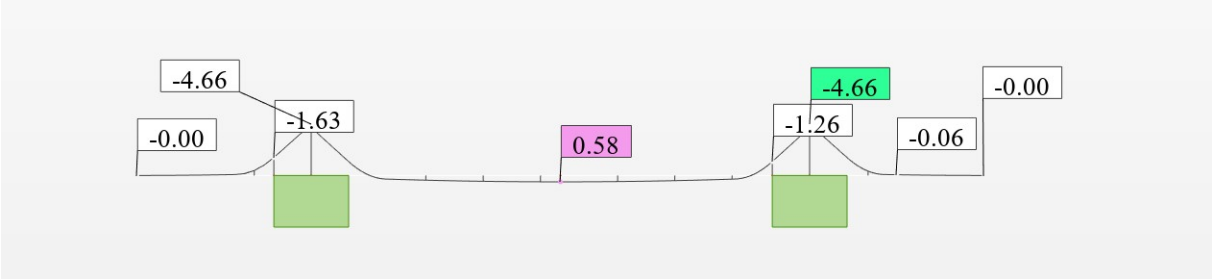
$$\text{if}\ \frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1,\ \text{return}\ \text{“OK for”},\ \text{else}\ \text{return}\ \text{“IKKE OK”} = \text{“OK for”}\ h = 198\ mm$$

Non-Commercial Use Only

Sentrert Aksellast:



Skjær



Moment

$V_{Ed} := \frac{20.63}{4}\ kN$ $\quad M_{Ed} := \frac{4.35}{4}\ kN \cdot m$

NS-EN 338:2016 $\quad b := 73\ mm \quad h := 198\ mm \quad b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$

$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$

$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 11.806\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = \left(2.08 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$$k_h := \text{if}\left(\left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3,\ \text{return}\ \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2},\ \text{else}\ \text{return}\ 1.3\right) = 0.946$$

Non-Commercial Use Only

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \left(7.989 \cdot 10^5\right) \; Pa$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.384$$

$$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(2.28 \cdot 10^6\right) \; Pa$$

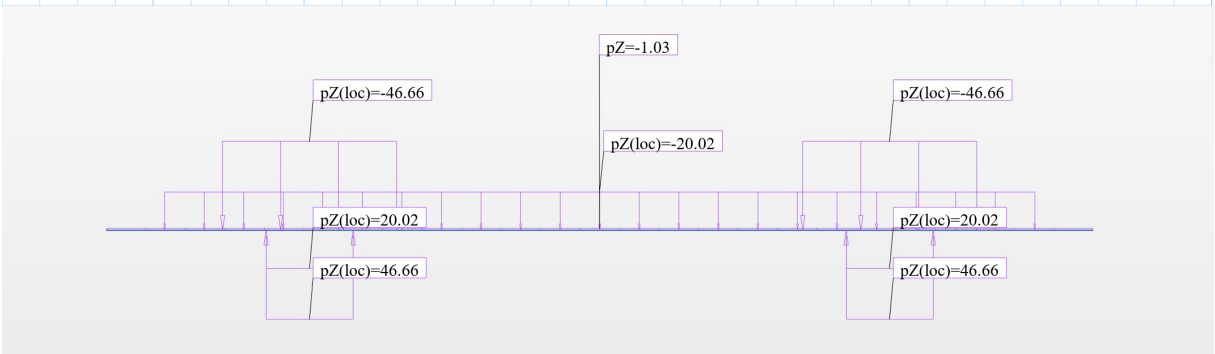
$$h := \left(\frac{6 \; M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.087 \; m$$

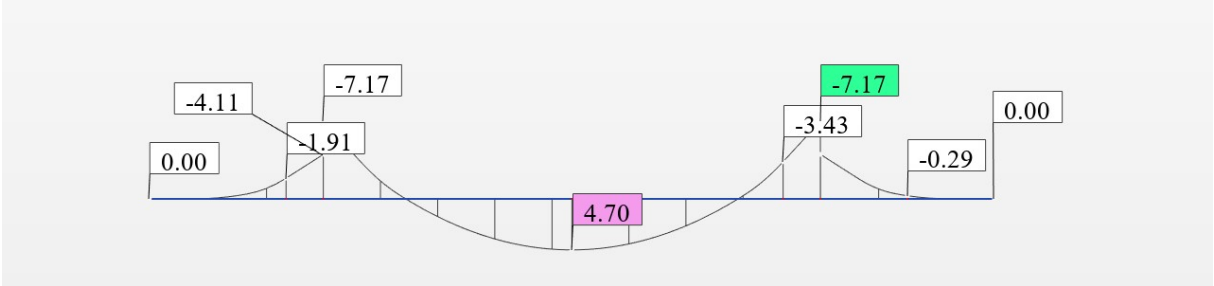
if $\frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1$
  return "OK for"
else
  return "IKKE OK"

= "OK for" $h = 198 \; mm$

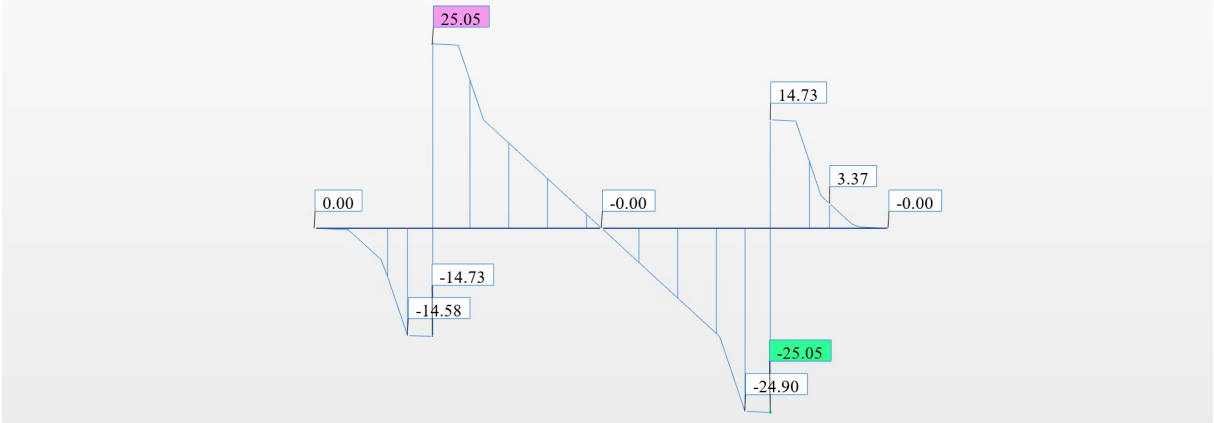
Non-Commercial Use Only

Sentrert Kjøretøylast:





Moment



Skjær

Non-Commercial Use Only

$V_{Ed} := \frac{25.05}{4}\ kN \qquad M_{Ed} := \frac{7.17}{4}\ kN \cdot m$

NS-EN 338:2016 $\qquad b := 73\ mm \qquad h := 198\ mm \qquad b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$

$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$

$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 11.806\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = \left(2.08 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$$k_h := \text{if } \left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3 \;\; \text{return } \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} \;\; \text{else return } 1.3 = 0.946$$

$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \left(9.7 \cdot 10^5\right)\ Pa$

$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.466$

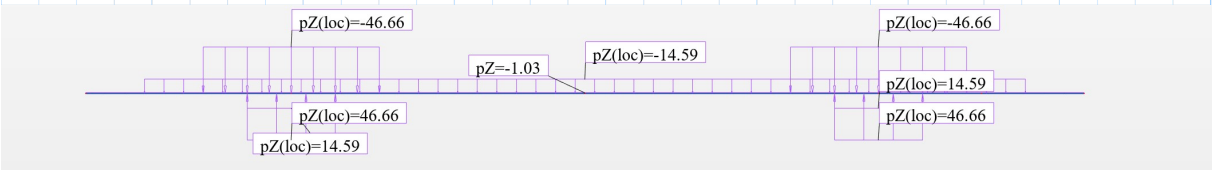
$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(3.758 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$h := \left(\frac{6\ M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.112\ m$

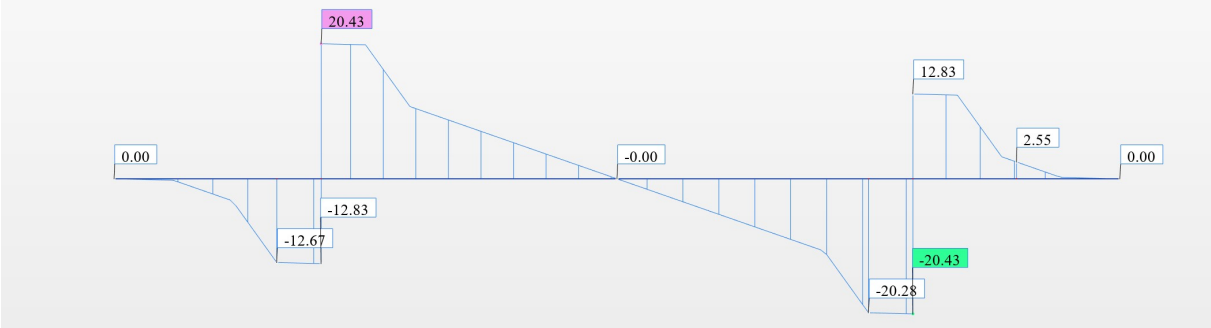
$$\text{if } \frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1 \;\; \text{return “OK for”} \;\; \text{else return “IKKE OK”} = \text{“OK for”} \qquad h = 198\ mm$$

Non-Commercial Use Only

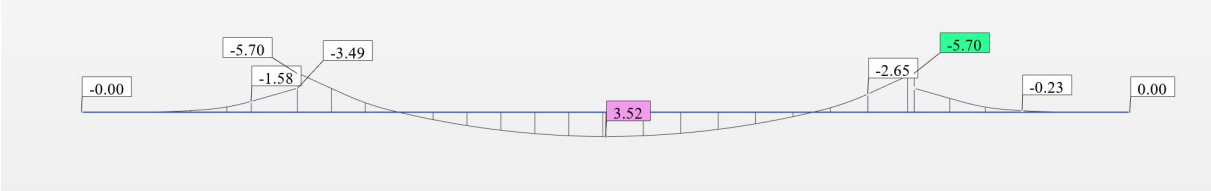
Sentrert vogntoglast:



Laster



Skjær



Moment

$V_{Ed} := \frac{20.43}{4}\ kN$ $\qquad M_{Ed} := \frac{5.7}{4}\ kN \cdot m$

$V_{Ed} := \frac{20.63}{4}\ kN$ $\qquad M_{Ed} := \frac{4.35}{4}\ kN \cdot m$

Non-Commercial Use Only

NS-EN 338:2016 $b := 73\ mm$ $h := 198\ mm$ $b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$

$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$

$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 11.806\ \frac{N}{mm^2}$

$$k_h := \text{if } \left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3 \;\; \text{return } \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} \;\; \text{else return } 1.3 = 0.946$$

$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = \left(2.08 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \left(7.989 \cdot 10^5\right)\ Pa$

$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.384$

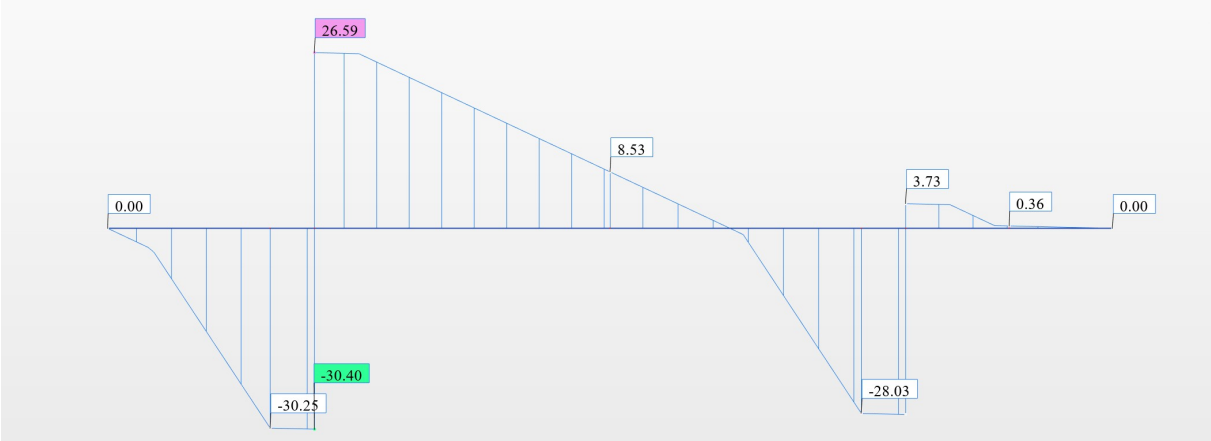
$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(2.28 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$h := \left(\frac{6\ M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.087\ m$

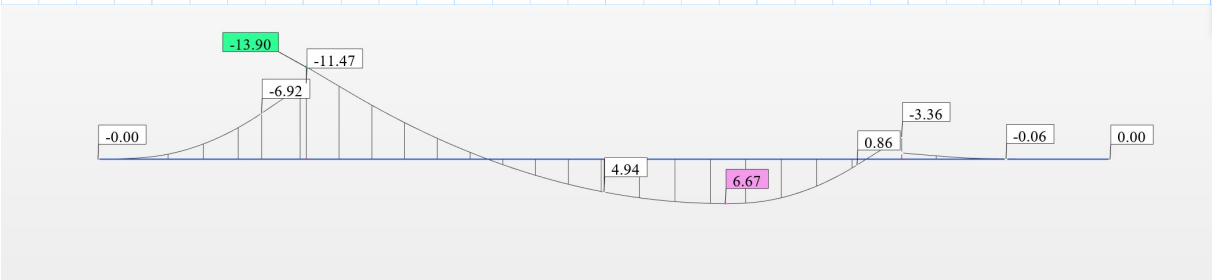
$$\text{if } \frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1 \;\; \text{return “OK for”} \;\; \text{else return “IKKE OK”} = \text{“OK for”} h = 198\ mm$$

Non-Commercial Use Only

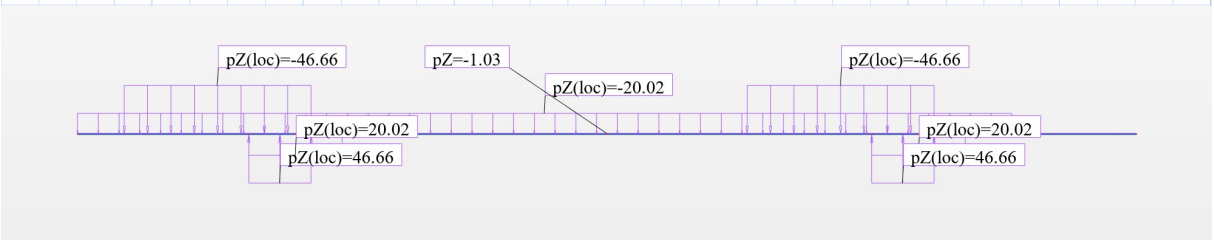
Kiøretøvlast offset:



Skjær



Moment



Lasttilfelle

$$V_{Ed} := \frac{30.4}{4}\ kN$$

$$M_{Ed} := \frac{13.9}{4}\ kN \cdot m$$

Non-Commercial Use Only

NS-EN 338:2016 $b := 73\ mm$ $h := 198\ mm$ $b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$

$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$

$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 11.806\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = \left(2.08 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$$k_h := \text{if } \left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3 \quad \text{return } \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} \quad \text{else} \quad \text{return } 1.3 = 0.946$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \left(1.177 \cdot 10^6\right)\ Pa$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.566$$

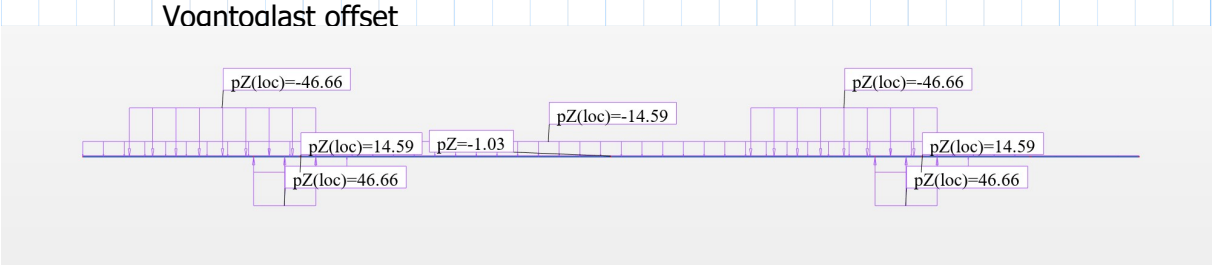
$$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(7.285 \cdot 10^6\right)\ Pa$$

$$h := \left(\frac{6\ M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.156\ m$$

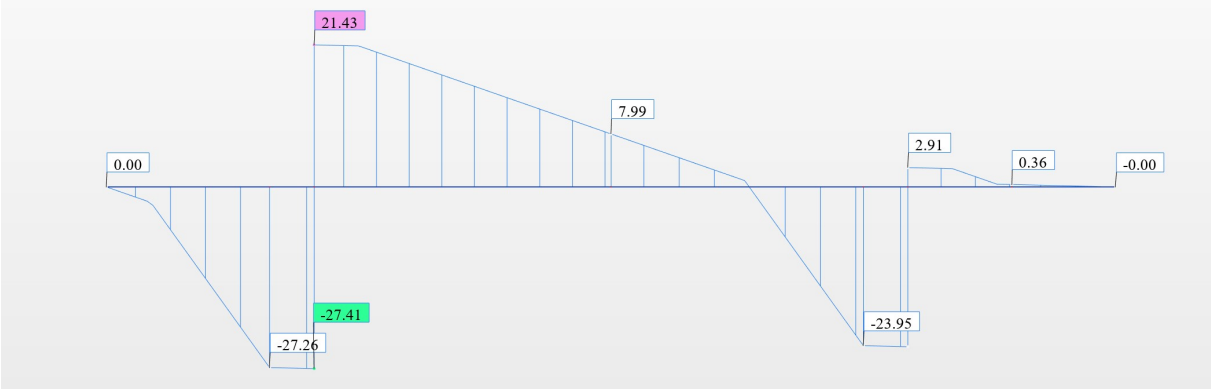
$$\text{if } \frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1 \quad \text{return "OK for"} \quad \text{else} \quad \text{return "IKKE OK"} = \text{"OK for"} \quad h = 198\ mm$$

Non-Commercial Use Only

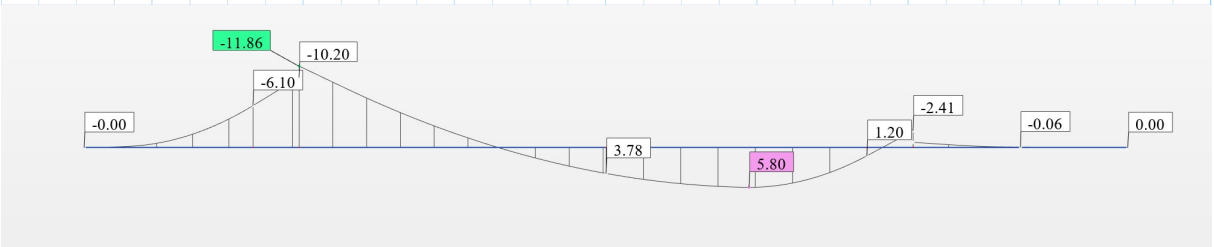
Vogntoglast offset



Krefter



Skjær



Moment

$$V_{Ed} := \frac{21.43}{4}\ kN \qquad M_{Ed} := \frac{11.86}{4}\ kN \cdot m$$

Non-Commercial Use Only

NS-EN 338:2016 $b := 73\ mm$ $h := 198\ mm$ $b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 48.91\ mm$

$f_{m.k} := 24\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.k} := 4\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{c.90.k} := 2.5\ \frac{N}{mm^2}$

$E := 11\ \frac{kN}{mm^2}$

$f_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.b}} = 11.806\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.b}} = \left(2.08 \cdot 10^6\right)\ Pa$

$$k_h := \text{if}\left(\left(\frac{150}{\frac{h}{mm}}\right)^{0.2} \le 1.3,\ \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2},\ 1.3\right) = 0.946$$

$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \left(8.298 \cdot 10^5\right)\ Pa$

$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.399$

$\sigma_{myd} := \frac{M_{Ed}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \left(6.216 \cdot 10^6\right)\ Pa$

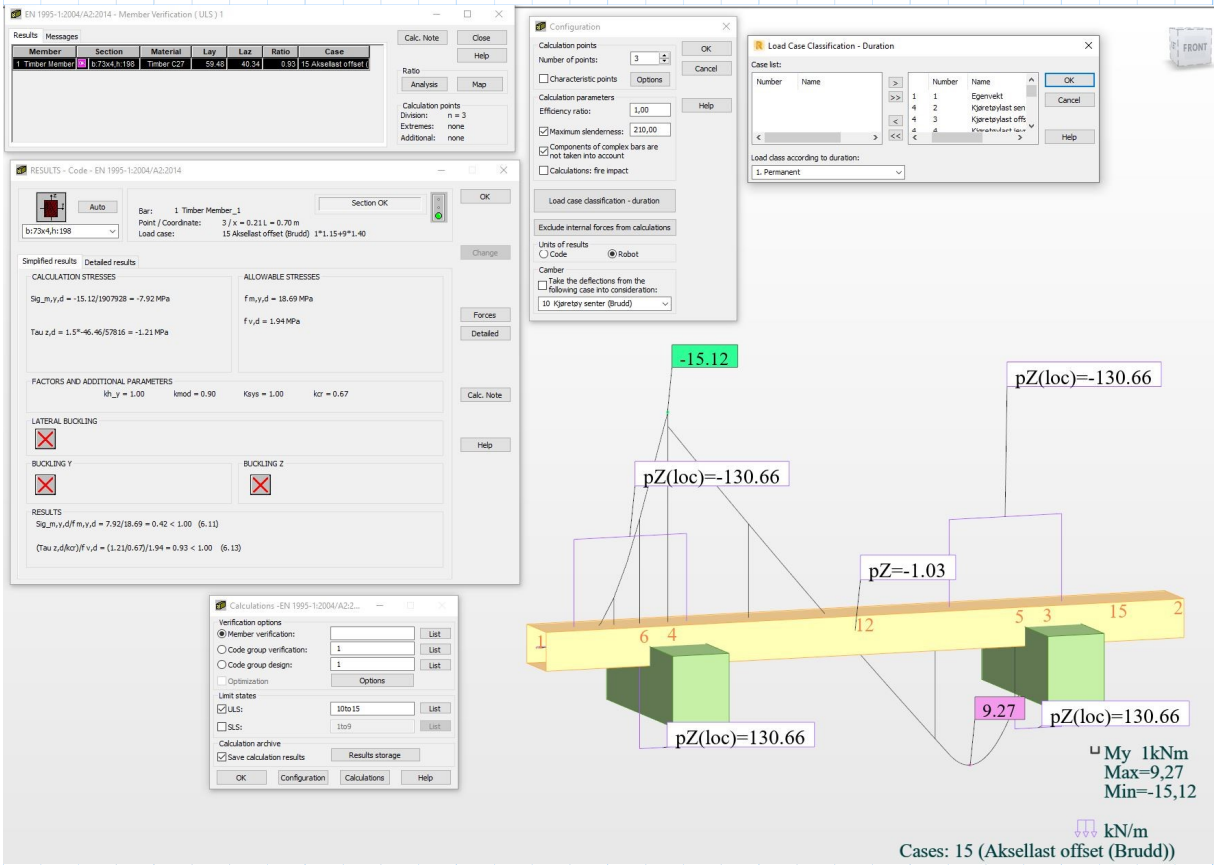
$h := \left(\frac{6\ M_{Ed}}{b \cdot f_{m.d}}\right)^{0.5} = 0.144\ m$

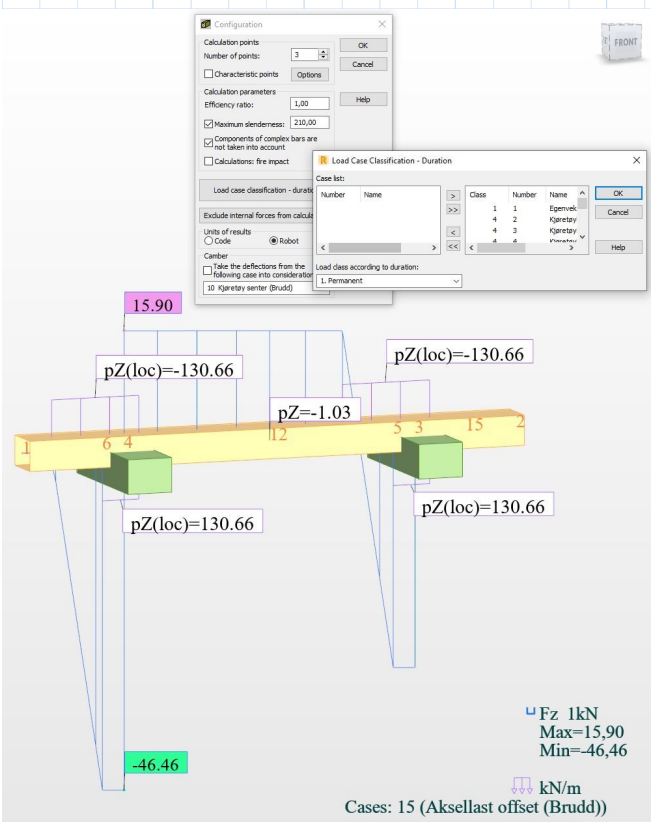
$$\text{if}\left(\frac{\tau_d}{f_{v.d}} \le 1,\ \text{"OK for"},\ \text{"IKKE OK"}\right) = \text{"OK for"}\ h = 198\ mm$$

Alle OK

I resultatet fra Robot kommer det frem at b=73x4, h=198 C24 ikke holder, Robot regner med en $f_{v.k}$=2.5 som den har hentet ut fra NS-EN 338. Jeg finner at $f_{v.k}$=4 i den samme standarden og ser at Robot benytter $f_{c.90.k}$ som $f_{v.k}$. Dermed setter jeg C27 som fasthetsklasse i Robot. Da er $f_{v.k}$=2.7 og robot godkjenner tverrsnittet. Da beregner Robot samvirke mellom 4x(73x198), mens i oppgaven er det samvirke i det øvre dekket også. Det er også rimelig å anta at spredningen av lasten ikke bare skjer i Y-retning men også i X-retning. Det aksepteres derfor c27 som fasthetsklasse.

Non-Commercial Use Only





Non-Commercial Use Only